

**Band  
400**

Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

Jürgen Gausemeier  
Wilhelm Bauer  
Roman Dumitrescu (Hrsg.)

# Vorausschau und Technologieplanung

**16. Symposium für  
Vorausschau und Technologieplanung**

2. und 3. Dezember 2021  
Berlin

***Jürgen Gausemeier***  
***Wilhelm Bauer***  
***Roman Dumitrescu (Hrsg.)***

## ***Vorausschau und Technologieplanung***

**16. Symposium für  
Vorausschau und Technologieplanung**  
2. und 3. Dezember 2021  
Berlin

**Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Band 400 der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2021

ISSN (Print): 2195-5239

ISSN (Online): 2365-4422

ISBN: 978-3-947647-19-4

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Herausgeber und des Verfassers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Als elektronische Version frei verfügbar über die Digitalen Sammlungen der Universitätsbibliothek Paderborn.

Die Inhalte der vorliegenden Arbeit beziehen sich in gleichem Maße auf alle Geschlechter. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird jedoch die männliche Form (Ingenieur, Konstrukteur etc.) für alle Personenbezeichnungen gewählt. Die weiteren Geschlechterformen werden dabei stets mitgedacht. Eine Ausnahme bilden die Inhalte, die ausdrücklich auf ein bestimmtes Geschlecht bezogen werden.

Satz und Gestaltung: Franziska Reichelt, Anna Steinig

Hersteller: Hans Gieselmann Druck und Medienhaus GmbH & Co. KG  
Ackerstr. 54  
33649 Bielefeld

Printed in Germany

## Vorwort

Erfolgreiche Unternehmensführung beruht zu einem erheblichen Teil auf einer regelmäßigen und systematischen Antizipation zukünftiger Markt- und Technologieentwicklungen. Daraus ergeben sich Chancen, aber auch Gefahren für das etablierte Geschäft. Methoden der Vorausschau und Technologieplanung helfen, schlüssige Konzepte für das Geschäft von morgen zu erarbeiten.

Wir haben ein vitales Interesse an einem intensiven Dialog mit der Fachwelt; aus diesem Grund veranstalten wir jährlich das „Symposium für Vorausschau und Technologieplanung“ mit qualitativ hochwertigen Beiträgen. Der vorliegende Band soll diesem Anspruch gerecht werden. Für die Begutachtung und Auswahl der Beiträge danken wir den Mitgliedern des Programmkomitees herzlich.

Dr. R. E. Achatz,  
thyssenkrupp

Prof. Dr. K. Backhaus,  
WWU Münster

Prof. Dr. ETH R. Boutellier,  
ETH Zürich

Dr. ETH B. Capaul,  
BC2 Dr. Beatrice Capaul Consulting

Dr. R. Feurer,  
BMW AG

Prof. Dr.-Ing. J. Franke,  
FAU Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. R. Gleich,  
EBS Universität für Wirtschaft und Recht

A. Hagemann,  
Cicor Group

Dr.-Ing. A. Kühn,  
Fraunhofer IEM

Prof. Dr. M. Lauster  
Fraunhofer INT

Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann,  
TU München

Dr.-Ing. J. S. Michels,  
Weidmüller Interface GmbH & Co. KG

Prof. Dr. M. Möhrle,  
Universität Bremen

Prof. Dr. T. Müller-Kirschbaum,  
Henkel AG & Co. KGaA

T. Pfänder,  
UNITY AG

Prof. Dr. F. T. Piller,  
RWTH Aachen

Dr.-Ing. B. C. Schmidt,  
ABB Management Services Ltd

Prof. Dr. M. Schraudner  
Fraunhofer CeRRI

Prof. Dr.-Ing. G. Schuh,  
RWTH Aachen

Dr.-Ing. A. Siebe,  
Scenario Management International AG

Prof. Dr.-Ing. D. Specht,  
BTU Cottbus

Dr.-Ing. K. Stoll,  
Wago Kontakttechnik GmbH & Co. KG

Prof. Dr. K.-I. Voigt,  
FAU Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. M. Weissenberger-Eibl,  
Fraunhofer ISI und KIT

Dr. J. Winter,  
acatech

Prof. Dr. T. Wulf,  
Philipps-Universität Marburg

Besonderer Dank gilt unserem Kooperationspartner acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Die Insider wissen, dass eine derartige Veranstaltung und Publikation mit viel Arbeit verbunden ist. Stellvertretend für die vielen hilfreichen Geister im Hintergrund sei Herrn Jörn Steffen Menzefricke und Herrn Jan-Philipp Hemkentokrax gedankt, denen die Organisation des Ganzen oblag.

Dezember 2021

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer  
Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu



# Inhaltsverzeichnis

## Plenum I

|   |    |
|---|----|
| R. Dumitrescu, H. Anacker, E.-M. Grote, R. Rasor, J. Tekaat, M. Meyer,<br>J. Gausemeier, S. Steglich<br>Erfolgspotentiale für die Zukunft des Engineeringstandorts Deutschland –<br>Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering..... | 11 |
|---|----|

## Plenum II

|   |    |
|---|----|
| M. Broy<br>Systems-Engineering softwareintensiver, vernetzter Systeme ..... | 33 |
|---|----|

## Session I

|  |    |
|--|----|
| J. Reinhold, C. Koldewey, R. Dumitrescu, G. Rausch<br>Smart Service-Transformation – Den Wandel der Wertschöpfung erfolgreich<br>gestalten ..... | 53 |
| O. Dietrich<br>Der Wandel vom Produkt- zum Systemgeschäft: Ein Erfahrungsbericht aus<br>Marktsicht am Beispiel von Geschirrspülern.....          | 89 |

## Session II

|  |     |
|--|-----|
| M. Fazal-Baqaie, F. Knappe, R. Sperber<br>Wie laut ist der Digitale Zwilling? – Agile Digitalisierung von<br>Produktentstehungsprozessen am Beispiel der Außengeräusch-Homologation<br>als Kombination von akustischen Methoden und KI ..... | 105 |
| H. C. Kelbel, F. Brillowski, H. Dammers, M. Sachtleben, T. Gries<br>Agile Entwicklungsmethoden für die Materialentwicklung: Vorteile und<br>Anwenderempfehlungen.....  | 125 |

## Session III

|  |     |
|--|-----|
| T. Abele, U. Hutschek, C. Lang-Koetz, T. Heger<br>Hybrider Foresight-Ansatz am Beispiel Nachhaltigkeit .....   | 149 |
| A. Fink, L. Kwiatkowski, C. Michl<br>Szenario-gestützte Entwicklung von Strategiepfeifen im Digitalisierungsumfeld –<br>Vorgehen von OTTO FUCHS am Beispiel „Schmiede 4.0“ ..... | 175 |

## **Session IV**

- F. Hartner, J. Franke, U. Löwen  
Typisierung von Netzwerkeffekten für digitale Plattformen in der produzierenden  
Industrie..... 201
- L. Binner, S. Heemeier, M. Vaßholz, A.-C. Rachuba, N. Homburg  
Operationalisierung der Plattformstrategie am Beispiel WAGO Creators ..... 223

## **Session V**

- A. Kubin, M. Etri, K. Duehr, S. Rapp, A. Albers, A. Eckhardt, D. Kattwinkel,  
B. Bender  
Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von  
Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilentwicklung ..... 241
- T. Huber, M. A. Weissenberger-Eibl  
Eine qualitative system-dynamische Untersuchung des Umgangs von  
Unternehmen mit Tipping Points ..... 261

## **Session VI**

- H. Döscher, T. Schmaltz, T. Reiß, A. Thielmann  
Der Technologie- und Innovations-Roadmap-Prozess im Graphen-Flagship:  
Innovation Interface Investigation ..... 285
- U. Hutschek, K. Ellermann, L. Haarmann  
Ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen Phasen des Technologie-  
und Innovationsmanagements..... 303

## **Plenum III**

- D. U. Sauer  
Warum sich die Lithium-Ionen-Batterietechnologie so erfolgreich entwickeln  
konnte und warum die Brennstofftechnologie das nicht konnte..... 325

## **Plenum IV**

- M. Storim, S. Stegmüller, F. Braun  
Wie können Wirtschaft und Wissenschaft erfolgreich kooperieren? Das  
Projektbeispiel „Vision Pi“ von Fraunhofer-Instituten im Rahmen des  
#NEXTGen Moving Tomorrow Pitch der BMW Group 2020 ..... 339

## **Session VII**

- M. Seifert, J. N. Busch, A. Hahn, C. Tsioglou, T. Vietor, P. Krasteva, K. Seifert,  
N. Fritz-Drobeck  
Methodische Prognose zukünftiger vernetzter Mobilitätslösungen ..... 357
- F. Schroth, M. Maier, S. Kaiser, M. Schraudner  
Ein Foresight-Prozess zur Gestaltung der öffentlichen Mobilität im ländlichen  
Raum – methodische Erkenntnisse aus dem Projekt „Mobilität neu Denken“ ..... 381

## **Session VIII**

- O. Pfirrmann, P. Stuhm, L. Kronemeyer, M. Möhrle  
Wie Wild Cards unsere Zukünfte ändern. Eine Methode zur Integration von  
unerwarteten, aber möglichen Ereignissen in den Szenario-Prozess..... 403
- M. Eggert, A. Zweck  
Die Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative als Element  
zukunftsbezogener Beratungs- und Entscheidungsprozesse ..... 425

## **Session IX**

- M. Meyer, J.-P. Hemkentokrax, C. Koldewey, R. Dumitrescu, P. M. Tröster,  
C. L. Kling, M. Schlegel, S. Rapp, A. Albers  
Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und  
Handlungsbedarfe aus der Praxis ..... 449
- G. Schuh, P. Scholz, T. Latz  
Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien für produzierende  
Unternehmen..... 471

## **Session X**

- C. Frank, K. Kuchenbuch, T. Huth, T. Vietor  
Konzept einer KPI-basierten Methodik zur strategischen Bewertung von  
Plattformvarianten ..... 495
- H. Caferoglu, L. Walter  
Die Entstehung von Absorptive Speciation Technologies – Eine Fallstudie zur  
technologischen Artenbildung in der Kameraindustrie..... 519

## **Plenum V**

- J.-P. Hemkentokrax, C. Koldewey, R. Dumitrescu, D. Eckelt, L. Haarmann  
Die Kraft von Startup-Partnerschaften für das Innovationssystem eines  
Automobilzulieferers ..... 545



## **Plenum VI**

S. Schimpf, M. Lauster

Foresight, Innovation und Science-Fiction: Methodische Ansätze zur  
Vorbereitung auf eine unerwartete Zukunft..... 577

## **Plenum I**



# **Erfolgspotentiale für die Zukunft des Engineeringstandorts Deutschland – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering**

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu**

**Dr.-Ing. Harald Anacker**

**Eva-Maria Grote, M.Sc.**

**Rik Rasor, M.Sc.**

**Julian Tekaar, M.Sc.**

*Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM*

*Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 54 65 -124 / -324 / -463 / -458 / -347*

*Fax. +49 (0) 52 51 / 54 65 -102*

*E-Mail: {roman.dumitrescu/harald.anacker/eva-maria.grote/rik.rasor/  
julian.tekaar}@iem.fraunhofer.de*

**Maurice Meyer, M.Sc.**

*Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn*

*Fürstenallee 11, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 60 62 27, Fax. +49 (0) 52 51 / 60 62 68*

*E-Mail: {maurice.meyer}@hni.upb.de*

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier**

**Dr. Steffen Steglich**

*acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaft*

*Karolinenplatz 4, 80333 München*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 60 62 27 / +49 (0) 89 / 52 03 09 838,*

*Fax. +49 (0) 89 / 52 03 09 900*

*E-Mail: {gausemeier/steglich}@acatech.de*

## **Zusammenfassung**

Die Gestaltung der technischen Systeme von morgen wird durch technologische Megatrends wie Digitalisierung und Künstliche Intelligenz (KI) geprägt. Hinzukommt der wachsende Drang zu einer neuen, nachhaltigeren Gestaltung der technischen Lösungen. Dieser Wandel der Wertschöpfung kann insbesondere durch ein neuartiges Engineering forciert werden, welches durch das Leitbild des Advanced Systems Engineering (ASE) beschrieben wird. Die Ausgangssituation dieses Leitbilds ASE wird mit Hilfe einer qualitativen Interviewreihe und einer quantitativen Untersuchung des Stands der Wissenschaft analysiert und in einem Leistungsstand des Engineerings in Deutschland bewertet. Enthaltene Hinweise für die Entwicklung einer ASE-Strategie werden in einer SWOT-Analyse strukturiert, mit Hilfe derer vier wesentliche Erfolgspotentiale abgeleitet werden können. Diese dienen der weiteren Entwicklung der ASE-Strategie.

## **Schlüsselworte**

Advanced Systems Engineering, Wertschöpfung, Erfolgspotentiale

# **Success factors for the future of Germany as an engineering location – A contribution to Advanced Systems Engineering**

## **Abstract**

The design of tomorrow's technical systems is being shaped by technological megatrends such as digitization and artificial intelligence (AI). Added to this is the growing urge for a new, more sustainable design of technical solutions. This change in value creation can be accelerated in particular by a new type of engineering, which is described by the guiding principle of Advanced Systems Engineering (ASE). The initial situation of this guiding principle ASE is analyzed with the help of a qualitative interview series and a quantitative investigation of the state of science and evaluated in a performance status of engineering in Germany. Contained hints for the development of an ASE strategy are structured in a SWOT analysis, with the help of which four essential success potentials can be derived. These serve the further development of the ASE strategy.

## **Keywords**

Advanced Systems Engineering, Value creation, Success factors



# 1 Einführung

Megatrends wie Digitalisierung und Künstliche Intelligenz (KI) sowie der wachsende Druck einer neuen nachhaltigen Gestaltung der technischen Produkte und Systeme werden die Wertschöpfung von morgen entscheidend prägen [BUN16]. Die dabei im Fokus stehende ganzheitliche Gestaltung der Entstehung von intelligenten und digital-vernetzten Systemen erfordert einen neuen Ansatz des zukünftigen Engineerings. Kernaspekte bilden die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von der Idee bis zum Recycling mit einem starken Fokus auf Nachhaltigkeit, die Berücksichtigung von offenen, kollaborativen und dezentralen Wertschöpfungsnetzwerken sowie neuer Formen von Partnerschaften, Organisationen und Geschäftsmodellen. Nur mit einer vollumfassenden Berücksichtigung der genannten Aspekte wird es Unternehmen zukünftig möglich sein erfolgreiche Marktleistungen in Form von innovativen Produkten, Dienstleistungen und Produkt-Service-Systemen zu erbringen.

Für den zugrundeliegenden Wandel der Wertschöpfung gilt es Unternehmen zu befähigen, sowohl innovative Marktleistungen als auch deren zukünftigen Entstehungsprozess wirtschaftlich und effizient zu gestalten. Den Sachverhalt des dargestellten Wandels der Wertschöpfung von morgen beschreibt das Leitbild des Advanced Systems Engineerings (ASE), welches auf den drei Handlungsfeldern Advanced Systems, Systems Engineering und Advanced Engineering aufbaut.

Advanced Systems beschreiben die Marktleistungen von morgen. So werden zukünftige Systeme von einem hohen Grad an dynamischer Vernetzung, Autonomie und interaktiver, sozio-technischer Integration geprägt sein.

Systems Engineering wird als Vehikel gesehen die bestehende Komplexität im Engineering zu managen. Durch das Erfordernis einer starken Interdisziplinarität in der Entstehung kann kein Fachgebiet für sich in Anspruch nehmen, allen Anforderungen der zukünftigen Marktleistungsentstehung gerecht zu werden. Es ist eine neue Denk- und Handlungsweise erforderlich, welche die interdisziplinäre Arbeit am System in den Mittelpunkt stellt, die Interaktion mit den Stakeholdern fördert und das in Entstehung befindliche System für die Anwendenden erlebbar macht.

Das Advanced Engineering beschreibt neue Ansätze im Engineering, welche die einzelnen Aspekte und Aktivitäten der Marktleistungsentstehung maßgeblich beeinflussen. Dabei werden die Prozesse, Methoden und Werkzeuge sowie die Arbeitsorganisation berücksichtigt, um die etablierten Engineering-Ansätze durch Kreativität, Agilität und Digitalisierung zu erweitern.

In diesem Beitrag wird der Leistungsstand des Engineerings mit Blick auf die Ausprägungen des Advanced Systems Engineerings dargestellt. Dies erfolgt im folgenden Kapitel anhand einer qualitativen als auch einer quantitativen Untersuchung des Forschungsgegenstands. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in Kapitel 3 für die Ableitung von Erfolgspotentialen genutzt, die als Steuerungsgrößen für die Erstellung einer ASE-Strategie dienen sollen.



## 2 Leistungsstand des Engineerings in Deutschland

Basierend auf dem Wandel der Wertschöpfung und dem damit zusammenhängenden Anstieg der Komplexität entwickelt sich das Engineering zu einem wesentlichen Erfolgsfaktor für die Sicherung des Innovationsstandorts Deutschland. Um nachfolgend den Leistungsstand des Engineerings in Deutschland bewerten zu können, wurde die Ausgangssituation vorab im Rahmen einer qualitativen Interviewreihe (vgl. Abschnitt 2.1) und einer quantitativen Untersuchung des Stands der Wissenschaft (vgl. Abschnitt 2.2) analysiert.

### 2.1 Qualitative Interviewreihe: Status quo in Wissenschaft und Wirtschaft

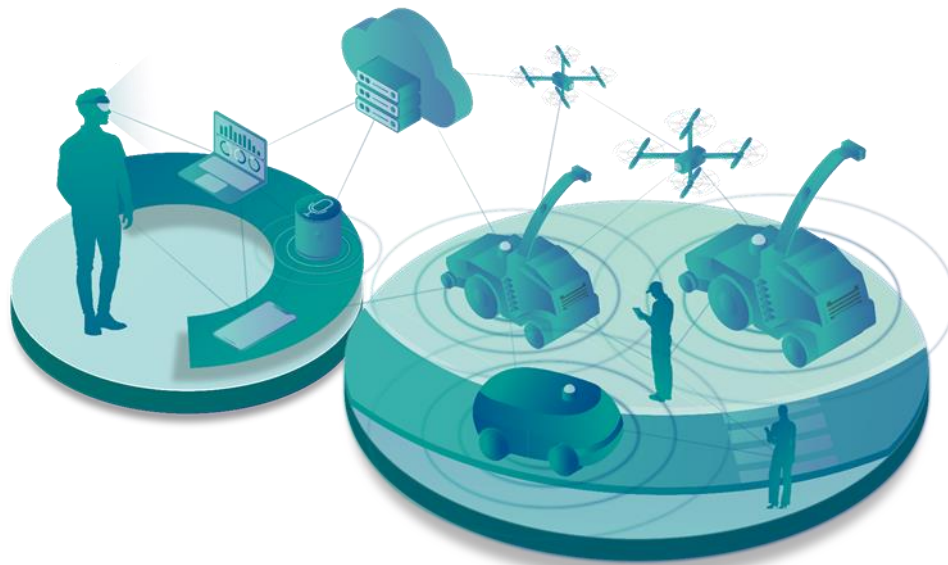
Im Untersuchungszeitraum zwischen Oktober 2019 und März 2020 wurde eine Interviewreihe mit 107 Interviews durchgeführt. Vorrangig wurde hier der deutschsprachige Raum betrachtet. Bei der Auswahl der Befragten wurde stets darauf geachtet, dass diese in Summe das Untersuchungsfeld Engineering möglichst weit abbilden. Es wurden sowohl Interviews in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaft geführt. Besonderes Augenmerk lag hier auf dem Einfließen von verschiedenem Branchen-Knowhow. Die folgenden Branchen waren vertreten: Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Berater und IT-Unternehmen, Sonstige Fahrzeuge, Automatisierung, Medizintechnik und Sonstige. Gleichzeitig wurde darauf geachtet, alle Unternehmensgrößen abzudecken. Die empirische Erhebung erfolgte in Form von leitfadengestützten Interviews in den folgenden fünf Themengebieten: Megatrends mit Einfluss auf das Engineering, Advanced Systems, Systems Engineering, Advanced Engineering, Auswirkungen von ASE auf die Organisation und den Menschen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Leistungsstandserhebung in komprimierter Form vorgestellt. Die Langfassung dieser Untersuchung in der Veröffentlichung „Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering“ nach DUMITRESCU ET AL. [DAR+21] zu finden.

#### Advanced Systems – Marktleistungen von morgen

Im Rahmen der qualitativen Interviewreihe wurden vor allem die Megatrends Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Globalisierung genannt. Diese nehmen sowohl einen starken Einfluss auf die zukünftigen Marktleistungen als auch auf deren Entstehungsprozesse. Der Einfluss wird das Engineering langfristig unterschiedlich stark prägen. Sharing Economy, Greentech, das Internet of things sowie die Künstliche Intelligenz können die Aktivitäten rund um den Produktlebenszyklus erfolgsversprechend beeinflussen. Dabei resultieren diese Trends zwar in erfolgsversprechende Potentiale, jedoch führen diese gleichzeitig zu neuen Herausforderungen für Unternehmen. Bild 1 fasst diesen Sachverhalt grafisch zusammen.

Neben den Megatrends wurden die zukünftigen Marktleistungen häufig als möglichst autonom agierende Systeme in komplexen, hochdynamischen Umgebungen beschrieben. Resultierend entwickelt sich die Autonomie zu einem wichtigen Differenzierungsmerkmal am Markt und eröffnet neue Wachstumsmärkte. Hierfür müssen allerdings die Unternehmen befähigt werden, ihre bestehenden Produkte und Dienstleistungen mit Schlüsseltechnologien wie Künstliche In-

telligenz (KI), Robotik und Automatisierung aufzuwerten. Gleichzeitig wurde durch eine Vielzahl der Befragten die zunehmende Vernetzung ihrer Marktleistungen als Perspektive für die Zukunft wahrgenommen. Neue Netzwerke aus interagierenden technischen Systemen können bestehende Wertschöpfungsprozesse optimieren. Voraussetzung ist hierfür u.a. die Verzahnung der Systeme mit Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Als weitere Perspektive für ihrer zukünftigen Marktleistungen wurde die Möglichkeit genannt, eine intelligente und anpassungsfähige Interaktion zwischen technischem System, Anwendenden, Nutzenden und Konsumentenden zu entwickeln. Im Fokus wird hier eine menschenzentrierte Gestaltung unter Berücksichtigung neuer Formen der Mensch-Maschine-Interaktion genannt. Diese zum Teil neue Anforderung stellt das heutige Engineering, insbesondere die vorherrschenden Entstehungsprozesse vor neue Herausforderungen. Eine ebenso zunehmende Relevanz wird datenbasierten Produkt-Service-Systemen (PSS) zugeschrieben. Funktionserweiterungen im Betrieb, kritische Sicherheitsüberprüfung und ähnliche Funktionen ermöglichen eine neue Rentabilität der Geschäftsmodelle. Die Unternehmen stoßen aktuell jedoch noch bei der Ausgestaltung dieser Services und der Geschäftsmodelle auf erhebliche Herausforderungen. Für die befragten Interviewpartnerinnen und -partner ist z.T. die Relevanz für die Kundinnen und den Kunden sowie den Kundennutzen schwer zu bewerten.



*Bild 1: Die zukünftigen Ausprägungen von Advanced Systems nach [DAR+21]*

Mit dem Blick auf die von den Befragten skizzierten Marktleistungen der Zukunft wird ein Anstieg der Entwicklungskomplexität erwarten. Offen bleibt jedoch, ob der Aufbau auf den bestehenden Vorgehensmodellen des Engineerings den geforderten deskriptiven Innovationen gerecht wird oder eine umfassende Neurichtung des Engineerings notwendig ist – die Befragten der qualitativen Interviewreihe spiegelten ein kontroverses Meinungsbild wider. Eine digitale Durchgängigkeit sowie ein einheitliches Schnittstellenmanagement wird über alle Branchen und Unternehmensgröße als eine wesentliche Herausforderung wahrgenommen, um das Gesamtkonstrukt aus Prozess- und Organisationsstrukturen, Engineering-IT-Infrastruktur sowie der eigentlichen Marktleistungen und dem Unternehmen selbst sicherzustellen. Aktuell fehlt es

hier laut einer Vielzahl der Befragten an geeigneten Entwurfsmethoden für Produktarchitekturen, Produktionssysteme und Geschäftsmodelle. Die Individualisierung der Marktleistung, kürzere Innovationszyklen und der ansteigende Kostendruck auf globalen Märkten bei gleichbleibender Qualität stellen Unternehmen vor verschiedene Herausforderungen. Insbesondere die interdisziplinäre Zusammenarbeit und Entwicklung kann z.B. durch unterschiedliche Lebenszyklen (Software, Hardware) erheblich erschwert werden. Um den genannten Herausforderungen zu begegnen, sind neue Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erforderlich. Vor diesem Hintergrund gilt es, neue Modelle und Angebote für Aus- und Weiterbildung zu initiieren.

Neben der ansteigenden Entwicklungskomplexität erwartet der Großteil der Befragten Einschränkungen durch neue regulatorische Aspekte. Neue Anforderungen können u.a. durch Themen wie Haftung und Verantwortlichkeiten bei autonomen Systemen sowie Homologation und Zulassung zukünftiger Marktleistungen entstehen und somit die Wettbewerbsfähigkeit und den Erfolg des Engineeringstandorts Deutschlands erheblich beeinflussen. Ergänzend zu Bedenken den Datenschutz und die Datensicherheit betreffend, müssen Aspekte der IT-Sicherheit und der Absicherung vernetzter System of Systems im laufenden Betrieb neu überdacht werden.

### **Systems Engineering – Komplexität managen**

Der zweite, thematische Schwerpunkt der qualitativen Interviewreihe fokussierte sich auf den aktuellen Leistungsstand der Wirtschaft und Wissenschaft im Themenfeld Systems Engineering (vgl. Bild 2). Allgemein wurde festgestellt, dass der Begriff Systems Engineering (SE) branchenübergreifend geläufig ist, jedoch das Verständnis eher heterogen vorliegt. Vielfach wurde SE mit einer disziplinübergreifenden Zusammenarbeit während der Spezifikation und der Entwicklung neuer Marktleistungen interpretiert. Die befragten Interviewteilnehmenden assoziierten SE nicht mit einer integrativen Betrachtung von Produkt, Produktionssystem und Dienstleistung und sahen den SE-Einsatz vorrangig in den frühen Phasen der Produktentstehung.



*Bild 2: Zusammenwirken von vielen Fachgebieten über den Produktlebenszyklus im Rahmen des Systems Engineering nach [DAR+21]*

Durch die disziplinübergreifende Zusammenarbeit erwarten die Befragten u.a. ein verbessertes Systemverständnis, um Fehler frühzeitig zu identifizieren, Entwicklungsaktivitäten zu parallelisieren und innovativere Kundenlösungen zu gestalten. Ergänzend werden Vorteile in der Rückverfolgbarkeit der Zusammenhänge der Entwicklungsartefakte sowie in der Optimierung der Transparenz der Produktentwicklung gesehen. In Summe beschreibt eine Teilmenge der Interviewteilnehmenden SE als einen erforderlichen Ansatz zur Komplexitätsbeherrschung des technischen Systems und der damit verbundenen Prozesse. SE soll gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Marktleistungsentstehung steigern.

Diese erkannten Potentiale werden laut den Leistungsstandergebnissen aktuell noch unzureichend genutzt. Der SE-Leistungsstand ist abhängig von der Unternehmensgröße und Branchen im Befragungszeitraum sehr heterogen. Während die Teilnehmenden aus den Branchen Luft- und Raumfahrt sowie Automotive SE eher nutzen, ist SE allgemein im Maschinenbau und der Automatisierungsbranche weniger etabliert. Ebenso hängt die vorrangige Anwendung von SE von der Unternehmensgröße ab: In Großkonzernen wird Systems Engineering tendenziell eher genutzt als in kleineren und mittleren Unternehmen (KMU).

Viele befragte Unternehmen planen oder befinden sich aktuell in der Einführungsphase von Systems Engineering. Vielfach stehen sie hier vor der Herausforderung, Qualifikation und Motivation über alle Hierarchieebenen, insbesondere die der Entwickelnden und der Führungsebenen sicherzustellen. Die Einführung von Systems Engineering ist zudem meist mit umfangreichen Aufwänden verbunden, um die Methoden und Prozesse des Systems Engineering an das Unternehmen und die Projektumfelder anzupassen. Beschriebene Ansätze in der Literatur können nicht ohne Weiteres in Unternehmen integriert werden. Einzelne Unternehmen vermissen hier einen Ansatz zur Bestimmung der Amortisationsdauer u.a. über die Entwicklung mehrerer Systemgeneration hinweg. Der nachhaltige Mehrwert einer Einführung kann aktuell nur schwer bestimmt werden. Laut dem Großteil der Befragten eignet sich eine inkrementelle und projektbezogene Einführung. Vielversprechend zeichnet sich ein simultaner Top-down als auch Bottom-up-Ansatz in den Organisationsebenen aus. Externe Unterstützung hinsichtlich Methodenmanagement als auch ein kontinuierlich begleitendes Veränderungsmanagement unterstützen die Integration von Systems Engineering in Unternehmen.

Mitunter zeigte sich im Rahmen der qualitativen Interviewreihe, dass sich zum Befragungszeitraum kein klares Berufsbild eines Systems Engineering in der Wirtschaft etabliert hat. Uneinigkeit besteht bzgl. Rollenprofil, Aufgaben und Verantwortlichkeiten. In Summe erwartet eine Vielzahl der Befragten eine ausgeprägte Methoden- und Sozialkompetenz, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Stakeholdern zu gewährleisten. Häufig werden diese Kompetenzen mit der Rolle der technischen Projektleiterin oder des technischen Projektleiters gleichgesetzt. Zur Vermittlung dieser Kompetenzen sollten zukünftig u.a. universitäre Lehrkonzepte als auch Training-on-the-job-Konzepte überdacht werden.

Neben dem Systems Engineering wurden zudem Mehrwerte des Model-Based Systems Engineering (MBSE) identifiziert. Als zentrale Potentiale wurde die Beschreib- und Beherrschbarkeit der zunehmenden Systemkomplexität und die Organisation interdisziplinärer Entwicklungsprozesse mit einem ganzheitlichen Systemmodell genannt. Aktuell beschränkt sich der Einsatz von MBSE in den befragten Unternehmen vorrangig auf die formale Modellierung von

Systemarchitekturen. Die Systems Modeling Language (SysML) hat sich in den befragten Unternehmen noch nicht als De-facto-Standard etabliert; i.d.R. werden unternehmensspezifische Modellierungsmethoden eingeführt. Ähnlich wie bei SE wünschen sich die befragten Interviewteilnehmenden Amortisationskonzepte für den erhöhten Modellierungsaufwand, eine verbesserte Benutzungsfreundlichkeit der IT-Werkzeuge sowie eine vereinfachte Integration in die bestehende Engineering-IT-Infrastruktur.

### **Advanced Engineering – Engineering neu denken**

Das Handlungsfeld „Advanced Engineering“ teilt sich in die drei Kernthemen Digitalisierung, Agilität und Kreativität auf und bildet die dritte Säule des Advanced Systems Engineering (vgl. Bild 3). Nachfolgend werden die wesentlichen Erkenntnisse der Kernthemen vorgestellt.



*Bild 3: Advanced Engineering: etabliertes Engineering mit Kreativität, Agilität und Digitalisierung neu denken nach [DAR+21]*

Das Kernthema Digitalisierung wird zukünftig u.a. durch eine digitale Durchgängigkeit, einer entsprechenden Datennutzung sowie einer Nutzung von Künstlicher Intelligenz und Assistenzsystemen geprägt. Die teilnehmenden Interviewpartnerinnen und -partner beschreiben die Vision einer digitalen Durchgängigkeit als einen durchgängigen Informationsfluss zwischen allen wertschöpfenden Aktivitäten durch die Vernetzung der IT-Systeme im Unternehmen. Wesentliche Vorteile sind die Transparenz durch Rückverfolgbarkeit, Effizienzgewinn durch Prozessautomatisierung und Qualitätsverbesserung durch Informationsverfügbarkeit. Hieraus ergibt sich eine Vernetzung der bestehenden Ansätze der virtuellen Produktentstehung und des Produktlebenszyklusmanagements (PLM) durch eine umfassende Integration sämtlicher Informationen der Marktleistungsentstehung und dessen Nutzung. Viele Unternehmen befinden sich aktuell in einem Transformationsprozess, um einen möglichst hohen Vernetzungsgrad, z.B. ihrer Engineering-IT, zu erreichen. Die Erreichung eines hohen Vernetzungsgrads ist mit vielen Aufwänden, insbesondere bei der Administration und Orchestrierung der Softwarewerkzeuge,

verbunden. Medienbrüche zwischen IT-Systemen sowie fehlende Austauschformate erschweren die Gestaltung und Verwaltung von erforderlichen Programmierschnittstellen. Diese Herausforderung tritt verstärkt bei unternehmensübergreifenden Kooperationen und gemeinschaftlich genutzten Informationen in den Vordergrund. Ausreichende Sicherheitsstandards sind darüber hinaus zu berücksichtigen. Als ein langfristiger Erfolgsfaktor wurde eine potenzielle Synergienutzung zwischen PLM, virtueller Produktentstehung und Systems Engineering identifiziert.

Als zentraler Trend im Kernthema Digitalisierung wurde der Digitale Zwilling von vielen Teilnehmenden der Interviewreihe genannt. Das Konzept des Digitalen Zwillings fokussiert die Vernetzung marktleistungsbezogener Daten und Modelle über den Lebenszyklus einer Marktleistung hinweg. Die Interviewreihe zeigte, dass dieses Verständnis sehr heterogen ist, jedoch die vielfältigen Vorteile insbesondere in der Betriebsdatennutzung und bei der Gestaltung von datenbasierten Dienstleistungen oder Geschäftsmodellen erkannt werden. Grundlage hierfür ist die Identifizierung, Strukturierung und Bewertung von Anwendungsfällen. Besondere Herausforderungen liegen in der Modellbildung und deren Vernetzung. Viele Befragten weisen zudem auf die virtuelle Eigenschaftsabsicherung vernetzter Modelle hin, die aktuell mit noch sehr hohen Aufwänden verbunden ist. Zum Befragungszeitpunkt werden in den Unternehmen nur kaum Betriebs- oder Umfelddaten genutzt, um dadurch die Marktleistungen kontinuierlich zu optimieren. Die Forschung sieht hier großes Potential und strebt die Entwicklung von Erfolgsmethoden für eine technische und wirtschaftliche Umsetzung für Digitale Zwilling an.

Ergänzend zu den Bestrebungen zur Optimierung der digitalen Durchgängigkeit setzen viele Interviewpartnerinnen und -partner Assistenzsysteme bereits erfolgreich in ihren Unternehmen ein. Langfristig gesehen erwarten die Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer eine Produktivitäts- und Effizienzsteigerung im Engineering durch eine Integration von Künstlicher Intelligenz in ihre Assistenzsysteme. Übernahme von Routineaufgaben, Verarbeitung unstrukturierter Daten, Lernen aus Erfahrungswissen und eine Verbesserung bestehender IT-Anwendungen sind mögliche Gewinne. Grundlage bilden hier die Identifikation von Anwendungsfällen und die Bildung disziplinspezifischer KI-Modelle. Für die befragten Unternehmen ist es häufig schwierig, dies mit ausreichenden Kompetenzen abzubilden. Gleichzeitig wurde häufig die Unsicherheit bei dem Einsatz von nicht-deterministischen Lernalgorithmen, welche im Konflikt zu sicherheitsrelevanten oder regulatorischen Anforderungen stehen können, genannt.

Eine Vielzahl der befragten Unternehmen plant oder erprobt aktuell agile Vorgehensmodelle im Unternehmen. Häufig beschränkt sich diese Einführung auf einzelne Teams, Abteilungen oder Projekte. Das Scrum-Rahmenwerk ist hier das meistgenannte Vorgehen. Durch eine eingeführte Agilität erwarten die Teilnehmenden eine verbesserte Kommunikation und Zusammenarbeit sowie eine verbesserte Transparenz in der Planung und Dokumentation des Vorgehens. Gleichzeitig wird die Verbindlichkeit für Arbeitsergebnisse erhöht. Durch das agile Vorgehen soll flexibler auf sich ändernde Kunden- oder Marktanforderungen reagiert werden können. Die damit verbundene Umstrukturierung der bestehenden Arbeitsweise führt zu einer Vielzahl von Herausforderungen. Viele Unternehmen beschreiben ihre bestehenden Vorgehensmodelle und Werkzeuge als nicht geeignet und stoßen hier bei der Anpassung auf die Entwicklung zukünftiger Marktleistungen an ihre Grenzen. Der Erfolg der Einführung von Agilität hängt häufig von der Akzeptanz über alle Unternehmensebenen hinweg ab. Unternehmenskultur als

auch das Mindset sind entscheidend. Es bestehen kaum Erfolgsmethoden, welche den Anforderungen an die Organisation (z. B. Skalierbarkeit über viele Entwicklungsabteilungen) und an das Projektumfeld (z. B. interdisziplinäre Produkte) gerecht werden.

Als drittes Kernthema des Advanced Engineering wurde das Kreativitätsmanagement beleuchtet. Dieses unterstützt die Entwicklung von innovativer Marktleistungen und kam vermehrt durch die Methoden wie Design Thinking oder Lean Start Up im Silicon Valley in den Fokus der deutschen Industrie. Viele befragte Unternehmen sehen Potentiale in der Nutzung von Kreativitätstechniken, allerdings finden diese seltene Nutzung im Unternehmensalltag. Bereits etablierte erfolgreiche Formate sind unter anderem Methoden wie das Design Thinking und Kreativitätsworkshops wie Makeathons. Die erforderlichen Infrastrukturen sowie Arbeitszeitmodelle gar im Sinne von New Work fehlen häufig. Ebenfalls bei der Agilität wurde hier von den Befragten der erforderliche Mentalitätswandel, sowohl in den Führungspositionen als auch bei den Entwicklerinnen und Entwicklern, angemerkt.

### **Auswirkungen von Advanced Systems Engineering auf die Organisation und den Menschen im soziotechnischen Gesamtsystem**

Durch den Komplexitätsanstieg der Marktleistungen und u.a. die digitale Transformation befinden sich viele befragte Unternehmen in einer Neuausrichtung der Organisationsstruktur im Engineering. Häufig wurde hier die Einführung von flachen Hierarchien als auch von funktionsorientierten und interdisziplinären Arbeitsstrukturen. Die Einführung von offenen Unternehmens- und Fehlerkulturen mit einer transparenten Kommunikationsbasis erscheint als ein Erfolgsfaktor für die Implementierung neuer Engineering-Strukturen. Eine zentrale Rolle spielt die Unternehmenskultur für die Akzeptanz über alle Führungsebenen. Bild 4 fasst die betrachteten Aspekte grafisch zusammen.

Einhergehend mit einer offenen Unternehmenskultur wünschen sich die befragten Teilnehmenden der Interviewstudie ein kollaboratives, gemeinschaftliches Arbeiten und die unternehmensinterne und -übergreifende Zusammenführung von Kompetenzen und Erfahrungswissen. Jenes bedarf jedoch einer disziplinübergreifenden Entwicklungssprache sowie eines gemeinsamen Modells für Produkte, Dienstleistungen und Produktionssysteme. Diese Prozesse können durch entsprechende IT-Systeme und Methoden für das Wissensmanagement und die Kommunikation unterstützend eingeführt werden. Zukünftig wird hier sich der Fokus auch auf global verteilte Entwicklungsstandorte und unternehmensübergreifende Kollaboration innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken verstärken.

Gleichzeitig werden sich zukünftig nach Aussage der befragten Expertinnen und Experten aus der Wissenschaft neue Rollen etablieren. Diese Rollen definieren neue verbundene Verantwortlichkeiten und Tätigkeitsbereiche. Exemplarische Rollen könnte z.B. ein Methoden-Coach für das Systems Engineering oder für agile Vorgehensmodelle sein. Ein strukturiertes Kompetenz- und Rollenmanagement ermöglicht einen zunehmend flexiblen Einsatz der Mitarbeitenden mit wechselnden Aufgaben im Advanced Systems Engineering.

Viele der befragten Expertinnen und Experten erwarten, dass die Mitarbeitenden in den zukünftigen Entstehungsprozessen auf der einen Seite tief technisch in einer Disziplin versiert sind

und auf der anderen Seite ein abstraktes Verständnis über das Gesamtsystem aufweisen. Systemdenken wird über den Erfolg der Advanced Systems entscheiden. Gleichzeitig erfordert dies ein gutes Verständnis für die Marktleistungen, den Kundinnen und Kunden und das eigene Unternehmen. Sozial- und Personalkompetenzen werden für die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams unabdingbar.



*Bild 4: Das soziotechnische Gesamtsystem mit den Auswirkungen auf Organisation und Mensch*

Grundbasis wird in der Bildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren gelegt. Die Befragten wünschen sich hier ein umfangreiches Verständnis für die Wichtigkeit von interdisziplinärer Zusammenarbeit und Kommunikation. Neue Lehrformate, wie z.B. ein fakultätsübergreifendes Projekt mit Problemstellungen aus der Wirtschaft sollten in der Ausbildung an Universitäten und Hochschulen integriert werden. Ebenfalls empfehlen die Befragten, junge Menschen, bereits in den frühen Bildungsphasen, für Technikwissenschaften zu begeistern, um einem sich abzeichnenden Fachkräftemangel frühzeitig entgegenzuwirken. Praktische Kenntnisse und Fähigkeiten sollten auch über alle beruflichen Level durch Weiterbildungen vermittelt und erprobt werden. Ein Großteil der Befragten wünschen sich Weiterbildungsprogramme, die sowohl der Dynamik neuer Technologien und Methoden gerecht werden als auch einen nachhaltigen Transfer von Erfahrungswissen ermöglichen.



## 2.2 Quantitative Erhebung: Engineering im internationalen Vergleich

Die Ergebnisse der qualitativen Erhebung zeigen den erhobenen Leistungsstand des Engineerings in Deutschland. Den Unternehmen stehen unterschiedlichen Herausforderungen bevor, um weiterhin erfolgsversprechende Produkte, Dienstleistungen und Systeme zu entwickeln und zu vermarkten. Diese beschriebenen Innovationserfolge werden sich nur dann verstetigen lassen, wenn Unternehmen befähigt werden, die zukünftigen Marktleistungen erfolgreich zu gestalten und zum Markterfolg zu bringen (vgl. Bild 5). Eine ganzheitliche interdisziplinäre Gestaltung und Entwicklung zukünftiger Marktleistungen wie z.B. des Advanced Systems Engineering wird gefordert. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer quantitativen Erhebung analysiert, wie sich die Zukunftsthemen in der Wissenschaft quantitativ verankert sind. Grundlage bildet hier ein mehrstufiger Ansatz in einer systematischen Literaturrecherche.

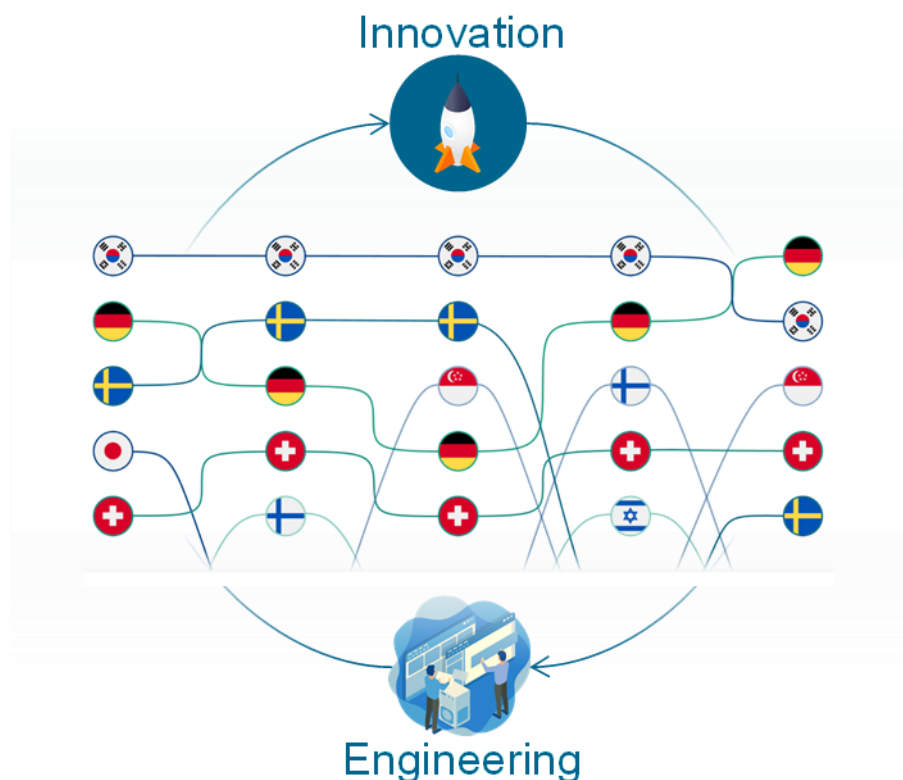


Bild 5: *Deutschland führt die Liste der innovativsten Länder im 5-Jahresvergleich in Anlehnung an [JL20]*

### Systems Engineering im internationalen Vergleich

Im Rahmen der quantitativen Erhebung wurden Deutschlands Aktivitäten im Systems Engineering sowohl in der Lehre als auch in der Forschung systematisch analysiert. Im europäischen Vergleich nimmt Deutschland eine Vorreiterposition ein. Systems Engineering ist in den Lehrprogrammen der neun technischen Universitäten (TU9) in Deutschland verankert, ist jedoch in Summe sehr heterogen in den verschiedenen Fakultäten wiederzufinden. Im internationalen Vergleich sind in den USA, China und Japan die meisten Absolventinnen und Absolventen im Bereich Systems Engineering wiederzufinden. Eine explizite Vergleichbarkeit der Bildungslandschaft ist durch die verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten nicht gegeben.

Mit Blick auf die Positionierung von Systems Engineering in der wissenschaftlichen Forschungscommunity lässt sich feststellen, dass Systems Engineering mit einer jährlichen Zunahme der Veröffentlichungen von 8% in Deutschland deutlich an Relevanz gewinnt. Im internationalen Vergleich weisen die USA und China die sowohl höchste Anzahl als auch die höchste Qualität von Publikationen, gemessen an der Anzahl der Zitationen auf. Dabei verzeichnet China mit etwa 30 % die höchste jährliche Wachstumsrate.

### **Advanced Engineering im internationalen Vergleich**

Die verschiedenen Entwicklungen und Trends werden die zukünftige Marktleistungsentstehung prägen. Die qualitative Erhebung zeigt, dass Advanced Engineering nicht nur als reine Optimierung von IT-Werkzeugen verstanden werden darf, sondern Themen wie Model-Based Systems Engineering, Künstliche Intelligenz und Kreativität aufgreift und Prozesse, Methoden sowie die Arbeitsorganisation berücksichtigt. Basierend auf den Ergebnissen wurde die aktuelle Durchdringung der digitalen Technologien und innovativen Methoden im Engineering untersucht. Aufgrund des hohen Neuheitsgrads und einer breiten Verankerung in den Lehrprogrammen an den Hochschulen beschränkt sich die Erhebung der Kennzahlen auf die Forschung. Dabei ist die Untersuchung im Gegensatz zur länderspezifischen Betrachtung des Systems Engineering nach den beschriebenen Themenfeldern strukturiert. Die Erhebung der Forschungskennzahlen in beiden Bereichen unterstreicht die Vormachtstellung der USA und China. Veröffentlichungen zu „Künstliche Intelligenz im Engineering“ und „Digitaler Zwilling im Engineering“ erfahren steigende Beliebtheit und spielen bereits hier ihre zukünftige Relevanz wieder. Die meisten Veröffentlichungen werden hier durch die USA und China vorangetrieben. Publikationen zu innovativen Methoden nehmen ebenfalls seit 2010 konstant zu. Die USA dominiert u.a. die Vormachtstellungen in den Forschungsfeldern „Kreativität im Engineering“ und „Agilität im Engineering“. Deutschland ist in Summe hinsichtlich der Quantität von Veröffentlichungen in den Bereichen KI und Kreativität weit abgeschlagen, hat jedoch in den Bereichen PLM und Digitaler Zwilling eine mit führende Position.

### **Advanced Systems Engineering im internationalen Vergleich**

Die quantitative Erhebung des Leistungsstands in den Themenfeldern des Systems Engineerings und des Advanced Engineerings bestätigt die steigende Relevanz für das Engineering, bzw. für die Entstehung zukünftiger Marktleistungen. Zur Entwicklung dieser eröffnen eine systematische Verknüpfung und Integration der Themenfelder Systems Engineering und Advanced Engineering, den Engineeringprozess effizienter und effektiver zu gestalten. Eine kombinierte Untersuchung dieser Themenfelder zeigt, dass insbesondere die Vernetzung von Systems Engineering und Agilität sowie von Systems Engineering und Künstliche Intelligenz aufzunehmendes Interesse stößt. Die Zusammenhänge zwischen Systems Engineering und dem Digitalen Zwilling, der Kreativität oder dem Produktlebenszyklusmanagement stehen weniger im Zentrum aktueller Forschungsaktivitäten. Zum Untersuchungszeitpunkt sind die USA und China in fast allen kombinatorischen Möglichkeiten führend. Deutschland führt bei der kumulierten Anzahl der Publikationen im Bereich Systems Engineering und PLM. Des Weiteren findet Deutschland mit 17 Publikationen direkten Anschluss an die USA mit 20 Publikationen im Themenfeld Systems Engineering und Digitaler Zwilling. Dies unterstreicht mögliche Erfolgsfaktoren Deutschlands im Kontext der digitalen Durchgängigkeit im Engineering.

### 3 SWOT Analyse

Die Ausführung zum Leistungsstand des Engineerings in Deutschland enthalten zahlreiche Hinweise für die Entwicklung einer ASE-Strategie. Diese wurden in einer SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats) strukturiert. Aus drei Zukunftsszenarien zum „Engineering im Jahr 2035 in Deutschland“<sup>1</sup> wurden weitere Chancen und Bedrohungen ergänzt. In einem Workshop mit dem Experten- und Dialogkreises des Begleitforschungsprojekts AdWiSE wurde die SWOT-Analyse vorgestellt, überprüft und an einigen Stellen modifiziert. Tabelle 1 zeigt die resultierende SWOT-Matrix.

Tabelle 1: Ergebnisse der SWOT-Analyse

| Strengths/Stärken   | Weaknesses/Schwächen  |
|---|---|
| S1 Kompetenzen für Cyber-Physische Systeme (CPS) und Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS)            | W1 Entwicklung softwareintensiver Systeme   |
| S2 Kompetenzen in der Produktentwicklung, Produktionstechnik und Produktionssystementwicklung             | W2 Integrative Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen, Wertschöpfungsnetzwerken und Geschäftsmodellen |
| S3 Ausgeprägtes Nachhaltigkeits-Mindset   | W3 Rudimentäre Nutzung von Systems Engineering in der Industrie   |
| S4 Problembewusstsein und Kompetenzen bzgl. Informationssicherheit und Datenschutz                        | W4 Umsetzung der digitalen Transformation in Wirtschaft und öffentlichem Leben                            |
| S5 Intensive Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft  | W5 Ausschöpfung der Erfolgspotentiale von Agilität und Kreativität  |
|   | W6 Eklatanter Fachkräftemangel im Engineering   |
| Opportunities/Chancen   | Threats/Bedrohungen   |
| O1 Steigende Marktrelevanz von Autonomie, Interaktivität und Vernetzung in Verbindung mit Verlässlichkeit | T1 Scheitern der Validierung von komplexen Systems of Systems   |
| O2 Steigende Nachfrage nach neuen Engineering-Lösungen für nachhaltige intelligente technische Systeme    | T2 Mangelnde Akzeptanz von Innovationen aufgrund von „Technik-Angst“                                      |
| O3 Entstehung neuer Formen der Wertschöpfung durch Analyse und Verwertung von Daten im Engineering        | T3 Wettbewerbsnachteile durch Überregulierung   |
| O4 Breite Verfügbarkeit von Schrittmachertechnologien (z. B. KI und Cloud-Infrastrukturen)                | T4 Digitale Abhängigkeit von den USA und/oder China   |
| O5 Etablierung von innovationsförderlichen Kooperationskulturen   | T5 Schäden durch Cyber-Attacken   |

<sup>1</sup> Die Zukunftsszenarien sind wie die Leistungsstandserhebung im Begleitforschungsprojekt AdWiSE entstanden. Aufgrund des begrenzten Umfangs dieses Beitrags können die Szenarien an dieser Stelle nicht genauer beschrieben werden.

Aus der SWOT-Analyse resultieren insbesondere vier Erfolgspotentiale, die als Steuerungsgrößen für die Strategie dienen. Die Klammern kennzeichnen die jeweilig aufgegriffenen Aspekte der SWOT-Analyse.

- 1) Der Engineeringstandort Deutschland kann in Zukunft erfolgreich sein, wenn er seine führende Stellung in der Entwicklung und Produktion intelligenter technischer Systeme ausbaut, den neuen Marktanforderungen Autonomie, Interaktivität und Vernetzung gerecht wird und ihm eine Differenzierung durch Verlässlichkeit gelingt (S1, S2, O1).
- 2) Neben der weiterhin hohen Qualität wird insbesondere die Nachhaltigkeit der entwickelten Systeme im Fokus stehen (S3, O2).
- 3) Aufgrund der stetig steigenden Anzahl an CPS und CPPS werden in Zukunft kaum vorstellbar große Datenmengen verfügbar sein. Im Engineering wird es auf die Auswertung eben dieser Datenmengen ankommen. Dafür stellen insbesondere KI-Ansätze vielversprechende Lösungen dar (O3, O4).
- 4) Die steigende Vernetzung sowie das Paradigma System of Systems werden mehr denn je die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit erfordern. Eine innovationsfreundliche Kooperationskultur bildet die Grundlage für die erfolgreiche Zusammenarbeit (O5).

Eine Erfolg versprechende ASE-Strategie muss sich an diesen vier Erfolgspotentialen orientieren und Maßnahmen definieren, die zum Aufbau und zur Erschließung der Erfolgspotentiale beitragen.

## 4 Resümee und Ausblick

In diesem Beitrag wurden der Leistungsstand sowie daraus resultierende Erfolgspotentiale für das Leitbild des Advanced Systems Engineering (ASE) aufgezeigt. Die qualitative als auch quantitative Analyse des Leistungsstands zeigt neben dem Status quo in den Bereichen der Advanced Systems, dem Systems Engineering und dem Advanced Engineering auch die Auswirkungen von Advanced Systems Engineering auf die Organisation und den Menschen im soziotechnischen Gesamtsystem auf. Jedes dieser Handlungsfelder gibt dabei Anhaltspunkte für den Bedarf der Weiterentwicklung des Engineerings am Standort Deutschland. Dies wird auch durch die Einordnung des Engineerings im internationalen Vergleich bestätigt. Hier sind in einzelnen Bereichen vor allem die USA, China und Japan vor Deutschland angesiedelt. Die auf Basis des erhobenen Leistungsstands erstellte SWOT-Analyse strukturiert die beinhaltenen Hinweise zum Zweck der Entwicklung einer ASE-Strategie, indem sie Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen aufzeigt. Aus den Bestandteilen der SWOT-Analyse konnten insgesamt vier Erfolgspotentiale abgeleitet werden.

Die Erfolgspotentiale bilden wesentliche Steuergrößen für die Definition einer allgemeinen ASE-Strategie. Letztere muss dabei Maßnahmen definieren, mit denen die Erfolgspotentiale aufgebaut und erschlossen werden können. In einem ersten Schritt wird dafür in kommenden Arbeiten eine Erfolg versprechende strategische Stoßrichtung festgelegt. Diese wird später durch Konsequenzen und Maßnahmen bzw. Empfehlungen operationalisiert.

## Literatur

- [BUN16] DEUTSCHLAND 2030 – Zukunftsperspektiven der Wertschöpfung. BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V, Nr. 458, Berlin, 2016
- [DAR+21] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J. (HRSG.): Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering, Paderborn, 2021
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Hanser, München, 2019
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage, Hanser, München, 2014
- [GRK13] GAUSEMEIER, J.; RÜBBELKE, R.; KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5. – 6. Dezember 2013, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013
- [Kle07] KLEIN, R.: Modellgestütztes Service Systems Engineering – Theorie und Technik einer systemischen Entwicklung von Dienstleistungen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2007
- [JL20] JAMRISKO, M.; LU, W.: Bloomberg Innovation Index – Germany Breaks Korea’s Six-Year Streak as Most Innovative Nation. Unter: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-01-18/germany-breaks-korea-s-six-year-streak-as-most-innovative-nation>, 01. Dezember 2020
- [PB19-ol] PAYMENT & BANKING: Infografik: Die wertvollsten Unternehmen (1990-2018). Unter: <https://paymentandbanking.com/die-wertvollsten-unternehmen-1990-2018/>, Letzter Zugriff: 1. September 2019

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu** ist Direktor am Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und Leiter des Fachgebietes Advanced Systems Engineering an der Universität Paderborn. Weiterhin ist er Geschäftsführer des Spitzenclusters Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it’s OWL) und verantwortet den Bereich Strategie, Forschung und Entwicklung. Er studierte Ingenieurinformatik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und promovierte an der Fakultät für Maschinenbau an der Universität Paderborn.

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier** ist Seniorprofessor am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Strategische Produktplanung und Systems Engineering. Er war Sprecher des Sonderforschungsbereiches 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ und von 2009 bis 2015 Mitglied des Wissenschaftsrats. Jürgen Gausemeier ist Initiator und Aufsichtsratsvorsitzender des Beratungsunternehmens UNITY AG. Seit 2003 ist er Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und seit 2012 Vizepräsident. Ferner ist Jürgen Gausemeier Vorsitzender des Clusterboards des BMBF-Spitzenclusters „Intelligente Technische Systeme Ostwestfalen-Lippe (it’s OWL)“.

**Dr.-Ing. Harald Anacker** leitet die Abteilung „Systems Engineering“ am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn. Mit seinem Team bearbeitet er schwerpunktmäßig Industrie- und Forschungsprojekte mit den Fragestellungen wie komplexe Systeme effizient entwickelt und das zugehörige Engineering erfolgreich gestaltet werden können. Er

studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Paderborn und promovierte an der Fakultät für Maschinenbau.

**Dr. phil. Steffen Steglich** ist wissenschaftlicher Referent bei acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Dort arbeitet er im Themenschwerpunkt Technologische Souveränität und industrielle Wertschöpfung. Er studierte Soziologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München und promovierte an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

**Eva-Maria Grote, M.Sc.** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in der Abteilung „Systems Engineering“. Ihr fachlicher Schwerpunkt liegt in der Kompetenz- und Rollenentwicklung im Entwicklungsmanagement für das zukünftige Engineering. Sie studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn.

**Maurice Meyer, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Fachhochschule Bielefeld und Mechatronik an der Technischen Hochschule Köln. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Integration von Nutzungsdaten-Analysen in die strategische Produktplanung sowie in der Strategieentwicklung.

**Rik Razor, M.Sc.** leitet die Gruppe „Digitale Produktentstehung“ in der Abteilung Systems Engineering des Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen disziplinübergreifendes Entwicklungsmanagement, Model-Based Systems Engineering (MBSE) und Product-Lifecycle-Management (PLM). Neben Industrie- und Forschungsprojekten verantwortet er den Aufbau und die Betreuung des Systems Engineering Live Lab. Rik Razor studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen.

**Julian Tekaas, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in der Abteilung „Systems Engineering“. Dort ist er auf dem Gebiet der Entwicklungsmethoden und dem Entwicklungsmanagement in Forschungs- und Industrieprojekten tätig. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn.



## **Plenum II**





# **Systems-Engineering softwareintensiver, vernetzter Systeme**

**Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy**

*Institut für Informatik, Technische Universität München*

*Boltzmannstr. 3, 85748 Garching, Germany*

*Tel. +49 (0) 89 / 28 91 73 04, Fax +49 (0) 89 / 28 91 73 07*

*E-Mail: broy@in.tum.de*

## **Zusammenfassung**

Die Digitalisierung gewinnt weiter rasch an Raum. Die Funktionalität von Systemen ist immer stärker geprägt von Interaktion, Verteilung, Nutzerzentrierung, Automatisierung, Autonomie, Datenzentrierung und Vernetzung auf Basis integrierter Software. Infolgedessen muss das Systems-Engineering immer expliziter darauf zugeschnitten werden, wie sich Systeme in ihrer Funktionsweise auf große, umfangreiche, vernetzte Softwaresysteme abstützen, die ihre Funktionalität in weiten Teilen prägen, aber auch die Art und Weise, wie diese Systeme mit ihrer dominanten Software geplant, konzipiert, entwickelt, betrieben und orchestriert werden.

Software als immaterielles Produkt dezidierter Ingenieur Tätigkeit hat innerhalb weniger Jahrzehnte Wirtschaft und Gesellschaft nachhaltig verändert. Softwaresysteme sind immer stärker auch Teil von cyber-physischen Systemen mit dem Ergebnis, dass Funktionalität, Wirkungsweise und Einsatzmöglichkeiten, aber auch Vermarktung, Betrieb und Orchestrierung sich signifikant verändern. Dies hat nachdrücklich Einfluss auf das Systems-Engineering, insbesondere wird deutlich, dass unter Vorzeichen wie DevOps, Entwicklung, Vermarktung und Einsatz, aber auch Kundenzentrierung und funktionsorientierter Weiterentwicklung sich ganz anderer Möglichkeiten bedienen können. Dies wirkt sich dramatisch darauf aus, wie heute und in der Zukunft softwareintensive Systeme entwickelt und weiterentwickelt werden.

Zentrale Herausforderung sind dabei die schnelle ad-hoc Vernetzung und dynamische Integration vorhandener Systeme auf Basis der Nutzung gemeinsamer Daten und gemeinsamer Funktionalitäten. In letzter Konsequenz heißt das, dass entsprechende Systeme im Umfeld von Plattformen geschaffen und betrieben werden und dass die Netzwerkeffekte und die Besonderheiten der Plattformökonomie sowie innovative Geschäftsmodelle eine tragende Rolle spielen für die wirtschaftliche Wucht, die von diesen Systemen ausgeht.

## **Schlüsselworte**

Softwareintensive Systeme, Plattformökonomie, modellbasierte Entwicklung

# **Systems-Engineering of Software-Intensive, Networked Systems**

## **Abstract**

Digitization continues to grow rapidly. The functionality of systems is increasingly characterized by interaction, distribution, automation, autonomy, user as well as data centered and networking based on integrated software. As a result, systems engineering has to be tailored more and more explicitly to how systems are based in their functionality on huge, extensive, networked software systems that largely shape their functionality, but also the way in which these systems are planned with their dominant software, designed, developed, operated and orchestrated.

As an intangible product of dedicated engineering, software has changed the economy and society for a long time in just a few decades. Software systems are increasingly becoming part of cyber-physical systems, with the result that functionality, mode of operation and use cases, as well as marketing, operation and orchestration, are changing significantly. This has a strong impact on systems engineering, in particular, it becomes clear that under signs such as DevOps, development, marketing and use, but also customer focus and function-oriented further development, completely different possibilities can be aimed at. This has a dramatic effect on how software-intensive systems are developed and refined today and in the future.

The central challenge is the fast ad-hoc networking and dynamic integration of existing systems based on the use of shared data and shared functionalities. Ultimately, this means that corresponding systems are created and operated in the environment of platforms and that the network effects and the peculiarities of the platform economy as well as innovative business models play a key role in the dramatic economic impact of such systems.

## **Keywords**

Software-intensive systems, platform economy, model-based development

## 1 Disruptive Änderungen im Systems-Engineering durch Software

Der Entwurf, die Entwicklung und Produktion von zunächst vor allem mechanischen Systemen, insbesondere von Produktionssystemen für die unterschiedlichsten materiellen Produkte, war prägend für die Phase der ersten industriellen Revolution. Diese ging einher mit dem gezielten Einsatz von Energie in der Produktion, aber auch für Aufgaben im Alltag wie beispielsweise Transport im Bauwesen und im Betrieb von Gebäuden. Dies befruchtete und wurde befruchtet durch die Entwicklung der Ingenieurdisziplinen wie dem Maschinenbau und der Elektrotechnik, aber auch dem Bauingenieurwesen und ingenieurmäßigen Anwendungen in der Chemieproduktion. Gerade in Deutschland brachte das eine frühe ökonomische Blüte, die bis in die jetzige Zeit wirkt.

Mit der Entwicklung von Elektronik und elektronikbasierten Systemanteilen entstand vor, aber insbesondere während des zweiten Weltkriegs die Notwendigkeit des „Systems Engineerings“. Systeme unterscheiden sich von den traditionellen, ingenieurmäßigen Produkten, da sie einen hohen Grad an Interdisziplinarität erfordern, wobei genau das Zusammenspiel zwischen den unterschiedlichen Disziplinen entscheidend für die Funktionalität der Systeme ist.

Im zweiten Weltkrieg trat parallel dazu zunächst noch zögerlich eine neue Ingenieurdisziplin auf den Plan, zunächst nur punktuell, nach dem Krieg dann verstärkt: Die Informatik mit ihrer Nutzung von Algorithmen und Daten in Programmen als ein Teil von Systemen. Anfangs noch stärker konzentriert auf den Bau von Rechnern zeigte sich schnell, dass die vielleicht größere Herausforderung die Gestaltung der Applikationen und damit der entsprechenden Softwaresysteme ist. In der denkwürdigen Konferenz zum Thema „Software Engineering“ in Garmisch im Jahr 1968 wurde die Erkenntnis öffentlich postuliert, dass Softwaresysteme ganz neue Herausforderungen mit sich bringen [NR68].

Nichtsdestotrotz wurde erkannt, dass Softwaresysteme viele Elemente klassischer Ingenieurdisziplinen für ihre Entwicklung erfordern, allen voran eine wissenschaftliche Fundierung. Geprägt wurde diese zweite Phase der Softwaretechnik ab Mitte der 60er Jahre bis Ende der 70er Jahre maßgeblich durch das Bestreben komplexere Aufgaben, die bislang manuell oder mit elektromechanischen Mitteln bearbeitet worden waren, nun mit Softwaresystemen zu bearbeiten. Klassische Beispiele fanden sich im Bereich der Finanzdienstleistungen, wie etwa der Verwaltung von Konten in Banken oder in der Vermittlung von Telefongesprächen mit dem Übergang von Relaisstationen zu Rechnern mit softwarebasierter Vermittlung. Software wurde zu dieser Zeit vor allem genutzt, um bis dahin manuell oder elektromechanisch gelöste Aufgaben effizienter, schneller und nachweisbar korrekter durchzuführen. Ab Ende der 70er Jahre zeigte sich aber, dass Software völlig neue Möglichkeiten eröffnete, die weit über der effizienten Nachbildung elektromechanischer oder manueller Tätigkeiten hinausgingen. Es begann die Phase der Innovation durch Software, heute oft als Digitalisierung bezeichnet.

Dies betraf zum einen die Erfassung von Daten und von Zusammenhängen, aber auch von Prozessen und deren Nutzung für die Überwachung und Steuerung komplexer Vorgänge und insbesondere die Mensch-System-Interaktion (MSI), die völlig neue Möglichkeiten der Nutzung cyber-physischer Systeme durch den Menschen schafft.

Erwies sich die erste Phase der Industrialisierung vor allem als Möglichkeit, die physischen Fähigkeiten von Menschen durch Maschinen, vor allem hinsichtlich Kraft und Geschwindigkeit zu steigern, so zeigte sich, dass Software in der Lage ist, die intellektuellen und mentalen Fähigkeiten von Menschen zu ergänzen und zu erweitern. Systeme zeigen dadurch komplexes, differenziertes, vernetztes Verhalten.

In den augenblicklichen, etwas aufgebauchten Erwartungen zu „künstlicher Intelligenz“ wird oft übersehen, dass dies der entscheidende Beiträge von Softwaresystemen ist: Vorgänge, die menschliche, intellektuelle Fähigkeiten erfordern, werden (zumindest zum Teil) automatisiert. Menschen werden in ihren Fähigkeiten durch Daten und Algorithmen unterstützt, so dass sie in der Lage sind, mit der Unterstützung von Softwaresystemen ganz andere Herausforderungen zu meistern – oder auch einen Teil von für den Menschen eher ermüdenden Tätigkeiten ganz durch Maschinen übernehmen zu lassen. Ein darüber hinaus wesentlicher Aspekt ist die Assistenz von Nutzern. Digitale Systeme stärken den Menschen in Wissen und Handeln.

Wesentlicher Teil der Stärke der Digitalisierung erwächst aus der umfangreichen digitalen Infrastruktur. Mit der Schaffung des Internets, des World Wide Web, entstand eine Plattform zur Vernetzung und funktionalen Umsetzung von Möglichkeiten, die alles übersteigt, was Menschen sich vor der Schaffung dieser Systeme vorstellen konnten. Ein weiterer entscheidender Schritt war die Entwicklung des Smartphones mit seiner Verbindung zum World Wide Web, was einen beständigen, weitgehend ortsunabhängigen Zugang zum Internet erlaubt. Hinzu kommt die immer perfektere Sensorik und Aktuatorik, die es erlaubt, Softwaresysteme intensiv und umfassend in die physikalische Wirklichkeit einzubetten. Klassische elektromechanische Systeme werden reaktiv und interaktiv, sie kontrollieren und steuern physische Vorgänge.

Das Resultat ist ein einzigartiges, interdisziplinäres Potential, elektromechanische Produkte mit Hilfe von Software mit ganz neuen Funktionalitäten und dezidierten Nutzerschnittstellen zu versehen. Dabei entstehen umfassende Softwaresysteme, die vielfältigste Funktionalitäten aufweisen und entscheidende Beiträge zur Innovation leisten. Sie bilden den Kern umfassender cyber-physischer Systeme.

Diese Entwicklung, die hier nur in sehr groben Zügen dargestellt ist, führte auf eine völlig neue Stufe des zukunftsorientierten „Systems Engineering“. Infolgedessen ändert sich der Systembegriff dramatisch. Die Möglichkeiten für die Gestaltung von Systemen, aber auch für deren Betrieb und Vermarktung gehen in völlig neue Dimensionen. Diese Veränderungen müssen für ein zukunftsicheres „Systems Engineering“ in allen Details verstanden werden und methodisch umgesetzt werden.

Die Methoden der Softwareentwicklung, die in vieler Hinsicht noch weiterentwickelt werden müssen, müssen nichtsdestotrotz als Kern für die Entwicklung der Systeme der Zukunft dienen. Die cyber-physischen Systeme der Zukunft lagern sich um einen Kern von Softwaresystemen, die Daten und Funktionalität bereitstellen, um vielfältige, multifunktionale, cyber-physische

Systeme miteinander zu verbinden, die Funktionalität zu nutzen und zu erweitern. Auf diese Art und Weise werden umfassende, vernetzte Systeme geschaffen, die an Leistungsstärke und Funktionalität stark durch den wechselseitigen Austausch von Daten und deren vielfältige Nutzung geprägt sind.

Menschen sind als Nutzer mit diesen Systemen vielfältig verbunden. Erfolgskritisch werden daher die Fragen der dezidierten Mensch-Maschine-Interaktion und der angemessenen Verfahren für menschenzentrierte Interaktion mit den Systemen ausgerichtet auf die Ziele und Aufgaben, die die Menschen verfolgen. Hier besteht ein umfassender Nachholbedarf gerade auch in Deutschland im Hinblick auf Ausbildung und Forschung, aber auch Umsetzung und Nutzung.

Eines der Merkmale der beschriebenen Art von Systemen ist, dass sie einen viel weiteren Entwurfsraum zur Verfügung stellen als konventionelle Systeme. Softwarelösungen sind viel weniger durch physikalische Einschränkungen reglementiert und erlauben oft verblüffende Möglichkeiten, geforderte Funktionalitäten innovativ umzusetzen, zu erweitern, zu vernetzen und so ganz neue Applikationen zu schaffen.

Wie bereits zu beobachten war, ändert das in vielen Bereich disruptiv die Märkte und schafft völlig neue Möglichkeiten. Beispiele dafür sind Anwendungen in der Medizin, aber auch in der Finanzdienstleistung, der Versicherungswirtschaft, zu Themen der Mobilität, in Fragen der Sicherheit, aber auch im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung und vielem mehr. Vor uns liegt ein weites Meer von Möglichkeiten, Systeme neu zu gestalten und dies in einem Umgang, dass das unser Leben, unsere Zukunft, unsere Gesellschaft, aber insbesondere unsere Wirtschaft nachhaltig prägen wird. Der Schlüssel zu dieser Veränderung liegt in der Fähigkeit, die Möglichkeiten der Software zu erschließen und in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern professionell umzusetzen.

RIEMENSPERGER und FALK beschreiben die wirtschaftliche Herausforderungen der Gegenwart für Deutschlands digitale Zukunft zwischen den USA und China [RF20]. Ihr Fazit: Deutschland hat seine Chance im „digitalen Betrieb der physischen Welt“.

## 2 Grundsätze der Softwareentwicklung

In der Softwareentwicklung haben sich über die letzten Jahrzehnte Grundsätze herausgebildet, die für sich genommen gar nicht so kompliziert sind, die aber bisher noch erstaunlich wenig in gängige Ingenieurpraxis Einzug gehalten haben – gerade auch Führungspersönlichkeiten unbekannt sind [BK21].

Allen voran ist die *Modularität*, das Prinzip, Systeme verkapselt zu entwerfen, über Schnittstellen einschließlich des Schnittstellenverhaltens zu beschreiben, wie diese Systeme mit ihrer Umgebung interagieren, wobei gekapselt wird, wie diese Systeme intern tatsächlich arbeiten, und in der Schnittstellenbeschreibung nur die Wechselwirkung zwischen System und Umgebung dargestellt wird. Dies adressiert das Prinzip des *Information Hiding*s. Mit Hilfe dieser Mittel kommt man sofort auf fundamentale Prinzipien von Architekturen, die in vielfältiger Weise das System Engineering von morgen bestimmen. Es lässt sich erahnen, dass in Zukunft Systems-Engineering ein Raster von Methoden und Begriffen einsetzen wird, die gleichermaßen für

Softwaresysteme wie für elektromechanische Systeme anwendbar sind, eben die Basis für die Entwicklung cyber-physischer Systeme. Zentral ist dabei der *Schnittstellenbegriff* – auch für Weiterentwicklung und Wiederverwendung.

Die Zukunft unserer Fähigkeit, solche Systeme zu bauen, liegt nicht primär in unserer Fähigkeit, Systeme der künstlichen Intelligenz zu entwickeln, wie sie heute mit ambitionierten Lernverfahren besonders propagiert werden, auch wenn diese Systeme wichtig und essentieller Bestandteil der cyber-physischen Systeme der Zukunft sind, dennoch adressieren sie nur einen Aspekt. Wichtiger wird es sein, die umfassende methodische Befähigung des Entwurfs solcher Systeme, ihre ständige Weiterentwicklung, die Sicherstellung ihrer Funktionsfähigkeit und die Integration von Entwicklung und Betrieb auf breiter Front in der Wirtschaft sicherzustellen.

### **3 Herausforderungen für ein zukunftssicheres Systems-Engineering**

Die Entwicklung von Softwaresystemen stützt sich auf andere Techniken als die Entwicklung klassischer elektromechanischer Systeme. Zum einen ist klar, dass die Entwurfsräume größer sind, denn elektromechanische Systeme sind stark geprägt durch physikalische Gesetzmäßigkeiten. Die wesentlichen Gesichtspunkte des Engineerings nehmen Rücksicht auf die Besonderheiten der Materie Physik und Chemie. Das kennzeichnet in weiten Teilen die Entwicklung dieser Systeme und schränkt die Entwurfsräume deutlich ein.

Für Softwaresysteme ist die Situation deutlich differenzierter. Waren die frühen Phasen des Software-Engineerings im Wesentlichen geprägt durch das Ziel, existierende, manuelle oder elektromechanische Tätigkeiten durch Software effizienter, schneller und fehlerfreier durchzuführen, so zeigte sich schnell, dass Software ganz andere Möglichkeiten eröffnet. Im Zentrum dieser Erkenntnis steht die Aufgabe der Anforderungsdefinition. Bei der Entwicklung umfassender Softwaresysteme, auch cyber-physischer Systeme, und dem dafür erforderliche Systems-Engineering, insbesondere unter Einbindung menschlicher Bearbeiter, entstehen ganz neue funktionale Möglichkeiten und innovative Applikationen.

Ein aufschlussreiches Beispiel dafür ist der zivile Flugverkehr: Die Gestaltung des Arbeitsplatzes des Piloten, die Funktionalität, mit der der Pilot ein Flugzeug steuert, die Verbindung des Flugzeuges mit der Flugüberwachung, die Interaktion zwischen der Flugdynamik und der Avionik und den steuernden und überwachenden Systemen ist vielfältig. Die Funktionalität, die dem Piloten zur Verfügung steht, ist gezielt auf seine besondere Situation zugeschnitten. Die Systeme überwachen beispielsweise die psychische Belastung des Piloten, den sogenannten „Cognitive Overload“, stellen die Funktionalität der Systeme darauf ab. Daneben ist die Ausbildung der Piloten ausgerichtet auf die Besonderheiten des Cockpits und gleichzeitig ist die Flugüberwachung als weiterer Faktor so ausgelegt, dass die digitale Unterstützung den Piloten optimale Möglichkeiten gibt, das Flugzeug zu kontrollieren und zu steuern. Dies alles ist eingebettet in eine umfassende Flugüberwachung und eine Vernetzung mit anderen Flugzeugen

Gleichzeitig erfolgt auch eine Abstimmung auf das, was im Flugeschehen passiert: Die Motoren und andere Systeme des Flugzeuges werden überwacht, Möglichkeiten des „predictive maintenance“ werden eingesetzt, sodass, bevor Systeme tatsächlich ausfallen, dies bereits durch

Überwachungsfunktionalität aufgedeckt wird und frühzeitig entsprechende Warnungen erfolgen und Wartungsmaßnahmen präventiv eingeleitet werden. Wesentlich ist auch die Interaktion dieser Systeme mit weiteren Systemen, zum Beispiel werden Wettervorhersagen eingespielt. Gleichzeitig sind diese Systeme vernetzt mit vielfältigen Buchungssystemen am Boden mit Gepäcksteuerung und vielem mehr.

Es entsteht ein komplexes System aus Software, cyber-physischen Systemen, Übertragungseinrichtungen, Sensorik und Aktuatorik und auf den Anwendungsgegenstand ausgerichtete Prozeduren. Das System ist gezielt um die handelnden Personen herum entworfen, wie etwa Passagiere, Bodenpersonal, Piloten, Flugüberwachung oder Wartungspersonal. Das System umfasst hochwertige, moderne, elektromechanische und elektronische Geräte. Den Kern aber bildet ein Netz von Softwaresystemen, die in ihrer Interaktion die wesentliche Funktionalität des Systems ausmachen und das elektromechanische Systeme orchestriert.

Natürlich ist für die Anwendung und die Erbringung der Funktionalität der elektromechanische Anteil von entscheidender Bedeutung, aber für die Entwicklung und den Entwurf der Systeme bildet der Softwareanteil den kybernetischen Kern. Zusätzlich gilt, dass die Systeme nicht in sich geschlossen sind. Sie sind vielfältig über Schnittstellen mit anderen Systemen verbunden. Diese Verbindungen sind Segen und Fluch zugleich, da über diese Verbindungen natürlich auch unerwünschte Eingriffe auf das System möglich werden. Somit sind diese Systeme immer Gefahren durch Cyberangriffe ausgesetzt und müssen nach Prinzipien der Cyber Security entworfen werden. Eine riesige Herausforderung für das Systems-Engineering.

Dies zeigt, dass es typisch ist für die anspruchsvollen Systeme unserer Zeit, dass diese nicht mehr begrenzt sind. Die Systeme sind stets vernetzt mit anderen. Wenn Teilsysteme isoliert betrachtet werden sollen, wie zum Beispiel in der Entwicklung, ist ein entscheidender Punkt die Abgrenzung der Systeme von ihrer Umgebung. In der Softwareentwicklung spricht man von Schnittstellen.

Dies zeigt zwei wichtige Merkmale der Zukunftssicherheit von Systemen: Umfassendes Requirements Engineering, um genau festzulegen und herauszufinden, was die beste Funktionalität der Systeme für den geplanten Einsatz ist und zum anderen schnittstellen- und architekturorientiertes Software-Engineering mit der Fähigkeit, Umgebungssysteme über Schnittstellen einzubinden. Dies betrifft nicht nur die Möglichkeit, in der Primärentwicklung Systeme über Schnittstellen zu vernetzen, wesentlich ist auch die Fähigkeit der „ad hoc“-Vernetzung von bereits im Einsatz befindlichen Systemen. Typischerweise zeigt sich immer öfter, dass Systeme sinnvollerweise mit anderen Systemen verbunden werden können, wobei die Systeme in ihrer ursprünglichen Entwicklung nicht für eine Verbindung ausgelegt waren. Das bedeutet, dass Systeme flexibel änderbar, erweiterbar, anpassbar und wiederverwendbar sein müssen.

Dabei sind zwei Beobachtungen von besonderer Bedeutung: Softwaresysteme sind langlebiger als typischerweise elektromechanische Systeme. Dies zeigt sich in folgender einfacher Beobachtung: Bei Hardwaresystemen ist es nicht ungewöhnlich, dass die alte Hardware alle paar Jahre durch neuere ersetzt wird. Softwaresysteme sind hingegen oft über viele Jahrzehnte im Einsatz, werden weiterentwickelt, an die neuen Aufgabensituationen angepasst. Dies zeigt, dass eine besondere Herausforderung für das Systems-Engineering nicht nur die Entwicklung neuer Systeme ist, sondern auch deren beständige Weiterentwicklung und funktionale Anpassung.



Dies hat auch prägende ökonomische Aspekte: Die beständige Anpassung und Weiterentwicklung der Systeme, oft etwas irreführend als Wartung („maintenance“) bezeichnet, erfordert pro Betriebsjahr 10% bis 20% des ursprünglichen Entwicklungsaufwandes. Dies zeigt bereits exemplarisch, dass für die Entwicklung und den Betrieb softwareintensive, cyber-physische Systeme ganz andere ökonomische Regeln und Grundsätze gelten als für herkömmliche Systeme.

## 4 Software als Treiber: Die Phasen der Digitalisierung

In der verhältnismäßig kurzen Zeit der Entwicklung von Softwaresystemen, die man grob mit 70 Jahren ansetzen kann, können wir (wie bereits kurz dargestellt) eine Reihe von Phasen beobachten.

In den frühen Phasen der Softwareentwicklung wurde Software primär eingesetzt, um bekannte Lösungen mit Hilfe von Methoden der Datenverarbeitung effizienter, schneller und korrekter/zuverlässiger und ökonomisch günstiger zu erledigen. Bekannte Prozesse und Verfahren wurden von manuellen auf softwarebasierte Realisierungen umgestellt. Die einzelnen Lösungen waren weitgehend isoliert, liefen auf unvernetzten Host-Rechnern. Der Austausch von Daten erfolgte im Wesentlichen durch physische Übermittlung von Datenträgern.

Auch in den ersten eingebetteten Systemen lassen sich ähnliche frühe Phasen beobachten. Ein gutes Beispiel hierfür liefert das Automobil. Nachdem Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre erste, winzige Softwarelösungen in Auto kamen (etwa die softwaregesteuerte Zündung, wie sie Bosch Anfang der 70er Jahre konzipierte), folgten in den kommenden Jahren eine Reihe von isolierten Anwendungen, in denen – ganz im Sinne der obigen Darstellung – Software eingesetzt wurde, um Einzelfunktionalitäten im Auto billiger, zuverlässiger oder funktional angebotener anbieten zu können.

Die Vernetzung dieser Einzellösungen geschah dann (aus heutiger Sicht erstaunlicherweise) nicht mit dem Bestreben, durch diese Vernetzung auch vernetzte Funktionalität zu realisieren, sondern eher aus Effizienzüberlegungen heraus. Die einzelnen Systeme mussten mit Energie versorgt werden, die unterschiedlichen lokalen Steuergeräte mussten mit Sensoren und Aktuatoren verbunden werden – für alle diese Verbindungen eigene Leitungen vorzusehen, erwies sich als zu teuer. So kamen die ersten Bussysteme in die Fahrzeuge. Quasi als Nebeneffekt zeigte sich, dass die verschiedenen Systeme dadurch auch Daten austauschen konnten. Erste Applikationen in diesem Bereich waren eher zufällig, führten aber dazu, dass schnell Architekturen entstanden, die kaum mehr effizient handhabbar waren, weil in einer nicht ausreichend dokumentierten und in der Architektur auch nicht entsprechend vorgesehenen Weise „ad hoc“ Daten ausgetauscht wurden. Eines der Ergebnisse dabei war, dass eine Reihe von wichtigen Daten unsynchronisiert mehrfach vorlagen (wie etwa Geschwindigkeit), erfasst durch unterschiedliche Sensoren und unterschiedliche Verfahren, sodass die verschiedenen Funktionen unterschiedliche Angaben des Parameters „Geschwindigkeit“ nutzten. Im Extremfall führte das dazu, dass Teile des Systems der Auffassung waren, dass das Auto gehalten hätte, während andere Teile immer noch davon ausgingen, dass das Fahrzeug in Bewegung war.

Die Architekturen, sogenannte „Rucksackarchitekturen“, die sich aus dem schrittweisen Erweitern der Funktionalität ergaben, sind in manchen Fahrzeugen noch heute aufzufinden und erklären auch in vielfältiger Weise die Schwierigkeiten im Bereich der cyber-physischen Systeme im Kfz. Ein weiterer Schritt in der Digitalisierung des Automobils besteht darin, zum einen immer mehr Assistenzfunktionen einzuführen und autonomes Fahren, aber zum anderen auch das System Auto nach außen zu verbinden mit Backend-Systemen, aber auch insgesamt zu vernetzen. Damit zeigt das Fahrzeug die klassische Entwicklung vom elektromechanischen System über die Erweiterung einzelner Funktionalitäten durch Software zum in Gänze softwaregesteuerten, kontrollierten System bis hin zum vernetzten System, das Teilsystem eines großen Ganzen auf. Das Automobil wird, wie das Smartphone in Reinkultur, multifunktional [Bro10]. Diese Entwicklung ist typisch für die Digitalisierung im Systems-Engineering.

Doch nur mühsam erschließt die Automobilindustrie das Neue in der Digitalisierung. Überkommene Lösungen werden nachgebaut, das innovative in der Digitalisierung nur unzureichend erschlossen. Erst entschlossene, neue Ansätze wie etwa von Tesla und anderen führten auf neuartige Architekturen. Ein Befreiungsschlag, der das Auto öffnete für völlig neue Funktionalitäten. Ein typisches Beispiel ist der Software-Download, der funktionale Erweiterungen von Fahrzeugen erlaubt, die im Feld sind.

Das zeigt, dass Software andere Eigenschaften der Formbarkeit, der Weiterentwicklung, der Vernetzung und der Interaktion mit sich bringt. Dies muss sich auf das Systems Engineering auswirken.

## 5 Softwareökonomie

Literatur Software und der Einsatz von Software in umfassenden, softwareintensiven Systemen bringen andere wirtschaftliche und ökonomische Rahmenbedingungen als klassische elektromechanische Systeme. Zum einen ist klar, Software braucht keine herkömmlichen Produktionsprozess, denn Software wird entwickelt. Wenn sie dann in entwickelter Form vorliegt, und insbesondere in einer Form realisiert ist, sodass sie auf einer großen Anzahl von Ausführungsplattformen einsetzbar ist, so kann die Software mit geringem Aufwand auf vielen Rechensystemen installiert werden. Diese Eigenschaft nennt man Skalierung. Skalierung erklärt insbesondere den schier unfassbaren ökonomischen Erfolg der sogenannten Hyperscaler, die Software in großen Stückzahlen einsetzen können und damit unglaubliche ökonomische Möglichkeiten realisieren können, sobald die Erlöse die Kosten für die Entwicklung der Software erbracht haben.

Ein zweiter wesentlicher Punkt ist die Wiederverwendbarkeit von Software. Gelingt es, die Funktionalität von Software klar abzugrenzen, die Software modular aufzubauen, so ist Software und sind Softwareteilsysteme nicht gebunden an ein System, sondern können in vielen Systemen eingesetzt werden. Dies ist auch ein Prinzip das in digitalen Plattformen intensiv genutzt wird. Dazu später mehr.

Ein weiterer ökonomischer Punkt ist die umfassende Vernetzung von Software. Software produziert sozusagen als „Abfallprodukt“ eine große Menge von Daten. Diese sind oft für andere

Systeme von Interesse. Diese Daten sind dann für heutige Systeme nicht selten die Hauptprodukte, die dann konsequent eingesetzt werden, um weitere ökonomische Erfolge zu erzielen.

Aus dem Dargestellten geht hervor, dass heutige Systeme immer stärker durch die integrierten Softwaresysteme in ihrer Funktionalität, in ihren ökonomischen Prinzipien, in ihren Einsatzmöglichkeiten, ihrer Verwendung, ihren Geschäftsmodellen und in ihrem wirtschaftlichen Erfolg bestimmt werden. Dies muss im Systems-Engineering entsprechend berücksichtigt werden.

Eine weitere wesentliche Eigenschaft heutiger Softwaresysteme ist ihr hoher Vernetzungsgrad. Dies bedeutet, dass inzwischen Möglichkeiten bestehen, Endverbraucher in Systemen direkt einzubeziehen und damit Systemverbünde zu schaffen, in denen Produkt, Dienstleistung, Entwicklung in sich integriert stattfinden und dadurch in einer umfassenden Art und Weise ökonomische Vorteile erzielt werden können.

Die vielfältigen Besonderheiten durch Software erfordern eine viel engere Verbindung zwischen ökonomischen Zielen und dem eigentlichen Engineering. Das Systems-Engineering muss erweitert werden zu einer Sichtweise auf neue Geschäftsmodelle, neue Formen der Ökonomie, denn der Entwurf neuer Systeme besteht nicht nur darin, neue Funktionalität zu realisieren, sondern gleichzeitig zu explorieren, welche Funktionalität am ehesten angemessen ist, welche innovativen Optionen bestehen und welche Funktionalität besonders hohe ökonomische Aussichten verspricht.

## **6 Advanced Systems-Engineering und Plattformökonomie**

Im Rahmen der Erschließung digitaler Möglichkeiten im Systementwurf und der digitalen Transformation stellt sich das Thema Systems-Engineering in einer Reihe von Anwendungsgebieten deutlich anders dar, da die Phasen der Konzeption, der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen, der materiellen Produktion, des Verkaufs und der Auslieferung, des Betriebs und der Weiterentwicklung enger miteinander verzahnt werden als das bei konventionellen Systemen bisher der Fall war. Über die gesamte Strecke der Lebensdauer von Produkten, Dienstleistungen und Systemen findet eine enge Interaktion zwischen den beteiligten Stakeholdern statt: Den Unternehmen, den Entwicklern, den Produzenten, den Anbietern, den Betreibern sowie den Nutzern und Kunden.

Typisch für eine solche Vorgehensweise ist, dass umfangreiche digital verknüpfte Infrastrukturen geschaffen werden, in denen die Entwicklung, Produktion und Weiterentwicklung von Produkten und Dienstleistungen effizient und effektiv durchgeführt werden kann, in der diese Verzahnung unterstützt wird, in der auch unterschiedliche Unternehmen miteinander interagieren können und sowohl Kunden als auch Anbieter oft in unterschiedlichen Rollen an einem Ökosystem teilnehmen können. Bemerkenswert ist die enge Vernetzung und integrierte Nutzung unterschiedlicher Produkte, Systeme und Dienstleistungen oft unterschiedlicher Branchen.

## Plattformökonomie

Typisch für die Gestaltung und den Betrieb solcher Ökosysteme sind Plattformökonomien. Sie bestehen im Kern aus digitalen Plattformen oft in der Cloud, die schichtenartig aufgebaut sind und eine Vielzahl von Aktivitäten unterstützen – angefangen von der Konzeption und Realisierung von Business Modellen, der Produktkonzeption, der Produktentwicklung, der digitalen Überwachung und Steuerung der Produktion, der Auslieferung, dem Betrieb und der Weiterentwicklung, der Vermarktung bis hin zur Außerbetriebnahme.

Plattformen dienen also gleichermaßen

- Als Baukästen für Entwicklung,
- für Vertrieb und Vermarktung,
- für Betrieb,
- für Interaktion,
- Und zur Gewinnung von geschäftsrelevanten Daten.

Zentral für diese Plattformen ist, dass sie den Kunden und anderen Stakeholdern optimale Bedingungen, insbesondere auch Arbeitsbedingungen, garantieren. Zudem werden die unterschiedlichen Daten gerade im Hinblick auf Kundenverhalten und -erwartungen in der Plattform untereinander abgeglichen, was zu einer weiteren Steigerung der unterschiedlichsten Netzwerkeffekte führt. Nutzern der Plattform in unterschiedliche Rollen werden optimale Bedingungen geboten, mit einfachen Mitteln ihre Zielsetzungen mit Hilfe der Plattform zu erreichen. Bedeutsam sind auch „locked in“-Effekte, die das Wechseln der Plattform bei zunehmender Nutzung schwieriger machen und Nutzer an die Plattform binden – Effekte, die Nutzerbindung und damit den Wert der Plattform steigern.

Wirtschaftlich gesehen ermöglichen die Plattformen ein Gespinnst aus unterschiedlichen Geschäftsmodellen, die eng ineinandergreifen und dadurch erst bestimmte Geschäfte ermöglichen und wechselseitig befördern. Prominente frühe Beispiele dafür sind Plattformen wie sie Apple um das Smartphone oder Google/Alphabet um die Suchmaschine geschaffen haben.

Die Gestaltung, der Betrieb und die beständige Weiterentwicklung von Plattformen bringen besondere Herausforderungen für das Systems-Engineering mit sich, wie die hohen Anteile an digitalen Teilsystemen, die starke Datenorientierung und die Fähigkeit zur schnellen Weiterentwicklung im Zusammenspiel zwischen Geschäftsmodellen und deren Umsetzung auf Basis der Plattformen [PHA+12]. Das erfordert spezifische Vorgehensweisen und Entwicklungskonzepte:

- Schnelle Schaffung neuer Produkte und Dienstleistungen unter Nutzung der in der Plattform
- vorhanden Basisfunktionalitäten
- Gestaltung von Geschäftsmodellen und Plattformfunktionalität Hand in Hand
- Wechselseitige Nutzung von Daten und Diensten zur Optimierung der Funktionalität
- Paralleler Betrieb und Weiterentwicklung
- Hohe Automatisierung
- Agile Weiterentwicklung der Plattform und deren Bestandteile
- Umfassende Verwaltung und Nutzung von Daten im Sinne von Data Science

- Integrierte Modellierung des Zusammenwirkens von digitalen Bestandteilen und elektrischen und mechanischen Elemente

Im Vordergrund stehen dabei Konzepte wie Modularität, Interoperabilität und Weiterentwicklungsfähigkeit im Advanced Systems Engineering (ASE).

Schon heute, aber mehr noch in den kommenden Jahren sind die Betreiber der Plattformen in vielerlei Hinsicht im Vorteil, da sie in weiten Teilen den Markt und das Geschehen bestimmen und gerade von den unterschiedlichen Aspekten von den Daten und von den Gestaltungsmöglichkeiten optimal profitieren.

## **7 Abschließende Bemerkungen: Disruption im Systems-Engineering durch Software**

Das Systems-Engineering der Zukunft ist, wie dargestellt, einer dramatischen Veränderung unterworfen. Diese Veränderung vollzieht sich nicht allmählich, evolutionär, sondern disruptiv. Viele Prinzipien des Systems-Engineerings bleiben dabei erhalten, aber Systems-Engineering findet unter ganz anderen Vorzeichen und Rahmenbedingungen statt. Dies umfasst die im Folgenden aufgelisteten Aspekte.

### **7.1 Modellbasierte Entwicklung**

Ein wesentlicher Ansatz bei der Entwicklung von Softwaresystemen ist die sogenannte modellbasierte Entwicklung. Die Vorstellung ist hier, dass man wesentliche Bestandteile eines Softwaresystems wie die Funktionalität (Stichwort „Funktionsarchitektur“), die Umsetzung in Teilsystemen (Stichwort „Teilsystemarchitektur“) und die technische Realisierung (Stichwort „technische Architektur“), durch Modelle darstellt und auf diese Weise eine umfassende Systemdokumentation erhält, die gleichzeitig als Richtschnur für die weitere Entwicklung dient.

Diese Vorgehensweise ist bei softwareintensiven Systemen deshalb so besonders wichtig, da diese komplexe Verhaltensmuster realisieren und im Gegensatz zu elektromechanischen Systemen verschiedene, gegebenenfalls physisch weit voneinander entfernte Systeme in ihren Verhaltensmuster eng gekoppelt sind und so ein spezifisches Systemverhalten realisieren.

Auf eine modellhaft beschriebene Systemarchitektur können die unterschiedlichsten Aufgaben der Systementwicklung gestützt werden: das Requirements Engineering und eine detaillierte Beschreibung der Funktionalität, die Überprüfung des Zusammenspiels zwischen Teilsystemen und entsprechende Schnittstellen, die Umsetzung auf der Ebene der technischen Architektur und eine Vielzahl von Teilschritten. Grundsätzlich lassen sich neben den stärker funktional orientierten Zusammenhängen auch Qualitätseigenschaften und vieles mehr durch entsprechende Modelle beschreiben. Die Erforschung und Erschließung modellbasierter Entwicklung auf Basis digitaler Werkzeuge ist längst nicht abgeschlossen, sie ist immer noch ein Gegenstand der Forschung. Dies zeigt sich auch bei den ungenügend entwickelten digitalen Werkzeugen zur Unterstützung dieses Ansatzes.

Ein zweiter wichtiger noch ungenügend beherrschter Aspekt ist die Zusammenführung von stärker an Software orientierten Modellen mit Modellen der elektromechanischen, also der physischen Bestandteile. Hier treffen zwei sehr unterschiedliche Welten aufeinander: Wird in dem Bereich der Software mit primär stärker logikbasierten Modellen gearbeitet und mit formalen Systemmodellen, wie Zustandsmaschinen beispielsweise, so werden im Maschinenbau und in der Elektrotechnik dezidierte Modelle eingesetzt, die auf die Besonderheiten der physikalischen Gegebenheiten besonders Rücksicht nehmen. Eine integrierte Beschreibung der Modelle aus dem Bereich der Digitalisierung und der Modelle, die sich stärker aus dem Bereich der Mechanik ergeben, ist noch ein offener Gegenstand zukünftiger Forschung. Ein weiteres Thema, das im Folgenden noch ausführlicher angesprochen wird, ist die Nutzung dieser Modelle für den Entwurf von Systemen und deren rechnergestützten Entwicklung durch digitale Werkzeuge.

## 7.2 Die Rolle digitaler Entwicklungswerkzeuge

Die Rolle digitaler Entwurfswerkzeuge für das Systems-Engineering bekommt nicht nur im Zusammenhang mit softwareintensiven Systemen eine besondere Bedeutung. Grundsätzlich aber ist festzustellen, dass die Entwicklung Schritt für Schritt schon seit Jahrzehnten immer stärker in die Richtung läuft, dass der gesamte Entwicklungsprozess weitgehend rechnergestützt stattfindet, dass Systeme im Rechner entworfen werden, auf ihre Qualität überprüft werden und auch im Rechner erprobt werden. Hier ergibt sich ein enger Zusammenhang zu der oben angesprochenen Thematik der modellbasierten Entwicklung. Gerade auch im Zusammenhang mit „Industrie 4.0“ und Begriffen wie „digitaler Zwilling“ ist es von hoher Bedeutung, dass schon im Entwicklungsprozess Systemmodelle entstehen und eingesetzt werden, die zum einen die Entwicklungsaufgaben vielfältig unterstützen und zum anderen als Basis für die digitale Modellierung von Systemen dienen können und damit für die Realisierung von digitalen Zwillingen.

Eine der großen Schwierigkeiten in diesem Zusammenhang ist die spezifische Situation auf dem Markt digitaler Werkzeuge. Hier sind eine ganze Reihe von Unternehmen aktiv. Daneben gibt es Ansätze wie UML und SysML, die besonders der Modellbildung dienen. Aber bisher bleiben die Werkzeuge weit hinter dem zurück, was grundsätzlich möglich ist. Es ist gerade als Teil des Systems-Engineerings erforderlich, dass viel weitergehendere Anstrengungen unternommen werden, solche Werkzeuge im größeren Stil umzusetzen.

## 7.3 Multifunktionalität

Multifunktionalität. Ein typisches Beispiel dafür ist das Smartphone. Es ist nicht nur ein Telefon, es ist vielmehr gleichzeitig ein Kalender, ein Wecker und ein Kommunikationsmedium und vieles mehr. Es unterstützt in vielerlei Hinsicht, beispielsweise durch Funktionalitäten wie die Corona-App, und ist daher im wahrsten Sinne des Wortes ein multifunktionales System, das sich auch noch im Betrieb durch neue Applikationen, sogenannte Apps, erweitern lässt. Ein anderes, etwas weniger spektakuläres Beispiel sind heutige Personenkraftwagen. Sie sind ebenfalls multifunktional, da sie inzwischen neben der Aufgabe „Fahren“ eine Fülle von weiteren Aufgaben haben, darunter typischerweise viele, die sich auch in ähnlicher Form in Smartphones finden [BR10].

Der Entwurf von multifunktionalen Systemen erfordert (wie bereits dargestellt) besondere Anstrengungen im Bereich der Anforderungsspezifikation, aber er erfordert auch klassische, softwaretypische Formen der Umsetzung.

## 7.4 Leistungsstarke Mensch-Maschine-Schnittstellen

Systeme sind heute – wie schon erwähnt – typischerweise so konzipiert, dass sie bestimmte Nutzer in angemessener Weise einbinden. Sie stellen diesen Nutzern dedizierte Funktionalitäten zur Verfügung und bestimmte Dienste, die sie für ihre Aufgaben nutzen. Dabei findet gerade bei softwareintensiven Systemen oft die Ausübung einer bestimmten Aufgabe durch Nutzer einer (im wahrsten Sinne des Wortes) sehr engen Interaktion mit den Systemen statt. Dies erfordert zum einen Peripheriesysteme, die auf den Nutzer optimal zugeschnitten sind. Ein Beispiel ist hier wieder das Smartphone, das mit seiner Konzeption völlig neuartige Formen der Interaktion mit dem Nutzer anbietet.

Aber darüber hinaus ist es von höchster Bedeutung, dass über die entsprechenden Nutzerschnittstellen Funktionalität zur Verfügung gestellt wird, die genau die Erfordernisse und Notwendigkeiten der Nutzer adressiert. Das betrifft insbesondere die Abstimmung der kognitiven Prozesse beim Nutzer mit den digitalen, informationsverarbeitenden Prozessen im System und die gleichzeitige Bereitstellung von Funktionsunterstützung, Kommunikation, Informationsdarstellung und Bereitstellung entsprechender Möglichkeiten, funktional auf ein System einzuwirken.

## 7.5 Time to Market

Die Geschwindigkeit mit der heute Systeme auf den Markt kommen ist atemberaubend. An vielen Stellen ist es nicht entscheidend, ein absolut perfektes System zu entwickeln, bevor es im Markt zum Einsatz kommt, sondern es ist vielmehr wichtig, den Markteintritt zum richtigen Zeitpunkt zu wählen. Das bedeutet, dass Systeme oft zu einem Zeitpunkt auf den Markt gebracht werden, zu dem sie noch nicht ausgereift sind, zu dem die Funktionalität noch nicht optimal konzipiert ist. Im Endeffekt bedeutet das, dass Systeme auf den Markt gebracht werden (oder gebracht werden müssen), die einen erheblichen Nachbesserungsbedarf aufweisen bzw. dann entsprechend den Erfahrungen im Markt noch einmal funktional erweitert und angepasst werden, also durchaus über längere Zeiträume immer weiter funktional weiterentwickelt werden.

Auch das hat eng mit den Möglichkeiten softwarebasierter Systeme zu tun. Hierfür ist die Systemfunktionalität oft zentral: Softwarebestandteile können während des Einsatzes des Systems (Stichwort „DevOps“) weiter entwickelt und perfektioniert werden, neue Funktionalität kann angeboten werden, was für die Wertigkeit der Systeme von zentraler Bedeutung ist.

## 7.6 Ökonomie des softwareintensiven Systems-Engineerings

Systeme mit hohem Softwareanteilen sind, wie schon erwähnt, völlig anderen ökonomischen Prinzipien unterworfen. Wir sprechen von Softwareökonomie. Dabei gibt es Begriffe wie

Frontloading oder Technical Debt („technische Schuld“), die deutlich machen, dass oft durch die Unterschätzung der Bedeutung von Anforderungen und einer stabilen, guten Architektur in frühen Phasen der Systementwürfs Versäumnisse vorkommen, die sich später auf das Projekt verheerend auswirken. Der Begriff der technischen Schuld (Technical Debt) unterstreicht dabei, dass Versäumnisse in den frühen Phasen sich exponentiell in den Kosten niederschlagen. So wirken sich Fehler im Requirements Engineering über die Architektur, den Feinentwurf, die Implementierung und das Testen bis hin zum Einsatz aus. Mit jedem Übergang von einer Entwicklungsphase zur nächsten, in der dieser Fehler erhalten bleibt, verzehnfachen sich die Kosten für die Korrektur. Ein einfacher Fehler im Systems-Engineering, der anfänglich für einen geringen Aufwand von beispielsweise wenigen 100 EUR beseitigt werden könnte, kann also, wenn er spät entdeckt wird, zu Schäden in Millionen- oder Milliardenhöhe führen. Ein drastisches Beispiel dafür ist der Diesel-Skandal.

## 7.7 Verknüpfung von Ökonomie und Engineering

Waren früher ökonomische Überlegungen und Überlegungen zum Engineering oft klar separiert, so wird durch die intensive Nutzung von Software beim Bau von Systemen diese Separation mehr und mehr durchbrochen. Software dient insbesondere dazu Systeme marktgerecht zu machen und schnell auf Veränderungen des Marktes zu reagieren. So müssen das Engineering und ökonomische Betrachtungen hier sehr viel stärker Verbindungen eingehen.

## 7.8 Technisierung klassischer, nichttechnischer Bereiche

Eine der herausragenden Veränderungen der letzten Jahrzehnte ist der Einzug von Technisierung in vormals eher technisch agnostische Teilgebiete. Ein Beispiel dafür sind die riesigen Systeme von Finanzdienstleistern, die letztlich auch cyber-physische Anteile enthalten, aber im Kern datenzentriert und softwaregesteuert sind. Dies bringt eine Technisierung von Gebieten mit sich, die traditionell Technik-agnostisch sind. Dadurch entstehen völlig neue Arten von Systemen. Das muss sich zwangsläufig auch auf die Methoden des Systems-Engineerings auswirken.

## 7.9 Systembegriff erweitert sich

Gerade in den Zeiten des Internets und der großen vernetzten Softwaresysteme (wie Buchungssysteme oder Systeme von Finanzdienstleistern, aber auch soziale Netzwerke und vieles mehr) verändert und erweitert sich der Begriff System dramatisch. Es wurde immer schon von Softwaresystemen gesprochen, aber diese Systeme mit ihrer Vernetzung, ihrer Verbindung zu anderen Systemen haben einen deutlich systemtechnischen Charakter und erfordern Aufgaben des Systems-Engineerings, auch wenn es sich bei ihnen letztendlich in weiten Teilen um reine Softwaresysteme handelt, die aber natürlich eingebettet sind in die klassischen Geräte der elektronischen Informationsverarbeitung.



## 7.10 Königsdisziplin Requirements Engineering

Für Software sind die Entwurfsräume nahezu unbegrenzt. Es gibt eine Fülle von Beispielen, die zeigen, wie neuartige Softwaresysteme Grenzen sprengen konnten, ganze Bereiche neu gedacht wurden. Das heißt, bei dem Bau von Systemen mit hohem Softwareanteilen sind Verfahren von höchster Bedeutung, die gründlich explorieren, welche Möglichkeiten es gibt, innovative Funktionalität anzubieten. Deutlich wird das in Ansätzen wie dem Design Thinking, eine Technik, die in ihren Ursprüngen eher aus dem Bereich des Maschinenwesens kommt, aber inzwischen viel Aufmerksamkeit im Bereich der Softwareentwicklung findet.

## 7.11 Das kritische Beispiel Industrie 4.0

Für die Schwierigkeiten der deutschen Wirtschaft und des konventionellen Ingenieurwesens mit innovativen Möglichkeiten der Digitalisierung zurecht zu kommen, bietet das die Initiative „Industrie 4.0“ tiefgreifende Einsichten. Aus den zentralen Überlegungen zur Schaffung cyber-physischer Systeme mit hohen Softwareanteilen, die das Gebiet der unterschiedlichen Systeme abdecken, konzentrieren sich weite Teile der deutschen Industrie auf das Thema der cyber-physischen Produktionssysteme [BG15]. Schon cyber-physische Produkte sind dabei nicht mehr stark im Fokus. Das Ergebnis ist, dass das viel zu eng als eine abgegrenzte Aufgabe der Industrieproduktion verstanden wird. Natürlich gilt es, Software fundamental in der Produktion einzuführen und zu nutzen. Aber die Möglichkeiten softwarezentrierter Systeme gehen viel weiter – als nur im engeren Sinn die Produktion zu automatisieren.

An vielen Stellen finden sich in der Industrie 4.0 noch die klassischen Betrachtungsweisen der Anfänge des Einsatzes von Software: Bekannte Verfahren und Zusammenhänge werden aus dem manuellen und elektromechanischen Bereich in den Bereich der Software überführt. Vielfach übersehen werden die Möglichkeiten, mit cyber-physischen Produkten und softwarezentrierten Plattformen nicht nur für die Produktion, sondern auch für die Entwicklung und die Vermarktung, sowie den Betrieb im Sinne von DevOps ganz neue Dimensionen zu bekommen.

## 7.12 DevOps als Systems-Engineering Paradigma

Durch Software werden Produkte weit über die Entwicklung hinaus anpassbar, auch im Markt. Dies erfordert allerdings, dass Produkte genau auf diese Fähigkeiten ausgerichtet werden und dass zusätzlich zu den Produkten Plattformen entstehen, die die Anbindung, Steuerung und Weiterentwicklung der Produkte im Auge haben. Virtuos vorgemacht wird das heute durch große Softwareunternehmen wie Microsoft, die trotz aller (oder gerade wegen der) Defizite ihrer Softwaresysteme inzwischen in einer Professionalität den Update ihrer Systeme beherrschen und damit ganz andere Zugänge zu den Nutzern erhalten und neue Wertschöpfungsmodelle einsetzen.

Ziel muss deshalb sein, in Europa und in Deutschland, wo bisher die Plattformökonomie eher durch Nutzung und weniger als Gestalter und Betreiber Verwendung findet, entschlossen in die Bildung von Plattformen einzusteigen. Bemerkenswert ist hier auch, dass sich in den Plattformen virtuelle und materielle Dienstleistungen und Produkte gleichermaßen begegnen. Das ist wiederum interessant für Betriebe, insbesondere für solche, die materielle Dienstleistungen und

Produkte erzeugen. Ein typisches Beispiel ist das Betreiben von großen Fahrzeugflotten durch Automobilhersteller. Der amerikanische Automobilhersteller Tesla ist ein typischer Vorreiter für diese Vorgehensweise.

## Literatur

- [BBK+20] BÖHM, W.; BROY, M.; KLEIN, C.; POHL, K.; RUMPE, B.; SCHRÖCK, S. (HRSG.): Model-Based Engineering of Collaborative Embedded Systems: Extensions of the SPES Methodology. Springer, Berlin, 2020
- [BG15] BROY M.; GEISBERGER, E: Living in a networked world - Integrated research agenda Cyber-Physical Systems (agendaCPS). Herbert Utz, 2015
- [BK21] BROY, M.; Kuhmann, M: Einführung in die Softwaretechnik. Springer Vieweg, 2021
- [BPD+16] BROY, M.; POHL, K.; DAEMBKES, H.; HÖNNINGER, H. (HRSG.): Advanced Model-Based Engineering of Embedded Systems. Extensions of the SPES 2020 Methodology. Springer, Berlin, 2016
- [Bro10] BROY M.: Multifunctional Software Systems: Structured Modeling and Specification of Functional Requirements. In Science of Computer Programming 75, 2010, 1193–1214
- [DAR+19] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J. (HRSG.): Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. Paderborn, 2021
- [NR68] NAUR, P.; RANDELL, B. (HRSG.): Software Engineering: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7-11 Oct. 1968. NATO Scientific Affairs Division, Brüssel 1969
- [PHA+12] POHL, K.; HÖNNINGER, H.; ACHATZ, R.; BROY, M. (HRSG.): Model-Based Engineering of Embedded Systems. The SPES 2020 Methodology. Springer, Berlin, 2012
- [RF20] RIEMENSBERGER, F.; FALK, S.: Neues wagen: Deutschlands digitale Zukunft zwischen den USA und China. Redline Verlag, München, 2020

## Autor

**Prof. Dr. Dr. h.c. Manfred Broy** leitete von 1989 bis 2015 als ordentlicher Professor für Informatik am Institut für Informatik der Technischen Universität München den Lehrstuhl Software & Systems Engineering. Seine Forschung zielt auf die Beherrschung der Evolution leistungsstarker Software-Systeme durch den Einsatz wohldurchdachter Prozesse und Modelle, langlebiger flexibler Softwarearchitekturen und moderner Werkzeuge auf Basis mathematisch und logisch fundierter Methoden. Er war Gründungsdekan der Fakultät für Mathematik und Informatik der Universität Passau und Gründungsdekan der Fakultät für Informatik der Technischen Universität München Er gründete 2009 das Forschungsinstitut für angewandte Forschungstechnik fortiss. Von Januar 2016 bis April 2019 war Gründungspräsident des Zentrums Digitalisierung.Bayern. Durch die unter der Leitung von Professor Broy erarbeitete acatech-Studie agenda cyber-physical systems im Jahr 2010 wurden maßgebliche Initiativen auf nationaler Ebene wie Industrie 4.0 angestoßen. Heute wirkt er als Emeritus of Excellence an der Technischen Universität München.



# Session I



# **Smart Service-Transformation – Den Wandel der Wertschöpfung erfolgreich gestalten**

**Jannik Reinhold, M.Sc.**

**Dr.-Ing. Christian Koldewey**

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu**

*Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn*

*Fürstenallee 11, 33102 Paderborn*

*Tel. + 49 (0) 52 51 / 60 -62 43 / -62 67, Fax. + 49 (0) 52 51 / 60 62 68*

*E-Mail: {jannik.reinhold/christian.koldewey/roman.dumitrescu}@hni.upb.de*

**Gerhard Rausch**

*ISTOS GmbH*

*Kaistrasse 16a, 40221 Düsseldorf*

*Tel. + 49 (0) 151 / 40 24 45 87*

*E-Mail: gerhard.rausch@istos.com*

## **Zusammenfassung**

Derzeit sorgen insbesondere zwei Megatrends für einen tiefgreifenden Wandel der Wertschöpfung produzierender Unternehmen: Servitisierung und Digitalisierung. Servitisierung wird grundsätzlich als Wertschöpfung durch die Ergänzung von Produkten mit Dienstleistungen verstanden. Vor diesem Hintergrund entwickeln sich produzierende Unternehmen zu produzierenden Dienstleistern und erweitern ihr Marktleistungsangebot um neue Nutzenversprechen, die sie u. a. durch Co-Creation und Individualisierung realisieren. Digitalisierung führt aufgrund fortschreitender Entwicklungen von Informations- und Kommunikationstechnologien zu intelligenten Marktleistungen wie cyber-physischen Systemen, die untereinander vernetzt sind. Die Konvergenz von Servitisierung und Digitalisierung ermöglicht das Anbieten von digitalen Dienstleistungen, welche die Daten intelligenter Produkte nutzen, um einen Mehrwert zu generieren – sog. Smart Services. Damit dies funktioniert, sind umfassende Anpassungen entlang der gesamten, historisch gewachsenen Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen erforderlich. Neue übergreifende Wertschöpfungsstrukturen, -mechanismen und -rollen sowie komplexe Wirkzusammenhänge machen die Transformation der Wertschöpfung produzierender Unternehmen für Smart Services zu einem höchst anspruchsvollen Unterfangen. Es fehlt ihnen an einem methodischen Vorgehen, um ihr Wertschöpfungssystem auf ein Geschäft mit Smart Services auszurichten und erforderliche Transformationsprojekte anzustoßen.

Der vorliegende Beitrag stellt ein methodisches Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services anhand eines Praxisbeispiels aus dem Maschinen- und Anlagenbau vor. Dabei werden zunächst die Smart Service-Strategie, -Ideen und -Geschäftsmodelle erfasst und analysiert, um ein initiales Wertschöpfungssystem abzuleiten. Dies wird dann

mit Hilfe generischer Wertschöpfungsrollen in ein Konzept überführt und anschließend zu einem konkreten Zielbild ausgestaltet und modelliert. Es folgt die Definition von Anforderungsprofilen für Wertschöpfungspartner, welche zur Ableitung konkreter Transformationsprojekte genutzt werden. Diese werden anschließend in einem Transformationssetup zusammengetragen, das dem produzierenden Unternehmen als Grundlage zur Transformation zum Smart Service-Anbieter dient.

### **Schlüsselworte**

Digitalisierung, Servitisierung, Smart Services, Wertschöpfung, Transformation, Produzierende Unternehmen

# **Smart Service Transformation – Shaping the Change in Value Creation with Success**

## **Abstract**

Currently, two megatrends in particular are causing a profound change in the value creation of manufacturing companies: servitization and digitalization. Servitization is basically understood as the creation of value by supplementing products with services. Given this background, manufacturing companies are developing into producing service providers and are expanding their range of market offerings to include new value propositions. Digitalization is a result of the progressive development of information and communication technologies. With new technical possibilities, intelligent market offerings such as cyber-physical systems can be designed, which are connected to each other. The convergence of servitization and digitization makes it possible to offer digital services that use the data of intelligent products to generate added value, so-called smart services. Therefore, adjustments are required along the entire, historically grown value chain of manufacturing companies. New overarching value creation structures, mechanisms, and roles as well as their interdependencies makes the transformation of the value creation of manufacturing companies for smart services a highly demanding task. Manufacturing companies lack a methodical procedure for aligning their value creation systems with smart services and initiating the necessary transformation projects.

This article presents a methodical procedure for transforming value creation systems for smart services based on a practical example from the mechanical and plant engineering sector. First, the smart service strategy, ideas and business models are identified and analyzed in order to derive an initial value creation system. This is then converted into a concept with the help of generic value creation roles and then developed and modeled into a concrete vision. This is followed by the derivation of requirement profiles for value creation partners, which are used to derive concrete transformation projects. These are compiled in a transformation set-up that serves the manufacturing companies as a basis for transformation into smart service providers.

## **Keywords**

Smart services, value creation, transformation, manufacturing companies





## 1 Smart Services als Wertschöpfungsartefakt

Die Ergänzung von Produkten durch komplementäre Dienstleistungen wird grundsätzlich als **Servitisierung** bezeichnet [FMA+19], [LG15]. Produzierende Unternehmen vollziehen den Wandel zu produzierenden Dienstleistern, die u. a. mit Hilfe von Co-Creation und Individualisierung neue Nutzenversprechen realisieren [SFG04], [LMZ17]. **Digitalisierung** meint die rasante Weiterentwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien [Kag15]. Sie ermöglicht ein Internet der Dinge, in welchem cyber-physische Systeme miteinander vernetzt sind [GDE+19]. Die Konvergenz von Servitisierung und Digitalisierung ermöglicht das Anbieten von sog. Smart Services [FMA+19]. **Smart Services** sind seit geraumer Zeit Gegenstand der Diskussion in Wissenschaft und Forschung [DOL+19]. Das ursprüngliche Begriffsverständnis hob die räumliche Trennung von Anbieter und Empfänger digitaler Dienste hervor [Gru14], [Kle17]. ALLMENDINGER und LOMBREGLIA entwickelten das Begriffsverständnis maßgeblich weiter [AL05]. Vor diesem Hintergrund folgen wir dem Verständnis, dass Smart Services digitale Dienstleistungen beschreiben, die auf den (Nutzungs-)Daten intelligenter Produkte beruhen und aus diesen durch kontinuierliche Datenerfassung und -analyse einen Mehrwert generieren [KED+19], [Pal17].

Doch nicht nur in Wissenschaft und Forschung genießen Smart Services große Aufmerksamkeit [DOL+19]. Auch produzierende Unternehmen weisen ihnen eine immer größere Bedeutung zu, da sie mitunter das Potential für völlig neue Geschäftsfelder bieten [MN19], [Pal17]. Smart Services rücken in den Fokus des Managements [WHO+15], was angesichts des enormen Marktpotentials mehr als nachvollziehbar erscheint. 2019 lag das Volumen für Smart Services im westeuropäischen Markt bei ca. 16 Mrd. €, wobei gleichzeitig bis 2024 ein Wachstum von durchschnittlich ca. 10% pro Jahr prognostiziert wird [VM20]. Smart Services bilden folglich ein bedeutendes **Artefakt der Wertschöpfung** produzierender Unternehmen.

Für ein besseres Verständnis der Bedeutung von Smart Services im Kontext der Wertschöpfung produzierender Unternehmen stellen wir ihren Lebenszyklus und wesentliche Eigenschaften nachfolgend näher vor. Smart Services unterliegen einem generischen Lebenszyklus, der sich in die Phasen Strategie, Design, Transition und Operation unterteilen lässt (Bild 1).



Bild 1: Smart Service-Lebenszyklus in Anlehnung an DREYER et al. [DOL+19]

In der Strategie wird die grundsätzliche Ausrichtung des Smart Service-Geschäfts unter Berücksichtigung von Kundenanforderungen festgelegt. In der Phase Design stehen die technische Entwicklung des Smart Service selbst und einzusetzende Hilfsmittel im Fokus. Die Implementierung des Smart Service erfolgt in der Transition. Die Phase Operation beschreibt die Erbringung und Nutzung des Smart Service sowie die Instandhaltung. Parallel zu den beschriebenen Phasen wird der Service kontinuierlich verbessert und auf Grundlage von Daten und kundenorientiert anpasst [DOL+19]. Die Lebenszyklen geben Aufschluss über solche wertschöpfenden Aktivitäten, die für ein erfolgreiches Geschäft mit Smart Services relevant sind.

Smart Services als digitale Dienstleistungen sind Teil eines übergeordneten Systems [BMJ17], in welchem sie inhärent mit einer intelligenten physischen Sachleistung verbunden sind und um digitale Sachleistungen (z.B. Software-Upgrades) oder physische Dienstleistungen (z.B. Wartung) erweitert werden können [KGF+19]. Es ergeben sich vielfältige Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle [BAL+19]. Die Umsetzung von Geschäftsmodellen für Smart Services wird komplexer, je höher der Grad der Digitalisierung oder Servitisierung ist, da dies in der Regel gleichbedeutend mit der Beteiligung mehrerer Parteien an der Wertschöpfung ist [FMA+19].

Konsequenterweise erfolgt die Realisierung der Wertschöpfung in einem sogenannten **Wertschöpfungssystem**. Darunter kann ein Verbund von in Austauschbeziehungen stehenden Unternehmen verstanden werden, deren Ziel ein gemeinschaftlicher Mehrwert sowie ein erfolgreiches Geschäft ist [PA13], [Sch18]. Den Besonderheiten und Herausforderungen bei der Gestaltung und Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services widmet sich der folgende Abschnitt.

## 2 Verständnis, Gestaltung und Transformation der Wertschöpfung für Smart Services

Schon bei Einführung seiner Wertekette postulierte PORTER, dass diese ein Teil eines übergeordneten Gesamtsystems ist [Por98]. Für diesen Wandel von Wertschöpfungsketten zu Wertschöpfungssystemen wirken die fortschreitende Digitalisierung und Servitisierung als Katalysator [CHP18]. Die beiden Megatrends verändern das Verständnis von Wertschöpfung, wirken sich umfassend auf die Gestaltung von Wertschöpfungssystemen aus und stellen die Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services vor besondere Herausforderungen.

**Verständnis von Wertschöpfung für Smart Services:** Die Auswirkungen der Servitisierung auf die Wertschöpfung werden durch die Digitalisierung verstärkt [CMv17]. Gemäß der Service-dominanten Logik, wie VARGO und LUSCH sie thematisieren, geschieht die Wertsteigerung einer Marktleistung insbesondere während dessen Anwendung bzw. Nutzung (Value in Use), wodurch der Kunde in die Wertschöpfung integriert wird [VL08]. Für Smart Services bedeutete dies, dass durch die Erfassung und Analyse der vom oder beim Kunden generierten Daten eine kontinuierliche Wertsteigerung stattfindet [Pal17]. Weiterhin postuliert die Service-dominante Logik, dass auch weitere Akteure an der an der Wertschöpfung beteiligt sein können und dafür ein individuelles Wertangebot (Value Proposition) in das Wertschöpfungssystem einbringen [VL08]. Durch Smart Services als Artefakt der Wertschöpfung bieten sich Unternehmen vielfältige Möglichkeiten individueller Wertangebote (vgl. Abschnitt 1). Durch den Austausch der Wertangebote und Interaktionen zwischen den Akteuren wird wiederum der Wert des gesamten Wertschöpfungssystems gesteigert (Value in Interaction) [GRM20]. Gleichwohl ist zu berücksichtigen, dass jeder Akteur selbst einen Nutzen aus den Interaktionen im Wertschöpfungssystem zieht. Dabei ist der Nutzen im Kontext von Smart Services differenziert zu betrachten und ist nicht nur monetär oder funktional zu beschreiben [PSE+19].

**Gestaltung von Wertschöpfungssystemen für Smart Services:** Die allgegenwärtige Digitalisierung erleichtert insbesondere das Teilen von Ressourcen, das Fokussieren von Kernkompetenzen und die Organisation in Netzwerken [WF15]. Mechanismen wie Co-Creation und interaktive Wertschöpfung rücken im Kontext der Servitisierung in den Fokus. Sowohl Kunden als auch Dritte werden integriert und Wertschöpfungsaktivitäten aufgeteilt [VL14]. Klassische Wertschöpfungsaktivitäten, z. B. die Entwicklung und Bereitstellung einer Leistung, finden weiterhin auch für Smart Services Anwendung. Diese werden jedoch um neue, mitunter ortsunabhängig ausführbare Wertschöpfungsaktivitäten wie die Aufbereitung und Analyse von Betriebsdaten ergänzt [KHB+19], [Kol19b]. Vor diesem Hintergrund sind Wertschöpfungsmechanismen wie Smarte Service-spezifische Prozesse und zwischenbetriebliche Abläufe sowie Interaktionen zwischen beteiligten Partnern wesentliche Elemente für die Gestaltung von Wertschöpfungssystemen für Smart Services. In Ergänzung dazu fungieren Wertschöpfungsstrukturen als organisatorische Leitplanken für eine effiziente und effektive Durchführung der Wertschöpfungsmechanismen [BBB+12]. Besonders hervorzuhebende strukturgebende Elemente für Smart Service-spezifische Wertschöpfungssysteme sind digitale Plattformen. Digitale Plattformen bilden die Grundlage für digitale Ökosysteme und umfassen vier aufeinander aufbauende Schichten. Technische Infrastruktur und vernetzte physische Plattformen stellen die untere

ren beiden Schichten dar. Die beiden darüber liegenden Plattformschichten prägen die Wertschöpfungsstruktur für Smart Services und sind damit für Smart Service-spezifische Wertschöpfungsstrukturen besonders relevant. Über Software-definierte Plattformen werden viele der Daten-getriebenen Wertschöpfungsaktivitäten ausgeführt. Serviceplattformen realisieren die unternehmensübergreifenden Strukturen des Wertschöpfungssystems [AA15].

Wertschöpfungsmechanismen und -strukturen stellen wesentliche Aspekte bei der Gestaltung von Wertschöpfungssystemen für Smart Services dar. Ihre Konfiguration ist nicht trivial und geschieht mitunter dynamisch [GPS13]. Ein Mittel zur Bewältigung der Komplexität ist die Abstraktion der Wirkzusammenhänge im Wertschöpfungssystem [RG17]. Dafür eignen sich bspw. Lösungsmuster für die Smart Service-spezifische Wertschöpfung. In Anlehnung an Alexander lassen sich darunter bewährte Wertschöpfungsprinzipien für wiederkehrende Problemstellungen in der Gestaltung von Wertschöpfungssystemen für Smart Services verstehen [AIS+77]. Für eine ganzheitliche Spezifikation des Wertschöpfungssystems ist die visuelle Modellbildung ein geeigneter Ansatz, der einer entsprechenden Werkzeugunterstützung bedarf [RG17].

Die geschilderten Zusammenhänge lassen sich in einem sogenannten Wertschöpfungsrahmen für Smart Services aggregieren (Bild 2). Darin werden im Sinne einer Wertschöpfungsarchitektur [BBB+12] die Wertschöpfungsstruktur den Wertschöpfungsmechanismen für Smart Services gegenübergestellt, wobei über die Ausgestaltung der sich ergebenden Schnittstellen das Wertschöpfungssystem beschrieben werden kann. Die Wertschöpfungsstruktur folgt dabei den Gedanken der Schichten digitaler Infrastruktur nach acatech [AA15] und ergänzt sie um ein erweitertes Ökosystem nach Papert und Pflaum [PP17]. Die Wertschöpfungsmechanismen lassen sich entlang der Lebenszyklusphasen von Smart Services verorten (vgl. Bild 1). Die Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems erfolgt unter Einsatz der Gestaltungsmittel Arbeitsteilung und Koordination [Sen20] sowie der Hilfsmittel Lösungsmuster und visuelle Modellbildung.

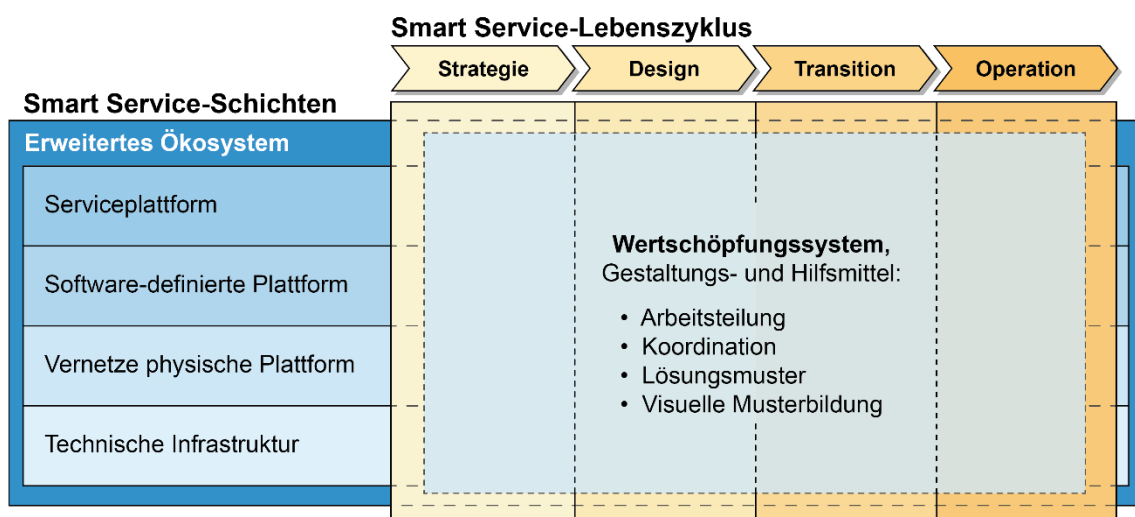


Bild 2: Wertschöpfungsrahmen in Anlehnung an [AA15], [PP17], [DOL+19], [Sen20]

**Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services:** Die Transformation beschreibt den Wandel eines Ausgangs- zu einem definierten Zielzustand [GP14]. Im Kontext des

vorliegenden Beitrags entspricht der **Ausgangszustand** der vorherrschenden Wertschöpfungssituation eines produzierenden Unternehmens, die meist historisch gewachsen ist [PH14]. Der **Zielzustand** lässt sich in Form eines Zielbilds für das zukünftige Wertschöpfungssystem für Smart Services beschreiben [Mir02]. Die Zielbildentwicklung ist dabei sowohl Aufgabe des strategischen als auch des operativen Managements [Ble03]. Relevante strategische Vorüberlegungen, z. B. zu Smart Service-Ideen, geeigneten Basisprodukten oder Geschäftsmodellen, werden in einer dedizierten Smart Service-Strategie zusammengefasst [KGC+20]. Aus ihr lassen sich übergeordnete Rahmenbedingungen ableiten, welche als Leitplanken für einen individuellen Transformationspfad für das Smart Service-spezifische Wertschöpfungssystem dienen. Der **Transformationspfad** setzt sich aus Transformationsprojekten zusammen, durch deren Bearbeitung das Erreichen unterschiedlichster Transformationsziele angestrebt wird [GP14]. Bild 3 zeigt den Transformationspfad und dessen wesentliche Bestandteile im Überblick.

**Besondere Herausforderungen** bei der Transformation von Wertschöpfungssystemen liegen **erstens** in der Entwicklung des Zielbilds. Der Fokus des Managements ist auf die eigene Rolle im Wertschöpfungssystem und dessen Wechselwirkungen mit der Umwelt zu legen [RG17]. Diese Positionierung im Wertschöpfungssystem muss konform zu strategischen Vorüberlegungen und der allgemeinen Unternehmensstrategie sein [Kag18]. **Zweitens** weicht das Zielbild mitunter häufig vom Status quo des betrachteten Unternehmens ab [PH14]. Gleichzeitig ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das Zielbild in der Regel nicht von Grund auf neu initiiert wird, sondern das existierende Wertschöpfungssystem zu modifizieren ist, um die Transformationsziele zu erreichen [WSK08]. **Drittens** können Transformationsprojekte für Wertschöpfungssysteme nicht durch das betrachtete Unternehmen allein durchgeführt werden. Vielmehr sind weitere Akteure mit in die Projekte einzubeziehen, sodass besondere Anforderungen an die Durchführung und das begleitende Projekt- sowie Changemanagement und Controlling berücksichtigt werden müssen [Fri98], [GP14].

**Fazit:** Das Verständnis von Wertschöpfung im Kontext von Smart Services weist spezifische Charakteristika auf, die produzierende Unternehmen auf dem Weg zum Smart Service-Anbieter vor besondere Herausforderungen stellen. Bei der Gestaltung des zukünftigen Wertschöpfungssystems für Smart Services sind spezifische Wertschöpfungsmechanismen und -strukturen zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen. Die Transformation des existierenden Wertschöpfungssystems erfolgt top-down, wobei strategische Vorüberlegungen als wesentliche Inputgrößen einzubeziehen sind. Die Positionierung im Wertschöpfungssystem stellt eine wesentliche Aufgabe bei der Zielbildentwicklung dar.

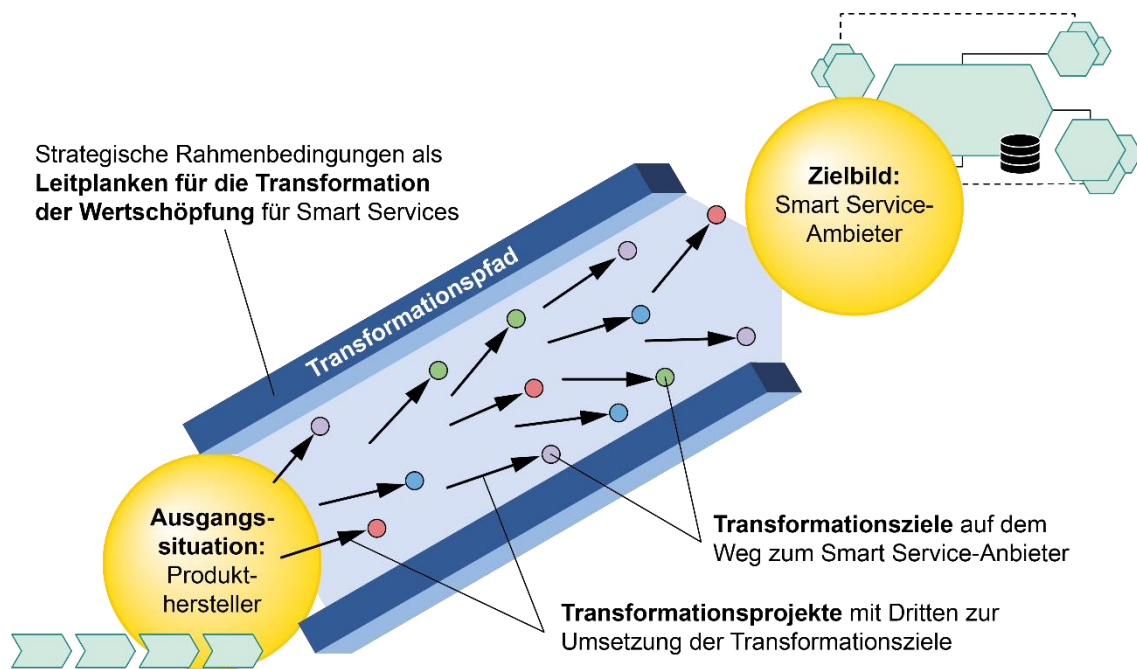


Bild 3: Transformationspfad für den Wandel der Wertschöpfung zum Smart Service-Anbieter in Anlehnung an [GP14]

### 3 Stand der Technik

Für die Planung und Gestaltung von Wertschöpfungssystemen existiert eine Vielzahl an Ansätzen, welche die Zielbildentwicklung für ein Wertschöpfungssystem im Allgemeinen bereits häufig adressieren. Kage bspw. fokussiert die Positionierung in technologieinduzierten Wertschöpfungsnetzwerken mit Hilfe eines Rollenmodells [Kag18]. Ausgewählte Ansätze stellen vielversprechende Hilfsmittel zur Visualisierung bereit. So sind insb. die Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme von Schneider [Sch18] oder die Industrie 4.0-Canvas nach Gülpen und Piller zu nennen. Keiner der Ansätze jedoch adressiert die Smart Service-spezifische Wertschöpfung vollumfänglich oder stellt Gestaltungswissen im Sinne von Lösungsmustern bereit. Für die Planung und Umsetzung der Transformation existiert eine Vielzahl an Ansätzen, die entweder die Servitisierung oder die Digitalisierung adressieren. Ein Ansatz, der die dedizierte Transformation zum Smart Service-Anbieter fokussiert, existiert nicht. Die Transformation von Wertschöpfungssystemen wird selten und höchstens implizit über die Entwicklung von Geschäftsmodellen adressiert [Wet10], [Sch19]. Wenngleich kein Ansatz explizites Gestaltungswissen bereitstellt, so ist die Orientierung an Best Practices, wie SCHALLMO es vorschlägt, ein vielversprechender Ansatz für die Umsetzungsplanung [Sch19]. Ferner existieren einige wenige Smart Service-spezifische Ansätze, die wertvolle Anknüpfungspunkte für die Planung der Transformation von Wertschöpfungssystemen liefern. Mit der Entwicklung von Smart Service-Strategien nach Koldewey bspw. werden relevante strategische Vorüberlegungen für das Smart Service-Geschäft getroffen [Kol21]. Die Planung des organisationalen Wandels zum Smart Service-Anbieter nach Frank fokussiert ausdrücklich die intraorganisationale Transformation und stellt einen komplementären Ansatz dar [Fra21]. Folglich besteht Handlungsbedarf für ein Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services.

## 4 Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services

„Wertschöpfung ist nicht alles, aber ohne Wertschöpfung ist alles nichts.“

– AXEL HALLER, [Hal97]

Dieses Zitat verdeutlicht überspitzt, an welcher Stelle unser Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services ansetzt, um die zuvor dargestellten Herausforderungen zu adressieren. Ausgangspunkt sind strategische und taktische Vorüberlegungen hinsichtlich des Smart Service-Geschäfts. Das Vorgehen besteht aus vier Phasen und umfasst die Vorbereitung, Konzipierung, Ausgestaltung und Transformation des Wertschöpfungssystems für Smart Services (Bild 4). Dabei sind Iterationen innerhalb und zwischen den Phasen zu berücksichtigen, die sich unter anderem durch Integration und Beteiligung weiterer Wertschöpfungspartner ergeben (vgl. Abschnitt 5). Die Phasen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

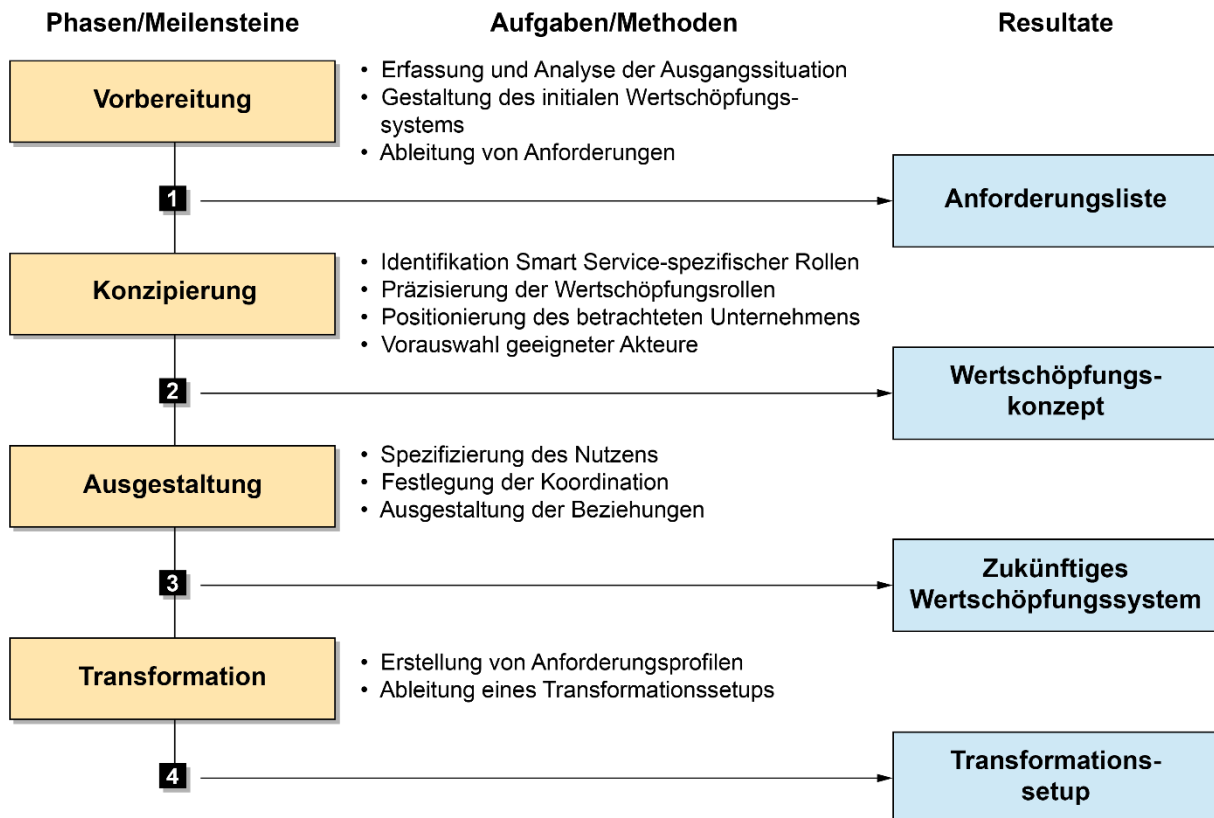


Bild 4: Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services

**Vorbereitung:** Ziel der ersten Phase sind Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem für Smart Services. Dafür werden alle relevanten Eingangsgrößen erfasst und analysiert, um übergeordnete Randbedingungen für die Transformation der Wertschöpfung sowie konkrete Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem abzuleiten. Die Modellierung eines initialen Wertschöpfungssystems hilft, weitere Anforderungen zu formulieren und resultiert in einer Anforderungsliste.



**Konzipierung:** Diese Phase zielt auf ein erstes Wertschöpfungskonzept, das mit Hilfe von Smart Service-spezifischen Wertschöpfungsrollen definiert wird. Die Ausgestaltung der Aktivitäten und Ressourcen relevanter Wertschöpfungsrollen unterstützt bei der Positionierung des betrachteten Unternehmens im zukünftigen Wertschöpfungssystem. Rollen, die das betrachtete Unternehmen nicht einnimmt, werden durch Dritte besetzt. Die Phase schließt mit einer Vorauswahl geeigneter Akteure für die zu besetzenden Wertschöpfungsrollen.

**Ausgestaltung:** Eine genaue Vorstellung des zukünftigen Wertschöpfungssystems wird in der dritten Phase angestrebt. Dazu wird zunächst das Nutzenversprechen des Wertschöpfungssystems definiert, indem die Nutzenverhältnisse der beteiligten Akteure differenziert werden. Anschließend wird der Integrationsgrad der einzelnen Akteure im Wertschöpfungssystem bestimmt, sodass der koordinierende Aufwand deutlich wird. Die Modellierung des Wertschöpfungssystems entlang des Smart Service-Lebenszyklus vervollständigt die Sichten auf das zukünftige Wertschöpfungssystem.

**Transformation:** In der vierten und letzten Phase sollen dem betrachteten Unternehmen alle Informationen und Werkzeuge zur Umsetzung der Transformation des Wertschöpfungssystems für Smart Services an die Hand gegeben werden. Dazu werden zunächst Anforderungsprofile für alle Akteure im Wertschöpfungssystem erstellt, anhand derer die Integration und Zusammenarbeit initiiert werden. Transformationsprojekte werden definiert und zeitlich strukturiert in einer Transformationsroadmap festgehalten. Diese bildet zusammen mit Werkzeugen des Projekt- und Changemanagements sowie des Umsetzungscontrollings das Transformations-setup als Resultat der letzten Phase.

Zum besseren Verständnis und zur Validierung des Vorgehens werden die einzelnen Phasen im Folgenden anhand eines Validierungsprojekts näher vorgestellt. Das Validierungsbeispiel ist der Smart Service „Connected Manufacturing“, der von der ISTOS GmbH entwickelt wird. ISTOS ist ein Tochterunternehmen der DMG MORI AG, einem der führenden Hersteller von spanenden Werkzeugmaschinen. Anhand des Praxisbeispiels zeigen wir, wie eine definierte Smart Service-Strategie operationalisiert wird, und geben Einblicke in die Umsetzung der Transformation DMG MORIs zum Smart Service-Anbieter. Aus Gründen der Vertraulichkeit wurden die Ergebnisse teilweise verfremdet oder nur in Auszügen dargestellt.

## 4.1 Vorbereitung

In der ersten Phase wird die Transformation des Wertschöpfungssystems für Smart Services vorbereitet. Ziel der Vorbereitung sind Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem sowie bei der Transformation zu berücksichtigende Randbedingungen. Dafür werden drei idealerweise aufeinander aufbauende Schritte vorgesehen: 1) Erfassung und Analyse der Ausgangssituation, 2) Gestaltung des initialen Wertschöpfungssystems und 3) Ableitung von Anforderungen.

**1) Erfassung und Analyse der Ausgangssituation:** Die Ausgangssituation umfasst strategische Vorüberlegungen und das existierende Wertschöpfungssystem. Unternehmen mit dem Ziel der Transformation zu einem erfolgreichen Smart Service-Anbieter haben sich in der Regel

bereits strategisch mit dem Smart Service-Geschäft auseinandergesetzt. Vor diesem Hintergrund wird zunächst die individuelle Ausgangslage des betrachteten Unternehmens erfasst. Mit Hilfe eines *Quick Checks Smart Service-Geschäft* werden die Dimensionen Strategie, Marktleistung und Geschäftsmodell untersucht [RFK+20]. Im Sinne einer Checkliste werden einfach zu beantwortende Entscheidungsfragen (Ja-Nein-Fragen) gestellt, sodass die Ausgangssituation effizient erfasst werden kann. Mit *Nein* beantwortete Fragen weisen auf die noch zu erarbeitenden Inhalte hin, für die Methoden hinterlegt sind (Bild 5).

| <b>Quick Check Smart Service-Geschäft</b>  |   |         |   |
|--|---|---------|---|
| Bearbeiter: J.R., G.R. Stand: 15. Mai 2021 |   |         |   |
|  | Frage   | ja/nein | Methoden                                    |
| <b>Strategie</b>                           | 1. Sind die Wettbewerber im Smart Service-Geschäft bekannt und analysiert?              | ja      | Wettbewerbsanalyse, -radar ...              |
|  | 2. Stehen die Basisprodukte für das Smart Service-Geschäft fest?                        | ja      | CPS-Leistungsbewertung, ...                 |
|  | 3. Sind geeignete Kundensegmente identifiziert und beschrieben?                         | ja      | Customer Journey Map, ...                   |
|  | ...   |         |   |
| <b>Marktleistung</b>                       | 11. Sind die Kernfunktionalitäten der Smart Service-Idee(n) definiert?                  | ja      | Smart Service-Funktionalitäten, ...         |
|  | 12. Steht fest, welche Aufgaben vom Kunden übernommen werden?                           | ja      | Customer Journey Map, ...                   |
|  | 13. Wurde die Datenbasis analysiert (z. B. hinsichtlich Datentypen, -quellen, -senken)? | ja      | CONSENS (Umfeldmodell), ...                 |
|  | ...   |         |   |
| <b>Geschäft</b>                            | 18. Wurde(n) die Geschäftsidee(n) erfasst und dokumentiert?                             | ja      | Kreativitätstechniken, Ideensteckbrief, ... |
|  | 19. Wurden der Geschäftsmodellrahmen für die -idee(n) ausgearbeitet?                    | nein    | Geschäftsmodellmuster, ...                  |
|  | 20. Wurden Geschäftsmodellalternativen gebildet und bewertet?                           | nein    | Business Model Canvas, SWOT-Analyse, ...    |
|  | ...   |         |   |

Bild 5: *Quick Check Smart Service-Geschäft in Anlehnung an [RFK+20] (vereinfacht)*

Aus den Ergebnissen des Quick Checks werden individuelle Maßnahmen für das weitere Vorgehen abgeleitet. Im Validierungsprojekt ist die Erarbeitung der Smart Service-Strategie bereits abgeschlossen und die definierten Marktleistungen liegen vor. Die Dimension Geschäftsmodell ist noch nicht vollständig ausgearbeitet. Als Konsequenz wird festgehalten, dass die Dimensionen Strategie und Marktleistung unmittelbar dokumentiert werden können. Allerdings ist die Geschäftsmodellentwicklung nachzuholen, um eine vollständige Dokumentation der Dimension Geschäft gewährleisten zu können.

Zur Dokumentation der Dimensionen Strategie und Marktleistung werden zunächst alle relevanten Informationen zusammengetragen. Auf die Dokumentation wird später für die Ableitung von Anforderungen an die Wertschöpfung zurückgegriffen.

Die Dimension Strategie beinhaltet im Wesentlichen eine formulierte **Smart Service-Strategie**. Dabei handelt es sich um eine Geschäftsstrategie, die sich aus dem Leitbild und der Geschäftsdefinition zusammensetzt [KGC+20]. Das Leitbild umfasst die zugrunde liegende Motivation für ein Geschäft mit Smart Services, die umzusetzende Mission, zu erreichende Ziele inklusive eines Zeithorizonts, vertretene Grundwerte der Unternehmenskultur und ein generisches Nutzenversprechen [GP14]. Die Strategie bildet die Leitplanken zur Transformation der Wertschöpfung und wird in allen folgenden Phasen des Vorgehens referenziert. Für die Dimension **Marktleistung** werden die in der Smart Service-Strategie genannten Ideen in Steckbriefen dokumentiert. Diese umfassen eine Kurzbeschreibung sowie die Elemente Nutzenversprechen, Kernaktivitäten und Kerneigenschaften. Die Kurzbeschreibung geht auf den Anwendungskontext und das zu lösende Problem sowie auf die Idee des Lösungsansatzes ein. Im Nutzenversprechen werden gelöste Probleme und erzielte Gewinne beschrieben, die den Kundennutzen sicherstellen sollen [KMS+20]. Kernaktivitäten umfassen sowohl Smart Service-spezifische Wertschöpfungsaktivitäten als auch kundenspezifische Aufgaben [KGF+19]. Mit Hilfe der Kerneigenschaften werden Benutzerschnittstellen und die Analysefähigkeit des Smart Service sowie die erforderliche Dateninfrastruktur und der zu erwartende Interaktionsgrad mit dem Kunden beschrieben [FGH+20]. Bild 6 zeigt die dokumentierten Dimensionen Strategie und Marktleistung auszugsweise.

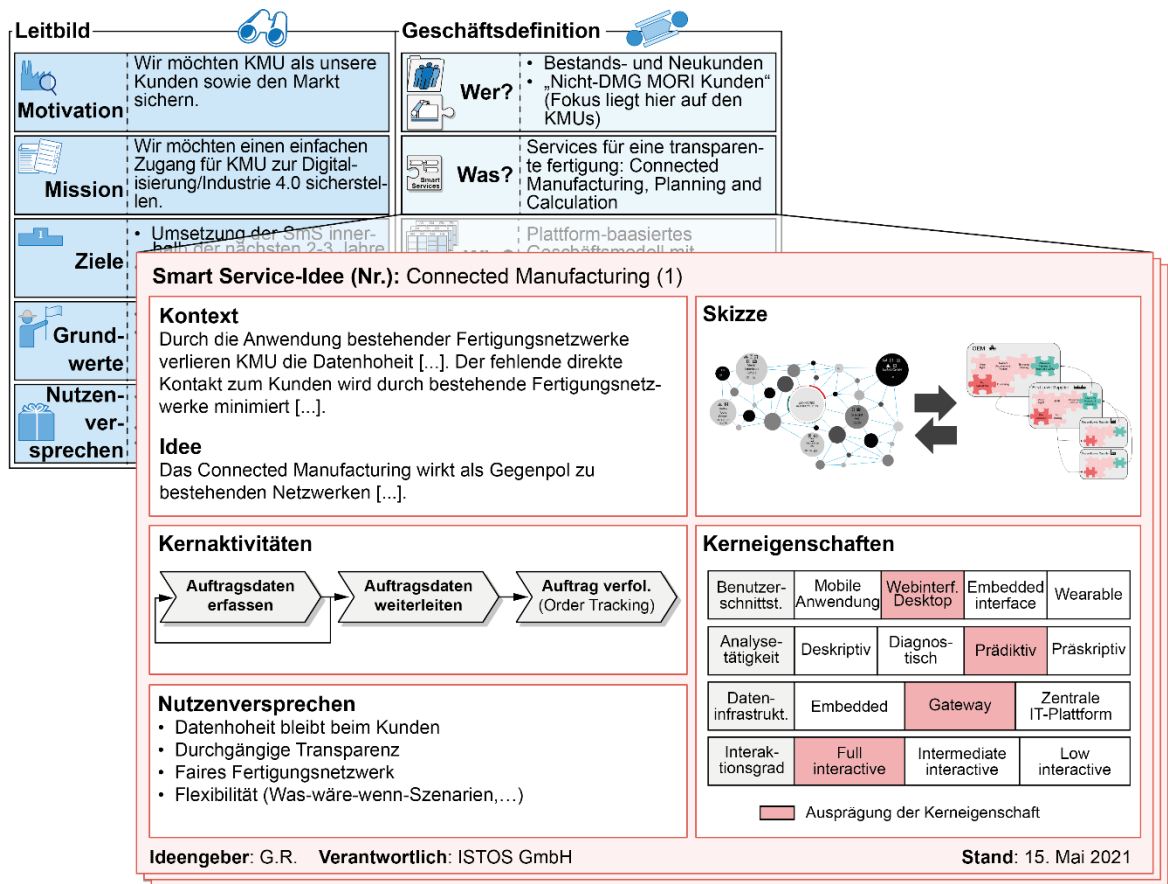


Bild 6: Dokumentierte Smart Service-Strategie und Smart Service-Ideen (Auszug)

Zur vollständigen Erfassung und Dokumentation der Dimension **Geschäft** wurde die Geschäftsmodellentwicklung für das betrachtete Unternehmen im Validierungsprojekt nachgeholt. Die bereits existierenden Geschäftsideen für Smart Services sind dafür in strukturierte Geschäftsmodellkonzepte zu überführen und mit Hilfe einer Business Model Canvas zu Geschäftsmodellen auszugestalten [OP10]. Im Validierungsprojekt wurde ein dreistufiges Workshop-Konzept verfolgt, das die Erhebung des existierenden Wertschöpfungssystems, die darauf aufbauende Geschäftsmodellentwicklung sowie die Ableitung eines initialen Wertschöpfungssystems für Smart Services umfasst.

Das **existierende Wertschöpfungssystem** wird auf Grundlage der in der Smart Service-Strategie definierten Basisprodukte für Smart Services erhoben. Daraus ergeben sich wichtige Informationen, die in der Geschäftsmodellentwicklung aufgegriffen werden können, z. B. zu adressierende Kunden oder bestehende Marketing- und Vertriebskanäle. Die darauf aufbauende Geschäftsmodellentwicklung erfolgte in Anlehnung an das musterbasierte Vorgehen nach GAUSEMEIER et al. [GWE+17]. Ein wesentlicher Vorteil bei diesem Vorgehen liegt in der Rekombination bewährter Lösungsmuster. Dafür wurden zunächst aus den 74 Geschäftsmodellmustern für die Digitalisierung nach ECHTERHOFF et al. diejenigen ausgewählt, die zumindest bedingt geeignet für das Smart Service-Geschäft sind [EGK+16]. Diese Auswahl wurde mit Hilfe einer umfassenden Literaturrecherche um Smart Service-spezifische Geschäftsmodellmuster ergänzt, sodass auf eine Sammlung von 45 für Smart Services geeignete Geschäftsmodellmuster zurückgegriffen werden konnte [RKS+21a]. Für jedes Geschäftsmodellmuster wurde ferner ein sog. Wertschöpfungsprinzip erarbeitet. Aufbauend auf den Kernelementen des Geschäftsmodellmusters beschreibt ein Wertschöpfungsprinzip charakteristische Beziehungen zwischen den wesentlichen Wertschöpfungselementen [RKS+21a].

**2) Gestaltung des initialen Wertschöpfungssystems:** Die im Validierungsprojekt entwickelten Geschäftsmodelle für das Smart Service-Geschäft setzen sich aus fünf Geschäftsmodellmustern zusammen, die individuell angepasst und angereichert wurden. Die dazugehörigen Wertschöpfungsprinzipien werden miteinander kombiniert, um so die Wertschöpfungslogik abzubilden. Dabei stellen gleiche Elemente und Beziehungen Schnittmengen dar und werden zusammengefasst, fehlende Elemente und Beziehungen werden ergänzt. Ergebnis ist ein initiales Wertschöpfungssystem, das ein erstes Modell des zukünftigen Wertschöpfungssystems darstellt und im weiteren Vorgehen konkretisiert wird. Für die Modellierung wird die Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme von SCHNEIDER eingesetzt [Sch18]. Bild 7 zeigt die in einem Kartenset für Workshops aufbereiteten Geschäftsmodellmuster (Vorderseite) und Wertschöpfungsprinzipien (Rückseite) am Beispiel *Closed Orchestrator* und verdeutlicht deren Verwendung für die Geschäftsmodellentwicklung und Ableitung des initialen Wertschöpfungssystems. Das Vorgehen erlaubt die integrative Planung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem wie von GAUSEMEIER et al. proklamiert [GWE+17].

**3) Ableitung von Anforderungen:** Die individuelle Ausgangssituation des betrachteten Unternehmens ist erfasst. Die Analyse der Dimensionen Strategie, Marktleistung und Geschäft lässt nun die Ableitung von Anforderungen an die zukünftige Wertschöpfung für Smart Services zu. Dabei werden übergeordnete Randbedingungen an die Transformation der Wertschöpfung für Smart Services und konkrete Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem für Smart Services unterschieden.

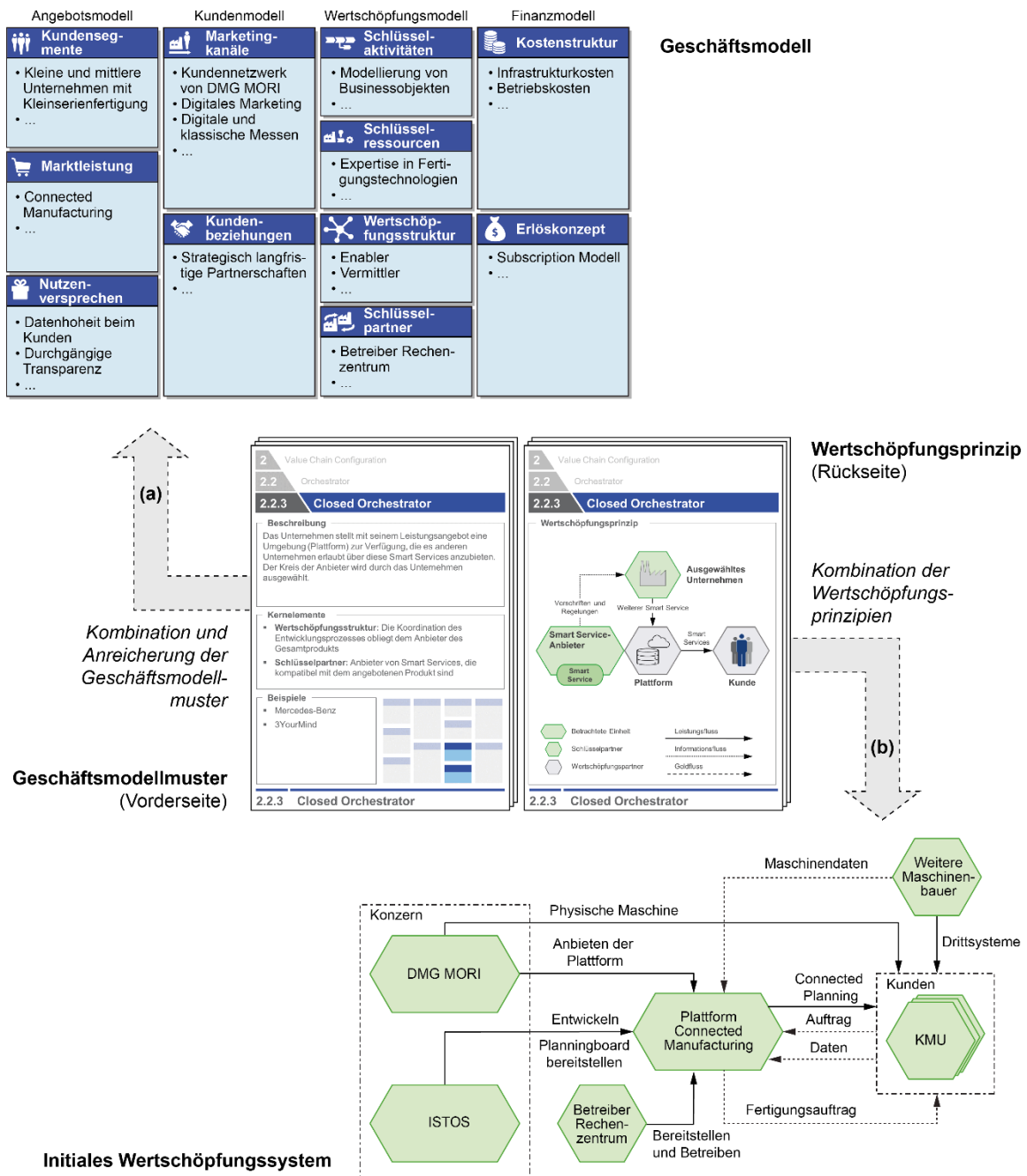


Bild 7: Entwicklung des Geschäftsmodells und Ableitung des initialen Wertschöpfungsprinzips in Anlehnung an [RKS+21a]

**Übergeordnete Randbedingungen** werden vornehmlich aus der dokumentierten Smart Service-Strategie abgeleitet. Aus dem Leitbild lassen sich u. a. Randbedingungen für die integrative Zusammenarbeit mit Partnern im Wertschöpfungs-system ableiten [GP19]. Ein Beispiel dafür ist Ü3 *Frühzeitige Einbindung von KMU in den Innovationsprozess*. Die Geschäftsdefinition bestimmt adressierte Marktsegmente, anzubietende Marktleistungen in einem hohen Aggregationsniveau sowie die zur Erbringung der Marktleistungen erforderlichen Geschäftsstrukturen, Organisationsstrukturen und Geschäfts-kompetenzen [Kol21]. Die Inhalte der Geschäftsdefinition sind Voraussetzung für die Positionierung im Wertschöpfungs-system [Kag18]. Aus Ü4 *Softwareprodukte von ISTOS als Grundlage für Smart Services* wird deutlich, auf welche

in der Smart Service-Strategie definierten Geschäftskompetenzen innerhalb der vorherrschenden Konzernstrukturen zurückgegriffen werden soll. Die **konkreten Anforderungen** an das zukünftige Wertschöpfungssystem ergeben sich insbesondere aus der Analyse der dokumentierten Smart Service-Ideen, den Geschäftsmodellen sowie dem initialen Wertschöpfungssystem. Aus den definierten Kerneigenschaften der Smart Service-Ideen bspw. ergeben sich erste Kundenaufgaben wie *W2 Auftrags- und Betriebsdaten bereitstellen*. Aus dem Geschäftsmodell und dem initialen Wertschöpfungssystem lassen sich Anforderungen wie *W3 Einbindung von Drittmaschinen* bzw. *W4 Integration weiterer Maschinenbauer* ableiten.

Ergebnis der ersten Phase des Vorgehens ist eine **Anforderungsliste**, die übergeordnete Anforderungen an die Transformation der Wertschöpfung sowie konkrete Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem umfasst (Bild 8). Die Herkunft jeder Anforderung wird durch einen Verweis gekennzeichnet und erste Verantwortlichkeiten werden festgelegt. Die Anforderungsliste wird fortlaufend ergänzt und ggf. angepasst.

| <b>Anforderungsliste</b>  |   |                  |                                |               |
|---|---|------------------|--------------------------------|---------------|
| Stand: 21. Mai 2021   |   |                  |                                |               |
| <b>Übergeordnete Randbedingungen für die Transformation der Wertschöpfung</b> |   |                  |                                |               |
| Nr.   | Bezeichnung                                 | Verantwortung    | Bemerkung                      | Verweis       |
| Ü1  | Erweiterung des Kundensegments KMU          | Business Dev.    | Bestands- & Neukunden          | Geschäftsdef. |
| Ü2  | Open Innovation wird gefördert              | Product Mgmt.    | Offenheit entscheidend für ... | Leitbild      |
| Ü3  | Frühzeitige Einbindung von KMU              | Consulting/Sales | -                              | Leitbild      |
| Ü4  | SW-Produkte von ISTOS als Grundlage         | DMG MORI gesamt  | -                              | Geschäftsdef. |
| Ü5  | Smart Service-Ideen langfristig integrieren | Product Mgmt.    | Bemerkung                      | Leitbild      |
| Ü6  | Hoher Stellenwert von Datenschutz           | Product Mgmt.    | Bemerkung                      | Leitbild      |
| <b>Anforderungen an das zukünftige Wertschöpfungssystem</b>                   |   |                  |                                |               |
| Nr.   | Bezeichnung                                 | Verantwortung    | Bemerkung                      | Verweis       |
| W1  | Ex. Organisationsstrukturen nutzen          | intern           | Nichts Neues aufbauen          | Init. WSS     |
| W2  | Auftrags- und Betriebsdaten bereitstellen   | KMU              | -                              | Marktleistung |
| W3  | Einbindung von Drittmaschinen               | Maschinenbauer   | Maschinenparameter relevant    | GM            |
| W4  | Integration weiterer Maschinenbauer         | ISTOS            | -                              | GM.           |
| W5  | Marketing und Vertrieb eigenständig         | DMG MORI         | Konzernstrukturen              | Init. WSS     |
| W6  | Eigenständige Entwicklung                   | ISTOS            | ISTOS führt Entwicklung        | GM            |

**GM:** Geschäftsmodell    **KMU:** Kleine und mittlere Unternehmen    **WSS:** Wertschöpfungssystem

Bild 8: Anforderungsliste (Auszug)

## 4.2 Konzipierung

Ziel der Phase ist das Konzept der Wertschöpfung. Es zeigt auf, welche zentralen Rollen im Wertschöpfungssystem interagieren, welchen Anteil das betrachtete Unternehmen an der Wertschöpfung hat und auf welche Akteure die übrige Wertschöpfung verteilt ist. Dafür sind die

folgenden Aufgaben zu erledigen: 1) Identifikation Smart Service-spezifischer Rollen, 2) Präzisierung der Wertschöpfungsrollen, 3) Positionierung des betrachteten Unternehmens und 4) Vorauswahl geeigneter Akteure.

**1) Identifikation Smart Service-spezifischer Rollen:** Wie Abschnitt 2 gezeigt hat, rücken die Megatrends Digitalisierung und Servitisierung jeweils bestimmte Rollen in den Fokus der Wertschöpfung. Gleichzeitig ist eine in Schichten organisierte digitale Infrastruktur die Grundvoraussetzung für die Smart Service-spezifische Wertschöpfung. Es bedarf also eines Rollenkonzepts, das explizit Smart Service-spezifische Wertschöpfungsrollen bereitstellt und dabei alle Schichten der digitalen Smart Service-Infrastruktur bedient. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir ein Rollenkonzept, das auf den generischen Rollen für digitalisierte Service-Ökosysteme von SENN aufbaut [Sen20] und diese um Rollen für Smart Service-Entwicklungsprojekte nach ANKE et al. anreichert [APA20] (Tabelle 1).

*Tabelle 1: Kombiniertes Rollenkonzept für die Smart Service-spezifische Wertschöpfung in Anlehnung an SENN und ANKE et al. [SEN20], [APA20]*

| Nr. | Bezeichnung                         | Beschreibung   | SmS-Schicht                               | Quelle           |
|-----|-------------------------------------|--|---|------------------|
| R1  | <b>Smart Service-Anbieter</b>       | Stellt Service-Leistungen bereit, die Kernbestandteile der Plattformen sind.         | Serviceplattformen                        | [Sen20], [APA20] |
| R2  | <b>Plattformbetreiber</b>           | Betreibt Plattform und ist verantwortlich für das Management der Plattformnutzer.    | Serviceplattformen                        | [Sen20]          |
| R3  | <b>Marktanalyst</b>                 | Verschafft Kundeneinblicke (z.B. durch Erfassung von Feedback zu Prototypen).        | Erweitertes Ökosystem                     | [APA20]          |
| R4  | <b>Systemintegrator</b>             | Entwickelt die Systemarchitektur sowie frontend Interfaces und back-end Services.    | Erweitertes Ökosystem                     | [APA20]          |
| R5  | <b>Kunde</b>                        | Nutzt den Service und kann als Mitentwickler fungieren (Anforderungen, Feedback).    | Erweitertes Ökosystem, Serviceplattformen | [Sen20], [APA20] |
| R6  | <b>Digital Innovator</b>            | Unterstützt die Entwicklung von Service-Ideen und Geschäftsmodellen.                 | Erweitertes Ökosystem                     | [APA20]          |
| R7  | <b>Implementierungspartner</b>      | Unterstützt bei Vertrieb, Lösungsimplementierung, Kundenberatung, Support etc.       | Erweitertes Ökosystem, Serviceplattformen | [Sen20]          |
| R8  | <b>Informationsdienstleister</b>    | Stellt Informationen (z.B. zu Verkehr) für die datengetriebene Wertschöpfung bereit. | Serviceplattformen                        | [APA20]          |
| R9  | <b>Data Analytics-Spezialist</b>    | Entwickelt und implementiert Big Data-Lösungen (z.B. Maschinelles Lernen).           | Software-definierte Plattformen           | [APA20]          |
| R10 | <b>UI/UX-Design-Spezialist</b>      | Unterstützt bei Entwicklung der Customer Journey und Nutzerinteraktionen.            | Software-definierte Plattformen           | [APA20]          |
| R11 | <b>Applikationssoftwareanbieter</b> | Entwickelt und/oder betreibt Applikationssoftwaresysteme                             | Software-definierte Plattformen           | [APA20]          |
| R12 | <b>Hardware-Anbieter</b>            | Liefert Hardware-Komponenten oder ist Eigentümer der phys. Produkte.                 | Vernetzte physische Plattformen           | [Sen20], [APA20] |
| R13 | <b>Service-Betreiber</b>            | Stellt die Funktionsfähigkeit des Smart Service-Systems sicher.                      | Vernetzte physische Plattformen           | [APA20]          |
| R14 | <b>Konnektivitätsanbieter</b>       | Bietet Services zur Vernetzung der Smart Products an (z.B. Mobilfunknetze).          | Technische Infrastruktur                  | [APA20]          |

Durch die Zusammenführung beider Ansätze lässt sich die Smart Service-spezifische Wertschöpfung über alle relevanten Smart Service-Schichten, wie sie in Abschnitt 2 beschrieben

sind, hinweg konfigurieren. Hier empfiehlt sich eine Vorauswahl für relevante Wertschöpfungsrollen, um die Komplexität und den Aufwand bei der weiteren Ausgestaltung gering zu halten. Die Entscheidungsgrundlage dafür bildet die in Phase 1 entwickelte Anforderungsliste.

**2) Präzisierung der Wertschöpfungsrollen:** Das kombinierte Rollenkonzept bildet die Grundlage für die Konfiguration des Smart Service-spezifischen Wertschöpfungssystems. Bis zu diesem Punkt liegen die Wertschöpfungsrollen jedoch nur in generischer Form vor und sind für das weitere Vorgehen zu präzisieren. Die Präzisierung erfolgt dabei unter der Prämisse, dass Wertschöpfungsrollen typische Kombinationen von Aktivitäten und Ressourcen beschreiben, die Akteure in einem Wertschöpfungssystem einnehmen [Kag18]. Es werden also Aktivitäten und Ressourcen für jede Rolle bestimmt und unter Berücksichtigung der in Phase 1 abgeleiteten Anforderungsliste konkretisiert. Die Konkretisierung erfolgt nach dem von SCHNEIDER vorgeschlagenen Vorgehen [Sch18], sodass im Ergebnis hierarchische Gliederungen der Aktivitäten und Ressourcen für jede Wertschöpfungsrolle vorliegen. Bild 9 zeigt das Ergebnis am Beispiel der Wertschöpfungsrolle Kunde.

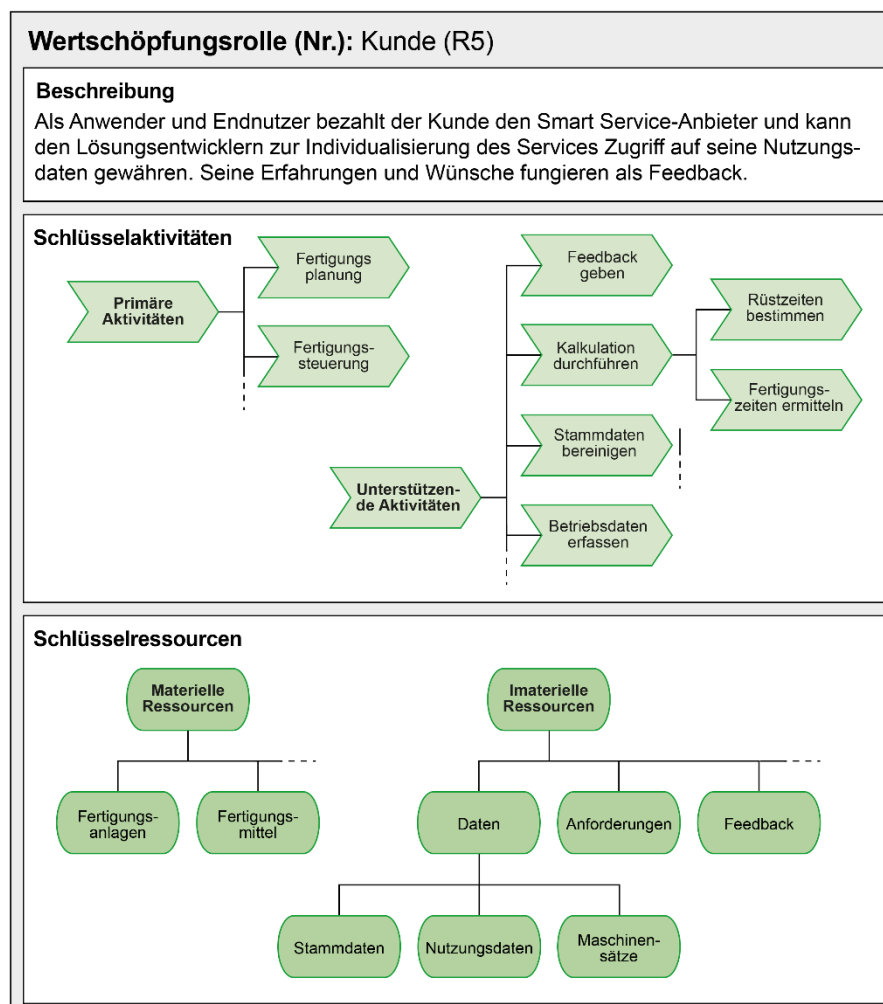


Bild 9: Präzisierte Wertschöpfungsrolle Kunde (Auszug)

Im Validierungsprojekt hat es sich als zielführend herausgestellt, auf zusätzliche Hilfsmittel zur Strukturierung von Aktivitäten und Ressourcen zurückzugreifen. Orientierung bei der Ausgestaltung der Aktivitäten liefert die Unterscheidung primärer und unterstützender Aktivitäten



nach PORTER [Por98]. Informations- oder datengetriebene Ansätze für generische Wertschöpfungsaktivitäten, wie von KOLLMANN und KAMMLER et al. vorgeschlagen, geben weitere Inspiration [Kol19a], [KHB+19]. Aus der Klassifizierung materieller und immaterieller Ressourcen nach MÜLLER-STEWENS und LECHNER lassen sich außerdem Suchbereiche für weitere Ressourcen ableiten [ML16]. Die in den Wertschöpfungsrollen beschriebenen Aktivitäten und Ressourcen werden in die vorgestellten Orientierungsrahmen und Strukturierungsansätze eingeordnet und anschließend durch Differenzierung präzisiert.

**3) Positionierung des betrachteten Unternehmens:** Die Position eines Unternehmens im Wertschöpfungs-system ergibt sich aus den Wertschöpfungsrollen, die das Unternehmen erfüllt [Kne03]. Folglich ist die Frage zu beantworten, welche Aktivitäten und Ressourcen das betrachtete Unternehmen selbst erbringen wird und welche durch Dritte in das Wertschöpfungs-system eingebracht werden sollen [Deu14]. Die Ableitung der Rollenverteilung erfolgt in Anlehnung an THIELE mit Hilfe eines sogenannten Rollenportfolios [Thi97]. In diesem werden die ausgestalteten Wertschöpfungsrollen über die Dimensionen Erreichbarkeit und strategische Relevanz aufgetragen, um Handlungsempfehlungen für die Rollenverteilung abzuleiten (Bild 10).

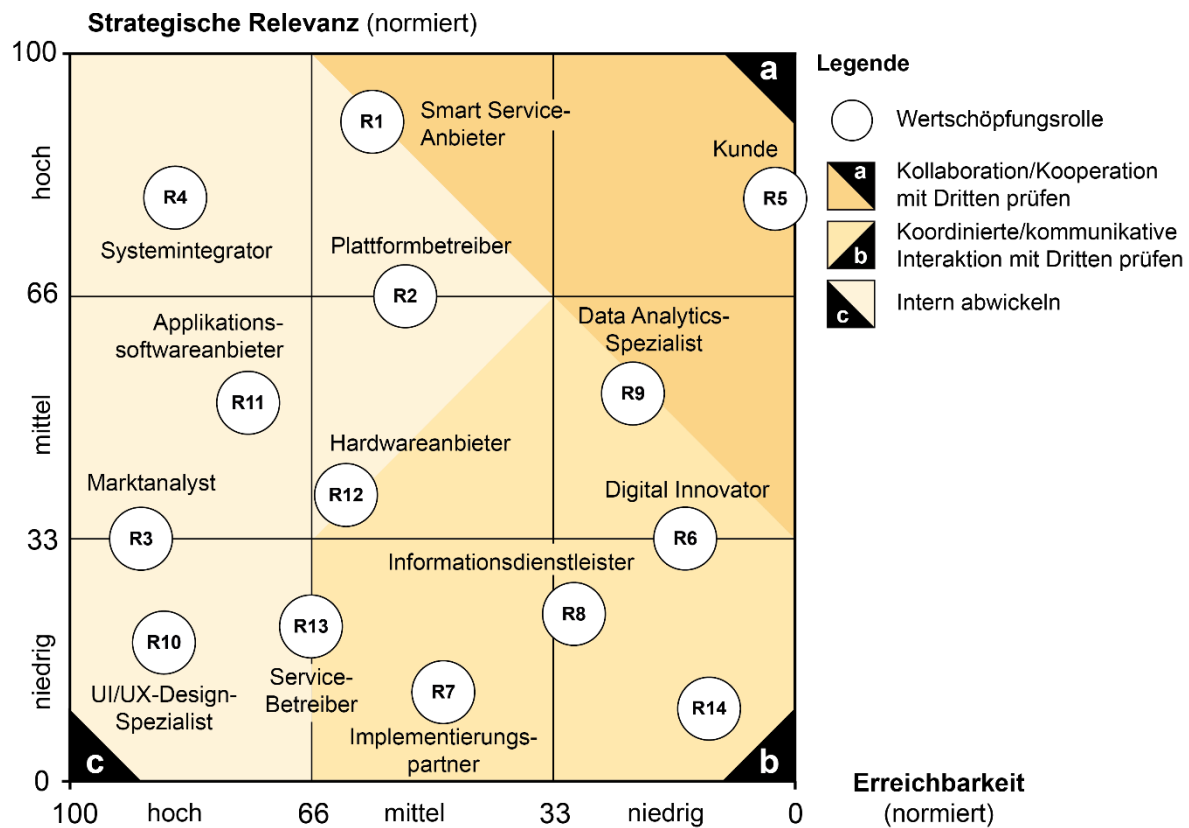


Bild 10: Rollenportfolio zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Rollenverteilung nach REINHOLD et al. [RFK+19] in Anlehnung an THIELE [Thi97]

Die *Erreichbarkeit* einer Wertschöpfungsrolle ergibt sich aus der Bewertung des Erschließungsaufwands, der Erfahrung hinsichtlich der Erfüllung einer Rolle oder der Möglichkeit der Besetzung durch einen potentiellen Akteur. Eine wichtige Eingangsgröße für die Bewertung der Erreichbarkeit ist das in Phase 1 erhobene Wertschöpfungs-system, das die Wertschöpfungssituation vor Einführung eines Smart Service-Geschäfts abbildet. Die *Strategische Relevanz*

ergänzt die Bewertung der Wertschöpfungsrollen um eine zukunftsorientierte Dimension. Wesentliche Bewertungskriterien sind daher u. a. das Potential zur Differenzierung im Wettbewerb, der Fit zu Geschäftskompetenzen sowie die übergeordnete Bedarfsbreite und -häufigkeit im betrachteten Unternehmen. Grundlage für die Bewertung der strategischen Relevanz sind die in Phase 1 erfassten Randbedingungen für die Transformation der Wertschöpfung. Sind die Wertschöpfungsrollen in beiden Dimensionen bewertet und aufgetragen, lassen sich aus den drei skizzierten Bereichen des Portfolios die folgenden Handlungsempfehlungen ableiten:

- **Kollaboration/Kooperation mit Dritten prüfen:** Wertschöpfungsrollen in diesem Bereich sind für das betrachtete Unternehmen schwer erreichbar und weisen dennoch eine hohe strategische Relevanz auf. Das betrachtete Unternehmen hat in Abhängigkeit der übergeordneten Randbedingungen für die Transformation die Intensität einer Zusammenarbeit zu prüfen. Eine Kollaboration bei niedriger Erreichbarkeit ergibt insb. dann Sinn, wenn sich dadurch strategisch relevante Geschäftskompetenzen aufbauen lassen.
- **Koordinierte/kommunikative Interaktion mit Dritten prüfen:** Wertschöpfungsrollen dieser Kategorie weisen niedrige bis mittlere Erreichbarkeit auf und sind nicht von hoher strategischer Relevanz. Daher empfiehlt sich die externe Abwicklung über Dritte, wobei der Interaktionsgrad festzulegen ist.
- **Wertschöpfungsrolle besetzen:** Die Erreichbarkeit der Wertschöpfungsrollen in diesem Bereich ist in der Regel hoch. Unabhängig von der strategischen Relevanz sind diese Wertschöpfungsrollen von dem betrachteten Unternehmen selbst zu besetzen.

Aus den Handlungsempfehlungen geht hervor, welche Wertschöpfungsrollen das Unternehmen selbst einnimmt und welche durch Dritte besetzt werden sollen. Um die Art der Zusammenarbeit und Interaktion bestimmen und damit das Wertschöpfungssystem weiter ausgestalten zu können, ist zunächst eine Vorauswahl geeigneter Akteure zur Besetzung der Wertschöpfungsrollen erforderlich. Durch die Besetzung von Wertschöpfungsrollen sowie durch eine enge Kollaboration lassen sich Geschäftsfelder und -tätigkeiten verändern oder erweitern [Kag18]. Dies führt zwangsläufig dazu, dass Unternehmen ihre Geschäftskompetenzen anpassen oder um Neue ergänzen.

**4) Vorauswahl geeigneter Akteure:** In diesem Schritt sind Akteure für die extern zu besetzenden Wertschöpfungsrollen zu suchen. Aus den präzisierten Rollenbeschreibungen und der fortlaufend ergänzten Anforderungsliste ergeben sich die notwendigen Suchprofile für die Vorauswahl geeigneter Akteure. Das Vorgehen dafür kann sowohl pragmatisch als auch systematisch erfolgen [Fri98]. Das pragmatische Vorgehen zeichnet sich dadurch aus, dass häufig intuitiv und auf Grundlage bestehender Beziehungen ausgewählt wird. So kann einerseits schnell entschieden werden, andererseits wird in Kauf genommen, dass eine detaillierte Überprüfung des Suchprofils ausbleibt. Ein systematisches Vorgehen zur Vorauswahl von Akteuren richtet sich konsequent an den erhobenen Anforderungen sowie der definierten Smart Service- und Unternehmensstrategie aus und beinhaltet die Bewertung der Akteure anhand festgelegter Kriterien. Tabelle 2 zeigt eine Auswahl grundsätzlich geeigneter Methoden und ordnet sie hinsichtlich ihrer Ausrichtung (pragmatisch, systematisch) ein.

Im Validierungsprojekt wurde ein kombiniertes Vorgehen gewählt. Zunächst wurde das auf dem Basisprodukt basierende Wertschöpfungssystem analysiert, um anschließend die Sammlung potentieller Akteure mit Hilfe einer Stakeholder Analyse zu erweitern. Die Bewertung potentieller Akteure zur Vorauswahl geeigneter Akteure wurde in einem zweistufigen Workshop vorgenommen. Erstens wurden das Konflikt- bzw. Kooperationspotential sowie die relative Macht zwischen den potentiellen Akteuren und dem betrachteten Unternehmen bewertet. Zweitens wurde die Kooperations- bzw. Konfliktneigung der potentiellen Akteure untersucht. Die auf diese Weise gebildete Vorauswahl geeigneter Akteure bildet die Grundlage zur weiteren Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems in der folgenden Phase.

Tabelle 2: Methoden und Werkzeuge zur Vorauswahl geeigneter Akteure (Auswahl)

| Methode/Werkzeug  | Kurzbeschreibung  | Ausrichtung       | Literatur |
|---|---|-------------------|-----------|
| Analyse von Wertschöpfungssystemen nach SCHNEIDER             | Erfassung und Analyse eines Wertschöpfungssystems mit Hilfe einer Spezifikationstechnik                                       | Eher systematisch | [Sch18]   |
| Industrie 4.0 Canvas nach GÜLPEN und PILLER                   | Intuitives Erfassen von Akteuren und Bewerten des externen Leistungsversprechens und interner Prozesse mit Leitfragen         | Pragmatisch       | [GP19]    |
| Stakeholder-Analyse   | Identifikation und Strukturierung von Anspruchsgruppen für ein bestimmtes Vorhaben mit Einflussanalyse                        | Eher pragmatisch  | [GP14]    |
| Planung von Kooperationen nach KAGE                           | Softwaregestützte Suche und Vorbewertung von Partnern inklusive Partnerbündelung  | Systematisch      | [Kag18]   |
| Auswahl von Partnern für F&E-Kooperationen nach SPECHT ET AL. | Identifikation potentieller Partner für F&E-Aktivitäten durch Analyse von Kosten-Nutzen-Verhältnis, Strategie- und Kultur-Fit | Eher systematisch | [SBA02]   |
| Partnerbewertung und -auswahl nach WINKLER ET AL.             | Wirtschaftliche Bewertung heutiger und zukünftiger Geschäftsbeziehungen mit ABC- und RSU-Analyse                              | Systematisch      | [WSK08]   |

### 4.3 Ausgestaltung

Ziel der Ausgestaltung ist ein detailliertes Bild des zukünftigen Wertschöpfungssystems für Smart Services. Aufbauend auf dem Wertschöpfungskonzept werden dafür drei Aufgaben vorgesehen: 1) Spezifizierung des Nutzens im Wertschöpfungssystem, 2) Festlegung der Koordination der beteiligten Akteure, 3) Ausgestaltung der Beziehungen zwischen den Akteuren.

**1) Spezifizierung des Nutzens:** Akteure eines Wertschöpfungssystems interagieren zur Erfüllung eines übergeordneten Nutzenversprechens [FMH+14]. Gleichzeitig ist jedem Akteur im Sinne der interaktiven Wertschöpfung ein Nutzen in Aussicht zu stellen [PMI+17]. Vor diesem Hintergrund erscheint es zielführend, die Nutzenverhältnisse im Wertschöpfungssystem differenziert darzustellen. Wir greifen dafür auf die Grundelemente der Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme von SCHNEIDER [Sch18] zurück und ergänzen Flüsse für funktionalen, monetären und partizipativen Nutzen. *Funktionaler Nutzen* ergibt sich unmittelbar aus dem Smart Service und dessen Funktionalitäten (z. B. aufbereitete Daten) [Str21]. *Monetärer Nutzen* steht für ökonomische Vorteile, die ein Akteur durch sein Engagement im Wertschöpfungssystem erreichen kann (z. B. Einnahmen durch Abonnementgebühr) [BBB+12]. *Partizipativer Nutzen* geht über funktionalen und monetären Nutzen hinaus und zeichnet sich durch eine nicht

unbedingt messbare Wertsteigerung aus (z. B. Erweiterung des Kundenetzwerks oder Lock-in-Effekte) [Rob21]. Ausgehend von dem übergeordneten Nutzenversprechen, das sich aus dem in der Smart Service-Strategie definierten Leitbild ergibt (Phase 1), werden die Nutzenbeziehungen der vorausgewählten Akteure (Phase 2) modelliert. Zur Inspiration bei der Formulierung unterschiedlicher Nutzen kann auf die Nutzelemente von ALMQUIST et al. zurückgegriffen werden [ACS18]. Im Ergebnis liegt ein Nutzensystem vor, das in Bild 11 für das Validierungsbeispiel ausschnittsweise dargestellt ist.

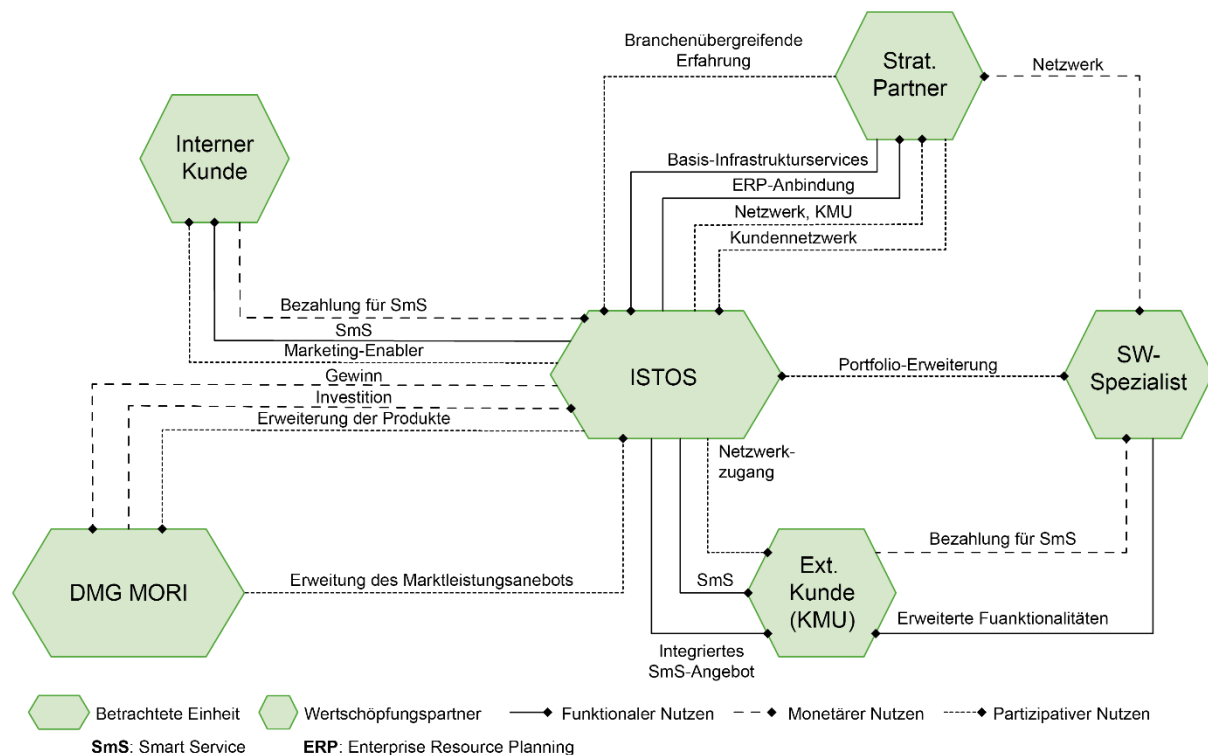


Bild 11: Nutzensystem vorausgewählter Akteure des zukünftigen Wertschöpfungssystems (Ausschnitt)

Das Nutzensystem liefert erste Erkenntnisse über die Beziehungen der Akteure im Wertschöpfungssystem und deren Nutzenverhältnisse. Eine anschließende Nutzwert- und Wirkungsanalyse der Akteure ermöglichen dem betrachteten Unternehmen eine Vorbewertung, auf welche Weise die Akteure in das Wertschöpfungssystem zu integrieren sind [Win15].

**2) Festlegung der Koordination:** Die Koordination der Partner in einem Wertschöpfungssystem ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die bereits in der Planung des zukünftigen Wertschöpfungssystems zu berücksichtigen ist [FHS04]. Dazu ist es hilfreich, die Intensität der Interaktionen der vorausgewählten Akteure näher zu beschreiben. Wir unterscheiden daher vier aufeinander aufbauende Stufen der Interaktion [CAG+09]:

- **Kommunikative Interaktion:** Es findet lediglich Kommunikation bzw. ein Austausch von Informationen statt, um den zuvor definierten Nutzen zu erreichen.
- **Koordinierte Interaktion:** Die in das Wertschöpfungssystem eingebrachten Aktivitäten werden aufeinander abgestimmt und komplementäre Ziele werden verfolgt.
- **Kooperation:** Die Interaktion findet arbeitsteilig statt und es werden zusätzliche Schlüsselressourcen eingebracht, wobei die Ziele der individuellen Identitäten kompatibel sind.

- **Kollaboration:** Die Interaktion zeichnet sich durch gemeinsame Arbeit und bestimmte gemeinsame Ziele aus. Die Kollaboration ist die intensivste Form der Zusammenarbeit.

Aufbauend auf dem zuvor erstellten Nutzensystem und den in Phase 2 ermittelten Handlungsempfehlungen für die Rollenverteilung werden die Akteure nun in die sogenannte Rollenmatrix in Anlehnung an SENN übertragen [Sen20]. Darin werden die vier Stufen der Interaktion den zentralen Wertschöpfungsrollen gegenübergestellt und die Akteure in den zutreffenden Schnittfeldern eingetragen. Die Rollenmatrix greift die aus dem Rollenportfolio abgeleiteten Handlungsempfehlungen (Phase 2) auf und schafft ein besseres Verständnis über die Konstellation des Wertschöpfungssystems und über koordinatorische Aufwände. Bild 12 zeigt einen Auszug der im Validierungsprojekt erarbeiteten Rollenmatrix.

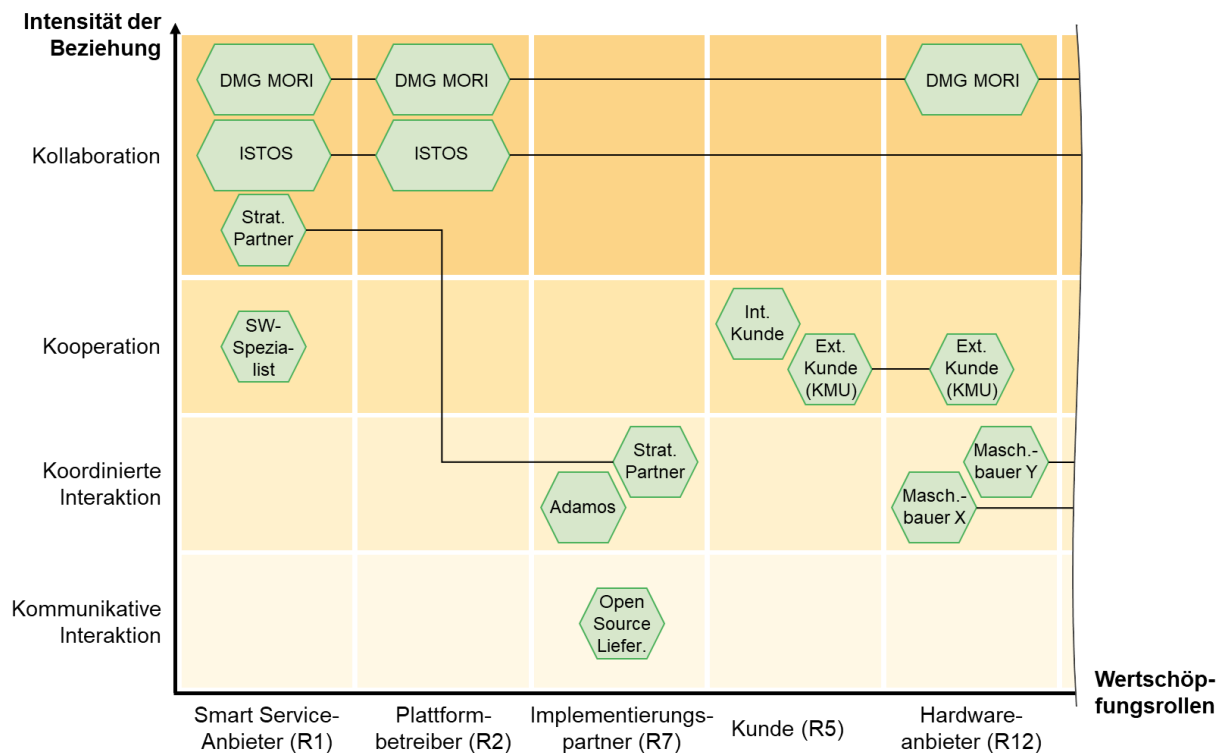


Bild 12: Rollenmatrix im Validierungsprojekt in Anlehnung an SENN [Sen20](Auszug)

Die Rollenmatrix lässt weitere Schlüsse auf die auszugestaltenden Beziehungen zwischen den Akteuren im Wertschöpfungssystem zu. Akteure, die mehr als eine Rolle besetzen, können in Abhängigkeit ihrer der jeweiligen Rolle mit unterschiedlicher Intensität im Wertschöpfungssystem interagieren. Ein Beispiel dafür ist der Akteur *strategischer Partner*. Diese Umstände sind bei der Ableitung von Anforderungsprofilen an die Akteure sowie bei der Planung von Transformationsprojekten (Phase 4) zu berücksichtigen.

**3) Ausgestaltung der Beziehungen:** Den Gedanken von MEIER und VÖLKER folgend lassen sich Wertschöpfungssysteme auf zwei Ebenen beschreiben, die sich in Betrachtungsgegenstand und Detailgrad unterscheiden. Die erste Ebene stellt das Gesamtsystem dar, wohingegen auf der zweiten Ebene detaillierte Teilsysteme dargestellt werden [MV12]. Auf erster Ebene haben wir das Gesamtsystem bereits anhand des übergeordneten Nutzenversprechens und der differenzierten Nutzenverhältnisse der Akteure beschrieben. Die Ausgestaltung der Beziehungen

der Akteure erfolgt nun auf zweiter Ebene. Dafür wird das zukünftige Wertschöpfungssystem in vier Sichten unterteilt, die sich an den Lebenszyklusphasen des Smart Service orientieren. Der Smart Service-Referenzprozess nach FRANK et al. liefert hier einen geeigneten Bezugsrahmen [FGH+20]. Im Ergebnis liegt für jede Lebenszyklusphase des Smart Service ein modelliertes Wertschöpfungssystem vor (Bild 13).

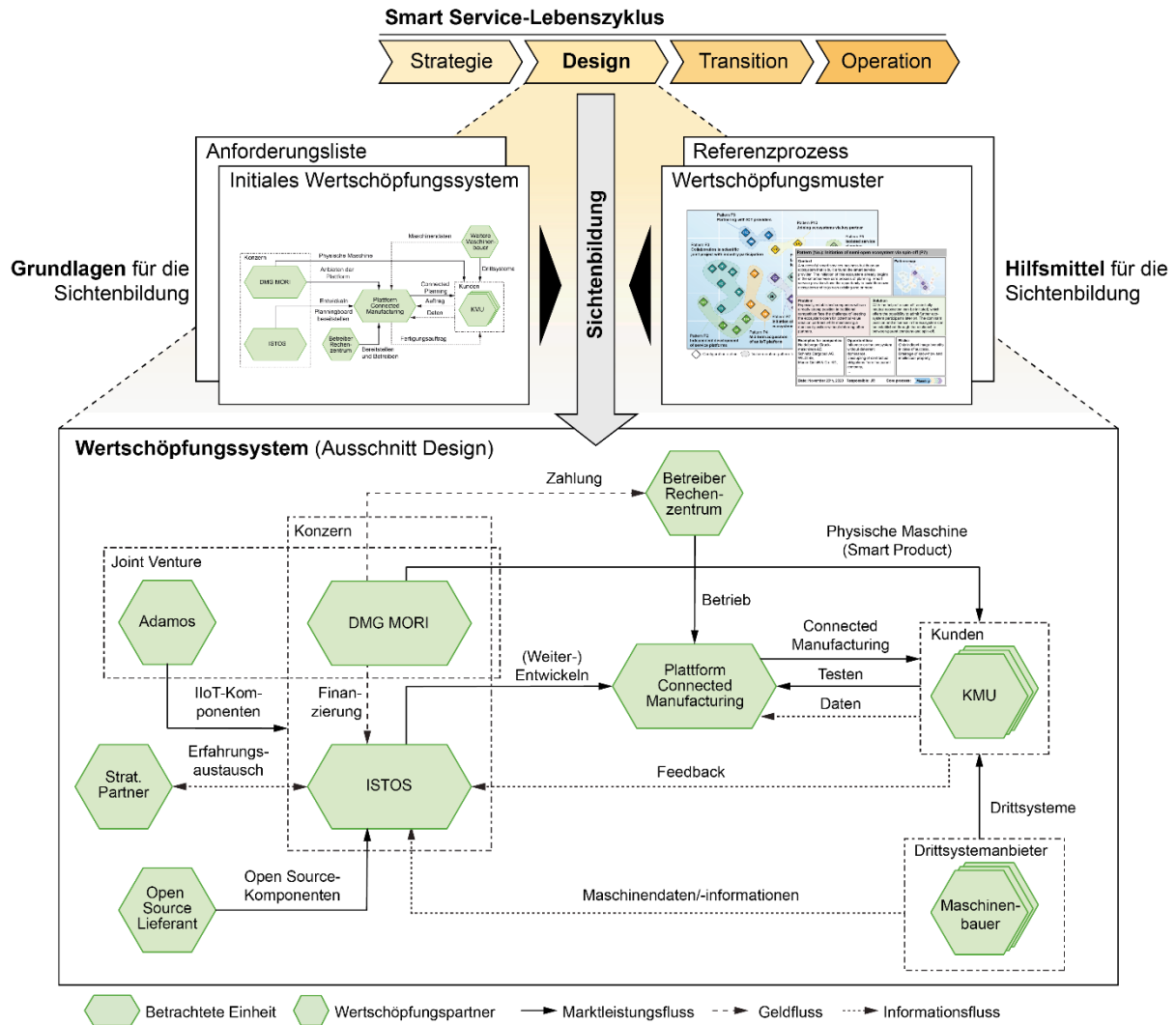


Bild 13: Sichten auf das Wertschöpfungssystem entlang des Smart Service-Lebenszyklus am Beispiel Design

Die Modellierung der Interaktionen erfolgt mit Hilfe der Spezifikationstechnik von SCHNEIDER und greift auf die zuvor Erarbeiteten Zwischenergebnisse zurück [Sch18]. Demnach werden die Beziehungen der Akteure mit Hilfe von Marktleistungs-, Informations- und Geldflüssen ausgestaltet. **Marktleistungsflüsse** beschreiben den Austausch von Leistungen zwischen Akteuren. Hierbei sind insbesondere Smart Service-spezifische Leistungen gemeint, die sich u. a. aus den Rollen-spezifischen Aktivitäten und Ressourcen der Akteure sowie aus dem Nutzensystem ableiten lassen. **Informationsflüsse** repräsentieren kommunikative Beziehungen zwischen Akteuren. Dabei können unterschiedliche Arten wie Daten, Signale, Messgrößen etc. in verbaler oder schriftlicher Form übertragen werden. Die Rollenmatrix liefert hier wichtigen Input zur Modellierung, denn je höher der Integrationsgrad, desto mehr ist in der Regel auch zu

kommunizieren. **Geldflüsse** bilden den Austausch monetärer Leistungen ab. Die im Nutzensystem beschriebenen monetären Nutzenbeziehungen sind hier unter Berücksichtigung des im Geschäftsmodell definierten Erlös-konzepts zu präzisieren.

Zur Unterstützung der Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems werden Lösungsmuster für die Smart Service-spezifische Wertschöpfung bereitgestellt. Bei diesen sogenannten **Wertschöpfungsmustern** handelt es sich um wiederkehrende Grundsätze unternehmensübergreifender Wertschöpfung, die von erfolgreichen Smart Service-Anbietern bereits umgesetzt wurden [RKS+21b]. Aus einer Analyse von 44 Best Practices konnten 39 Wertschöpfungsmuster entlang der Smart Service-Lebenszyklusphasen abgeleitet werden. Die Wertschöpfungsmuster sind in Steckbriefen dokumentiert und umfassen Informationen zum Kontext, den adressierten Problemen und der Lösung sowie zu Chancen und Risiken, die sich aus der Anwendung des Musters ergeben. Darüber hinaus werden Beispiele für die als Best Practices herangezogenen Smart Service-Anbieter gegeben. In Anlehnung an GASSMANN erfolgt die Anwendung der Wertschöpfungsmuster aufbauend assoziativ oder bewusst konfrontierend [GFC13]. *Aufbauend assoziativ* bedeutet, dass die bisherigen Zwischenergebnisse und erste Modellierungsentwürfe mit Hilfe der Muster ausgearbeitet werden. Bspw. werden bei der Modellierung identifizierte Probleme oder sich aus den übergeordneten Randbedingungen zur Transformation der Wertschöpfung ergebende Kontextinformationen mit den Wertschöpfungsmustern abgeglichen, um die Lösung passender Muster als Gestaltungsempfehlung hinzuzuziehen. *Bewusst konfrontierend* ist das Vorgehen dann, wenn die Zwischenergebnisse und Modellierungsentwürfe zufälligen Mustern gegenübergestellt und damit hinterfragt werden.

#### 4.4 Transformation

Die Transformation stellt die abschließende Phase des Vorgehens dar und bereitet den Weg zur Umsetzung des zukünftigen Wertschöpfungssystems für Smart Services. Dafür werden zwei übergeordnete Schritte vorgesehen: 1) Erstellung von Anforderungsprofilen für die Akteure des Wertschöpfungssystems und 2) Ableitung eines Transformationssetups.

**1) Erstellung von Anforderungsprofilen:** Anforderungsprofile sind eine Grundlage für das Management der Zusammenarbeit in Wertschöpfungssystemen [Fri98]. Folglich werden in diesem Schritt die vorhandenen Informationen zu den vorausgewählten Akteuren gesammelt, systematisch erweitert und in einem Anforderungsprofil für die Transformation dokumentiert. Das Anforderungsprofil umfasst die Kategorien Wertbeitrag, Werttreiber, Integration und Verlässlichkeit [GP19]. Der *Wertbeitrag* ergibt sich aus den besetzten Wertschöpfungsrollen des Akteurs und stellt die Aktivitäten und Ressourcen konsolidiert dar. Die *Werttreiber* umfassen das Nutzensituation des Akteurs und dessen Wertschöpfungsposition, welche durch die direkt ein- und ausgehenden Marktleistungs-, Informations- und Geldflüssen je Smart Service-Lebenszyklusphase beschrieben werden. Zusätzlich werden weitere Alleinstellungsmerkmale des Akteurs, bspw. besondere Erfahrungen in relevanten oder der Zugriff auf bestimmte Netzwerke, erfasst. Die Kategorie *Integration* greift den Integrationsgrad auf beschreibt koordinierende Aufgaben. Zusätzlich werden der grundsätzliche Strategie- und Kulturfit sowie weitere organisationale und regulatorische Voraussetzungen geklärt. Zur Abschätzung der *Verlässlichkeit* wird eine SWOT-Analyse durchgeführt, um derzeitige Stärken und Schwächen sowie potentielle

Chancen und Risiken für die Zusammenarbeit mit dem Akteur ableiten zu können. Bild 14 zeigt ein beispielhaftes Anforderungsprofil für einen Akteur, der die Rolle *Kunde* im Validierungsprojekt besetzt.

Das Anforderungsprofil muss vor der ersten Kontaktaufnahme mit dem vorausgewählten Akteur erstellt werden. Es dient als Informations- bzw. Verhandlungsgrundlage in der Ausgestaltung der Zusammenarbeit in Transformationsprojekten und wird entsprechend angepasst oder erweitert. Bspw. sind die aus den Rollen abgeleiteten Aktivitäten und Ressourcen kundenspezifisch anzupassen.

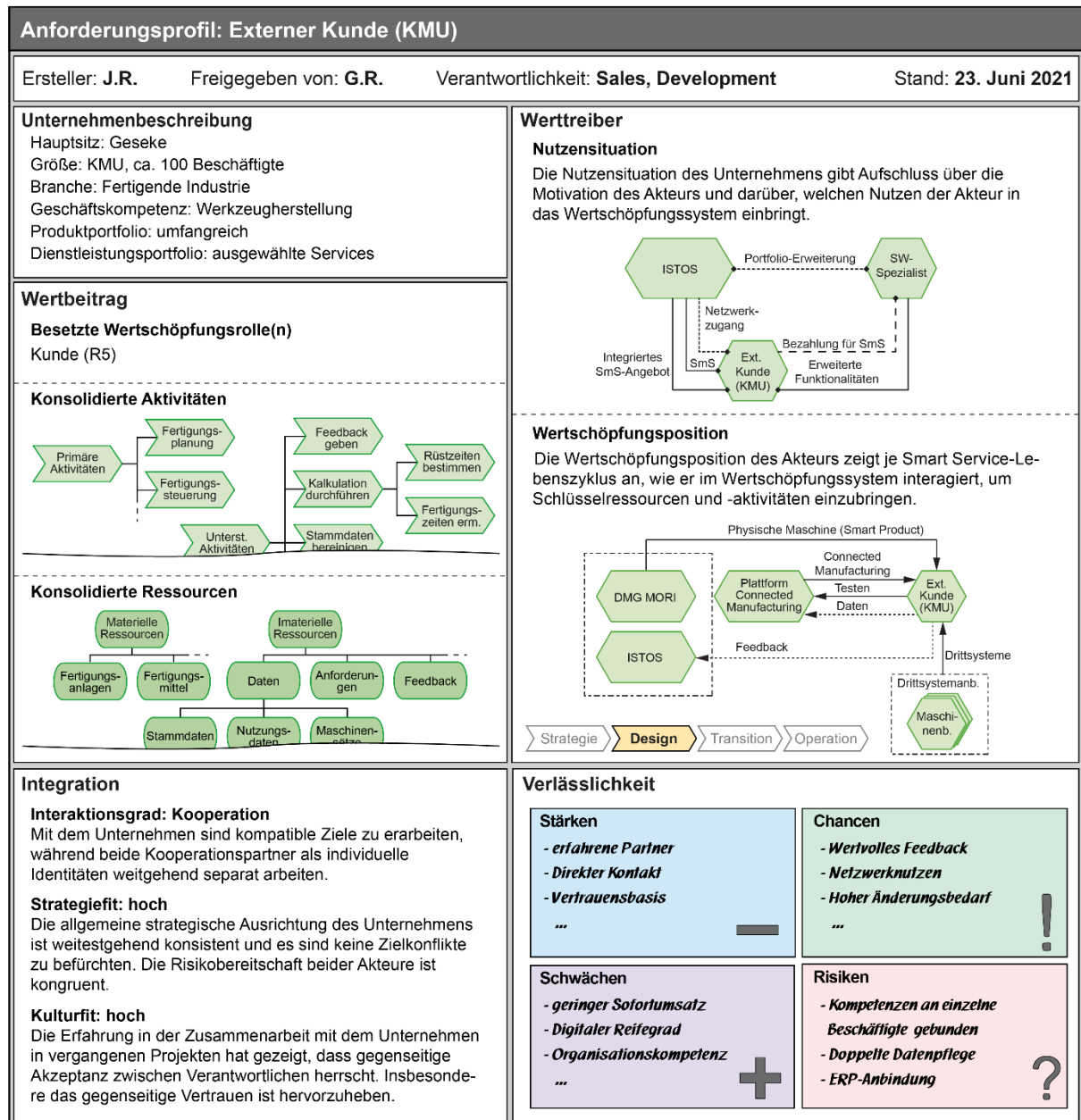


Bild 14: Anforderungsprofil am Beispiel Akteur Externer Kunde (KMU)

**2) Ableitung eines Transformationssetups:** Die Definition eines Transformationssetups ist der finale Schritt von der strategischen Umsetzungsplanung hinein in die tatsächlich operative Umsetzung [GP14]. Das Transformationssetup besteht aus definierten Projekten, in denen die



Zusammenarbeit mit den Akteuren auf Grundlage der Anforderungsprofile geplant werden. Bezugnehmend zu den übergeordneten Randbedingungen für die Transformation der Wertschöpfung werden dafür üblicherweise Ziele, Struktur, Termine und Meilensteine definiert, eine Ressourcen- und Budgetplanung durchgeführt sowie eine Projektorganisation aufgesetzt. Insbesondere für Formen der intensiven Zusammenarbeit wie Kollaboration oder Kooperation empfiehlt es sich, bei der Projektdefinition die Grundsätze des *Orchestrator Relation Managements* zu berücksichtigen [Sen20]. Dazu zählen unter anderem der Einsatz von Verantwortlichen an Schnittstellenpositionen oder der forcierte Aufbau einer gemeinsamen Identität für die Zusammenarbeit. Die definierten Projekte werden in eine Transformationsroadmap überführt, welche die Abhängigkeit zwischen den Projekten abbildet und sie in eine zeitliche Reihenfolge bringt. Die Transformation beschreibt primär die Durchführung der definierten Transformationsprojekte zur Erreichung des Soll-Zustands, dem zukünftigen Wertschöpfungssystem für Smart Services. Dabei wird die Durchführung flankiert von Projekt- und Changemanagement. Bild 15 fasst die Bestandteile der Umsetzungsplanung und Transformation zusammen und führt beispielhaft auf, welche der zuvor erarbeiteten Inhalte und Modelle als Hilfsmittel dienen. Das Transformationssetup bildet das konsolidierende Resultat des Vorgehens zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services. Unternehmen steht damit das Rüstzeug für die Ausrichtung ihrer Wertschöpfung auf Smart Services bereit.

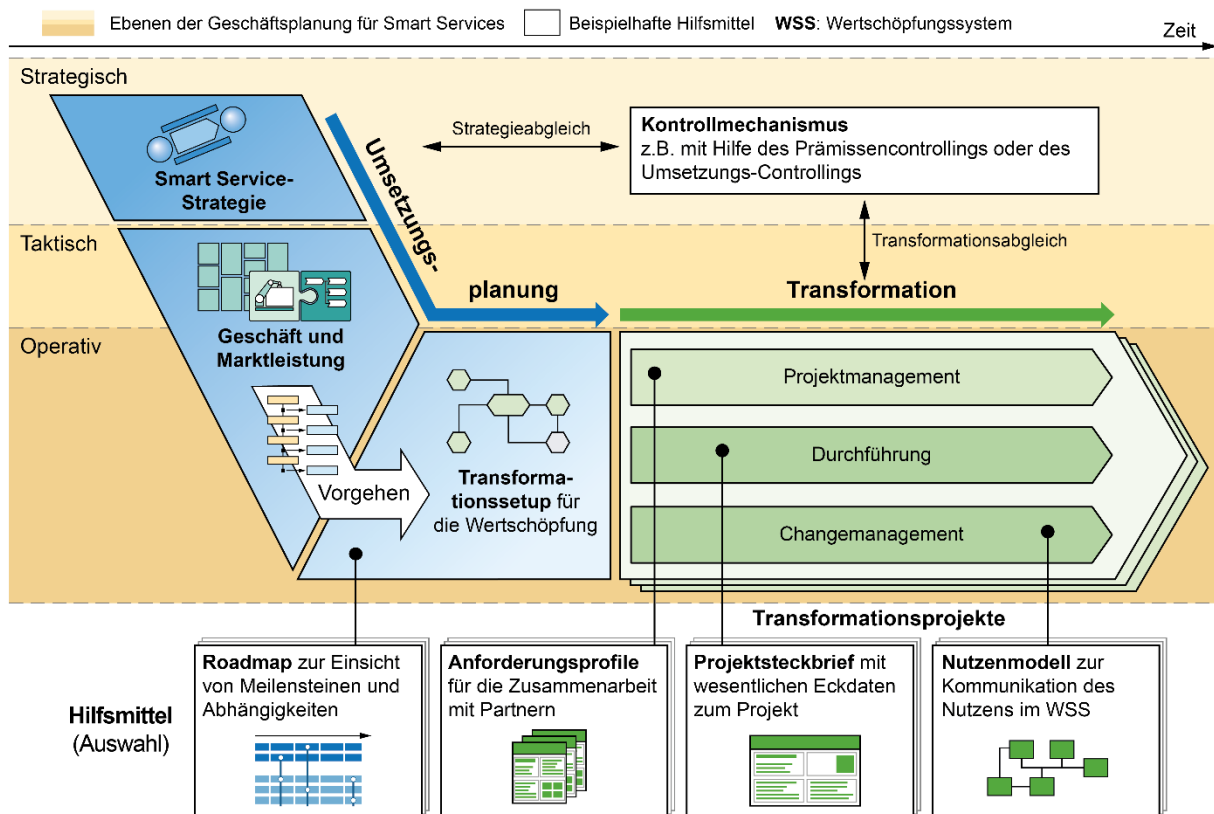


Bild 15: Transformationssetup zur Gestaltung der Transformation des Wertschöpfungssystems für Smart Services in Anlehnung an [RKS+21a] und [GP14]

## 5 Erfahrungen und Ergebnisse bei der Wertschöpfungsgestaltung und Transformationsplanung

Derzeit lässt sich eine immer höhere Dynamik in sämtlichen Märkten des Maschinen- und Anlagenbaus erkennen. Vor diesem Hintergrund haben ISTOS und DMG MORI im Verbund eine kurze Time-to-Market als wesentlichen Erfolgsfaktor für das Smart Service-Geschäft ausgemacht. Um auf Marktänderungen kurzfristig reagieren und sich im Wettbewerb behaupten zu können, wird eine **agile Vorgehensweise** entlang des Smart Service-Lebenszyklus angestrebt.

Im Sinne der agilen Vorgehensweise war es das Ziel, **möglichst frühzeitig ein erstes Wertschöpfungssystem zu definieren und dieses nach und nach zu erproben und auszugestalten**. Das Instrument des initialen Wertschöpfungssystems half, bereits mit grob dokumentierten Smart Service-Ideen primäre Wertschöpfungsrollen zu identifizieren und dabei die Einbindung der Zielgruppen zu gestalten.

Für das entwickelte **Wertschöpfungskonzept** konnte ein **Proof of Value** mit den ausgewählten Referenzkunden erarbeitet werden. Dies diente insbesondere der Überprüfung der Annahmen, die für das übergeordnete Nutzenversprechen sowie die definierten Wertbeiträge (Schlüsselaktivitäten und -ressourcen) getroffen wurden. Aus dem Vorgehen wurde bspw. ersichtlich, dass insbesondere die Rolle des **Data Analytics-Anbieters einen höheren Stellenwert einnimmt als ursprünglich geplant**. Ein besonderer Fokus im weiteren Vorgehen liegt also in der Identifikation geeigneter Akteure zur Besetzung dieser Rolle.

Nach wenigen Iterationen, in denen das Feedback der Referenzkunden eingearbeitet wurde, ließ sich nach der Logik des definierten Wertschöpfungssystems ein **Minimum Viable Product (MVP) des Smart Service** erarbeiten. Das MVP dient dem Nachweis der technischen Machbarkeit und setzt diese in Balance mit dem Nutzenversprechen, um ein sog. Over-Engineering zu verhindern. Durch die Orientierung am Smart Service-Lebenszyklus konnte das MVP kontinuierlich – durch Adjustierung des Wertschöpfungssystems – weiterentwickelt werden.

Es kann festgehalten werden, dass das in Abschnitt 4 eingeführte Vorgehen zur Transformation von Wertschöpfungssystemen für Smart Services eine idealtypische Abfolge von aufeinander aufbauenden Phasen darstellt. Die Anwendung im Validierungsprojekt hat gezeigt, dass **Iterationen sowohl innerhalb ausgewählter Phasen als auch übergreifend** erforderlich sind. So zum Beispiel:

- **In Phase 1:** Die Ableitung des initialen Wertschöpfungssystems legt Potentiale und Risiken in der Wertschöpfung offen, welche für die Weiterentwicklung bzw. Modifizierung des Geschäftsmodells hilfreichen Input darstellen.
- **In Phase 3:** Die Ausgestaltung des zukünftigen Wertschöpfungssystems umfasst die drei Schritte Spezifikation des Nutzens, die Festlegung der Integration in der Rollenmatrix sowie der Ausgestaltung der Interaktionen der Akteure. Sobald ein Schritt abgeschlossen ist, liegen neue Erkenntnisse und Informationen vor, die rückwirkend zur Konkretisierung der Ergebnisse der anderen Schritte verwendet werden können.
- **Zwischen Phase 4 und Phase 3:** Sobald Kontakt zu den ausgewählten Akteuren aufgenommen wurde, lassen sich die Schritte aus Phase 3 erneut ausführen, um den Nutzen, die

Integration sowie die Interaktionen zu präzisieren. Auch das Anforderungsprofil an den Akteur ist zu aktualisieren.

- **Zwischen Phase 4 und Phase 2:** Sollte die Initiierung der Zusammenarbeit mit den Akteuren scheitern, empfiehlt es sich, das Vorgehen ab Phase 2 noch einmal zu durchlaufen und dafür mit der (Neu-)Besetzung der Wertschöpfungsrollen zu beginnen.

Darüber hinaus ist eine **gut gepflegte Anforderungsliste als Erfolgsfaktor** hervorzuheben. Einerseits bedeutet das, dass die konkreten Anforderungen an das Wertschöpfungssystem für Smart Services zu ergänzen oder ggf. anzupassen sind. Andererseits sind auch die übergeordneten Rahmenbedingungen für die Transformation der Wertschöpfung kontinuierlich auf Aktualität zu überprüfen. Dabei sind Änderungen umso wahrscheinlicher, je länger der Transformationsprozess in Summe über seine Einzelvorhaben geplant ist.

ISTOS und DMG MORI stehen vor der Herausforderung, **die Transformation der Wertschöpfung für Smart Services auf die gesamte Organisation** auszuweiten. Die Nicht- oder verzögerte Berücksichtigung einzelner Fachbereiche führt zu einer verspäteten Markteinführung und somit zu einem erhöhten Risiko des Smart Service-Erfolgs. Das „Abholen“ aller Bereiche ist hierbei eine große Herausforderung. Sowohl neue Skills als auch ein geändertes Mindset (Transformation vom Hardware-Verkäufer zum Smart Service-Anbieter) müssen bei den jeweiligen Mitarbeitenden gefördert werden bzw. ein Verständnis geschaffen werden. Andernfalls droht eine typische Verweigerungshaltung bzgl. Veränderung und somit ein Scheitern des Smart Service-Geschäfts schon vor einer Markteinführung.

Um dem entgegenwirken zu können, ist sicherzustellen, dass das Thema Smart Services keine „Insel“ innerhalb des Unternehmens bildet, sondern **Teil der Vision und Strategie des Unternehmens ist**, so dass eine Unterstützung seitens der Leitung sichergestellt ist. Dazu sind die (Zwischen-)Ergebnisse dem strategischen Management in verständlicher Weise zu kommunizieren. **Zur Steigerung der Geschwindigkeit der Transformation** – und somit des Smart Service-Go-Live – wird der Aufbau neuer Organisationseinheiten, in denen nur Mitarbeitende mit dem notwendigen Skill- und Mindset beschäftigt sind, diskutiert. Dabei sind die Möglichkeiten vielfältig und reichen von Smart Service-Fachbereichen bis hin zur Gründung eines Start-ups als eigene Unternehmung.

## 6 Resümee und Ausblick

Die Konvergenz der Megatrends Servitisierung und Digitalisierung ermöglicht das Anbieten von Smart Services. Dabei handelt es sich um digitale Dienstleistungen, welche die Daten intelligenter Produkte nutzen, um einen Mehrwert zu generieren. Damit dies funktioniert, sind umfassende Anpassungen entlang der gesamten, historisch gewachsenen Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen erforderlich. Mit unserem Vorgehen befähigen wir produzierende Unternehmen dazu, ihr Wertschöpfungssystem auf ein Geschäft mit Smart Services auszurichten und erforderliche Transformationsprojekte anzustoßen. Die Anwendung des Vorgehens im Validierungsprojekt mit der ISTOS GmbH stellt die Leistungsfähigkeit und Praxisrelevanz unter Beweis. Dennoch erkennen wir Limitationen, aus denen wir Implikationen für die Forschung und Praxis ableiten können.

**Forschung:** Eine Limitation des Vorgehens ist die Fokussierung der zwischenbetrieblichen Wertschöpfung im Sinne eines Wertschöpfungssystems. Wenngleich die eingeführten Wertschöpfungsrollen sowie die verwendeten Hilfsmittel die Aufgaben und Ressourcen des betrachteten Unternehmens im Wertschöpfungssystem adressieren, werden interne Prozesse und Organisationsstrukturen nur oberflächlich betrachtet. Die Verwendung von Wertschöpfungsrollen unterstützt bei der Positionierung des betrachteten Unternehmens im Wertschöpfungssystem und bildet die Ausgangslage für die Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems. Der für das Vorgehen gewählte Ansatz aus zwei kombinierten Rollenmodellen bleibt sehr generisch. Im Sinne der Bereitstellung von Gestaltungswissen ist ein Rollenmodell zu entwickeln, das einen abstrakten Einstieg in die Ausgestaltung der Wertschöpfungsrollen erlaubt, zugleich aber nähere Informationen zur Ausgestaltung bereithält. Zukünftige Forschung sollte die Vielzahl an Rollenmodellen im Kontext der Digitalisierung und Servitisierung untersuchen, um einen geeigneten Ansatz für das vorgestellte Vorgehen abzuleiten.

**Praxis:** Das Vorgehen stellt produzierenden Unternehmen einen Leitfaden und für die Durchführung relevante Hilfsmittel bereit, um ihre existierende Wertschöpfung auf ein erfolgreiches Geschäft mit Smart Services auszurichten. Ein besonderer Fokus der Transformation des Wertschöpfungssystems sollte auf der Integration der Akteure in gemeinsame Projekte liegen. Wenngleich Anwendern des Vorgehens bereits einige Hilfsmittel für die Transformation der Wertschöpfung bereitgestellt werden, so erscheint es hilfreich, die wesentlichen Charakteristika der resultierenden Sichten auf das Wertschöpfungssystem in eine aggregierte Übersicht zurückzuführen. Dies erleichtert das Überprüfen der Verlässlichkeit der Partner im Vorfeld und die Kontrolle des Wertschöpfungssystems hinsichtlich systemkritischer Elemente und Stabilität. Die Erfahrungen in der Anwendung des Vorgehens (Abschnitt 5) haben gezeigt, dass Iterationen innerhalb und zwischen den idealtypisch aufeinander aufbauenden Phasen unabdingbar sind. Vor diesem Hintergrund stellen dedizierte Hinweise für die iterative Anwendung des Vorgehens einen wesentlichen Mehrwert dar.

## Literatur

- [AA15] ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT; ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (HRSG.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin, 2015
- [ACS18] ALMQUIST, E. VON; CLEGHORN, J.; SHERER, L.: Was B2B-Produkte wertvoll macht. Harvard Business Manager, (2018)Juli 2018, S. 46–55
- [AIS+77] ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON, M.: A pattern language – Towns, buildings, construction. 41st Edition, Oxford Univ. Press, Vol. 2 New York, NY, 1977
- [AL05] ALLMENDINGER, G.; LOMBREGLIA, R.: Four strategies for the age of smart services. Harvard Business Review, (83)10, 2005, 131-4, 136, 138 passim
- [APA20] ANKE, J.; POEPELBUSS, J.; ALT, R.: Joining Forces: Understanding Organizational Roles in Inter-organizational Smart Service Systems Engineering. In: Gronau, N.; Heine, M.; Poustcchi, K.; Krasnova, H. (Hrsg.): WI2020 Zentrale Tracks. GITO Verlag, 2020, S. 939–954
- [BAL+19] BLÜHER, T.; AMARAL, D. C.; LINDOW, K.; COSTA, J. M.H.; STARK, R.: Research opportunities in PSS design focusing on the potentials of agile approaches. Procedia CIRP, (84), 2019, S. 832–837
- [BBB+12] BACH, N.; BREHM, C.; BUCHHOLZ, W.; PETRY, T.: Wertschöpfungsorientierte Organisation – Architekturen – Prozesse – Strukturen. Lehrbuch, Springer Gabler, Wiesbaden, 2012

- [Ble03] BLEICHER, K.: Integriertes Management von Wertschöpfungsnetzwerken. In: Bach, N. (Hrsg.): Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke – Wilfried Krüger zum 60. Geburtstag. Gabler, Wiesbaden, 2003, S. 145–178
- [BMJ17] BEVERUNGEN, D.; MATZNER, M.; JANIESCH, C.: Information systems for smart services. *Inf Syst E-Bus Manage*, 15, 2017, S. 781–787
- [CAG+09] CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; GALEANO, N.; MOLINA, A.: Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, (57)1, 2009, S. 46–60
- [CHP18] CHOWDHURY, S.; HAFTOR, D.; Pashkevich: Smart Product-Service Systems (Smart PSS) in Industrial Firms: A Literature Review. In: Sakao, T.; Lindahl, M.; Liu, Y. (Hrsg.): 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, 2018, S. 26–31
- [CMv17] COREYNEN, W.; MATTHYSSENS, P.; VAN BOCKHAVEN, W.: Boosting servitization through digitization: Pathways and dynamic resource configurations for manufacturers. *Industrial Marketing Management*, (60), 2017, S. 42–53
- [Deu14] DEUTSKENS, C.: Konfiguration der Wertschöpfung bei disruptiven Innovationen am Beispiel der Elektromobilität. Dissertation, RWTH Aachen, 2014
- [DOL+19] DREYER, S.; OLIVOTTI, D.; LEBEK, B.; BREITNER, M. H.: Focusing the customer through smart services: a literature review. *Electronic Markets*, (29)1, 2019, S. 55–78
- [EGK+16] ECHTERHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; SEIF, H.: Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – Digitalisierung als große Chance für zukünftigen Unternehmenserfolg. In: Kraft, P.; Jung, H. H. (Hrsg.): Digital vernetzt. Transformation der Wertschöpfung. – Szenarien, Optionen und Erfolgsmodelle für smarte Geschäftsmodelle, Produkte und Services. Hanser, München, 2016, S. 35–56
- [FGH+20] FRANK, M.; GAUSEMEIER, J.; HENNIG-CARDINAL VON WIDDERN, N.; KOLDEWEY, C.; MENZEFRICKE, J. S.; REINHOLD, J.: A reference process for the Smart Service business: development and practical implications. In: International Society for Professional Innovation Management (Hrsg.): Proceedings of the ISPIM connects. 1-4 March 2020, Bangkok, Thailand, 2020
- [FHS04] FLEISCHER, J.; HERM, M.; SCHELL, M.-O.: Wertschöpfung in Netzwerken – Integrierte Planungsmethodik zur Konfiguration von globalen Wertschöpfungsnetzwerken. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 99(9), 2004, S. 470–476
- [FMA+19] FRANK, A. G.; MENDES, G. H.S.; AYALA, N. F.; GHEZZI, A.: Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, (141), 2019, S. 341–351
- [FMH+14] FROW, P.; MCCOLL-KENNEDY, J. R.; HILTON, T.; DAVIDSON, A.; PAYNE, A.; BROZOVIC, D.: Value propositions. *Marketing Theory*, (14)3, 2014, S. 327–351
- [Fra21] FRANK, M.: Systematik zur Planung des organisationalen Wandels zum Smart Service-Anbieter. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2021
- [Fri98] FRIESE, M.: Kooperation als Wettbewerbsstrategie für Dienstleistungsunternehmen. *Focus Dienstleistungsmarketing*, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1998
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Hanser, München, 2019
- [GFC13] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln – 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator, Hanser, München, 2013
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage, Hanser, München, 2014
- [GP19] GÜLPEN, C.; PILLER, F. T.: RWTH/VDI Industrie 4.0 Canvas – Konzeption und Analyse von Wertschöpfungsnetzwerken. In: Engelhardt, S. von; Petzolt, S. (Hrsg.): Das Geschäftsmodell-Toolbook für digitale Ökosysteme. Campus Verlag, Frankfurt/New York, 2019, S. 64–79

- [GPS13] GEBAUER, H.; PAIOLA, M.; SACCANI, N.: Characterizing service networks for moving from products to solutions. *Industrial Marketing Management*, (42)1, 2013, S. 31–46
- [GRM20] GEIGER, M.; ROBBA-BISSANTZ, S.; MEYER, M.: Wie aus digitalen Services Wert entsteht: Interaktionen richtig gestalten. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, (57)3, 2020, S. 385–398
- [Gru14] GRUBIC, T.: Servitization and remote monitoring technology. *Journal of Manufacturing Technology Management*, (25)1, 2014, S. 100–124
- [GWE+17] GAUSEMEIER, J.; WIESEKE, J.; ECHTERHOFF, B.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; ISENBERG, L.: Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg – Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2017
- [Hal97] HALLER, A.: Wertschöpfungsrechnung – ein Instrument zur Steigerung der Aussagefähigkeit von Unternehmensabschlüssen im internationalen Kontext. *Finanzwirtschaftliche Führung von Unternehmen*, Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1997
- [KAG15] KAGERMANN, H.: Change through Digitization – ValueCreation in the Age of Industry 4.0. In: Albach, H.; Meffert, H.; Pinkwart, A.; Reichwald, R. (Eds.): *Management of permanent change. Research*, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015, pp. 23–45
- [Kag18] KAGE, M.: Systematik zur Positionierung in technologieinduzierten Wertschöpfungsnetzwerken. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 383, 2018
- [KED+19] KOLDEWEY, C.; EVERS, H. H.; DUMITRESCU, R.; FRANK, M.; GAUSEMEIER, J.; REINHOLD, J.: Development Process for Smart Service Strategies – Grasping the Potentials of Digitalization for Servitization. In: Bitran, I.; Conn, S.; Gernreich, C.; Heber, M.; Huizingh, K.R.E.; Kokshagina, O.; Torkkeli, M.; Tynnhammar, M. (Hrsg.): *Proceedings of The XXX ISPIM INNOVATION CONFERENCE*. Band 93, un. 2019 International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), ISPIM Innovation Conference, 2019
- [KGC+20] KOLDEWEY, C.; GAUSEMEIER, J.; CHOCHAN, N.; FRANK, M.; REINHOLD, J.; DUMITRESCU, R.: Aligning Strategy and Structure for Smart Service Businesses in Manufacturing. In: 2020 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (Hrsg.): *2020 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*. IEEE, Marrakech, Morocco, 2020, S. 1–8
- [KGF+19] KOLDEWEY, C.; GAUSEMEIER, J.; FISCHER, S.; KAGE, M.: Entwicklung von Smart Service Strategien. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung*. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 21.-22. November 2019, Berlin. Band 390, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2019, S. 151–191
- [KHB+19] KAMMLER, F.; HAGEN, S.; BRINKER, J.; THOMAS, O.: Leveraging the Value of Data-driven Service Systems in Manufacturing – A graph based Approach. In: *European Conference on Information Systems (Hrsg.): Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS)*. June 8-14, Stockholm, Uppsala, Sweden, 2019
- [Kle17] KLEIN, M. M.: Design Rules for Smart Services – Overcoming Barriers with Rational Heuristics. Dissertation, School of Management, Economics, Law, Social Sciences and International, Universität St. Gallen, 2017
- [KMS+20] KOLDEWEY, C.; MEYER, M.; STOCKBRÜGGER, P.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.: Framework and Functionality Patterns for Smart Service Innovation. *Procedia CIRP*, (91), 2020, S. 851–857
- [Kne03] KNECHT, F.: Strategische Positionierung in Wertschöpfungsnetzen. Dissertation, Universität St. Gallen, 2003
- [Kol19a] KOLLMANN, T.: Grundlagen der Informationsökonomie und der elektronischen Wertschöpfung. In: Kollmann, T. (Hrsg.): *Handbuch Digitale Wirtschaft*. Springer Reference Wirtschaft, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019, S. 1–10
- [Kol19b] KOLLMANN, T. (HRSG.): *Handbuch Digitale Wirtschaft*. Springer Reference Wirtschaft, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019

- [Kol21] KOLDEWEY, C.: Systematik zur Entwicklung von Smart Swervice-Strategien im produzierenden Gewerbe. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2021
- [LG15] LERCH, C.; GOTSCH, M.: Digitalized Product-Service Systems in Manufacturing Firms: A Case Study Analysis. *Research-Technology Management*, (58)5, 2015, S. 45–52
- [LMZ17] LINZ, C.; MÜLLER-STEWENS, G.; ZIMMERMANN, A.: *Radical Business Model Transformation – Gaining the Competitive Edge in a Disruptive World*. KoganPage, London, 2017
- [Mir02] MIROSCHEJ, S. A. D.: *Globale Unternehmens- und Wertschöpfungsnetzwerke – Grundlagen, Organisation, Gestaltung*. Springer, Wiesbaden, 2002
- [ML16] MÜLLER-STEWENS, G.; LECHNER, C.: *Strategisches Management – Wie strategische Initiativen zum Wandel führen der Strategic Management Navigator*. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2016
- [MN19] MEIREN, T.; NEUHÜTLER, J.: Smart Services im Maschinenbau – Systematische Entwicklung digital unterstützter Dienstleistungen. *wt Werkstattstechnik online*, (109)7/8, 2019, S. 555–557
- [MV12] MEIER, H.; VÖLKER, O.: Aufbau- und Ablauforganisation zur Erbringung hybrider Leistungsbündel. In: Meier, H.; Uhlmann, E. (Hrsg.): *Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel [Elektronische Resource]*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 137–162
- [OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: *Business Model Generation – A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Wiley, Hoboken, 2010
- [PA13] PROMOTORENGRUPPE KOMMUNIKATION DER FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT; ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (HRSG.): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Frankfurt, 2013
- [Pal17] PALUCH, S.: Smart Services – Analyse von strategischen und operativen Auswirkungen. In: Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): *Dienstleistungen 4.0 – Geschäftsmodelle - Wertschöpfung - Transformation*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 161–183
- [PH14] PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E.: How smart, connected products are transforming competition. *Harvard business review HBR*, (92)11, 2014
- [PMI+17] PILLER, F.; MÖSLEIN, K.; IHL, C.; REICHWALD, R.: *Interaktive Wertschöpfung kompakt – Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung*. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [Por98] PORTER, M. E.: *Competitive advantage – Creating and sustaining superior performance ; with a new introduction*. Free Press, New York, 1998
- [PP17] PAPERT, M.; PFLAUM, A.: Development of an Ecosystem Model for the Realization of Internet of Things (IoT) Services in Supply Chain Management. *Electronic Markets*, (27)2, 2017, S. 175–189
- [PSE+19] PAUKSTADT, U.; STROBEL, G.; EICKER, S.; BECKER, J.: Smart Services und ihr Einfluss auf die Wertschöpfung und Geschäftsmodelle von Unternehmen. In: Kollmann, T. (Hrsg.): *Handbuch Digitale Wirtschaft*. Springer Reference Wirtschaft, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019, S. 1–21
- [RFK+19] REINHOLD, J.; FRANK, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.: Competence-based Planning of Value Networks for Smart Services. In: Bitran, I.; Conn, S.; Gernreich, C.; Heber, M.; Huizingh, K.R.E.; Kokshagina, O.; Torkkeli, M.; Tynnhammar, M. (Hrsg.): *Proceedings of the ISPIM Connects – Innovation for Local and Global Impact*. 7. – 10. April 2019, Ottawa, 2019
- [RFK+20] REINHOLD, J.; FRANK, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.; BUSS, E.: In-depth Analysis of the Effects of Smart Services in Value Creation. In: *International Society for Professional Innovation Management (Hrsg.): Proceedings of the ISPIM connects*. 1-4 March 2020, Bangkok, Thailand, 2020

- [RG17] RÜEGG-STÜRM, J.; GRAND, S.: Das St. Galler Management-Modell. 3. Auflage, Haupt, Bern, 2017
- [RKS+21a] REINHOLD, J.; KÖDDING, P.; SCHOLTYSIK, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Smart Service-Transformation mit Geschäftsmodellmustern. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, (116)5, 2021, S. 337–341
- [RKS+21b] REINHOLD, J.; KÖDDING, P.; SCHOLTYSIK, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Identifying Value Creation Patterns or Smart Services: CIRP CMS 2021 Proceedings, 2021
- [Rob21] ROBBA-BISSANTZ, S.: Von der unternehmerischen Wertschöpfung zu kundenzentrierten Service-Ökosystemen. In: Schulz, T. (Hrsg.): Industrie 4.0 - Wertschöpfungsnetzwerke mit digitalisierten Dienstleistungen etablieren – Mit Lean-Service-Zyklus und Entwicklung digitaler Dienstleistungssysteme zum Erfolg. Beuth Innovation, Beuth, Berlin, 2021
- [Sch18] SCHNEIDER, M.: Systematik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, 2018
- [Sch19] SCHALLMO, D.: Die digitale Transformation von Geschäftsmodellen als Erfolgsfaktoren – Grundlagen, Beispiele, Roadmap. In: Meinhardt, S.; Pflaum, A. (Hrsg.): Digitale Geschäftsmodelle – Band 1. Edition HMD, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019, S. 47–66
- [Sen20] SENN, T.: Gestaltung digitalisierter Service Ecosystems – Entscheidungstatbestände und Gestaltungshinweise. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer Gabler, Wiesbaden, 2020
- [SFG04] SCHUH, G.; FRIEDLI, T.; GEBAUER, H.: Fit for Service – Industrie als Dienstleister. Hanser, München, 2004
- [Str21] STROBEL, G.: Information Systems in the Era of the Internet of Things: A Domain-Specific Modeling Language: Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). Hawaii, USA (virtuell), 2021
- [Thi97] THIELE, M.: Kernkompetenzorientierte Unternehmensstrukturen - Ansätze zur Neugestaltung von Geschäftsorganisationen. Dissertation, Universität Leipzig, 1997
- [VL08] VARGO, S. L.; LUSCH, R. F.: Service-dominant logic: continuing the evolution. Journal of the Academy of Marketing Science, (36)1, 2008, S. 1–10
- [VL14] VARGO, S. L.; LUSCH, R. F.: Inversions of service-dominant logic. Marketing Theory, (14)3, 2014, S. 239–248
- [VM20] VDMA - VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU E.V.; MCKINSEY & COMPANY: Kundenzentrierung als Chance für den digitalen Durchbruch – Was sich die Endkundenindustrien vom Maschinenbau bei digitalen Plattformen und Mehrwertdiensten wünschen. Frankfurt/Main, 2020
- [Wet10] WETZEL, H.: Methodischer und Tool-gestützter Ansatz für die Transformation von Organisations- und Geschäftsmodellen. In: Ganz, W.; Bienzeisler, B. (Hrsg.): Management hybrider Wertschöpfung – Potenziale, Perspektiven und praxisorientierte Beispiele. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2010, S. 95–102
- [WF15] WEIBER, R.; FERREIRA, K.: Von der interaktiven Wertschöpfung zur interaktiven Wertschaffung. In: Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): Interaktive Wertschöpfung durch Dienstleistungen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2015, S. 31–55
- [WHO+15] WÜNDERLICH, N.; HEINONEN, K.; OSTROM, A. L.; PATRICIO, L.; SOUSA, R.; VOSS, C.; LEMMINK J. G.A.M.: "Futurizing" smart service: implications for service researchers and managers. Journal of Service Marketing, (29)6/7, 2015, S. 442–447
- [Win15] WINKELHAUS, M.: Strategische Positionierung von horizontalen Distributionslogistikkooperationen – Vorgehensmodell zur Partnerauswahl und Synergieermittlung. Dissertation, Internationales Hochschulinstitut (IHI) Zittau, TU Dresden, 2015
- [WSK08] WINKLER, H.; SLAMANIG, M.; KALUZA, B.: Bewertung, Auswahl und Entwicklung relevanter Partnerunternehmen bei der Bildung strategischer Wertschöpfungsnetzwerke. In: Becker, J.;



Knackstedt, R.; Pfeiffer, D. (Hrsg.): Wertschöpfungsnetzwerke – Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien [Elektronische Ressource]. Physica-Verlag, Heidelberg, 2008, S. 86–107

## Förderhinweis

Der vorliegende Beitrag ist Ergebnis zweier Forschungsprojekte. Das Projekt Instrumentarium zur musterbasierten Planung hybrider Wertschöpfungssysteme zur Erbringung von Smart Services (IMPRESS) (Förderkennzeichen: 02L17B070) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und den Europäischen Sozialfonds im Rahmen des Programms Zukunft der Arbeit gefördert.

## Autoren

**Jannik Reinhold, M.Sc.**, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Elektrotechnik an der Universität Paderborn. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering und Leiter des Teams Strategische Planung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Planung von Smart Services sowie der Gestaltung und Transformation von Wertschöpfungssystemen.

**Dr.-Ing. Christian Koldewey** studierte Maschinenbau an der Universität Paderborn und der Fachhochschule Bielefeld mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in den Fachgruppen Strategische Produktplanung und Systems Engineering von Prof. Gausemeier und Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Dort leitet er den Forschungsbereich Strategische Planung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der strategischen Planung von Smart Services sowie der Geschäftsmodell- und Strategieentwicklung.

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu** studierte Mechatronik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Anschluss war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentstehung am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier promovierte er 2010 im Bereich Systems Engineering für intelligente mechatronische Systeme. Er ist Direktor am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und Leiter der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Produktentstehung intelligenter technischer Systeme. In Personalunion ist Prof. Dumitrescu Geschäftsführer des Technologienetzwerks Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it's OWL).

**Gerhard Rausch** studierte Informatik an der Universität Paderborn. Seit 2013 begleitete er diverse IIoT Projekte im industriellen Umfeld und wurde zertifizierter Business Transformation Manager. 2017 gründete er mit weiteren Partnern die ISTOS GmbH, ein digitales Start-up der DMG MORI AG. Ein Arbeitsschwerpunkt ist es, KMU einen einfachen Zugang zu Industrie 4.0 durch die Digitalisierung von Shopfloor Prozessen zu ermöglichen.

# **Der Wandel vom Produkt- zum Systemgeschäft: Ein Erfahrungsbereich aus Marktsicht am Beispiel von Geschirrspülern**

***Dr. Olaf Dietrich***

*Miele & Cie. KG*

*Mielestraße 2, 33611 Bielefeld*

*Tel. +49 (0) 171 / 74 18 298*

*E-Mail: olaf.dietrich@miele.com*

## **Zusammenfassung**

Für viele Unternehmen wird es immer schwieriger, einen langfristigen Wettbewerbsvorteil allein mit ihren Produkten zu erzielen. Einen Ausweg aus dieser Situation sehen Experten aus Praxis und Lehre in neuen Geschäftsmodellen. Ein Beispiel ist der Wandel vom Produkt- zum Systemanbieter. Der Beitrag stellt die Besonderheiten des Systemgeschäfts anhand eines Praxisbeispiels der Geschirrspülergeneration G 7000 von Miele vor. Im vorliegenden Fall werden zum Geschirrspüler auch Verbrauchsmittel und digitale Assistenzsysteme als integrierte Kundenlösungen angeboten. Es zeigt sich hierbei einmal mehr: Das Systemgeschäft muss aufgrund der Vielzahl an Komponenten und deren Wechselwirkungen ganzheitlich betrachtet werden. Dabei wird in dem Beitrag die Frage beantwortet, was in Richtung von Unternehmen für eine erfolgreiche Umsetzung erforderlich ist, nämlich die Fähigkeit zur Integration. Eine Herausforderung gegenüber dem klassischen Produktgeschäft stellt dabei die erhöhte Komplexität des Systemgeschäfts dar. Die Erfahrungen im vorliegenden Fall zeigen jedoch eindeutig, dass die Chancen des Systemgeschäfts, die sich durch völlig neue und einzigartige Nutzenversprechen für den Kunden ergeben, deutlich überwiegen.

Die Rolle des Produktmanagers als schnittstellenübergreifender Koordinator, der Produkte von der Idee bis zur Vermarktung begleitet, nimmt im Systemgeschäft eine zentrale Aufgabe wahr. Durch die enge Verzahnung und damit auch die Abhängigkeit einzelner Komponenten untereinander, gilt es für das Produktmanagement in allen Phasen des Produktlebenszyklus, die funktionalen Interdependenzen besonders genau zu beachten. Insofern weist der Beitrag darauf hin, dass in diesem Kontext auch das Rollenverständnis des klassischen Produktmanagements auf den Prüfstand gestellt werden muss.

## **Schlüsselworte**

Geschirrspüler, Systemanbieter, VUKA, Wettbewerbsvorteil

# **The transition from purveyor of products to supplier of solutions: A case study from a market viewpoint based on the example of dishwashers**

## **Abstract**

For many companies, it is becoming increasingly difficult to secure a competitive leading edge with their products alone. A way out of this dilemma is seen by many experts both in the field and in academia in new business models. One such example is the transition from purveyor of single products to provider of holistic customer solutions. This paper presents the aspects peculiar to system selling based on the practical example of the G 7000 dishwasher generation from Miele. In the case in question, consumables and digital assistance systems are provided alongside dishwashers as part of an integrated solution. Once again it is apparent that system selling must be viewed holistically on account of the multiplicity of components and their various interactions. Among other aspects, this paper addresses the issue of what is required of companies to successfully implement such a strategy, namely the ability to integrate. One challenge compared with the conventional line of business is posed by the increased complexity involved in system selling. Insights from the case in hand show clearly that the opportunities afforded by an integrated approach which involves offering completely new and unique user promises far outweigh the risks.

Product managers as coordinators at the interface between disciplines assume a key role in system selling in accompanying products from conceptualisation through to their market launch and beyond. On account of close interaction and the interdependence of individual components, the objective of product management in all phases of a product's life cycle is to closely observe the reciprocal effects of the various elements. In this respect, the paper stresses the importance of reappraising the roles in conventional product management.

## **Keywords**

Dishwashers, system provider, VUCA, competitor advantage

## 1 Herausforderungen einer VUKA Welt

In den vergangenen Jahren hat sich das Marktumfeld für Haushaltsgeräte eingehend verändert. Auch die Handelssituation und die Kaufprozesse haben tiefgreifende strukturelle Veränderungen erlebt. Grund hierfür ist die Digitalisierung und Globalisierung der Märkte. Wie soll sich in einem derartigen Umfeld ein Produktmanager verhalten, der die Aufgabe hat, ein Produkt entlang seines Lebenszyklus zu führen? Das Grundprinzip des klassischen Produktmanagement besteht darin, die Anforderungen von Markt und Kunden in den Entwicklungsprozess in dem sog. „Lastenheft“ einfließen zu lassen. Der Produktmanager ist also Produkt-Markt-Spezialist [Aum19]. Es wird erwartet, Trends, die unmittelbaren und mittelbaren Einfluss auf das Unternehmen haben, bzgl. deren Auswirkungen auf die Produktpalette zu bewerten. Laut AUMAYR gehört zum Rollenverständnis u. a. dazu, die zukünftigen Kundenbedürfnisse, Kaufkriterien sowie Kaufprozesse zu kennen und die Vor- und Nachteile des eigenen Produkts im Wettbewerbsumfeld einschätzen zu können. Gerade Produktmanager, die schon viele Jahre tätig sind, haben sich an Marketing-Lehrbüchern von PORTER und der Branchenanalyse mit den „Five Forces“ orientiert [Por04]. Kernidee dieses Ansatzes ist, die Industrie im Detail zu analysieren und damit zu versuchen, durch eine bessere Positionierung gegenüber den direkten Wettbewerbern einen Vorteil zu erzielen. Aber greift diese Methode noch? Das von CHRISTENSEN beschriebene Innovators Dilemma, das zu lange Verharren auf dem etablierten Geschäftsmodell, trifft damit das klassische Produktmanagement in seiner Kernfunktion [Chr97]. Eine reine Trendfortschreibung hilft nicht weiter. Nach CHRISTENSEN bewirkt es sogar das Gegenteil, da es den Status Quo im Wesentlichen nicht in Frage stellt und dadurch „blind“ macht für Neuentwicklungen [Chr97]. Neue Konzepte und Veränderungen am Markt werden mit der etablierten Geschäftsidee bekämpft, um die Funktionsfähigkeit und Strukturen des Unternehmens aufrechtzuerhalten [Chr97]. ISMAIL spricht von einem Immunsystem in einem Unternehmen, das sich, wie in einem menschlichen Körper gegenüber Krankheitserregern, gegen disruptive Innovationen am Markt wehrt [Ism14]. Disruption stand ursprünglich für neue Technologien, die zunächst im unteren Preissegment angeboten und allmählich verbessert werden, bis sie schließlich mit der neuen Technologie die Premiumprodukte der etablierten Marktführer ablösen [Chr97]. Disruption ist demnach als Prozess zu verstehen, der aus einer Nische entsteht, lange unbemerkt für das Produktmanagement, da die klassische Wettbewerbs-/Branchenanalyse mit Fokus auf die aktuell wichtigsten Wettbewerber dies nicht abdeckt. Das Ergebnis: Der Status Quo der „Marktkräfte“ wird durch neue Marktteilnehmer in Frage gestellt, die Spielregeln für die Marktteilnehmer ändern sich hierdurch grundsätzlich. Das ist erst mal nicht negativ zu bewerten. Mittlerweile wird der Begriff Disruption wahllos für alles verwendet, was neu ist. Der rasante technologische Wandel, so die Botschaft, kann jederzeit das Leben „umkrepeln“ und über Unternehmen hinwegfegen [Thi14]. Globalisierung, weltweite Vernetzung, gesättigte Märkte, technologische oder demografische Entwicklung sorgen für neue Herausforderungen [Sch17]. Damit lassen sich die Komponenten der VUKA-WELT wie folgt beschreiben [Sch17]:

- Volatilität: Eine Situation kann sich schnell, intensiv und in unterschiedlicher Regelmäßigkeit ändern.
- Unsicherheit: Zukünftige Entwicklungen und deren Auswirkungen sind schwer einzuschätzen.

- Komplexität: Zusammenhänge können nicht mehr in einfache Ursache-Wirkungs-Mechanismen erklärt werden.
- Ambiguität: Informationen zu einer Situation sind mehrdeutig, nicht leicht zu erklären, denn sie können aus unterschiedlichen Sichtweisen interpretiert werden.

Auf diese Situation muss sich auch das Produktmanagement einstellen: das Kaufverhalten ändert sich abrupt, neue Wettbewerber verdrängen etablierte Marktführer in kurzer Zeit, die Vorhersage von langfristigen Marktentwicklungen werden schwieriger, Kundenbefragungen können nicht eindeutig interpretiert werden.

Das klassische Rollenverständnis des Produktmanagers als fachbereichsübergreifender Koordinator, der Produkte von der ersten Idee bis hin zum Marktaustritt begleitet, erfordert daher im Kontext einer VUKA-Welt eine genauere Betrachtung. Dabei geht es nicht nur um neue Technologien, mit denen sich das Produktmanagement auseinanderzusetzen hat, sondern oftmals auch für die Unternehmen um neue Geschäftsmodelle.

## 2 Von der Produkt- zur Systemperspektive

In seiner Rolle als „Kundenvertreter“ vertritt der Produktmanager typischerweise Kundenanforderungen innerhalb der Organisation. Das Herstellerangebot ist bekanntermaßen nur ein Mittel zur Lösung eines Kundenproblems. Während im traditionellen Rollenverständnis die alleinige Verbesserung des eigenen Produktprogramms im Vordergrund stand, soll nun eine bestmögliche Lösung für den Kunden entwickelt werden bei gleichzeitigem Streben nach einem nachhaltigen Wettbewerbsvorteil. Der Produktmanager tritt hier als „Lösungsmanager“ auf. Dieser Lösungsfokus ist im Umgang mit Geschäftsmodellen sowie intelligenten Produkten und Dienstleistungen von großer Bedeutung für ein neues Rollenverständnis.

### Gründe für die Wahl einer Systemanbieterstrategie

Produktwettbewerb in reifen Märkten ist früher oder später ein Verdrängungswettbewerb um Marktanteile. Das traditionelle Produktgeschäft ist folglich permanent gefährdet. Laut HOMBURG und KÜHLBORN gibt es daher eine Reihe guter Gründe warum Industrieunternehmen die Strategie eines ganzheitlichen Lösungsanbieters wählen. Der häufig wichtigste Grund: Sie bietet über neue, einzigartige Nutzenversprechen einen Ausweg aus einem reinen Wettbewerb über den Preis. Über ein derartig einzigartiges Angebotsbündel erwartet man ein profitableres Geschäftsmodell. Dies geschieht über integrierte Hybrid-Angebote, die aus neuen Kombinationen von Inhalten bestehen [HK03]. Sie kann auch im Wettbewerb helfen, wenn zum Beispiel austauschbare und vom Preiswettbewerb bedrohte Produktangebote in neue Kundenlösungen transformiert werden können. Wendet sich ein Unternehmen einer solchen Systemanbieterstrategie zu, so hat es meist einen weiten Weg zu gehen von der Idee zu einer solchen strategischen Initiative, bis hin zur Beherrschung der dafür erforderlichen Kompetenzen. Bei erfolgreicher Umsetzung führt sie Anbieter und Kunde wegen der engen langfristigen prozessualen Bindung näher zusammen und macht damit die Geschäftsbeziehung langfristiger, was ebenfalls die Profitabilität steigern kann [HK03]. DITTLER [Dit95] sieht für Hersteller Chancen im Systemgeschäft, neue Markt- und Ertragspotentiale zu erschließen. Bekannte Beispiele hierfür gibt es im Konsumgüterbereich z. B. bei Spielekonsolen, im Bereich Industriegeschäft z. B. bei EDV-

Anbietern und nicht zuletzt die Digitalisierung ermöglicht neue, digitale Systemgeschäftsmodelle z. B. durch Streaming-Dienste.

### Eigenschaften von Geschäftsmodellen

OSTERWALDER und PIGNEUR haben auf den Zusammenhang hingewiesen, dass Technologien direkt keinen Wert schaffen. Vielmehr schaffen Technologien erst die Voraussetzungen für neue Geschäftsmodelle durch den Wert für Kunden geschaffen wird [OP10]. Die Autoren sprechen damit den Kundennutzen an, den ein Geschäftsmodell zu erfüllen hat und definieren es wie folgt [OP10]:

*„Ein Geschäftsmodell beschreibt das Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, vermittelt und erfasst.“*

VAHS und BREM sehen neben der Architektur der Wertschöpfung eine strategische sowie eine kunden- und marktbezogene Komponente als die entscheidenden drei Merkmale eines Geschäftsmodells [VB15]:

*„Ein Geschäftsmodell kann als die Art und Weise verstanden werden, in der ein Unternehmen seine Wertschöpfungsketten konfiguriert und durchführt, um einen möglichst hohen Kundennutzen zu stiften und damit dauerhafte Wettbewerbsvorteile zu generieren.“*

Eine verbreitete Möglichkeit zur Strukturierung von Geschäftsmodellen nach bestimmten Eigenschaften bietet die Unterteilung in „Nutzenversprechen“, „Wertschöpfungskette“ und „Ertragsmechanik“ [GFC13].

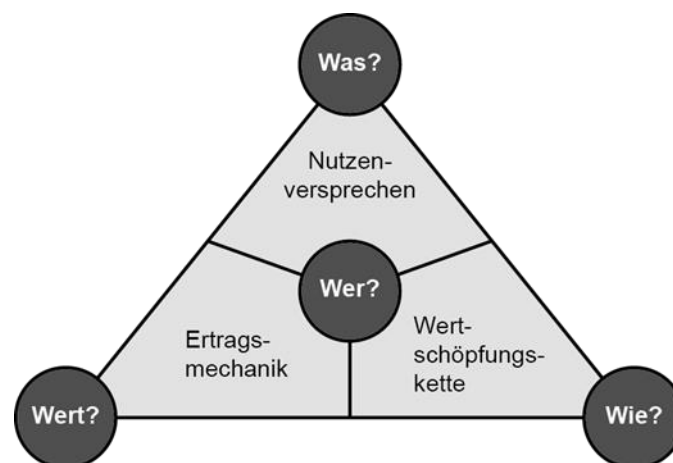


Bild 1: Die Dimensionen eines Geschäftsmodells nach GASSMANN et al. [GFC13, S.6]

Bild 1 zeigt die Dimensionen eines Geschäftsmodells mit den zu beantwortenden Fragen. Die zentrale Fragestellung bei der Definition des Nutzenversprechens lautet: „Was bieten wir dem Kunden an?“ Beschrieben werden alle Leistungen eines Unternehmens (Produkte und Dienstleistungen), die der Kunde (Wer?) erwerben kann. Bei der „Wertschöpfungskette“ (Wie?) wird die Frage beantwortet, wie die gewünschte Leistung erstellt wird. Die „Ertragsmechanik“ (Wert?) untersucht folglich die Wirtschaftlichkeit des Geschäftsmodells unter der Berücksichtigung von Umsatzmechanismen und Kostenstruktur [GFC13].

### 3 Elemente eines Geschäftsmodells für Systemanbieter am Beispiel von Geschirrspülern

In zurückliegenden Studien bei Miele wurde eine weitere Integration von Teilschritten beim Geschirrspülen zur Arbeitsentlastung unterstellt. Konkret beinhaltet dies beispielsweise die Entwicklung eines Geschirrspülers mit integriertem automatischem Dosiersystem für Pulvergranulat, das auf die Geräteintelligenz abgestimmt ist (vgl. Bild 2) [Mie19-ol]. Die Miele Geschirrspüler der neuen Generation G 7000 bieten dem Kunden somit maximalen Bedienkomfort. Der Kunde kann die automatische Dosierung AutoDos mit integrierter PowerDisk nutzen oder klassisch über die Dosierkammer Tabs oder Pulver dosieren. Welches Reinigungsmittel genutzt wird, entscheidet der Nutzer individuell. Die Markteinführung der Generation G 7000 erfolgte im Jahr 2018 und verzeichnet mittlerweile einen bedeutenden Absatzanteil am Sortimentsportfolio.



Bild 2: Automatisches Dosiersystem AutoDos mit integrierter PowerDisk (Quelle: Miele)

#### Einzigartige Nutzenversprechen

Ein sehr konkretes Beispiel für eine Systemlösung, die zu einem verbesserten Nutzenversprechen führt, ist die neue Geschirrspülergeneration G 7000 von Miele mit dem Dosiersystem AutoDos mit integrierter PowerDisk. Geschirrspüler von Miele bieten weltweit die erste automatische Dosierung mit integrierter PowerDisk an. So ist einerseits das Miele Pulvergranulat als Teil des AutoDos-Systems in seiner Textur und Funktionalität auf die Miele Geschirrspüler abgestimmt. Gleichzeitig wurden auch konstruktive Neuentwicklungen und Optimierungen des Geschirrspülers und Spülinnenraums vorgenommen, um eine perfekte Reinigung durch AutoDos zu gewährleisten. Verbrauchsmittel und Gerätetechnik wurden im Entwicklungsprozess eng aufeinander abgestimmt und ermöglichen so exzellente Reinigungsergebnisse. Der Geschirrspüler und das exklusive Pulvergranulat in der PowerDisk werden zum präzisen abgestimmten System – dosiert wird programmabhängig und zum optimalen Zeitpunkt.

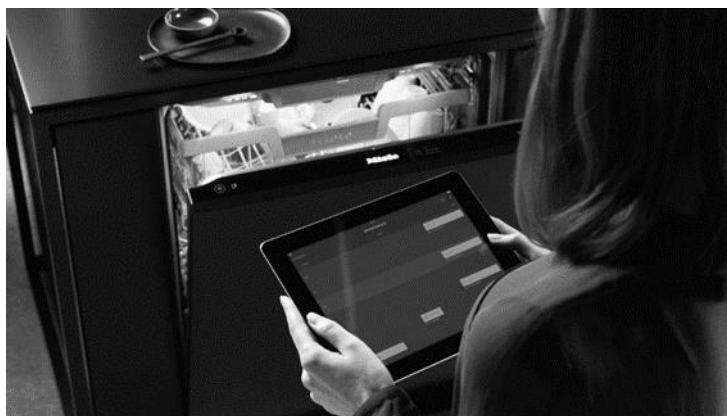
Ein weiteres sehr konkretes Beispiel aus der Systemarchitektur, die zu einem verbesserten Kundennutzen führt, ist das Reinigungssystem aus Miele Geschirrspülern mit dem Spülprogramm QuickPowerWash in Kombination mit den UltraTabs All-in-1 (Bild 3). Das Kurzprogramm QuickPowerWash bietet erstklassige Reinigungsleistung in unter einer Stunde. Wesentlich für exzellente Spülergebnisse ist dabei neben der geräteseitigen Programmauslegung die präzise

Abstimmung mit den Miele UltraTabs All-in-1. Diese Multi-Tabs mit Reinigungs-, Salz- und Klarspülfunktion lösen sich besonders schnell auf. So steht die volle Reinigungskraft bereits früh zur Verfügung. Als wichtiger Systemvorteil erweist sich auch hier die enge Abstimmung zwischen dem geräteseitigen Spülprogramm und der Aktivierung der chemischen Bestandteile im UltraTab.



*Bild 3: QuickPowerWash und UltraTabs All-in-1 (Quelle: Miele)*

Auch digitale Anwendungen sind Systembestandteil: Der Reinigungsprozess im Geschirrspüler kann mittels der Miele App von unterwegs gestartet, kontrolliert und gesteuert werden. Im Zusammenspiel mit der Miele App werden die G 7000 mit AutoDos und Power Disk sogar zum ersten autonomen Geschirrspüler. Der vernetzte Geschirrspüler kann per App so programmiert werden, dass er selbstständig zu vorher festgelegten Zeitpunkten startet. Ermöglicht wird das programmierte Starten per App durch die Geschirrspüler Funktion AutoDos sowie die Power-Disk, die genügend Reinigungsmittel für durchschnittlich 20 Spülgänge fasst (Bild 4). So ergibt sich ein aufeinander abgestimmtes System aus Gerät, Verbrauchsmittel und App. Ein weiterer Kundenvorteil: Der Kunde erhält so mehr Flexibilität.



*Bild 4: AutoStart Feature mit Wochenplan in der Miele App (Quelle: Miele)*

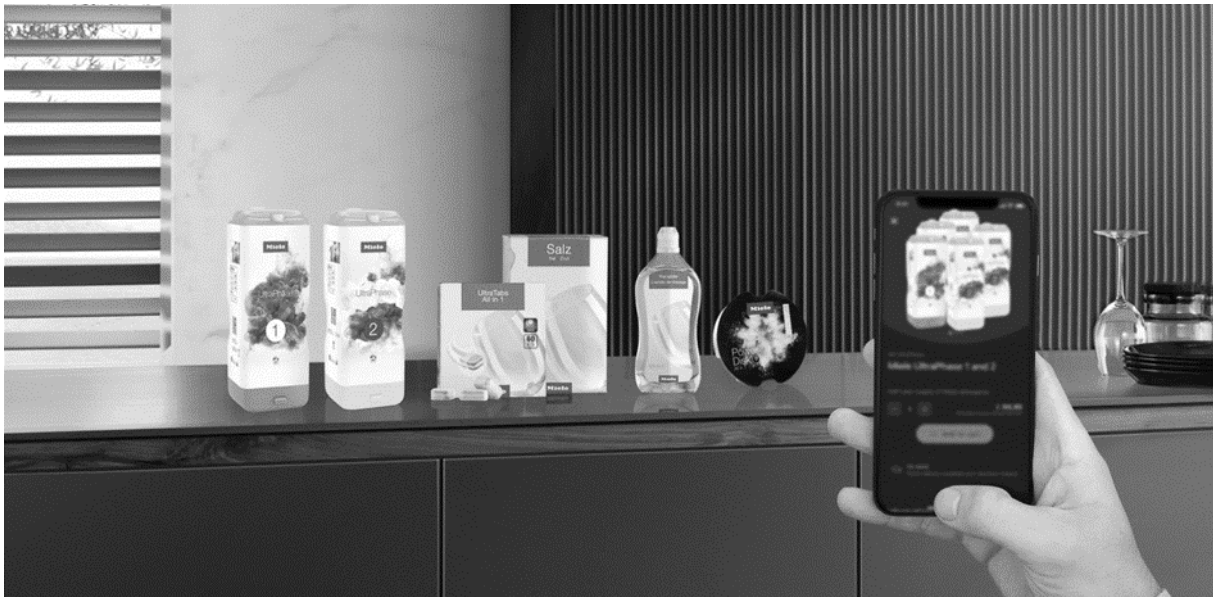
Der Systemansatz der G 7000 von Miele ermöglicht aber noch ein weiteres Nutzenversprechen, das insbesondere in den letzten Monaten deutlich in den Vordergrund gerückt ist: Das Bedürfnis der Menschen nach Hygiene im eigenen Haushalt hat in der Pandemie weiter deutlich zugenommen. Bei den Geschirrspülern von Miele sorgen unter anderem eine ausgereifte Spültechnik und hohe Spültemperaturen für verlässliche und hygienische Reinigungsergebnisse. Einen signifikanten Beitrag zu dieser hygienischen Reinigungsleistung leistet auch das einzigartige



Reinigungssystem aus Gerätetechnik und Chemie. Der Systemvorteil: Dies gilt für alle Miele-Geschirrspüler in Verbindung mit den UltraTabs oder der integrierten PowerDisk von Miele.

### **Erweiterte Ertragsmechanik**

Auch die Ertragsmechanik ist gegenüber dem klassischen Produktgeschäft verändert. Der Verkauf von Geschirrspülern und Reinigungs-/Pflegemitteln erfolgte in der Vergangenheit überwiegend getrennt. Um den Kunden an die neue automatische Dosierung zu gewöhnen, werden die AutoDos Geschirrspüler ab Werk mit einer PowerDisk ausgestattet. Zudem wird den Geschirrspülern ein Gutschein beigelegt für weitere kostenlose PowerDisks. Hierfür registriert sich der Kunde im Webshop und bekommt die PowerDisks anschließend nach Hause geschickt. Um den Kunden eine dauerhafte Nutzung von AutoDos zu erleichtern, können PowerDisks oder andere Verbrauchsgüter ganz einfach per App oder Webshop nachbestellt werden (Bild 5). Die Beziehung zu dem Kunden geht demnach über den Kauf des Geschirrspülers hinaus. Durch die Vernetzung entstehen zunehmend neue Anwendungsmöglichkeiten, die auch Vorteile im Bereich Nachhaltigkeit bieten. So bietet die Miele App in den Programmbeschreibungen Hinweise auf besonders energieeffiziente Programme [Mie19-ol].



*Bild 5: Nachbestellung von Verbrauchsgütern mittels Miele App (Quelle: Miele)*

### **Veränderte Wertschöpfungskette**

Die Umsetzung des Systemangebots erforderte eine Neugestaltung der Wertschöpfungskette mit einem Kompetenzaufbau entlang der gesamten Prozesskette: von der Entwicklung eines Pulvergranulats inklusive technischer Integration in den Geschirrspüler bis hin zu einem neuen Vermarktungskonzept für Verbrauchsmittel [Kro19].

Die besonderen Herausforderungen liegen dabei wie so oft im Detail. So waren neben einem reinen Dosiermechanismus beispielsweise auch ein Selbstreinigungssystem zur Entfernung von Granulatresten notwendig, um dem Kunden wirklichen Komfort bieten zu können. Ebenso mussten bei der Entwicklung des Systemangebots auch die Einflüsse von verschiedenen Klimazonen der internationalen Märkte berücksichtigt werden. Es zeigte sich einmal mehr: Das

Systemgeschäft muss aufgrund der Vielzahl an Variablen und Wechselwirkungen ganzheitlich gedacht werden. Die benannten Beispiele offenbaren, was damit in Richtung des Unternehmens erforderlich ist, nämlich die Fähigkeit zur Integration. Dies kann, wie die Beispiele beim Miele Geschirrspüler zeigen, die Integration von Verbrauchsmitteln und digitalen Assistenten sein, die aufeinander abgestimmt, eine anwendungsspezifische Problemlösung darstellen. Der Kunde erhält somit ein Lösungspaket bei dem das Ganze mehr ist als nur die Summe seiner Teile [Dit95].

## 4 Erschließung des Marktpotentials

Bei der Planung und Vermarktung einer Innovation ist zu bedenken, dass die Verbreitungsgeschwindigkeit neuer Technologien und Geschäftsmodelle oft überschätzt wird [Moo02]. Ein verbreitetes Phänomen bei der Einführung von Innovationen ist das Verharren des Produkt- bzw. Lösungsanbieters in der Marktnische. Demnach hat ein Unternehmen zwar eine kundenrelevante Innovation entwickelt und bietet diese auch bereits auf dem Markt an, schafft es aber nicht über einen Nischenanbieter hinaus zu wachsen. Entsprechend des „Technology-Adoption-Lifecycle“ nach MOORE schafft es das Unternehmen nicht, nach dem Kundensegment der Early Adopter (Frühadopter) auch Kunden im Volumensegment für sich zu gewinnen (Bild 6) [Moo02]. BLANK hebt hervor, dass die positiven Erfahrungen aus der anfänglichen Kommunikations- und Vertriebsstrategie nicht auf den Volumenmarkt übertragen werden können [Bla13]. Der Grund hierfür liegt in den unterschiedlichen Bedürfnissen und Kaufgewohnheiten der Kundensegmente.

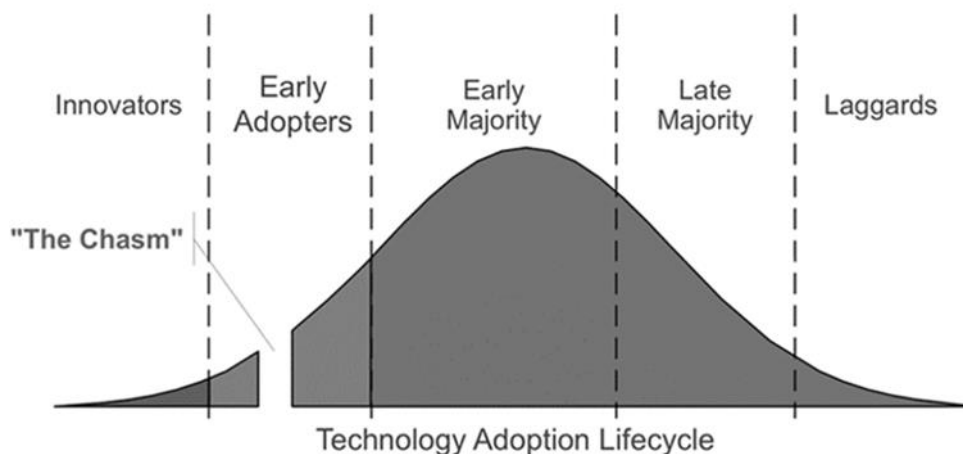


Bild 6: Technology-Adoption-Lifecycle nach Geoffrey Moore (Quelle: Wikipedia)

Die Bereiche unter der Kurve im Bild 6 repräsentieren die Anzahl der Kunden, die ein neues Produkt aufnehmen. Versuchen Produktmanager eine Innovation im Markt zu implementieren, so wird in der Theorie von einer existierenden Adoptionskluft („The Chasm“) zwischen der Gruppe der Frühadopter („Early Adopters“) und der frühen Mehrheit („Early Majority“) gewarnt [Moo02]. Die dahinterstehende These nach MOORE lautet, dass innovationsfreudige

Konsumentengruppen anders bedient werden müssen als Konsumenten in einem Volumenmarkt. Um die „Kluft“ zu überwinden, sind daher andere Vermarktungsstrategien zu ergreifen. Hierfür steht eine Bandbreite an möglichen Werkzeugen und Maßnahmen zur Verfügung, bspw. im Bereich der Kommunikation, Distribution und Preispolitik.

Während Early Adopter beispielsweise mit einem nischenartigen Produktangebot gewonnen werden, erwarten Konsumenten laut MOORE beim Übergang zu einem volumentauglichen Produkt solidere, praxisnahe Kommunikationsinhalte. Hier verlagert sich die Erwartungshaltung auf Konsumentenseite hin zur Zuverlässigkeit und Funktionalität im Alltagsgebrauch [Moo02]. Im Besonderen gilt dies für langlebige Gebrauchsgüter wie Geschirrspüler, da diese mitunter 20 Jahre und länger im Haushalt verweilen, und erst im Reparaturfall oder bei einer Kücheneuplanung ersetzt werden. Häufig beschäftigen sich langjährige, erfahrene Geschirrspüler-Nutzer erst zu diesem Zeitpunkt mit einem Neukauf. Bei der Einführung der Geschirrspüler Generation G 7000 wurde von Beginn auf die Aspekte Praktikabilität, Zuverlässigkeit und Funktionalität in der Kommunikation des neuen Systems geachtet. Der besondere Fokus lag dabei auf dem neuen AutoDos-System mit dem Ziel, den Endkunden und Händlern die Vorteile in der praktischen Anwendung und im Alltagsgebrauch durch Produktdemonstrationen direkt erlebbar näher zu bringen (Bild 7).



*Bild 7: Messedemonstration der Systemvorteile (IFA 2018, Quelle: Miele)*

Auf dem Weg AutoDos im Markt zu etablieren, spielt auch der stufenweise Roll-Out in den internationalen Märkten eine wichtige Rolle. Bei G 7000 startete die stufenweise Einführung in Deutschland im Jahr 2018, gefolgt von den anderen europäischen Vertriebsgesellschaften. Im Jahr 2020 wurde der Launch G 7000 in Übersee mit Nordamerika und Asien abgeschlossen. Dieses stufenweise Vorgehen war erforderlich, um ausreichend Produktionsmengen für die jeweiligen Regionen bereitzustellen und lokalen Besonderheiten Rechnung zu tragen.

## 5 Lessons Learned

Das skizzierte Praxisbeispiel aus dem Bereich Geschirrspülen liefert Ansatzpunkte auf einige zentrale Fragestellungen. Wie gelingt es, den Herausforderungen der VUKA-Welt im Produktmanagement zu begegnen? Die relevanten Prozesse im Produktmanagement müssen ebenso dabei auf Tauglichkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst werden, wie die Instrumente und Methoden [Aum19]. WEINBERG beschreibt in seinem Buch „Network Thinking“, worauf es

zukünftig ankommt: „Wichtig wird sein, die festgelegten Grenzen im Denken zu überwinden, Fachdisziplinen, Abteilungen, Spezialisten, und Experten aus ihrer Abschottung zu holen.“ Das bedeutet im vorliegenden Beispiel für das zuständige Produktmanagement im Bereich Geschirrspülen, sich von der sehr engen Produktfokussierung zu lösen und mit neuen Schnittstellen, wie zum Beispiel mit der Abstimmung mit App-Entwicklern, vertraut zu machen. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an das Produktmanagement-Team hinsichtlich Kompetenzen, Kommunikation und Organisation [Wei15]. Laut SCHELLER ist Agilität notwendig, um in einer von Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität (VUKA) geprägten Welt zu überleben. Aber was bedeutet der vielstrapazierte Begriff Agilität im Produktmanagement? Für das Produktmanagement mit der Rolle des „Kundenvertreters“ im Unternehmen kann Agilität als die Fähigkeit gesehen werden, sich auf veränderte Kundenanforderungen und sich bietenden Marktchancen auszurichten. Eine Anforderung, die keineswegs neu ist. Insbesondere in den letzten Monaten wurde im Produktmanagement Geschirrspülen deutlich, dass es dabei über Flexibilität hinaus gehen muss. Es bedeutet anpassungsfähig in der Vermarktung zu sein und gleichzeitig antizipativ zu handeln, d. h. bereits in den frühen Phasen der Produktneuentwicklung, Themenfelder vorausdenken und konzeptionell einzuplanen. Eine Aufgabe, der sich das Produktmanagement auch bei der langfristigen Produktplanung stellen muss. Natürlich behaupten die meisten Unternehmen, sie würden sich regelmäßig mit der Zukunft beschäftigen. Im Langfrist-Plan werden aktuelle Trends fortgeschrieben, nach dem Motto: „größer, höher, schneller“ [GP14]. Man unterstellt planerisch, die Zukunft exakt vorhersagen zu können und gibt vor, zu wissen, was ein Geschäftsbereich in zehn Jahren erwirtschaftet. MINTZBERG, AHLSTAND und LAMPEL kritisierten diesen Ansatz in ihrem Buch *Strategy Safari* als zu unflexibel, um Chancen zu ergreifen, wie auch inhaltslos und daher als nicht hilfreich [MAL09]. Im Produktmanagement ist vielmehr „Disruptive Thinking“ erforderlich, das VON MUTIUS beschreibt als „realistisches Zukunftsdenken, das Störungen nicht ausklammert, sondern einbezieht“ [Mut17]. Die Szenario-Technik als zentrale Methode der strategischen Planung bildet häufig den Ausgangspunkt für eine systematische Ausrichtung des Innovations- und Produktmanagements in Unternehmen [GP14]. Ein interdisziplinäres Szenarioprojekt mit Einbezug externer, fachübergreifender Disziplinen ermöglicht, die von WEINBERG geforderten „festgelegten Grenzen im Denken zu überwinden“. Es kann in einem VUKA-Umfeld dem Produktmanagement eine wichtige Hilfestellung bieten, da hierbei auch „Störungen“ in Form von Disruptionszenarien mit betrachtet werden. Es kommt also im Produktmanagement auf die Kombination aus strategischer Weitsicht und Anpassungsfähigkeit an.

So viele Vorteile das Systemgeschäft auch bietet, eine Herausforderung bleibt die erhöhte Komplexität für das Produktmanagement. Innovationen in diesen „Business-Ökosystemen“ treffen auf Regeln eigener Art, wie zum Beispiel den funktionalen Interdependenzen [HSS+16]. Doch das kann man managen. Durch die enge Verzahnung, und somit Abhängigkeit, von Produkt, digitalen Anwendungen und Verbrauchsmittel gilt es fürs das Produktmanagement Geschirrspülen in allen Phasen des Produktlebenszyklus die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Systems besonders genau zu beachten. Denn „funktioniert“ eine Systemkomponente nicht im vollen Umfang, dann sind auch die anderen Systemkomponenten nicht immer sinnvoll einsetzbar. Eine entsprechende Anpassung der Prozesse inkl. einer entsprechenden Sensibilisierung der beteiligten Stakeholder zur adäquaten Berücksichtigung dieser neuen Wechselwir-

kungen ist daher unumgänglich. Wichtig bei der Einführung war Kunden, Händlern und Vertriebsmitarbeitern die Systemvorteile der neuen Geschirrspülergeneration G 7000 mit einer nutzenorientierten Produktdemonstration direkt praktisch erlebbar zu machen. Denn es gilt nicht weniger, als die tägliche Gewohnheit der Kunden im Alltag zu ändern. Für neue Konzepte kommt es des Weiteren nach den ersten Monaten der Markteinführung darauf an, aus dem Kundenrückmeldungen schnell zu lernen und in den Schulungsprogrammen konkret auf diese einzugehen.

DRUCKER weist auf die Handlungsmaxime hin „*die richtigen Dinge richtig zu tun.*“ Aber was sind die richtigen Dinge, die einen Wert für den Kunden schaffen, wie findet man diese im Produktmanagement heraus? Die typische Situation in der Produktentwicklung besteht darin, dass die Kundensicht in Projektteams häufig fachspezifisch und subjektiv bewertet wird. Ein Produktmanager führt klassischerweise einen Vergleich mit den aktuellen Produktvorteilen des Wettbewerbs durch, orientiert sich also an der bestehenden Marktsituation. Dies allein reicht aber nicht aus, wenn das neue Produkt erst in einigen Jahren marktreif ist und dann mehrere Jahre im Wettbewerbsumfeld bestehen soll. DITTLER weist darauf hin, dass im Systemgeschäft die Anwendung des Kunden entscheidet [Dit95]. Doch welche Wertschöpfungsaktivitäten müssen integriert werden, um die vom Kunden erwartete ganzheitliche Problemlösung bereitstellen zu können? Zunächst einmal gilt es zu klären, welche Aufgaben der Kunde erledigt und was das Unternehmen mit seiner Lösung bestmöglich dazu beitragen kann. Dazu braucht es ein ausreichend tiefes Verständnis des Kundenbedürfnisses. Das gelingt jedoch nur dann, wenn man zuerst einmal vom eigenen bisherigen Produkt abstrahiert und sich an dem gesamten Nutzungsprozess und -kontext eines Produktes orientiert. BETTENCOURT und ULWICK bieten Hilfestellung und heben hervor, dass alle Aufgaben („Jobs“) gleichzeitig auch Prozesse sind [BU08]. Sie meinen damit, dass typische Routineaufgaben in mehrere Teilschritte aufgeteilt werden können. Den Nutzen eines Angebots beurteilt der Kunde danach, wie hilfreich es für die Erfüllung dieser Aufgabe ist. Dieser „Job-to-be-done“-Ansatz nach CHRISTENSEN sensibilisiert dafür, dass Lösungen vom Problem des Kunden ausgedacht werden müssen [Chr97]. Ein weiterer Fallstrick betrifft die Nutzendefinition. In den Produkthanforderungen steht häufig der funktionale Nutzen einer Leistung im Vordergrund z.B. Spülprogramme für einen Geschirrspüler zu entwickeln, die besonders energiesparsam sind. Einen emotionalen Mehrwert zu entwickeln, ist häufig nicht so ganz eindeutig zu formulieren [SW15]. Insbesondere nach dem Aufkommen der Corona-Pandemie wünschten sich viele Kunden mehr Sicherheit und fordern eine „hygienische“ Reinigung des Geschirrs. Auch hier bietet das System mit aufeinander abgestimmten Leistungsbestandteilen entscheidende Vorteile: Dank des Hygiene- bzw. Intensiv-Programms in Kombination mit der PowerDisk bzw. den UltraTabs werden mehr als 99,9% der Viren (z.B. Coronaviren) zuverlässig entfernt.

Als internationales Unternehmen mit Vertriebsgesellschaften in unterschiedlichen Regionen bedient Miele Kunden aus mitunter sehr unterschiedlichen Lebenssituationen. Dies kann sich bspw. auf die Essgewohnheiten und Wohnsituationen der Kunden, aber auch auf klimatische Bedingungen beziehen. All diese und weitere Faktoren muss das Produktmanagement bei den Anforderungen an ein Geschirrspüler-System in Betracht ziehen.

## 6 Fazit und Ausblick

Zweifellos sind erstklassige Produkte als Wettbewerbsvorteil nach wie vor wichtig, werden in Zukunft aber nicht mehr allein über Erfolg von Unternehmen entscheiden. Anhand eines Praxisbeispiels wurde ein Wandel vom Produkt- zum Systemanbieter skizziert. Anstelle einzelner Geschirrspüler werden integrierte Leistungsangebote am Markt angeboten. Diese umfassende Kundenlösung setzt sich zusammen aus Verbrauchsmitteln sowie digitalen Assistenzsystemen. Das Beispiel der Miele Geschirrspüler zeigt, dass sich ein derartiger Wandel hin zum Systemanbieter in der Praxis jedoch nicht so einfach darstellt. Dabei überwiegen eindeutig die Vorteile, die eine derartig umfassende Veränderung im Strategiewechsel langfristig bietet. Das klassische Produktmanagement muss sich dabei neuen Anforderungen stellen. Nur so kann es zukünftig eine Schlüsselrolle einnehmen, um Veränderungsprozesse zu initiieren und die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig auszubauen.

### Literatur

- [Aum19] AUMAYR, K.J.: Erfolgreiches Produktmanagement. Springer Gabler, 5. Auflage, 2019
- [Bla13] BLANK, S.: The four steps to the epiphany. Successful strategies for products that win. K & S Ranch, Pescadero, Kalifornien, USA, 2013
- [BU08] BETTENCOURT, L; ULWICK, A. W.: The Customer-Centred Innovation Map. In: Harvard Business Review, Ausgabe 86(5), Boston, USA, 2008, S. 109-114.
- [Chr97] CHRISTENSEN, C.: The Innovator's Dilemma: When new technologies cause great firms to fail. Harvard Business Review Press, Boston, USA, 1997
- [Dit95] DITTLER, T.: Das Systemgeschäft – worauf es ankommt. Harvard Business Manager, 1995
- [GFC13] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln – 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. Carl Hanser Verlag, München, 2013
- [GLK10] GOFFIN, K., LEMKE, F.; KONERS, U.: Identifying hidden needs: Creating Breakthrough Products. Palgrave Macmillan, New York, USA, 2010
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, München, 2. Auflage, 2014
- [HK03] HOMBURG, C.; KÜHLBORN, S.: Der erfolgreiche Weg zum Systemanbieter. Strategische Neuausrichtung von Industrieunternehmen. Universität Mannheim, 1. Auflage, 2003
- [HSS+16] HAUSCHILD, J.; SALOMO, S.; SCHULTZ, C.; KOCK, A.: Innovationsmanagement, Verlag Franz Vahlen, München, 2016
- [Ism14] ISMAIL, S.: Exponential organizations. Diversion Books, New York, USA, 2014
- [Kro19] KROST, H.: Auf Tuchfühlung. In: Lebensmittelzeitung, Ausgabe 31 (2019), dfv Mediengruppe, Frankfurt am Main, 2019, S. 26
- [MAL09] MINTZBERG, H.; AHLSTAND, B.; LAMPEL, J. B.: Strategy Safari: The complete guide through the wilds of strategic management. Prentice Hall, Harlow, GB, 2. Auflage, 2009
- [Mie19-ol] MIELE & CIE. KG: Nachhaltigkeitsbericht 2019. Unter: [https://www.miele.de/media/misc\\_de/media/files/infomaterial/miele\\_nachhaltigkeitsbericht\\_2019.pdf](https://www.miele.de/media/misc_de/media/files/infomaterial/miele_nachhaltigkeitsbericht_2019.pdf), Letzter Zugriff: 7. Mai 2021
- [Moo02] MOORE, G. A.: Crossing the chasm. Harper Collins, New York, USA, 2. Auflage, 2002
- [Mut17] VON MUTIUS, B.: Disruptive Thinking: das Denken, das der Zukunft gewachsen ist. Gabal Verlag, Offenbach a. M., 2017

- [OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation - A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons, Hoboken NJ, USA, 2010
- [Por04] PORTER, M.: Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. The Free Press, New York, USA, 2004
- [Sho12] SHOVE, E. P.: The dynamics of social practice. Sage Publications, London, 2012
- [Sch17] SCHELLER, T.: Auf dem Weg zur agilen Organisation. Vahlen, München, 2017
- [SW15] SACHOVA-KLEISLI, A.; WALTHER, B.: Job-to-be-done-Logik in der Praxis. Marketing Review St. Gallen, Ausgabe 32 (1), Springer Verlag, Wiesbaden, 2015, S. 12-21
- [Thi14] THIEL, P.: Zero to One. Campus Verlag, Frankfurt, 2014
- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015
- [Wei15] WEINBERG, U.: Network Thinking: Was kommt nach dem Brockhaus Denken? Murmann Publishers, Hamburg, 2015

## Autor

**Dr. Olaf Dietrich** arbeitet im Bereich Category Marketing der Business Unit Dishwashing, bei der Miele & Cie. KG. Tätigkeitsschwerpunkte sind Kunden- und Marktanalysen sowie Produkt- und Sortimentsmanagement. Innovation spielt dabei eine zentrale Rolle, von der Ideenfindung bis zur Serienreife und Vermarktung.

## **Session II**





# **Wie laut ist der Digitale Zwilling? – Agile Digitalisierung von Produktentstehungsprozessen am Beispiel der Außengeräusch-Homologation als Kombination von akustischen Methoden und KI**

***Dr. Masud Fazal-Baqaie***

***Fabian Knappe, M.Sc.***

*NEXT Data Service AG*

*Alt-Moabit 104, 10559 Berlin*

*Tel. +49 (0) 30 / 70 01 44 575 / +49 (0) 174 / 24 47 687*

*E-Mail: {masud/fabian}@next-data-service.com*

***Dipl.-Ing. Ralf Sperber***

*Mercedes-Benz AG*

*Bela-Barenyi-Straße, 71059 Sindelfingen*

*Tel. +49 (0) 160 / 86 31 794*

*E-Mail: ralf.sperber@daimler.com*

## **Zusammenfassung**

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, ihre Produkte – trotz steigender Komplexität und Spezialisierung – in immer kürzerer Zeit entwickeln und produzieren zu müssen. Um dieser Herausforderung zu begegnen, setzen sie auf stärkere Digitalisierung im Produktentstehungsprozess und den Einsatz von IT-Technologien, wie dem Digitalen Zwilling und Künstlicher Intelligenz (KI). In vielen Fällen können bestehende Techniken auf Basis physikalischer Ersatzmodelle und Simulation nicht einfach gänzlich durch neue Ansätze, wie KI, ersetzt werden. Hier muss eine zielführende Kombination aus bestehenden und neuen Techniken als Lösungsansatz realisiert werden. Darüber hinaus müssen diese neuen Verfahren in möglichst kurzer Zeit in die industrielle Praxis überführt werden. Am Beispiel der Homologation von Fahrzeugen in Bezug auf Außengeräusch-Obergrenzen bei der Mercedes-Benz AG erläutern wir in diesem Papier, wie KI-Ansätze mit physikalischen Berechnungen kombiniert werden. Ziel ist es, Geräuschobergrenzen für einzelne in der Entwicklung befindliche Komponenten zu bestimmen, sodass das zu entwickelnde Fahrzeug die gesetzlichen Grenzwerte einhalten wird. Wir geben einen Überblick über den Lösungsansatz, welcher für die Gesamtgeräuschprognose Machine Learning mit akustischen Methoden auf innovative Weise kombiniert. Wir gehen darüber hinaus insbesondere auf die speziellen Herausforderungen in einem solch komplexen interdisziplinären Entwicklungskontext ein und zeigen die wesentlichen Erfolgsfaktoren auf, um diesen neuen Lösungsansatz agil zu erarbeiten und in die industrielle Praxis zu überführen.

## **Schlüsselworte**

Künstliche Intelligenz, Fahrzeug-Homologation, ECE R51.03, Interdisziplinäre Produktentwicklung

# **How loud is the digital twin? - Agile digitalization of product development processes using the example of exterior noise homologation as a combination of acoustic methods and AI**

## **Abstract**

Companies are facing the challenge of having to develop and produce their products in an ever-shorter time - despite increasing complexity and specialization. To meet this challenge, they are relying on greater digitalization in the product development process and the use of IT technologies such as the digital twin and artificial intelligence (AI). In many cases, existing techniques based on physical substitute models and simulation, cannot simply be replaced entirely by new approaches, such as AI. Here, a target-oriented combination of existing and new techniques must be realized as a solution approach. In addition, this solution approach must be transferred into the everyday practice in a timely manner. Using the example of the homologation of vehicles regarding exterior noise limits at Mercedes-Benz AG, we explain in this paper how AI approaches are combined with physical calculations. The aim is to determine noise upper limits for individual components under development such that the vehicle comprised by these physically non-existent components will comply with the legal limits. We give an overview of the solution approach, which combines machine learning for overall noise prediction with acoustic methods in an innovative way. We also address in particular the specific challenges of such a complex interdisciplinary development context and highlight the key success factors for developing this new solution approach in an agile manner and for transferring it quickly into the everyday practice.

## **Keywords**

Artificial Intelligence, Vehicle Homologation, ECE R51.03, Interdisciplinary Product Development

## 1 Einleitung

Um Entwicklungszyklen zu reduzieren und Produktentstehungskosten zu vermeiden, verstärken Unternehmen, unter anderem aus dem Automobilbereich, zunehmend ihre Aktivitäten in frühen, digitalen Entwicklungsphasen [PCL16]. Dazu setzen sie Verfahren ein, die es ihnen erlauben schon während der digitalen Phase, Gestalt und Verhalten des zu entwickelnden Produktes abzusichern [KKT+18]. Mit dem technischen Fortschritt, z.B. durch den digitalen Zwilling, und dem Zuwachs an zur Verfügung stehenden Daten werden bestehende Techniken auf Basis physikalischer Ersatzmodelle und Simulation immer mächtiger [LZC20]. Allerdings können auch in der nahen Zukunft noch nicht alle Teilprobleme, beispielsweise der Akustik, in der digitalen Phase vollständig abgebildet und damit gelöst werden. Gleichzeitig gewinnt Künstliche Intelligenz (KI) als Schlüsseltechnologie zunehmend an Bedeutung und wird für eine wachsende Anzahl an Fragestellungen erfolgreich eingesetzt [LSR+19]. Jedoch gibt es auch hier noch viele Problemfelder, in denen KI allein nicht zum Ziel führt [SRJ+19]. Wir glauben jedoch fest daran, dass durch die Kombination von KI mit existierenden, physikbasierten Methoden über unseren konkreten Projektkontext hinaus in vielen Domänen Durchbrüche möglich sind. Solche Lösungsverfahren zu entwickeln und zum Erfolg zu führen, erfordert eine intensive Kollaboration von Experten aus traditionellen Ingenieursdisziplinen mit Experten aus der IT, z.B. Data Scientists und Cloud-Architekten. Dies kann sehr herausfordernd sein, dementsprechend kommt der passenden Projektvorgehensweise eine besondere Bedeutung zu.

In unserem Papier beleuchten wir diese Thematik auf Basis eines konkreten Fallbeispiels. Es geht um die Absicherung der Homologation (gesetzliche Zulassung von Pkw) für den Vorbeifahrtgeräuschpegel bei einem führenden Automobilhersteller. Treiber unseres Projekts sind die verschärften gesetzlichen Anforderungen für den erlaubten Geräuschpegel, der bei der Vorbeifahrt eines Fahrzeugs emittiert wird [ECE18]. Aktuelle Fahrzeuge sind, bezogen auf die Grenzwertverschärfungen bis 2024 auf maximal 68 dB(A), zu laut, sodass Fahrzeuge gezielt auf die Geräuschemissionen hin entwickelt und optimiert werden müssen. Wegen der zunehmend digitalen Produktentwicklung stehen Fahrzeuge („Hardware“) zu spät für eine akustische Vermessung bereit, als dass die Erkenntnisse hieraus berücksichtigt werden könnten. Mit den gängigen Verfahren besteht aber keine Möglichkeit, Fahrzeugaußengeräuschpegel im digitalen Entwicklungsprozess rechtzeitig hinreichend genau zu prognostizieren, um der Komponententwicklung ausreichend exakte Vorgaben zu machen, bzw. deren Einhaltung zu überprüfen. Daher hat das Projektteam die Aufgabe, ein neues Lösungsverfahren zu erarbeiten. Auf Basis digitaler Zwillinge kombiniert es den KI-Ansatz Machine Learning (ML) für die Gesamtgeräuschprognose auf innovative Weise mit akustischen Methoden und erschließt die dafür notwendigen Daten aus den bestehenden Datensilos. Ohne ein solches Lösungsverfahren wären zu laute Fahrzeuge erst kurz vor dem Beginn der Produktion (start of production, SOP) durch Geräuschmessungen als zu laut zu erkennen. Da damit die Fahrzeugzulassung gefährdet wäre, handelt es sich also um ein sehr großes Risiko für den Hersteller. Ein entsprechendes Lösungsverfahren zu erarbeiten, ist allerdings eine große Herausforderung: Zum einen muss die technische Machbarkeit demonstriert und validiert werden. Zum anderen muss das Verfahren zeitnah als industriell nutzbare Lösung zur Verfügung stehen, um das beschriebene Risiko abzuwenden.

In unserem Beitrag illustrieren wir unsere entstehende Lösung, deren Teilergebnisse wir zum Jahresende 2021 zu einer durchgängigen Lösung integriert haben werden. Sie besteht aus einem neuartigen Lösungsverfahren für die Absicherung der Homologation bezüglich der Vorbeifahrt. Das Verfahren kann während der frühen, digitalen Produktentstehungsphase angewendet werden und ermöglicht somit, das Risiko von Zulassungsproblemen massiv zu senken. Es basiert auf der Kombination von KI mit akustischen Methoden, sowie akustischen digitalen Zwillingen. Dabei handelt es sich um die digitale Abbildung von Fahrzeugen und Komponenten hinsichtlich ihrer akustisch relevanten Eigenschaften, z.B. als akustische Reifenmodelle. Zusätzlich etablieren wir eine cloudbasierte Plattform für die Archivierung, Analyse und Prognose (virtueller) Messfahrten, Fahrzeuge und Komponenten hinsichtlich ihrer Geräuscentwicklung. In unserem Beitrag illustrieren wir außerdem unser Projektvorgehen, das agilen Prinzipien folgt und sich aufgrund der Rahmenbedingungen etabliert und bewährt hat [BBB+01-ol]. Insbesondere fördert es intensive Kommunikation und Transparenz, sowie das kontinuierliche Austarieren von Forschung und Industrialisierung des Lösungsverfahrens. Es lässt sich unserer Meinung nach auf die Entwicklung von Lösungsverfahren in anderen Kontexten übertragen.

Unser Beitrag ist folgendermaßen aufgebaut: In Abschnitt 2 gehen wir detaillierter auf die Ausgangslage und Aufgabenstellung unseres Projekts ein. In Abschnitt 3 beschreiben wir die Anforderungen an die Lösung, also die Anforderungen an das Lösungsverfahren und an das Projektvorgehen. Danach stellen wir unsere Lösung vor. Hier erläutern wir das algorithmische Lösungsverfahren und die Cloud-Plattform. Außerdem stellen wir die Kernelemente unseres Projektvorgehens vor. Am Ende fassen wir den Beitrag zusammen und geben einen Ausblick auf die kommenden Projektphasen.

## 2 Ausgangslage und Aufgabenstellung

In unserem Projektbeispiel geht es um die Absicherung der Homologation für den Vorbeifahrtgeräuschpegel. Pkw dürfen für die Zulassung verschiedene Geräuschgrenzwerte nicht überschreiten. Diese Vorbeifahrtgeräuschpegel-Grenzwerte werden in naher Zukunft empfindlich verschärft. Für einen reibungslosen Entwicklungsprozess und pünktlichen SOP muss der erwartete Geräuschpegel daher bereits in der digitalen Phase präziser als bisher prognostiziert werden. Außerdem müssen entsprechende Vorgaben für Komponenten gemacht werden.

In diesem Abschnitt erläutern wir zunächst die maßgebende Norm und deren stufenweise Verschärfung. Anschließend erklären wir die wesentlichen Meilensteine bezüglich Vorgaben und Kontrolle des Außengeräuschpegels während des Fahrzeugentwicklungsprozesses. Wir erläutern, warum physikalische Methoden an ihre Grenzen stoßen, und wo aktuelle Verfahren stehen. Anschließend gehen wir auf die Zusammensetzung unseres Projektteams und dessen Aufgabenstellung ein.

## 2.1 Außengeräusch-Norm ECE R51.03: Messverfahren und Verschärfung

Außengeräusch-Homologationen sind in verschiedenen Normen reguliert und werden auf standardisierten Outdoor-Teststrecken mit standardisierten Vorbeifahrtmessungen (Pass-By-Messungen) durchgeführt. Die aktuelle Fassung der ECE-Homologation (ECE, European Commission for Europe), die ECE R51.03 basiert auf der Norm ISO 362-1 [ECE18], [ISO 15]. Neben der kontinuierlichen Absenkung der erlaubten maximalen Schalldruckpegel ist die Kernveränderung gegenüber der Vorgängernorm ECE 51.02 die Tatsache, dass bei der Entwicklung des Homologationsverfahrens Fahrzeugdaten aus realer städtischer Umgebung berücksichtigt wurden. Analog zu Schadstoffemissionsbestimmung und Treibstoffverbrauchsmessungen sollte damit sichergestellt werden, dass der Messprozess reale Bedingungen abbildet. Im Gegensatz zu ECE 51.02 wird das Fahrzeug daher nicht mehr unter einer urban untypischen Volllast bewertet, sondern bei einer (vom Leistungsgewicht des Fahrzeugs abhängigen) typischen urbanen Beschleunigung  $a_{\text{urban}}$ . Tabelle 1 illustriert die Grenzwertabsenkungen für  $L_{\text{urban}}$  nach ISO 362-1 respektive ECE R51.03. Wie dargestellt, sind die Grenzwerte (in dB(A)) abhängig vom Leistungsgewicht (in kW/1000 kg), das heißt höher motorisierte Fahrzeuge dürfen etwas lauter sein.

Tabelle 1: Grenzwertabsenkungen nach ECE R51.03 abhängig vom Leistungsgewicht des Fahrzeugs (PMR)

| PMR                     | Ab Jahr |      |      |
|-------------------------|---------|------|------|
|                         | 2016    | 2020 | 2024 |
| $PMR \leq 120$          | 72      | 70   | 68   |
| $120 \leq PMR \leq 160$ | 73      | 71   | 69   |
| $160 \leq PMR \leq 200$ | 75      | 73   | 71   |
| $PMR \geq 200$          | 75      | 74   | 72   |

Aufgrund der fest definierten Übersetzungsverhältnisse des Getriebes kann keine beliebige Beschleunigung  $a_{\text{urban}}$  reproduzierbar gemessen werden. Daher wird der zu ermittelnde Schalldruckpegel  $L_{\text{urban}}$ , der unter dem Grenzwert liegen muss, aus Vorbeifahrtmessungen „interpolierend“ berechnet. Das heißt, es werden über algorithmische Schritte ein oder mehrere Zielgänge berechnet, in denen bei Messungen sowohl unter Volllastbeschleunigung als auch bei Konstantfahrten entsprechende Schalldruckpegel ermittelt werden. Aus diesen Werten wird abschließend der eigentliche Zertifizierungswert  $L_{\text{urban}}$  bei der Zielbeschleunigung  $a_{\text{urban}}$  interpoliert (also nicht gemessen).

Im Folgenden erläutern wir abschließend kurz, wie konstante und beschleunigte Vorbeifahrtmessungen zu diesem Zweck durchgeführt werden. Bild 1 zeigt die Messumgebung der maßgeblichen Norm für Pass-By-Messungen nach ISO 362 [ISO98]. Wie in Bild 1 dargestellt, ist die Teststrecke als Ebene mit Seitenlänge 20 m definiert. Das Fahrzeug befährt die Teststrecke bei Linie *AA* und verlässt die Teststrecke bei Linie *BB*. Die Referenzlinie *CC* ist orthogonal zu *AA* und *BB* und definiert die Trajektorie des Fahrzeugs. Die Linie *PP* befindet sich in der Mitte der Teststrecke. Auf dieser Linie sind auf beiden Seiten im Abstand von 7.5 m zur Trajektorie in einer Höhe von 1,2 m über der Fahrbahn die Pass-By-Messmikrofone platziert. Die Teststre-

cke muss akustische Freifeldbedingungen aufweisen, d. h. es dürfen sich keine akustisch reflektierenden Objekte in unmittelbarer Nähe der Teststrecke befinden und die Streckenoberfläche muss bestimmten akustischen Anforderungen genügen [ISO15].

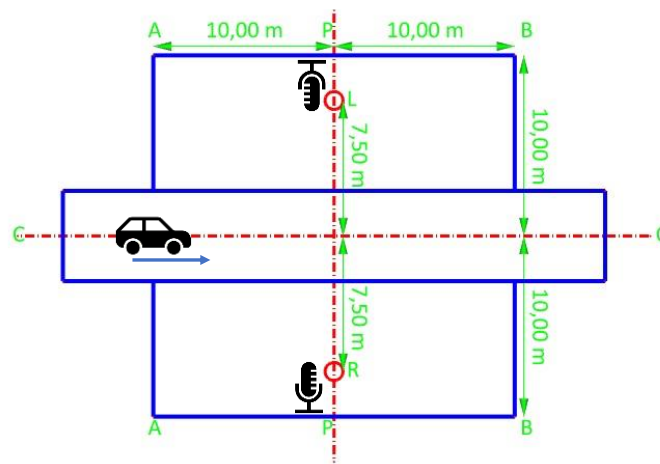


Bild 1: Pass-By-Teststrecke nach ISO 362

## 2.2 Absicherung der Norm im Fahrzeugentwicklungsprozess

Um die Zulassung gemäß der Norm 51.03 sicherzustellen, werden während des Fahrzeugentwicklungsprozesses wiederholt Vorgaben an Gesamtfahrzeug und Komponenten formuliert bzw. deren Einhaltung geprüft. Bei der Mercedes-Benz AG ist das Team „Außengeräusch und NVH-Methoden“ hierfür zuständig. Ein Fahrzeugentwicklungsprojekt umspannt einen Zeitraum von mehr als 4 Jahren von der Konzeptphase bis zum Produktionsstart (SOP). Bereits sehr früh, während der digitalen Phase des Entwicklungsprozesses und damit Jahre vor dem SOP, werden Vorgaben (Zielwerte) an Komponenten, wie Abgasanlage und Reifen, formuliert. Die auf dieser Basis digital entworfenen Komponenten müssen noch während der digitalen Phase freigegeben werden, um die Entwicklung der Serienwerkzeuge starten zu können. Erst relativ spät, etwa 1-2 Jahre vor dem SOP, können erste Komponenten physisch vermessen werden. Notwendige Änderungen können jetzt sehr kostspielig sein. Die offiziellen Messungen für die Zulassung in den einzelnen Märkten finden erst wenige Monate vor SOP statt und sollten damit in der Regel nur die Ergebnisse bestätigen, auf die hin optimiert wurde. Der Trend der Digitalisierung von Fahrzeugentwicklungsprozessen in Kombination mit den strenger werdenden Vorgaben macht es erforderlich, dass allein auf Grundlage digitaler Fahrzeugdaten (und Erfahrungswissen bezüglich existierender Fahrzeuge) präzise Voraussagen gemacht werden müssen, um die spätere Zertifizierbarkeit sicherzustellen.

## 2.3 Grenzen akustischer Methoden und früher KI

Die Optimierung der vibro-akustischen Eigenschaften von Pkw, auch unter „Noise, Vibration, Harshness“ (NVH) bekannt, ist eine der herausforderndsten Aufgaben in der technischen Entwicklung von Fahrzeugen. Die in Abschnitt 2.1 erwähnten kontinuierlichen Grenzwertabsenkungen führten in den vergangenen zwei Dekaden zu einer intensiven Auseinandersetzung mit

der Analyse von Pass-By-Messungen [BPS+08], [JBB+14], [AP19]. Grundlage all dieser Forschungen ist dieselbe Technik, genannt Transferpfadanalyse (TPA). TPA ist ein weit verbreitetes Werkzeug unter NVH-Ingenieuren, weist aber einige, für unser Projekt wesentliche Schwächen auf, wie in Abschnitt 3.2.2 detaillierter analysiert wird. Auch klassische physikalische Simulationsmethoden, wie Finite Element Method (FEM) und Boundary Element Method (BEM), werden zur Beurteilung akustischer Phänomene in Pkw und zur Vorhersage des Außengeräuschs genutzt [RSA+19]. Allerdings sind diese Methoden nicht über den gesamten relevanten Frequenzbereich präzise genug für die vorliegende Problemstellung, wie nach RAJAGOPAL ET AL. die großen Fehler von weit über 10 dB in bestimmten Frequenzbereichen zeigen [RSA+19]. Auch KI-basierte Ansätze zur Pass-By-Noise-Prädiktion (Vorhersage des Vorbeifahrtpegels) mithilfe von ML-Modellen findet man bereits in der Literatur [XHW20], [FJ03]. Nach XUE et al. ist das Featureset (Eingangsdaten für das ML-Modell) auf wenige rudimentäre Größen, wie Fahrgeschwindigkeit und Distanz zum Mikrofon, beschränkt [XHW20]. Das dazugehörige Verfahren ist damit nicht geeignet für Prognosen zukünftiger Fahrzeuge, deren Längsdynamik noch unbekannt ist. Auf die vorliegende Problemstellung lässt sich ausschließlich der Ansatz von FRY und JENNINGS übertragen [FJ03]. Allerdings sind die heutigen gesetzlichen Regulierungen und der entsprechende Messprozess so grundlegend anders als im Jahr 2003, dass ein detaillierter Vergleich mit dem Ansatz von FRY und JENNINGS nicht zielführend ist [ISO15], [ISO98] [FJ03]. Zusätzlich beschränkt sich die Prädiktion von FRY und JENNINGS auf einen Einzahlwert, der das Homologationsergebnis repräsentiert [FJ03]. Damit fehlen relevante Informationen, wie die dynamische Entwicklung des Schalldruckpegels im Verlauf der Messung. Zusätzlich existiert dementsprechend keine Kenntnis über den Ort des Pkw auf der Strecke zum Zeitpunkt des Pegelmaximums. Da ein Pkw kein omnidirektionales Abstrahlverhalten des Schalls aufweist, ist die Kenntnis über den Ort und damit über die geometrische Beziehung zwischen Pkw und Mikrofon für die Interpretation jedoch unabdingbar. Daher wurde im vorliegenden Projekt ein neues Lösungsverfahren entwickelt, das in Abschnitt 3.2 detaillierter beschrieben wird.

## 2.4 Projekt SITA

Für das Projekt kooperiert das Team „Außengeräusch und NVH-Methoden“ der Mercedes-Benz AG mit drei spezialisierten Partner-Firmen: die GFaI ist Experte für akustische Methoden, DataZoo bringt die KI-Expertise ein und NEXT Data Service mit dem Schwerpunkt auf datengetriebene Geschäftsmodelle ist zuständig für die Gesamtsteuerung, die Integration als Cloudanwendung und deren Benutzerinterface. Das Projektteam besteht aus einem Kernteam von 7-10 Personen und einem erweiterten Kreis von ca. 15-20 Personen. In einer Dissertation des Zweitautors dieses Papiers im Team Außengeräusch wurden KI-Ansätze und Methoden der technischen Akustik kombiniert, sowie ein erstes Konzept zur durchgängigen Digitalisierung des Außengeräuschs entwickelt. Basierend auf ersten algorithmischen Implementierungen und nachfolgenden, isolierten Machbarkeitsstudien bei GFaI und DataZoo, die im Rahmen der erwähnten Dissertation entstanden sind, hat das Team seit Anfang 2020 die Aufgabe, ein durchgängiges Lösungsverfahren zu identifizieren, das bereits in der digitalen Phase der Fahrzeugentwicklung einsetzbar ist. Dazu sollen die isolierten, teilvalidierten Machbarkeitsstudien zu



einer durchgängigen, endnutzer-geeigneten und industriell einsetzbaren, cloudbasierten Gesamtlösung integriert werden. Dem dabei entstehenden Trade-Off zwischen Validierung und Machbarkeit der algorithmischen und technischen Lösungskette einerseits und der zügigen Industrialisierung mit Endnutzer-Tauglichkeit andererseits, soll mit einer wertgetriebenen Entwicklung begegnet werden. Das heißt, die Priorisierung kann sich im Projektverlauf je nach Notwendigkeit zwischen Validierung und Nutzbarmachung verschieben.

### 3 Lösungsverfahren und Projektvorgehen

In diesem Abschnitt beschreiben wir zunächst die Anforderungen, sowohl an das Lösungsverfahren als auch an unser Projektvorgehen. Im Anschluss beschreiben wir dann unsere Lösung und wie die jeweiligen Anforderungen von uns adressiert werden.

#### 3.1 Anforderungen an Lösungsverfahren und an Projektvorgehen

Wir differenzieren bei unserer Beschreibung der Anforderungen zwischen dem Lösungsverfahren (vgl. Tabelle 2), also dem, was unsere Lösung inhaltlich erreichen muss, und unserer Projektvorgehensweise (vgl. Tabelle 3), also dem, was unser Projektteam bei der Bearbeitung beachten muss. Die Anforderungen waren in dieser Klarheit nicht unbedingt zu Projektbeginn ersichtlich und wurden von uns teilweise retrospektiv erarbeitet.

*Tabelle 2: Anforderungen an das Lösungsverfahren*

| <b>Anforderungen an das Lösungsverfahren (LV)</b> |  |
|---|--|
| <b>ID</b>   | <b>Anforderungstitel und -beschreibung</b>   |
| LV1   | <b>Gesamtpegel:</b> Der Gesamtpegel $L_{urban}$ soll mit einer Abweichung von maximal 1dB(A) prognostiziert werden. Entsprechend der Norm verrechnete Prognosen für Konstant- und Beschleunigungsfahrt müssen also einen Fehler unter 1 dB(A) aufweisen.   |
| LV2   | <b>Komponentenpegel:</b> Für die wesentlichen Komponenten Reifen und Abgasanlage muss ein Komponentengeräuschpegel ermittelt werden.   |
| LV3   | <b>Komponentenziele:</b> Bei Überschreitung des Grenzwerts bezüglich LV1 müssen für jede wesentliche Komponente realistische Vorgaben auf Basis von LV1 und LV2 definiert werden, sodass der Gesamtpegel wieder unter der gesetzlichen Grenze liegt.   |
| LV4   | <b>Zielabbildung:</b> Damit die Verantwortlichen die Zielvorgaben für ihre Komponenten umsetzen können, müssen diese in komponentenspezifische Zielgrößen übersetzt werden. Für die Abgasanlage ist das z.B. der Mündungspegel abhängig von der Drehzahl des Motors. Für den Reifen sind es die Modellkoeffizienten des digitalen Zwillings. |

| <b>Anforderungen an das Lösungsverfahren (LV)</b> |   |
|---|---|
| <b>ID</b>   | <b>Anforderungstitel und -beschreibung</b>  |
| LV5   | <b>Datenbank:</b> Reale und virtuelle Messfahrten sowie Teilergebnisse sollen in einer gemeinsamen Wissensbasis als digitale akustische Zwillinge (kategorisierbar im Sinne von [RGB+21] als Zwillinge der Design-Phase für System- und Subsystem-Hierarchieebenen für Modellierung und Simulation) bereitgestellt werden. Diese gemeinsame Wissensbasis ist auch für die Anwendung der KI eine Grundvoraussetzung, denn Messungen liegen bisher nur als einzelne Dateien in unterschiedlichen Datensilos vor. Die Datenbank soll außerdem die Ergebniswiederverwendung ermöglichen und somit die Anwendung des Verfahrens beschleunigen. |
| LV6   | <b>Industrialisierung:</b> Das Lösungsverfahren soll alltagstauglich sein, d. h. Nicht-Experten wie die Messingenieure sollen in der Lage sein, das Lösungsverfahren anzuwenden. Außerdem soll ein Durchsatz von 40-50 Fahrzeugprojekten im Jahr zu bewältigen sein.  |

Tabelle 3: Anforderungen an das Projektvorgehen

| <b>Anforderungen an das Projektvorgehen (PV)</b> |  |
|--|--|
| <b>ID</b>  | <b>Anforderungsbeschreibung und -titel</b>   |
| PV1  | <p><b>Gemeinsame Vision:</b> Das Projektteam muss die Domänen- und Unternehmensgrenzen überwinden und eine gemeinsame Vision erarbeiten, die die verschiedenen Perspektiven vereint. Diese sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die fachliche Sicht der Messingenieure</li> <li>• die akustische Sicht der Akustik-Spezialisten</li> <li>• die Machine-Learning-Sicht der Data Scientists</li> <li>• die IT-Sicht der Cloud-Architekten</li> <li>• die UX-Sicht der UX-Designer</li> </ul> <p>Beispiele für Herausforderungen sind (sprachliche) Missverständnisse und auch konfliktionäre Ziele, wie in PV5 dargestellt.</p> |
| PV2  | <p><b>Umgang mit Unwägbarkeiten:</b> Wegen des großen Forschungscharakters muss das Projektteam mit Unwägbarkeiten umgehen. Zum Beispiel ist die Lösbarkeit von Teilproblemen nicht als Prämisse voraussetzbar und erfordert Umorientierungen innerhalb des Projekts. Dazu kommen weitere Einschränkungen, z.B. die Corona-bedingte Einschränkung des persönlichen Kontakts und nicht durchführbare Messungen.</p>   |
| PV3  | <p><b>Unklare Anforderungen:</b> Da sich das neue Lösungsverfahren fundamental vom bisherigen Verfahren unterscheidet und neue organisatorische Prozesse und Rollen erfordert, gibt es für das Team wenig Orientierung an Bestehendem, um die Anforderungen zu formulieren. Die Anforderungen müssen also explorativ aufgedeckt werden.</p>  |
| PV4  | <p><b>Lange Entwicklungszeiträume:</b> Die Zeiträume zu demonstrierbaren (Zwischen-)Lösungen erstrecken sich über Monate, dies begünstigt Missverständnisse und erschwert zusammen</p>   |

|     |   |
|-----|---|
|     | mit PV2 die Aufrechterhaltung der gemeinsamen Vision. Geeignete Maßnahmen müssen also ergriffen werden.   |
| PV5 | <b>Zielkonflikte:</b> Während beispielsweise u.a. für die Akustiker zunächst eine breite Validierung mit möglichst vielen Beispielen wünschenswert ist, ist u.a. für die Cloud-Architekten eine frühe technische Integration vorläufiger Ergebnisse wichtig. Genauso kollidiert der Wunsch nach einer schnellen, prototypischen Umsetzung der Gesamtkette des Lösungsverfahrens mit dem Wunsch nach robusten, industriell einsetzbaren Teillösungen. Diese Zielkonflikte müssen durch das Vorgehen adressiert werden. |

## 3.2 Lösungsverfahren

Das inhaltliche Lösungsverfahren für die Absicherung der akustischen Homologationsfähigkeit in der frühen digitalen Entwicklungsphase zukünftiger Fahrzeuge erläutern wir in den folgenden vier Abschnitten. In den ersten drei Abschnitten beschreiben wir die notwendige End-to-End-Algorithmik basierend auf den Konzepten aus der in Abschnitt 2.4 erwähnten Dissertation. Zunächst beschreiben wir die Methode zur ML-basierten Gesamtgeräuschprognose, die Anforderung LV1 (Gesamtpegel) adressiert. Anschließend beschreiben wir die Teilschallquellenanalyse, die Anforderung LV2 (Komponentenpegel) umsetzt und das Gesamtgeräusch in die einzelnen Geräuschkomponenten (Motor, Abgasanlage, Reifen) zerlegt. Und schließlich beschreiben wir, wie diese und weitere Algorithmen verschaltet werden, um die Anforderungen LV3 (Komponentenziele) und LV4 (Zielabbildung) umzusetzen. Im vierten Abschnitt beschreiben wir die Einbettung dieser Algorithmen in eine geeignete technische Infrastruktur, um sie industriell nutzbar zu machen und um damit LV5 (Datenbank) und LV6 (Industrialisierung) zu erfüllen.

Als Grundlage zur Lösung der Anforderungen LV1 – LV4 dient die Repräsentation eines Fahrzeugs als akustischer digitaler Zwilling, also die digitale Abbildung des Fahrzeugs und seiner Komponenten bezogen auf die relevanten (hier akustischen) Eigenschaften für den spezifischen Anwendungsfall Geräuschprognose [RGB+21]. Ähnlich wie der Reifegrad des künftigen Fahrzeugs während der Entwicklung kontinuierlich steigt, reift auch der digitale Zwilling sukzessive. Der Detailgrad der über das künftige Fahrzeug bekannten Informationen und damit die Prognosegüte werden also mit zunehmendem Fortschritt des Fahrzeugentwicklungsprozesses kontinuierlich besser.

### 3.2.1 Gesamtpegelvorhersage: ML-basierte Pass-By-Noise-Prädiktion

Die Hauptproblematik hinsichtlich der Vorhersage des Außengeräuschs ist die Vermischung von Varianz, die durch das Fahrzeug selbst hervorgerufen wird, mit Varianz, die aus unterschiedlichen Umgebungsbedingungen während der Messung hervorgeht. Außengeräusch-Homologation findet, wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, auf Outdoor-Teststrecken statt. Während bei Indoor-Messungen auf sogenannten Rollenprüfständen die Umgebungsbedingungen, wie Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung etc. konstant gehalten werden können, ist dies unter realen Bedingungen nicht möglich. Die Umgebungsbedingungen haben jedoch einen

relevanten Einfluss auf die Geräuschentwicklung, sodass die Erstellung eines einfachen, statistischen Baseline-Modells für die Vorhersage, basierend auf den fahrzeugspezifischen Informationen, wie Motorleistung, Fahrzeuggewicht, Reifen etc., nicht möglich ist. Für die Erfüllung von LV1 wurde daher im Projekt eine Prädiktion des dynamischen Gesamtschalldruckpegels über die gesamte Teststrecke auf Basis von ML-Modellen entwickelt. Machine Learning, als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz, wird in unseren Modellen mit physikalischen Berechnungen kombiniert [AMV+16]. Diese Kombination bezeichnen wir nach der Definition in als digitalen Zwilling (digitale Repräsentation eines aktiven Produkts, welche die Eigenschaften und das Verhalten des Produkts anhand von Modellen, Informationen und Daten beschreibt) [RGB+21]. Die entwickelte Methode basiert auf Gradient Boosted Models (GBMs) und der physikalischen Berechnung der Längsdynamik von Fahrzeugen. Die Modelle werden auf Basis historischer, realer Vorbeifahrtmessungen trainiert. Da die Datenbeschaffung zur Fahrdynamikberechnung recht aufwändig ist, werden die Modelle mit den realen, mitgemessenen Fahrdynamikgrößen trainiert. Für die anschließende Prädiktion werden die Daten aber mangels Realdaten mit der beschriebenen Fahrdynamikberechnung angereichert. Die Längsdynamikberechnung basiert auf physikalischen Ersatzmodellen und iterativer Lösung der dazugehörigen Differentialgleichung. Mithilfe von bekannten Eckdaten aus Konzept-/Lastenheften in der Entwicklung befindlicher Fahrzeuge, wie Motorleistung, Fahrzeuggewicht etc., kann nun für beliebige Umgebungsbedingungen, wie Lufttemperatur, Streckenbelag etc., der zu erwartende Gesamtschalldruckpegel vorhergesagt werden. Der durchschnittliche Fehler dieser Prädiktion von unbekanntem Fahrzeugen beträgt 1 dB(A). Eine Publikation der entwickelten Methode in einer entsprechenden Fachzeitschrift ist derzeit in Arbeit.

### 3.2.2 Komponentenpegelvorhersage: TPA und Beamforming

Wie in Abschnitt 2.3 bereits beschrieben, ist eines der Standardwerkzeuge von NVH-Ingenieuren die Transferpfadanalyse (TPA). TPA basiert auf der Idee einer Trennung von akustischen Quellen und ihren sogenannten Übertragungspfaden. Damit wird eine singuläre Beurteilung einzelner zum Gesamtgeräusch beitragender akustischer Quellen ermöglicht. Messungen zur Geräuschanalyse mittels TPA werden auf Rollenprüfständen durchgeführt. Mithilfe von Halbfreifeldräumen und Mikrofonreihen können Pass-By-Messungen simuliert werden, sodass dafür kein Pkw mehr an Mikrofonen auf einer Teststrecke vorbeifahren muss (vgl. Bild 1). TPA-basierte Methoden haben allerdings auch einige im Folgenden diskutierte Nachteile, weswegen in unserem Projekt eine kombinierte Methode zum Einsatz kommt. Messtechnisch sind TPA-Methoden sehr zeitaufwändig, denn eine Vielzahl an Mikrofonen muss an das zu untersuchende Objekt appliziert werden. Aus akustischer Sicht ist die Annahme von TPA, dass alle Teilschallquellen aus akustischen Monopolen bestehen, eine weitere relevante Fehlerquelle. Voruntersuchungen haben ergeben, dass TPA-Ansätze für die vorliegende Problemstellung nicht ausreichend exakt sind. Für die Erfüllung von LV2 wurde im Projekt daher eine neue akustische Methode entwickelt, die aus einer Kombination von TPA und dem sogenannten (inverse) Beamforming besteht. Beamforming versucht, mittels räumlicher Filter akustische Signale zu trennen, die überlappende Frequenzbereiche aufweisen, aber unterschiedlichen räumlichen Ursprungs sind [VB88]. Hauptvorteil der neu entwickelten Methode (im Projekt auch akustische

Filetierung genannt) ist ein fest installiertes Mikrofonarray aus 864 Mikrofonen, das die sensorische Grundlage des Verfahrens bildet. Daher müssen keine zusätzlichen Mikrofone an das Untersuchungsobjekt appliziert werden und der Zeitaufwand für eine Messung wird im Vergleich zur TPA um mehr als 50% reduziert (adressiert LV6). Gleichzeitig ermöglicht die sehr große Anzahl an Mikrofonen eine hohe Zahl an Freiheitsgraden, sodass auch andere Richtcharakteristiken der Teilschallquellen als die bei der TPA implizierten Monopole simuliert werden können. Damit werden beide beschriebenen Hauptnachteile der TPA kompensiert. Eine Publikation der Methode, die wir Helmholtz Inverse Beamforming nennen, in einer entsprechenden Fachzeitschrift ist in Planung.

### 3.2.3 Gesamtalgorithmus: Vom Gesamtpegel zur Komponenten-Zielabbildung

Das Hauptziel unseres Projekts ist die Ableitung von Komponentenzielwerten (LV3) und deren Abbildung in komponentenspezifische Zielgrößen (LV4) in der frühen digitalen Entwicklungsphase. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Ansätze aus Abschnitt 3.2.1 und Abschnitt 3.2.2 hierfür noch geeignet kombiniert und um weitere technische Ansätze ergänzt werden. Da, im Sinne der Machbarkeit, eine erfolgreiche End-to-End-Algorithmik nicht von vornherein feststand, sind wir mit der Kombinatorik einer Vielzahl von Algorithmen konfrontiert, alle mit unterschiedlichen physikalischen Ein- und Ausgangsgrößen. Um trotz der Vielzahl an Algorithmen zielführend einen Lösungsansatz eruieren zu können, wurde ein modulares Verfahren entwickelt, das wir Methodenbaukasten nennen [Kna21].

Tabelle 4 zeigt die physikalischen Ein- und Ausgänge der verschiedenen Algorithmen. Auf der Hauptdiagonale befinden sich die Symbole der physikalischen Größen. Hier sind Ein- und Ausgang des Symbols identisch. Zwei Algorithmen, die mithilfe des gleichen Symbols auf der Hauptdiagonalen dargestellt werden, sind direkt miteinander in Reihe verschaltbar. Abseits der Hauptdiagonale sind Ein- und Ausgang unterschiedlich. Sollen zwei Algorithmen eines solchen Symbols miteinander verbunden werden, muss mithilfe eines weiteren Symbols (und später eines technischen Bausteins) abseits der Hauptdiagonalen adaptiert werden. Mithilfe der I/O-Matrix kann nun zielführend aus den verschiedenen Algorithmen ein Gesamtlösungsansatz zusammengesetzt werden, bei dem die Konsistenz der physikalischen Ein- und Ausgangsgrößen sichergestellt ist. Fehlende Adapter, um Größen ineinander zu überführen, werden sofort sichtbar. Diese können nun ggf. implementiert und dem Methodenbaukasten hinzugefügt werden.

Tabelle 4: I/O-Matrix aller Algorithmen inklusive ihrer Adaptionen

|                                    |          | Schalldruck<br>[Pa] |         | Schallfluss<br>[m <sup>3</sup> /s] |         | Schalldruckpegel<br>[dB(A)] |         | ML      |
|------------------------------------|----------|---------------------|---------|------------------------------------|---------|-----------------------------|---------|---------|
|                                    |          | Zeit [s]            | Ort [m] | Zeit [s]                           | Ort [m] | Zeit [s]                    | Ort [m] | Ort [m] |
| Schalldruck<br>[Pa]                | Zeit [s] |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
|                                    | Ort [m]  |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
| Schallfluss<br>[m <sup>3</sup> /s] | Zeit [s] |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
|                                    | Ort [m]  |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
| Schalldruckpegel<br>[dB(A)]        | Zeit [s] |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
|                                    | Ort [m]  |                     |         |                                    |         |                             |         |         |
| ML                                 | Ort [m]  |                     |         |                                    |         |                             |         |         |

Das Lösungsverfahren für LV3 wird anhand eines Methodenbaukasten-Diagramms in Bild 2 dargestellt. Das **Ergebnis (3b)** in Bild 2 stellt den jeweiligen Komponentengrenzwert (Abgasanlage oder Reifen) dar, mit dem das Gesamtgeräusch insgesamt unter den Grenzwerten aus Tabelle 1 bleibt. Dieser Grenzwert beschreibt den maximal zulässigen Teilschalldruckpegel dieser Komponente am Pass-By-Mikrofon.

Wie dargestellt, besteht unsere Algorithmik zur Erfüllung von LV3 aus folgenden Schritten:

- 1) Ermittlung des  $L_{urban}$  der ML-Prognose des unbekanntes Fahrzeugs
  - a. **ML-Prognose:** KI-basierte Prädiktion des Gesamtgeräuschs für Konstant- und beschleunigte Fahrt eines unbekanntes Fahrzeugs anhand bereits bekannter Fahrzeugeckdaten aus Konzept-/Lastenheft
  - b. **Reifensim.:** Virtueller Reifentausch, falls der Reifen der ML-Prognose nicht dem Zielreifen des unbekanntes Fahrzeugs entspricht [Mül21-ol]
  - c. **ECE R51.03:** Berechnung von  $L_{urban}$  der ML-Prognose
- 2) Ermittlung der Teilschallquellen-Verhältnisse eines ähnlichen Fahrzeugs
  - a. **Filetierung:** Teilschallquellenanalyse eines bekannten (dem unbekanntes Fahrzeug möglichst ähnlichen) Fahrzeugs für Konstant- und beschleunigte Fahrten
  - b. **Transferfunktion:** Transfer des filetierten Schallfeldes auf die Zielmikrofone
  - c. **Sim. Pass-By:** Berechnung der Vorbeifahrt an den Zielmikrofonen
  - d. **Reifensim.:** Virtueller Reifentausch, um das Reifen-Rolle-Geräusch auf dem Prüfstand dem Reifen-Fahrbahngeräusch auf der Straße anzupassen
  - e. **ECE R51.03:** Berechnung von  $L_{urban}$  aller Teilschallquellen
- 3) Ermittlung des maximal erlaubten Komponentengrenzwerts
  - a. **Projektion:** Anwendung der Teilschallquellenpegel-Verhältnisse aus der Filetierung auf den Gesamtpegel aus der ML-Prognose
  - b. **Ergebnis:** Berechnung des maximal erlaubten Komponentengrenzwerts (Abgasanlage oder Reifen) für das unbekanntes Fahrzeug

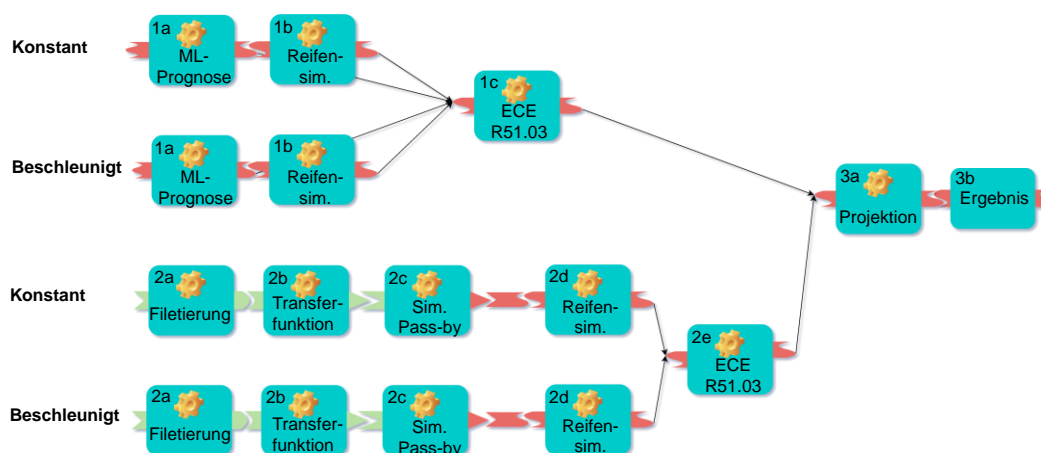


Bild 2: Methodenbaukasten-Diagramm zur Ableitung von Komponentengrenzwerten

Das **Ergebnis (3b)** beschreibt den maximal zulässigen Teilschalldruckpegel für Reifen bzw. Abgasanlage am Pass-By-Mikrofon. Die entsprechende Berechnung beruht hauptsächlich auf

der Annahme, dass künftige Fahrzeuge sich nur im Gesamtpegel signifikant von ihren Vorgängerfahrzeugen unterscheiden. Die Verteilung der Teilschallquellen des zukünftigen Fahrzeugs wird als ausreichend ähnlich zum Vorgängerfahrzeug angenommen und daher dessen Teilschallquellenverteilung mithilfe von Helmholtz Inverse Beamforming analysiert. Damit ist die **Projektion (3a)** der Teilschallquellenverteilung auf die **ML-Prognose (1a)** legitim. Aus der nun bekannten Teilschallquellenverteilung des zukünftigen Fahrzeugs (und den bekannten gesetzlichen Grenzwerten nach ECE R51.03) können nun die maximal zulässigen Teilschalldruckpegel für Abgasanlage oder Reifen berechnet werden. Diese müssen für die Komponentenlieferanten in die jeweilige Domäne überführt werden (LV4). Für den Reifen können aus dem Grenzwert relativ unkompliziert Koeffizienten berechnet werden, welche als Zielvorgaben dann an die Reifenhersteller weitergegeben werden. Diese Koeffizientenberechnung basiert auf derselben Methode, die in Bild 2 als **Reifensim. (1b, 2d)** bezeichnet wird. Hier werden mithilfe spezieller Messungen mit einem akustisch gekapselten Fahrzeug digitale Zwillinge der Reifen berechnet, die es ermöglichen, digital einen Reifentausch durchzuführen [Mül21-ol]. Diese digitalen Zwillinge bestehen aus den oben erwähnten Koeffizienten (kategorisierbar im Sinne von [RGB+21] als Zwillinge der Design-Phase für Subsystem-Hierarchieebenen für Simulation). Für die Abgasanlage ist die Ableitung eines Zielwertes zur Weitergabe an Zulieferer etwas aufwendiger. Hier muss eine weitere akustische Methode angewendet werden, um den Komponentengrenzwert am Pass-By-Mikrofon auf ein virtuelles Mikrofon nahe der Abgasmündung zu transferieren. Diese Methode, die an dieser Stelle nicht detailliert diskutiert werden soll, basiert auf dem in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Algorithmus zur (akustischen) Filetierung. Danach kann der maximal erlaubte Mündungspegel in Abhängigkeit von der Drehzahl abgebildet werden.

Der spannendste algorithmische Schritt ist die Anwendung der Filetierung auf das Ergebnis der ML-Prognose, in Bild 2 dargestellt als **Projektion (3a)**. Nach unserer Meinung ist diese neuartige Kombination von Techniken einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren, der das vorliegende Projekt von anderen, gescheiterten Ansätzen unterscheidet. Erst die Kombination von ML zur Gesamtpegelprädiktion eines unbekanntes Fahrzeugs mit der neu entwickelten Teilschallquellenanalyse eines bekannten Fahrzeugs führt zum Ziel, Komponentengrenzwerte ausreichend genau zu prognostizieren.

### 3.2.4 Technische Infrastruktur

Die technische Infrastruktur schafft die Voraussetzung für die Realisierung des Lösungsverfahrens. Dabei müssen insbesondere die Anforderungen LV5 (Datenbank) und LV6 (Industrialisierung) adressiert werden. Wir gehen hier kurz auf die wichtigsten Aspekte Architektur, Nutzungsschnittstelle und Integration ein.

Das Lösungsverfahren ist als verteilte Anwendung implementiert und die Architektur besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- **Verteilte Datenablagen:** Die Messungen (Straße und Prüfstände) liegen aus historischen Gründen auf unterschiedlichen Speichern verteilt im Intranet von Mercedes-Benz vor.

- **Prüfstand mit Array:** Der Prüfstand mit dem Array verfügt über Messrechner, mit denen die Aufzeichnungen mit dem Array gesteuert werden. Außerdem werden hier auch erste rechenintensive algorithmische Berechnungen direkt „vor Ort“ durchgeführt.
- **S!TA-Cloud:** Das Herzstück der Anwendung bildet eine Cloud-Anwendung, auf der die Mehrzahl der Funktionen betrieben werden. Die relevanten Daten aus den verteilten Datenablagen und dem Prüfstand werden hierhin synchronisiert und in eine zentrale Datenbank importiert. Hier werden auch alle auf Basis von Messdaten und Berechnungen erstellten digitalen Zwillinge vorgehalten. Dies unterstützt die Erfüllung von LV5.

Die Nutzung des Lösungsverfahrens erfolgt im Wesentlichen über zwei zentrale *Nutzungsschnittstellen*. Über eine Anwendung auf dem Messrechner des Arrays werden die Messungen mit dem Array gesteuert. Schwerpunkt der Nutzungsschnittstelle bildet aber ein Browser-basiertes Frontend für die S!TA-Cloud, über das alle wesentlichen Funktionen integriert über eine Website zur Verfügung gestellt werden. Die Funktionalität hinter dieser Website wird laufend erweitert und ist seit den ersten Projektmonaten für das Projektteam erreichbar. Die Nutzungsschnittstellen werden im engen Austausch mit dem Mercedes-Benz-Team und UX-Designern entwickelt, um die Erfüllung von LV6 zu fördern.

Für die einfache *Integration* der von den Partnern erarbeiteten IT-Funktionalität werden im Projekt sogenannte „Container“-Technologien genutzt [BBH19]. Diese erlauben es den Partnern, in sich geschlossene, eigenständige Programme als ausführbare Pakete (Container) bereitzustellen. Diese werden in der Cloud dann über die S!TA-Basisanwendung integriert und ausgeführt. Die Cloud-Plattform wird dabei von Mercedes-Benz auf Basis eines Public-Cloud-Anbieters zur Verfügung gestellt. Der Einsatz von modernen DevOps-Technologien erlaubt es den Partnern, ihre Container eigenständig durch neuere Versionen auszutauschen. Diese werden dann automatisch in die laufende S!TA-Cloud integriert. Dies erlaubt eine frühzeitige Integration von in der Entwicklung befindlichen Funktionen und fördert damit die Erfüllung von LV6. Beispielweise werden nichtfunktionale Anforderungen, wie Berechnungszeit und Speicherbedarf, damit frühzeitig sichtbar und bei Änderungen an Algorithmen und Architektur berücksichtigt.

### 3.3 Projektvorgehen

In dem beschriebenen Projekt verfolgen die beteiligten Partner entsprechend ihrem jeweiligen Arbeitsschwerpunkt eigenständig die Entwicklung der entsprechenden Liefergegenstände gegenüber Mercedes-Benz. Da das Vorhaben, ein Lösungsverfahren zu identifizieren und umzusetzen, den illustrierten Anforderungen unterliegt, ist eine effiziente Zusammenarbeit aber unerlässlich. In diesem Abschnitt beschreiben wir zunächst unser allgemeines Zusammenarbeitsmodell, mit dem wir die Anforderungen erfüllen. Im Anschluss gehen wir auf die Regeltermine ein, die unser Projektvorgehen kennzeichnen.

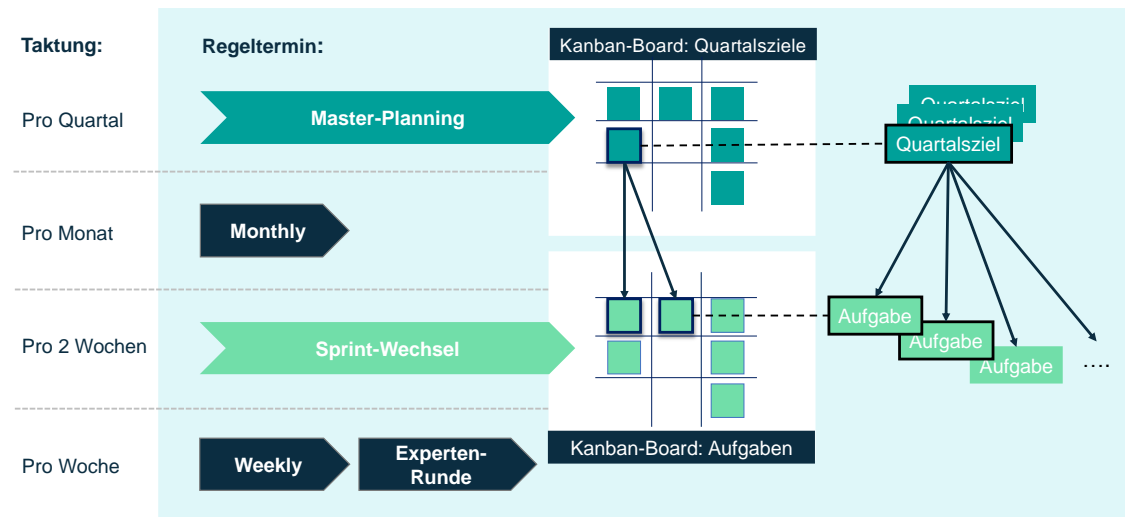


### 3.3.1 Zusammenarbeitsmodell

Wir verfolgen insbesondere Ansätze aus der Agilität, bei denen die folgenden Ziele im Mittelpunkt stehen: Flexible Planung, frühe Integration, hohe Transparenz, kontinuierliche Verbesserung und vertrauensvolle Zusammenarbeit [BBB+01-ol], [SS20-ol], [GF15-ol]. Damit werden alle vorgestellten Anforderungen an das Projektvorgehen adressiert: PV1 (Gemeinsame Vision), PV2 (Umgang mit Unwägbarkeiten), PV3 (Unklare Anforderungen), PV4 (Lange Entwicklungszeiträume) und PV5 (Zielkonflikte). Insbesondere die vertrauensvolle Zusammenarbeit ohne „Fingerpointing“ mit der transparenten Kommunikation von Problemen wird von allen Partnern als sehr positiv und sehr zielführend empfunden. Das Projektteam nutzt für die gemeinsame Arbeit eine Kollaborationsplattform für Videokonferenzen, als Dateiablage und für Gruppenchat-Kanäle. Insbesondere letztere fördern den unbürokratischen direkten Austausch von Experten der zuliefernden Partnerunternehmen. Daneben nutzt das Team zwei digitale Kanban-Boards, die die Aufgaben auf Quartals- und Zwei-Wochen-Ebene beschreiben. Die Aufgaben wurden initial in einem gemeinsamen Auftaktworkshop vor Ort mit dem Kernteam partnerübergreifend erarbeitet. Damit wurde ein erster möglicher Lösungsweg skizziert und insbesondere PV1 adressiert. Anschließend wurde und wird das Projekt hauptsächlich mithilfe von Regelterminen gesteuert und vorangetrieben. Die Aufgaben sind über Swimlanes thematischen Streams zugeordnet, beispielsweise für die akustischen Methoden, die KI oder die IT-Plattform.

### 3.3.2 Regel-Termine / Zeremonien

Die Arbeit im Projekt wird über eine Reihe von verschiedenen Regelterminen gesteuert, die die Aufgaben auf verschiedenen Granularitätsebenen betrachten (vgl. Bild 3). Für die Mittel- und Langfristplanung im Projekt führen wir vor dem Beginn eines Quartals ein *Master-Planning* durch. Hier werden die wesentlichen Ziele im Sinne der Gesamtlösung für jeden Partner getrackt und ggf. neue Zwischenziele definiert. Dies fokussiert insbesondere PV1 und PV5. Hier führen wir mit Blick auf das vergangene Quartal auch eine Retrospektive durch, um für Hindernisse und Reibungsverluste passende Handlungsoptionen zu identifizieren [SS20-ol]. Dies hilft insbesondere auch für den Umgang mit PV2. Die Quartalsziele sind Grundlage für den *Sprint-Wechsel*, in dem die Ergebnisse der vergangenen zwei Wochen besprochen und die Aufgaben für den Zeitraum der kommenden zwei Wochen geplant werden. Ergänzend findet einmal wöchentlich ein *Weekly* statt, in dem alle Partner einen kurzen Überblick über stattfindende Aktivitäten geben. Außerdem werden hier kurzfristig auftretender Gesprächsbedarf adressiert (PV2) und Termine koordiniert. Einmal im Monat berichtet die Projektleitung im *Monthly* an den Projekt-Sponsor über Fortschritt und Risiken. Dies unterstützt, die Anforderungen PV2, PV4 und PV5 zu adressieren und das Erwartungsmanagement außerhalb des Projektteams zu steuern. Ergänzt werden Master-Planning, Sprint-Wechsel und Weekly, die mit dem gesamten Kernteam durchgeführt werden, durch Arbeitstreffen in der sogenannten *Experten-Runde*. In der Expertenrunde treffen sich einmal die Woche die Experten der zuliefernden Partnerunternehmen aus unterschiedlichen Disziplinen, um Querschnittsthemen des Lösungsverfahrens voranzutreiben, beispielsweise die Ermittlung der Gesamtunschärfe (Fehlerfortpflanzung) des Verfahrens, auf Grundlage der Unschärfe einzelner algorithmischer Schritte.



*Bild 3: Regeltermine in der Übersicht. Quartalsziele werden zu Zwei-Wochen-Aufgaben verfeinert und über Kanban-Boards verfolgt.*

## 4 Zusammenfassung

In diesem Beitrag haben wir von einem konkretem Fallbeispiel aus der Domäne der Homologation von Fahrzeug-Vorbeifahrtgeräuschpegeln berichtet. Wir haben beschrieben, dass, aufgrund sich verschärfender gesetzlicher Grenzwerte, bestehende Ansätze für die Bestimmung von Geräuschvorgaben für Fahrzeugkomponenten nicht mehr ausreichend genau sind, und dass deshalb ein neues Verfahren entwickelt und parallel dazu zur industriell anwendbaren Reife gebracht werden muss. Dazu kombiniert unser Ansatz akustische Methoden und KI, um schon während der digitalen Phase der Fahrzeugentwicklung Gesamt- und Komponentengeräusch zu prognostizieren. Wir haben dargestellt, dass wir unseren Fall daher als ein Beispiel für den allgemeinen Trend hin zur zunehmenden Bedeutung der frühen digitalen Phasen und der Innovation von neuen Lösungsverfahren verstehen. Wir glauben daher, dass die in unserem Beitrag dargestellten Herausforderungen und unser Vorgehen auch für andere Domänen relevant sind. Unsere Lösung basiert auf der Kombination verschiedener Disziplinen und der Kollaboration sich ergänzender Partnerunternehmen. Diese Diversität ist eine der Herausforderungen des Projekts. Wir haben dargestellt, wie Werte und Praktiken aus dem agilen Umfeld uns dabei unterstützen, diesen und anderen Herausforderungen zu begegnen. Insbesondere unterstützt uns der agile Ansatz dabei, kontinuierlich den Proof-of-Concept der durchgehenden Gesamtlösung gegen die Industrialisierung von Lösungsbausteinen abzuwägen. Aktuell stehen wir vor dem ersten größeren Release der Plattform, die Funktionen aller Partner integriert und dem Nutzer zur Verfügung stellt. Zum Ende des Jahres sollten alle wesentlichen Funktionen integriert und das Lösungsverfahren in Gänze realisiert und mit mehreren Fahrzeugprojekten validiert sein. Dann können wir konkrete Aussagen über die Güte des gesamten Verfahrens treffen. Mittelfristig werden auch weitere Partner, wie Komponentenlieferanten, eingebunden. Diese werden z.B. direkt die digitalen Zwillinge ihrer Komponenten selbst bereitstellen, um damit noch früher im Entwicklungsprozess eingebunden zu werden.

## Danksagung

Die Autoren danken den Projektmitgliedern von Mercedes-Benz und den beauftragten Partnerunternehmen für die Anregungen und das Feedback zu diesem Papier. Die dargestellte Lösung basiert auf der gemeinsamen Leistung des gesamten Teams, zu dem die Mitglieder ebenfalls ihre wertvollen Beiträge geleistet haben. Stellvertretend möchten wir hier namentlich erwähnen: Sinem Turhan und Torsten König (Mercedes-Benz), Joachim Rosskopf (DataZoo), Christof Puhle und Andy Meyer (GfAI), Marc-André Scheu (NEXT Data Service).

## Literatur

- [AMV+16] ANNINA, S.; MAHIMA, D.; VENKATESAN, S.; RAMSEH, B.: An Overview of Machine Learning and its Applications, In: International Journal of Electrical Sciences & Engineering, Volume 1(1), 2016, Bengaluru, 2016
- [AP19] ARSIC, D.; POHL, M.: A framework for the sensitivity analysis of transfer paths combining contribution analysis and response modification analysis, 4th Automotive Acoustics Conference, 2019, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 1. Edition, 2019
- [BBB+01-ol] BECK, K.; BEEDLE, B.; BENNEKUM, A.; COCKBURN, A.; CUNNINGHAM, W.; FOWLER, M.; GRENNING, J.; HIGHSMITH, J.; HUNT, A.; JEFFRIES, R.; KERN, J.; MARICK, B.; MARTIN, R. C.; MELLOR, S.; SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J.; THOMAS, D.: The Agile Manifesto. Unter <https://agilemanifesto.org/>, 2001
- [BBH19] BURNS, B.; BEDA, J.; HIGHTOWER, K.: KUBERNETES: Up and Running – Dive into the Future of Infrastructure. O’Reilly, Sebastopol, 2. Auflage, 2019
- [BPS+08] BERCKMANN, D.; PLUYMERS, B.; SAS, P.; DESMET, W.; LEUVEN, K.: Numerical case-study on the development of acoustic equi-valent source models for use in sound synthesis methods, 23th International Conference on Noise and Vibration Engineering, September 15-17, 2008, Leuven, KU Leuven, 2008
- [ECE18] Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard to their sound emissions, European Standard ECE R51.03:2018. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Geneva, 2018
- [FJ03] FRY, J.; JENNINGS, P.: Using multi-layer perceptrons to predict vehicle pass-by noise, In: Neural Comput. Appl., Volume 11(3-4), 2003, Springer, Heidelberg, 2003
- [GF15-ol] GÜLDALI, B.; FAZAL-BAQAIE, M.: Skalieren von großen agilen Projekten mit verteilten Backlogs. In: OBJEKTspektrum (Online Themenspecials), Ausgabe Agility/2015, SIGS DATA-COM, S. 1-4, 2015
- [ISO98] Acoustics–Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method, International Standard ISO 362:1998, International Organization for Standardization, Geneva, 1998
- [ISO15] Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 1: M and N categories, International Standard ISO 362-1:2015, International Organization for Standardization, Geneva, 2015
- [JBB+14] JANSSENS, K.; BIANCIARDI, F.; BRITTE, L.; PONSEELE, P. V. D.; AUWERAER, H. V. D.: Pass-by noise engineering: a review of different transfer path analysis techniques, 26th International Conference on Noise and Vibration Engineering, September 15- 17, 2014, Leuven, KU Leuven, 2015
- [KKT+18] KRITZINGER, W.; KARNER, M.; TRAAAR, G.; HENJES, J.; SIHN, W.: Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 2018), 11 – 13 Juni 2018, Bergamo, Elsevier Ltd., 1. Auflage, 2018

- [LSR+19] LEE, J.; SUH, T.; ROY, D.; BAUCUS, M.: Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence. In: Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, Volume 5(3), MDPI, Basel, 2019
- [LZC20] LIM, K.Y.H.; ZHENG, P.; CHEN, C.: A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. In: Journal of Intelligent Manufacturing, Springer Nature, Ausgabe 31, S. 1313–1337, 2020
- [Mül21-ol] MÜLLER-BBM: PAK Passby 3.X Unter: <https://www.mbbm-vas.com/produkte/date-nalyse/pak-pass-by>, Letzter Zugriff: 28. Juni 2021
- [Moo17] MOORE, D.: Development of ECE R51.03 noise emission regulation, In: SAE Int. Edition, Volume 10(3), 2017
- [PCL16] PETERS, S.; CHUN, J. H.; LANZA, G.: Digitalization of automotive industry - scenarios for future manufacturing, Manufacturing Review, Volume 3, EDP Sciences, 2016
- [RGB+21] RASOR, R.; GÖLLNER, D.; BERNIJAZOV, R.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.: Towards collaborative life cycle specification of digital twins in manufacturing value chains, 28th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, 10 – 12 März 2021, Jaipur, Elsevier B.V., 1. Auflage, 2021
- [RSA+19] RAJAGOPAL, G.; SANTOSH, G.; ABHILASH, M.; KRISHNAMURTHY, GS.; GILES, R.: Pass-by noise prediction of a vehicle, 25th Small Engine Technology Conference & Exposition, November 19-21, 2019, Minneapolis, SAE International, 2020
- [SRJ+19] SHAW, J.; RUDZICZ, F.; JAMIESON, T.; GOLDFARB, A.: Artificial Intelligence and the Implementation Challenge., In: J Med Internet Res, JMIR Publications, Volume 21(7), 2019
- [SS20-ol] SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J.: The 2020 Scrum Guide. Unter <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>, 2020
- [VB88] VAN VEEN, B. D.; BUCKLEY, K. M.: Beamforming: a versatile approach to spatial filtering, In IEEE ASSP Magazine, Volume 10(2), 1988
- [XHW20] XUE, Z.; HELMUT, K.; WIM, D.R.: Pass-by noise modelling applying machine learning, e-Forum Acusticum, December 7-11, 2020

## Autoren

**Dr. Masud Fazal-Baqaie** ist Data Coach und Product Journey Manager bei der Next Data Service AG. An der Schnittstelle zwischen Kunden, Data Scientists und Entwicklern fördert und steuert er die wertgetriebene und produktorientierte Entwicklung von datengetriebenen Services und bewegt sich dabei in und zwischen allen drei Domänen. Als Sprecher der GI-Fachgruppe „Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung“ ist er Mitorganisator der jährlichen Tagung „Projektmanagement und Vorgehensmodelle“ und Mitherausgeber des zugehörigen Tagungsbandes. Vorher absolvierte er verschiedene Stationen in Wissenschaft und Praxis.

**Fabian Knappe, M.Sc.** ist Data Coach bei der Next Data Service AG. Seit 2017 promoviert er am Institut für Hörtechnik und Akustik an der RWTH Aachen. Den Praxisteil der Promotion absolvierte er bei der Mercedes-Benz AG. Dort entwickelte er das Konzept zur Digitalisierung des Produktentstehungsprozesses von Pkw hinsichtlich Außengeräusch und dessen algorithmische Umsetzung mithilfe von akustischen Methoden und Künstlicher Intelligenz. In dieser Zeit übernahm er zusätzlich die technische Leitung des Umsetzungsprojekts. Seit 2021 wirkt er bei der Next Data Service AG an der Industrialisierung des Projekts mit.

**Dipl.-Ing. Ralf Sperber** ist Teamleiter für „Außengeräusch Pkw“ bei der Mercedes-Benz AG. Er ist verantwortlich für die Absicherung der Zertifizierungsanforderungen über den gesamten

Entwicklungsprozess inklusive der abschließenden Zertifizierungsmessungen. In diesem Rahmen werden sowohl Ergebnisse aus der Simulation als auch reale Fahrzeugmessungen auf Prüfständen und Teststrecken für die benötigten Analysen herangezogen. Vorher absolvierte er verschiedene Stationen in Konstruktion und Versuch im gleichen Unternehmen.

# **Agile Entwicklungsmethoden für die Materialentwicklung: Vorteile und Anwenderempfehlungen**

***Hannah Carlotta Kelbel, M.Sc.***

***Florian Brillowski, M.Sc.***

***Hannah Dammers, M.Sc.***

***Melina Sachtleben, M.Sc.***

***Univ.-Prof. Prof. h.c. (Moscow State Univ.) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt Thomas Gries***

*Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen*

*Otto-Blumenthal-Str. 1*

*Tel. +49 (0) 241 / 80 23 400, Fax. +49 (0) 241 / 80 22 422*

*E-Mail: hannah.kelbel@ita.rwth-aachen.de*

## **Zusammenfassung**

Die Dauer, um eine Materialinnovation in den Anwendungskontext zu bringen, kann mehreren Jahrzehnten entsprechen. Während dieser Entwicklungszeit wird auf Grund der Komplexität der Entwicklung das Material häufig nur für eine spezifische Anwendung entwickelt und durchläuft das nach Gartners Hype Cycle definierte Tal der Tränen [Pan17]. Jedoch wird das Potential des Materials für andere Anwendungen dabei häufig erst am Schluss der Entwicklungszeit ermittelt. Gründe hierfür sind die fehlende Interaktion mit fachfremden Anwendergruppen und die fehlende Flexibilität der bestehenden Wasserfallentwicklungsmethode. Dem gegenüber steht die Entwicklung von Software mit agilen Entwicklungsmethoden. Hier werden in kurzen Iterationszyklen Funktionen im SCRUM Vorgehen und mit Nutzern implementiert [SB04]. Die Anwendung der agilen Entwicklungsmethoden findet immer mehr auch im technischen Umfeld Anwendung [ADS18]. Für die Materialinnovation 4D-Textilien wird deshalb am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen nach einem Entwicklungsvorgehen, orientiert an den Prinzipien der agilen Software-Frameworks, vorgegangen [Sch20]. 4D-Textilien sind Materialien, die auf einen externen Stimulus mit einer Änderung von Form oder Funktion über die Zeit reagieren [GGs+18]. Die Entwicklung erfolgt parallel digital und physisch, welches die Nutzung von agilen Entwicklungsvorgehen geeignet macht. Das Vorgehen ist in drei Phasen unterteilt, in denen spezifische Herausforderungen identifiziert (Understand-Phase), mittels Materialprototyping getestet (Create-Phase) und abschließend materialtechnisch weiterentwickelt werden (Develop-Phase) [SKP+18]. Die Vorteile dieses Vorgehen sind: die Sicherstellung, dass der Anwendungsfall vorliegt, dass eine Herausforderung durch die Materialinnovation gelöst werden kann, die technische Weiterentwicklung darauf ausgelegt ist und Fehlinvestitionen früh erkannt und damit vermieden werden. Ziel ist es, das Vorgehen auf andere Materialinnovationsprozesse zu übertragen. Dafür werden die Aspekte Prototyping und Nutzerinteraktion auf den Bereich Faserverbundkunststoffe und biobasierte textile Materialien am ITA übertragen und Herausforderungen und Vorteile identifiziert. Ein Aufstellung für den Transfer des Vorgehens auf weitere Materialinnovationsprozesse wird vorgeschlagen, der Entscheidern die Anwendung des Vorgehens erleichtert.

## **Schlüsselworte**

Materialinnovation, agile Materialentwicklung, Prototyping, additive Fertigung

# **Agile methods for material development: advantages and advice for decision-makers**

## **Abstract**

The duration to bring a material innovation into the application context can be several decades. During this development time, due to the complexity of the development, the material is often only developed for a specific application and passes through the valley of tears defined according to Gartner's Hype Cycle [Pan17]. However, the potential of the material for other applications is thereby often only determined at the end of the development time. Reasons for this are the lack of interaction with user groups from outside the discipline and the lack of flexibility of the existing waterfall development method. In contrast to this is the development of software with agile development methods. Here functions are implemented in short iteration cycles in the SCRUM procedure and with users [SB04]. However, the application of agile development methods is also increasingly being used in the technical environment [ADS18]. For the material innovation 4D textile, the Institute of Textile Technology (ITA) at RWTH Aachen University is therefore following a development procedure based on the principles of agile software frameworks [Sch20]. 4D textiles are materials that respond to an external stimulus by changing form or function over time [GGs+18]. The development is done in parallel digitally and physically, which makes the use of agile development approaches suitable. The approach is divided into three phases in which specific challenges are identified (Understand phase), tested by means of material prototyping (Create phase), and finally materially developed (Develop phase) [SKP+18]. The advantages of this approach are: ensuring that the use case exists, that a challenge can be solved by the material innovation, that the technical further development is designed for it, and that bad investments are identified early and thus avoided. The aim is to transfer the procedure to other material innovation processes. In this contribution, the aspects of prototyping and user interaction will be transferred to the field of fiber-reinforced plastics and bio-based textile materials at ITA, and challenges and advantages will be identified. A catalog for the transfer of the approach to other material innovation processes will be proposed to make it easier for decision-makers to apply the approach.

## **Keywords**

Material innovation, agile material development, prototyping, additive manufacturing





## 1 Einführung

Erfolgreiche Materialentwicklungen bilden die Grundlage für Sprunginnovationen in sämtlichen Bereichen der Wirtschaft. Um immer innovativere Technologien in immer kürzeren Zyklen auf den Markt zu bringen, werden neue Materialien und deren Herstellungsverfahren mit Hochdruck entwickelt [MR17]. Bekannte Materialinnovationen, die Produktinnovationen erst möglich gemacht haben, sind beispielsweise Perlon der IG Farben (1931) und Nylon von DuPont (1939) zur Herstellung von reißfesten Strumpfhosen. Ein aktuelleres Beispiel ist die Umsetzung des Lithium-Ionen-Akkus von Dr. Akira Yoshino (1982), ohne dessen Materialinnovation heute keine Elektromobilität denkbar ist.

Die Dauer, um eine Materialinnovation in den Anwendungskontext zu bringen, kann mehreren Jahrzehnten entsprechen. Während dieser Entwicklungszeit wird auf Grund der Komplexität der Entwicklung das Material häufig nur für eine spezifische Anwendung entwickelt und durchläuft das nach Gartners Hype Cycle definierte Tal der Tränen [Pan17]. Jedoch wird das Potential des Materials für andere Anwendungen dabei häufig erst am Schluss der Entwicklungszeit ermittelt. Gründe hierfür sind die fehlende Interaktion mit fachfremden Anwendergruppen und die fehlende Flexibilität der bestehenden Wasserfallentwicklungsmethode. Gleichzeitig ist die experimentelle Materialentwicklung weiterhin mit hohen Kosten und Zeitaufwand verbunden [MR17]. Lösungsansätze fallen hier häufig auf die Entwicklung von Simulationssoftware [MR17].

An dieser Stelle werden agile Entwicklungsmethoden interessant, die der aufgeführten Wasserfallmethodik gegenüberstehen. Hier werden in kurzen Iterationszyklen Funktionen z.B. im SCRUM Vorgehen und mit Nutzern implementiert [SB02]. Die Anwendung der agilen Entwicklungsmethoden findet immer mehr auch im technischen Umfeld Anwendung [ADS18].

Gleichzeitig entstehen Produktionstechnologien wie die additive Fertigung, auch dreidimensional (3D-)Druck, die es erlauben, in kurzen Iterationszyklen von einem Material zu einem finalen, anforderungsgerechten Produkt oder einer Komponente zu kommen („Rapid Prototyping“). So erlaubt es der 3D-Druck auch Änderungen an Komponenten eines Gesamtproduktes oder Maschine zu testen, indem einzelne Funktionen und deren Komponenten versuchsweise installiert werden. Darauf basierend kann dann eine Änderungsentscheidung getroffen werden.

Umgekehrt erlauben additive Fertigungsverfahren schnelle Aussagen über das Verhalten verschiedener Materialentwicklungsstufen. Die Anwendung der agilen Entwicklungsmethoden auf die Entwicklung von Materialien wird damit möglich. Im Folgenden wird dieser Schritt zur Entwicklung der Materialinnovation 4D-Textilien beschrieben und der Übertrag auf andere komplexe Materialentwicklungen dargestellt.

## 2 Bestehende Entwicklungsmethoden

Produkte sind technische Systeme, die Energie, Material oder Informationen umwandeln. Die Funktion des Produktes kann mittels physikalischer Größen beschrieben werden [FG13], [VDI

2221]. Zur Entwicklung von Produkten stehen sowohl im Design- als auch im Ingenieursbereich verschiedene Methoden mit unterschiedlichem Fokus zur Verfügung. Mittels der praktischen Materialentwicklung kann in einer kurzen Zeit viel greifbares Wissen über das Material ermittelt werden. Dies steht im Gegensatz zur technischen Materialentwicklung, bei der aus der Theorie heraus das Materialverhalten vorausgesagt werden möchte.

## 2.1 DIN 2221

Die Konstruktionsmethodik nach Pahl & Beitz und der Richtlinie VDI 2221 dient der Entwicklung und Konstruktion von technischen Produkten und Prozessen. Hinsichtlich der Funktionen kann in technische Funktionen und produktsprachliche Funktionen unterteilt werden. Der Ablauf teilt sich in vier Phasen auf: Planen und Klären der Aufgabe, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten. Die Stärken der VDI2221, die sich aus diesem Vorgehen ergeben, sind die verlässliche Entwicklung von sicherheitsrelevanten Bauteilen und die Nachvollziehbarkeit der Entwicklung in Einzelschritten [VDI2221]. Herausforderungen sind die nicht konsequent vorgesehenen Iterationsschleifen und Nutzbarkeitstest.

## 2.2 Material orientierte Design Methoden

Den genannten Herausforderungen werden klassischerweise Design Methoden gerecht. Es bestehen verschiedene konzeptionalisierte Materialentwicklungsmethoden im Design darunter das Reflective Transformative Design oder Smart Textile Service Design [HF08], [WTB+14].

Dem Reflective Transformative Design Prozess ist grundlegend, dass durch designerische Tätigkeiten Wissen generiert und nicht umgesetzt wird. Im Unterschied zu anderen Design Methodiken beginnt dieser Prozess nicht mit einer Analyse des Problems. Vielmehr basiert der Prozess auf der Parallelisierung von „making“ (machen) und „thinking“ (analysieren). Im Prozess werden Informationen generiert, um die Entscheidungen durch eine Vision zu lenken („envisioning“) und durch Nutzer zu validieren („exploring“). Das zentrale Vorgehen ist das „ideating“ (Erschaffen), „integrating“ (Integrieren) und „realising“ (realisieren) von Interaktionen [HF08]. Materialien werden auf Grund von Interaktionen, d.h. haptisch, olfaktorisch oder visuell, weiterentwickelt. Interaktionen finden mit der Umwelt statt. Dabei kann die Umwelt entweder der Mensch oder auch nicht-menschliche Objekte oder Lebewesen sein.

## 2.3 Agile Entwicklungsmethoden

Unter agilen Entwicklungsmethoden können insbesondere das Design Thinking, Lean-Startup und SCRUM sowie Kanban zusammengefasst werden. Während Design Thinking in der Problemverständnisphase eingesetzt werden kann, wird Lean-Startup zur Lösungsvalidierung und SCRUM zur Lösungsumsetzung angewandt. Die genannten Methoden werden primär in der Entwicklung von Software eingesetzt und haben in den vergangenen Jahren auch verstärktes Interesse in der physischen Produktentwicklung und Fertigung aufgerufen [Smi07-ol], [KR16]. Allen ist gemein, dass in iterativen Zyklen Ergebnisse mit Nutzern getestet werden.

Design Thinking wird in die Phasen: Verstehen, Definieren, Ideengenerierung, Prototyping und Testen unterteilt. SCRUM und Lean-Startup folgen dem Ablauf von Bauen, Testen, Iteration. In jedem Zyklus wird ein testbares, funktionales Produktinkrement erzeugt [Sch04]. Eine Verschränkung mit dem klassischen Stage-Gate-Verfahren ermöglicht eine Entwicklung insbesondere dort, wo altes und neues System aufeinandertreffen oder Übergänge abgebildet werden sollen [CS16], [AD15], [Con16]. Die Entwicklung in iterativen Zyklen ermöglicht eine schnellere Entwicklung durch die kontinuierliche Integration des Kundenbedürfnisses (vgl. Bild 1).

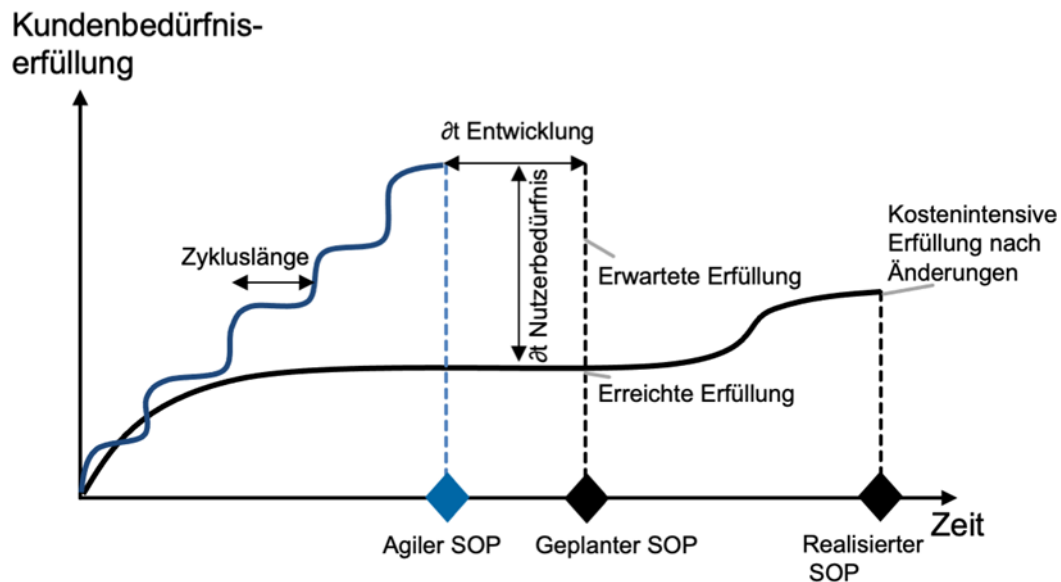


Bild 1: Unterschiede der agilen zur Wasserfall-Produktentwicklung [SDO+17]

## 2.4 Kombinierte Entwicklungsmethoden

Es finden sich verschiedene Ansätze, um Design Strategien in disziplinfremde Entwicklungsprozesse einzubinden; sowohl prozessseitig als auch ergebnisseitig. Die Integration von Design-Methoden in den Herausforderungsfindungsprozess wird für den Einsatz in der Lehre für Studierende als kreativitätsfördernd beschrieben [MBK+19]. Ebenfalls in der Lehre für den Studiengang „Development Engineering“ an der UC Berkeley, USA wird ein integriertes Konzept verfolgt, beim dem die Skalierung in der Umsetzungsphase im Fokus steht [RM18]. In anderen Disziplinen, z.B. in der nachhaltigen Entwicklung, unterstützt der Einsatz von partizipatorischem Design in Ko-Kreations-Prozessen die Entwicklung von Ideen durch eine Loslösung von Individual-Meinungen [Spi05, HB20]. Für die Entwicklung von Textilien wird ebenfalls der Ko-Kreation-Prozess mit physischen Artefakten als hilfreich beschrieben [VBB+17].

Auf Ebene der Integrationsart in den Prozess definieren Hehn et al. drei Strategien für die Integration von Design Thinking (DT) in den Anforderungsengineering-Prozess: Upfront DT, Infused DT und Continuous DT [HMu+20].

Zusammenfassend ist die Entwicklung von Materialien nicht direkt gleichzusetzen mit der Entwicklung von Produkten oder Dienstleistungen. Die Materialentwicklung wird bisher meist der Produktentwicklung vorgelagert gedacht. Einen anderen Weg gehen die designorientierten Materialentwicklungsmethoden, die eine integrative Vorgehensweise vorschlagen, jedoch der technischen Materialentwicklung nicht vollständig gerecht werden. Eine Parallelisierung oder

Integration der Produkt- und Materialentwicklungsprozesse ist daher sinnvoll und notwendig auch außerhalb der Lehre. Dabei ist die kontinuierliche Integration vielversprechend.

### 3 Agile Materialentwicklung

Die agilen Entwicklungsmethoden bieten eine Chance für die zukünftige Materialentwicklung. Gleichzeitig können nicht alle Faktoren direkt übernommen werden. Im Folgenden wird das Vorgehen anhand einer spezifischen Materialentwicklung entwickelt und validiert und dann auf zwei weitere Materialentwicklungen angewandt. Es werden Faktoren für den Übertrag auf andere Materialinnovationen abgeleitet und damit interessierten Anwendern zugänglich gemacht.

#### 3.1 Vorgehen

Der initiale Forschungsprozess ergibt sich aus der Entwicklung von 4D-Textilien am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University. 4D-Textilien sind Textilien oder textile Strukturen, die über die Zeit ihre Form oder Funktion verändern können. Diese Änderung wird durch einen externen Stimulus induziert. 4D-Textilien sind Multimaterialstrukturen, die aus textilen und 3d-gedruckten Komponenten zusammengesetzt werden. Hergestellt werden 4D-Textilien mittels 3D-Druck auf vorgespanntes Textil. Der Prozess ist in Bild 2 dargestellt. Es ergeben sich mindestens bi-stabile Strukturen, die angeregt durch externe Stimuli, zwischen den stabilen Zuständen wechseln können (vgl. Bild 2). Das Design und die Entwicklung von Anwendungen von 4D-Textilien ist komplex, da die Formänderung im Materialdesignprozess, Auswahl Strick und Design des Aufdrucks, mitgedacht werden muss. Die Vorteile liegen in der Nutzungsmöglichkeit von bestehenden Produktionswerkzeugen – Rund- oder Flachstricken.

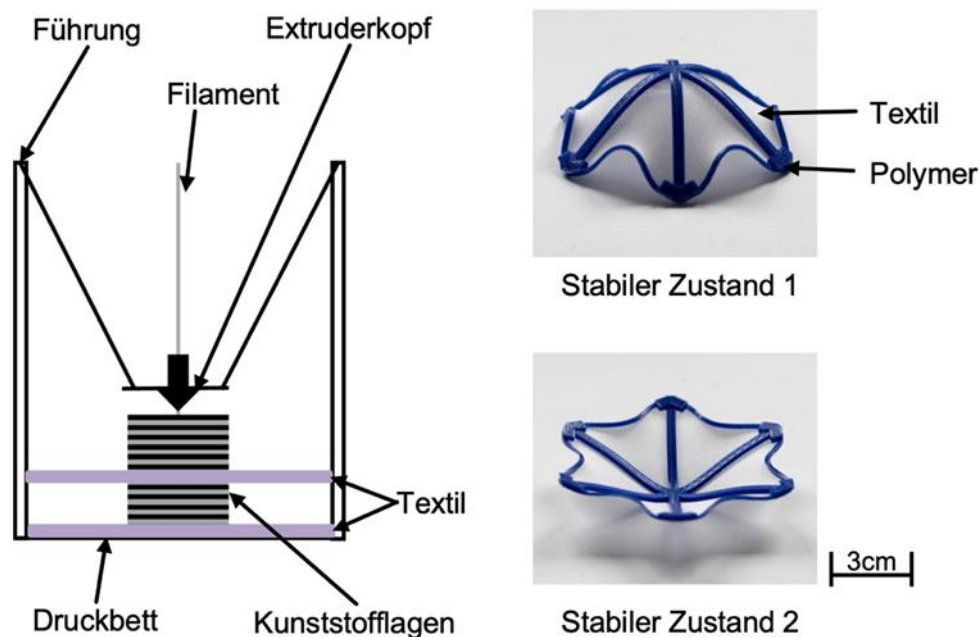


Bild 2: 3D-Druck auf vorgespanntes Textil resultiert in bistabile Materialstrukturen [KSG21]

Ohne Kenntnis des wirkenden Stimulus und der Umwelt auf die 4D-Textilien ist eine gezielte Entwicklung einer Anwendung nur eingeschränkt möglich. Daher ist die Methodik auf das frühzeitige Erkennen dieser Faktoren ausgerichtet und integriert von vornherein die Umwelt, den Nutzer und deren Anforderungen.

Die Methodik gliedert sich daher in drei Phasen: „**Understand**“ (Verstehen), „**Create**“ (Er-schaffen) und „**Develop**“ (Entwickeln) [SKP+18]. Das Aufeinanderfolgen dieser Phasen ist dem Design Thinking entnommen. Die *Understand-Phase* entspricht des Weiteren der Vorgehensweise im Design Thinking. Gleichermäßen entspricht sie den Komponenten „envisioning“ und „thinking“ im Reflective Transformative Design. Im Reflective Transformative Design im Smart Textile Services Design sind die Aktivitäten parallelisiert. Die *Create-Phase* folgt dem Zyklenvorgehen der SCRUM Methodik. Der Fokus liegt auf der praktischen, materialgetriebenen Entwicklung wobei am Ende eines Zyklus jeweils ein testbares Materialinkrement vorliegt. In der *Develop-Phase* werden die Materialien spezifiziert und Begriffe aus der Konstruktionsmethodik nach Pahl & Beitz aufgegriffen, um ein funktionierender Prototyp zu entwickeln und die Funktion detailliert zu definieren. Die entwickelte Methode zeichnet sich daher durch einen interdisziplinären Charakter aus (vgl. Bild 3).

Die Phasen sind bewusst in Dreiecken dargestellt, die das Konvergieren und Divergieren an Informationsmenge darstellen. Jeweils zum höchsten Punkt des Dreiecks ist auch die Informationsmenge am höchsten. An dem Übergang zwischen zwei Phasen steht eine Festlegung auf ein Element, daher ist hier die geringste Ausdehnung des Dreiecks. Die Höhe und Länge der Dreiecke stellen einen Indikator für die Höhe der Informationen und deren zeitliche Länge dar. Diese basieren auf den Erfahrungen der Autoren und können je nach Projekt auch variieren.

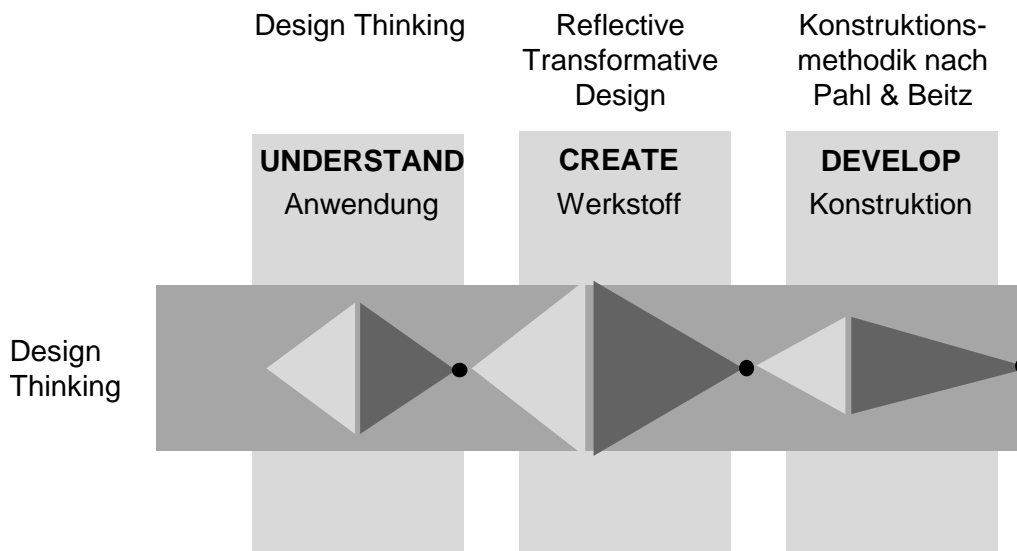


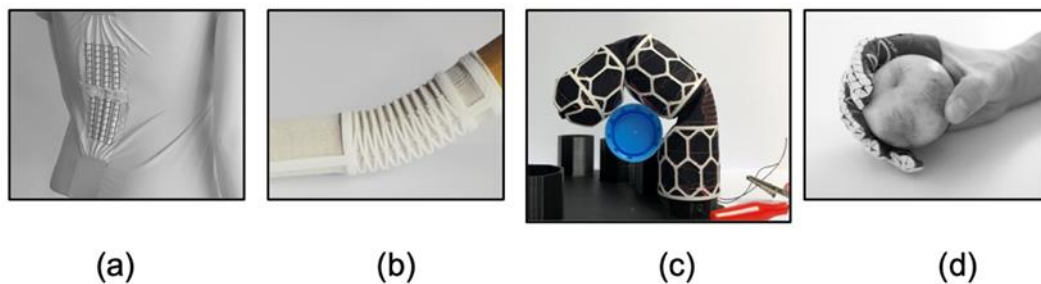
Bild 3: Zuordnung der Phasen zu den übernommenen Methodiken

Ziel innerhalb der Phasen ist es, den Raum der Möglichkeiten zunächst weit aufzuspannen („diverge“), um ihn anschließend zu einem Ergebnis wieder zusammenzuführen („converge“). Dadurch werden viele Optionen generiert, die miteinander verglichen werden können. Dies er-

möglicht auch Ideen außerhalb des Üblichen zu entwickeln. Zum Übergang in die anschließende Phase wird eine dieser Ideen ausgewählt, die weiter vertieft wird. Jeder Abschluss einer Phase ist damit verbunden, zu entscheiden, ob eine Iteration notwendig ist.

Die Auswahl der angewandten Methoden innerhalb der Phasen erfolgt anhand ihrer Eignung für den aktuellen Innovationsschritt. Dabei ist dem Innovationsteam überlassen, welche Methode es wählt [HMU+20]. Standardwerke, wie das Große Handbuch Innovationen oder Design Thinking Playbook, geben eine Übersicht über die Methoden [AB18], [LLL18]. Meist wird die Auswahl der Methode durch einen ausgebildeten Coach unterstützt. Im Rahmen des vorgestellten Prozesses ist es daher sinnvoll, die Begleitung eines Coaches zu berücksichtigen.

Die Vorgehensweise wurde anhand von vier Anwendungsbeispielen validiert: Soft Robotic Finger, Rheuma-Handschuh, Gelenk-Orthese und Aktives Sportshirt. Die Ergebnisse sind in Bild 4 abgebildet [Sch20].



*Bild 4: Materialinnovationen mit der entwickelten Methode; (a) Aktives Sportshirt; (b) Orthese; (c) Soft Robotic Finger; (d) Rheuma-Handschuh [Sch20]*

Anhand des Soft Robotic Finger soll der Prozess und dessen Vorteile konkret beschrieben werden. In der „Understand“-Phase wird der Anwendungsbereich für Industrieroboter analysiert. Eine Literaturrecherche ergibt, dass eine Steigerung des Einsatzes von Industrierobotern bis 2022 von 45% erwartet wird. Dadurch wird der Marktbedarf validiert. Als spezifische Herausforderungen werden identifiziert, dass heutige Greifersysteme nicht den Flexibilitätsanforderungen gerecht werden. Der hohen Variantenvielfalt und den kurzen Produktlebenszyklen kann mit konventionellen Greifersystemen nur eingeschränkt begegnet werden. Ziel ist es daher einen adaptiven Endeffektor zur Handhabung komplexer Geometrien zu entwickeln [Sch20].

In der anschließenden „Create-Phase“ erfolgt die iterative und materialgetriebene Herstellung des Endeffektors. Basierend auf bionischen Prinzipien der Handbewegung wird ein Konzept entwickelt. Dabei werden statische Elemente und Gelenke definiert. Für den ersten Sprint-Zyklus wird die Umsetzung von Gelenken, die eine  $45^\circ$  Beugung zulassen als Ziel formuliert. Eine erste Version wird prototypisch umgesetzt und auf Funktionen getestet. In vier weiteren Zyklen werden steife Elemente, die Verbindung der Elemente, die Aktuierung und abschließend eine finale Materialstruktur definiert (vgl. Bild 5).

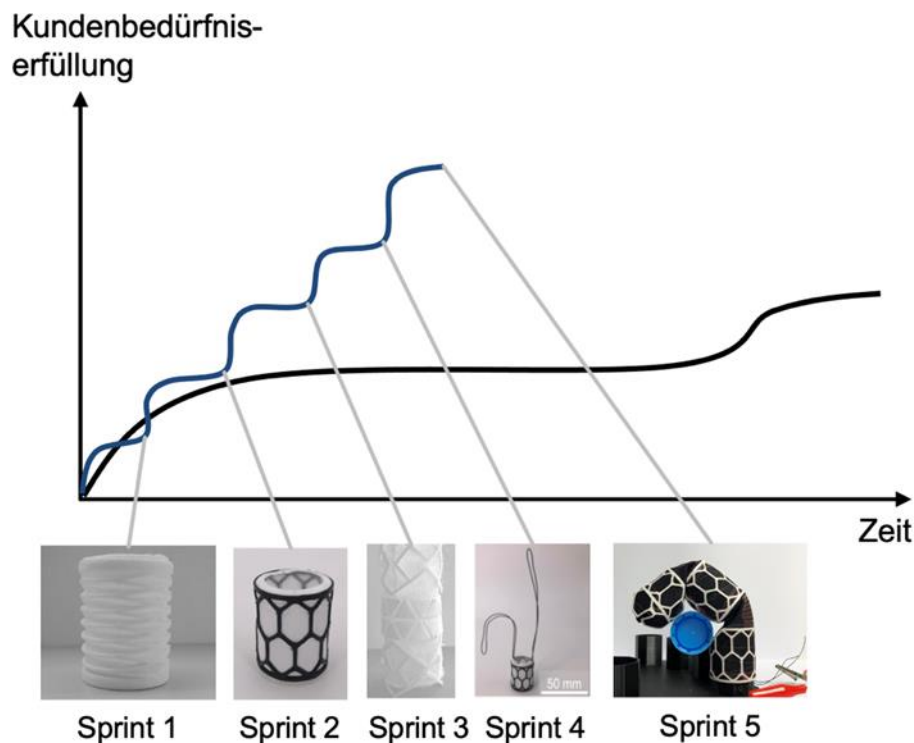


Bild 5: Materialentwicklung entlang der Sprints 1-5

Die finale Materialstruktur wird auf Materialeigenschaften, beispielsweise Adhäsion, untersucht. Es ergibt sich ein Greifer mit 13 Gramm Gewicht, der verschiedene Geometrien greifen kann.

### 3.2 Use Cases

Zum Übertrag der Methodik auf andere Anwendungsszenarien wird die in der agilen Produktentwicklung verwendete Stacy Matrix verwendet. Die Stacy-Matrix dient in der agilen Entwicklung der Beurteilung des Komplexitätsgrads von Herausforderungen [AB18]. In der Stacy-Matrix sind die Anforderungen auf der Ordinate und die Technologie auf der Abszisse aufgetragen. Es ergeben sich einfach, komplizierte, komplexe und chaotische Ausgangssituationen. Analog zur klassischen agilen Entwicklung empfiehlt es sich nur für „komplexe“ Materialentwicklungen die vorgeschlagene Methodik anzuwenden. Anhand der Stacy Matrix können weitere Materialentwicklungsfelder zur Anwendung der Methodik ermittelt werden. Hierfür werden zwei Anwendungsfelder ausgewählt, die in der Stacy-Matrix verschiedene Felder abdecken (vgl. Bild 6).



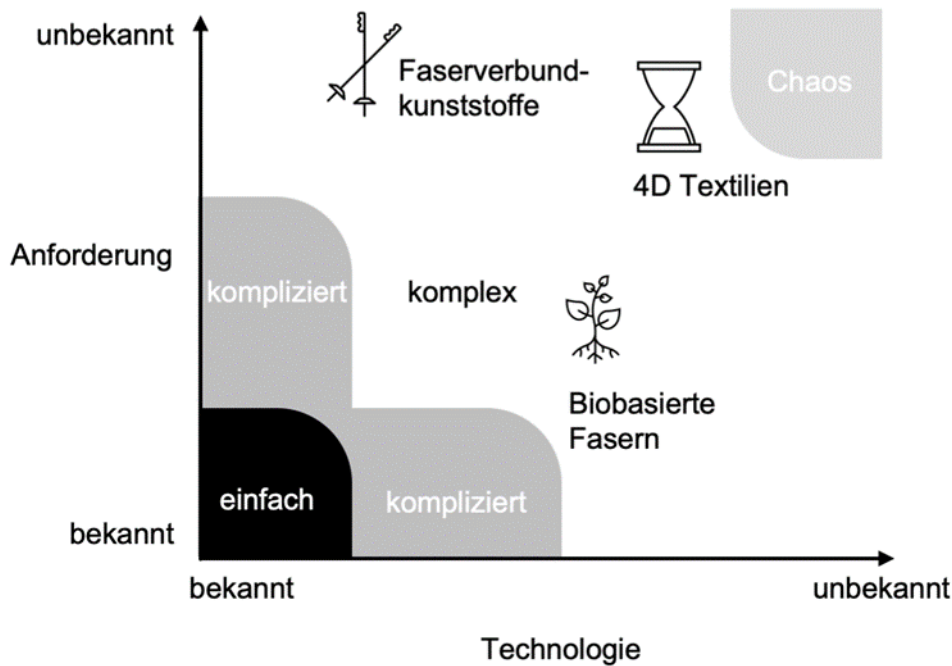


Bild 6: Die Stacy-Matrix zur Ermittlung der Eignung des agilen Materialentwicklungsvorgehens

Ein Übertrag der Understand und Create Phase wird auf Faserverbundkunststoffe für Skier vorgenommen. Faktoren für die späte Create Phase und die Developphase werden mit der Entwicklung von Biobasierten Fasern ermittelt.

### 3.2.1 Ski Prototyping

Der Markt für Sportgeräte hat in den letzten Jahren einen starken Aufschwung erlebt. Vor allem ambitionierte Sportlerinnen und Sportler versuchen, mit optimal abgestimmtem Zubehör die letzten Prozente der Leistungsfähigkeit zu erreichen. Dadurch wird nicht nur die Sportler:in sondern auch das Sportgerät bis an die Leistungsgrenze belastet. Häufig ist ein einzelner Werkstoff nicht in der Lage, die komplexen Belastungen dauerhaft zu bewältigen. Daher werden Sportgeräte aus einem Multi-Material-Mix gefertigt. Gemeinhin stellen solche Multi-Material-Mixe große Herausforderungen an die Rezyklierbarkeit dar, weil Faser/Matrix-Systeme kaum voneinander getrennt werden können.

Im Wintersport bilden schlecht rezyklierbare Sportgeräte wie Ski oder Snowboards keine Ausnahme. Sie werden aus Textilien (Zug- und Druckgurte), Holz (Kern), Stahl (Kanten) und Kunststoffen (Decklage, Seitenwände, Belag) gefertigt. Skier und Snowboards mit einem besonders hohen Anteil an Faserverbundkunststoffen werden im Marketing häufig als bahnbrechende Innovationen angepriesen, jedoch verbergen sich dahinter selten revolutionäre, technologische Neuerungen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass tiefgreifende Produktpassungen langwierige und kostenintensive Veränderungen bestehender Produktionsprozesse nach sich ziehen. Zusätzlich sind Anlaufphasen von mehreren Monaten zu erwarten, bis ein marktreifes Produkt evaluiert werden kann. Aufgrund dieser Umstände ist die prototypische Evaluation von Wintersport-Innovationen sehr gut geeignet, um die vorgestellte Vorgehensweise zu validieren.

Zur Identifizierung von Problemen und der Generierung von innovativen Ideen wurde zunächst ein Innovationsworkshop ausgehend von den Konzepten des Design Thinkings durchgeführt. An dem Workshop haben 15 skibegeisterte wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Textiltechnik der RWTH Aachen University (Fakultät für Maschinenwesen) teilgenommen. Die grundlegende Motivation des Workshops ist die Adressierung zweier grundlegender Defizite in der Wintersport-Branche gewesen: Der Mangel an Innovationen sowie die unzureichende Nachhaltigkeit der Sportgeräte und des Sportes selbst. Daher wurde als Ziel die nutzerzentrierte Ideengenerierung einer größtmöglichen Anzahl an nachhaltigen Ski-Innovationen definiert.

Im Kontext der vorgestellten Methodik (Sektion 3.1), deckt der Workshop sowohl die Phase „Understand“ als auch die erste Hälfte („diverge“) der „Create“-Phase ab. Hierzu wurden die Teilnehmer zunächst mit Gedankenexperimenten und Kurzimpulsen auf die Nachhaltigkeits- und Innovationsprobleme der Wintersport-Industrie aufmerksam gemacht.

In Kleingruppen wurde ausgehend von einem Grobentwurf der typische Ski-Tag mit u.a. Anziehen, Weg zur Gondel, Gondelfahrt, Mittagessen, Abfahrt und Après Ski als User Journey, die Abbildung eines Tages, definiert [AB18]. Der User („Persona“) konnte dabei eine Ski-Touren-Gänger:in, Freizeitfahrer:in, Weltcupfahrer:in oder auch eine ambitionierte, sportliche Hobbyfahrer:in sein. Die Auswahl des zu betrachtenden Users wurde selbständig von den Gruppen getroffen. Ausgehend von der gewählten Persona wurden anschließend nutzerzentriert alle Probleme entlang des Journeys identifiziert. Im Zuge der „converge“-Phase wurden die Probleme zunächst geclustert und anschließend von den Gruppenmitgliedern bewertet. Abschließend wurde genau ein Problem ausgewählt und eine nutzerzentrierte Frage zur Problemlösung ausformuliert.

Diese Fragestellung stellte den Ausgangspunkt der folgenden „diverge“-Phase der Ideengenerierung („Create“) dar. Mit Hilfe der Kreativitätstechnik „Crazy 8“ wurde eine Vielzahl an Ideen generiert. Die Methodik Crazy 8 ist eine visuelle Ideengenerierungsmethode. Dafür wird eine Fläche, meist ein Blatt Papier, in acht Felder unterteilt. Je Feld wird eine Idee gezeichnet und damit visualisiert. Jede Teilnehmende hat dann je Feld eine Minute Zeit, die Idee zu visualisieren [AB18]. Vorteile dieser Methode sind die erhöhte Konkretisierung der Idee gegenüber reinem Wort, und die Möglichkeit, die Ideen im Anschluss zu trennen, beispielsweise über Zuschneiden des Blattes, und zu clustern. Um die Teilnehmenden zusätzlich zu stimulieren und ein „outside-the-box“-Denken zu fördern, wurde die „Crazy 8“-Methode mit dem „Super Heroes“-Ansatz kombiniert. Hierbei stellen sich die Teilnehmer vor, wie fiktive und non-fiktive Figuren (Pipi Langstrumpf, Bill Gates, James Bond oder Robin Hood) diese Probleme lösen würden [AB18]. Abschließend wurden die generierten Ideen innerhalb der Kleingruppen in eine „Now-Wow-How“-Matrix eingeteilt. Die „Now-Wow-How“-Matrix stellt eine vierfeldige Matrix dar, auf der Originalität über Machbarkeit aufgetragen wird. Sie dient der Bewertung der Ideen. Now entspricht: Geringere Originalität, hohe Machbarkeit; wow: hohe Originalität, hohe Machbarkeit; how: Hohe Originalität, geringere Machbarkeit [AB18]. Eine weiterführende Bewertung oder Auswahl der Ideen („converge“-Phase) fand im Zuge des Workshops nicht statt.

Die Problem- und Ideenfindung wurde in der Workshop-Phase nicht rein auf das Multi-Material-Sportgerät Ski eingegrenzt, um die Kreativität der Teilnehmenden in den „Understand“ und „Create“ Phasen nicht zu behindern. So wurden im Rahmen des Workshops auch Probleme und Ideen im Bereich der Skibekleidung oder Infrastruktur identifiziert. Daher wurden die generierten 44 Ideen in dem während der Nachbereitung folgenden „Converge“ zunächst thematisch nach ihrem Bezug zum Sportgerät Ski eingeordnet. Davon waren 17 Ideen dem für radikale Innovationen relevanten Bereich „Ski-Aufbau zur Veränderung der Fahreigenschaften“ zuzuordnen, während die weiteren 27 Ideen zu den Bereichen „kosmetische Veränderungen“, „Bekleidung“, „Apps“ und „Infrastruktur“ zählten.

Zur Durchführung eines ersten vielversprechenden Sprints innerhalb der „Create“-Phase wurde als Ziel einer prototypischen Umsetzung die Anpassung von Fahreigenschaften eines Skis an veränderte Bedingungen (z.B. aufgrund des Wetters) gewählt. Dazu wurde der innerhalb des Workshops identifizierte Ansatz eines modularen Ski-Aufbaus verwendet. In einem ersten Sprint wurde ein Prototyp händisch auf Papier gezeichnet, bei welchem die auswechselbare Decklage mittels Schrauben am Skikern befestigt wird. In einem zweiten Sprint wurde die Umsetzbarkeit dieser Idee mittels der kostengünstigen Materialalternativen Holz und Pappe überprüft (vgl. Bild 7, links). Da die Materialeigenschaften von Holz und Pappe nicht unverändert auf den komplexen Multi-Material-Mix in Faserverbundkunststoffen übertragen werden können, wurde ein dritter Sprint durchgeführt. In diesem wurde ein digitaler Prototyp zur Untersuchung des Materialverhaltens der Decklagen-Schraubenverbindung unter Beanspruchung untersucht. Ergebnis dieses Sprints war die Erkenntnis, dass die Schraubverbindung zu einem Verlust an Festigkeit innerhalb des Skis führt. Daher wurde in einem vierten Sprint ein anderer Ansatz zur Verbindung von Decklage und Skikern gewählt: ein formschlüssiges Klick-System, welches in verschiedenen Formen durch 3D-Druck umgesetzt wurde (vgl. Bild 7, rechts). Auf diese Weise konnte schnell die Version des Klicksystems mit der höchsten Festigkeit und gleichzeitig an der einfachsten zu lösenden Verbindung gefunden werden.

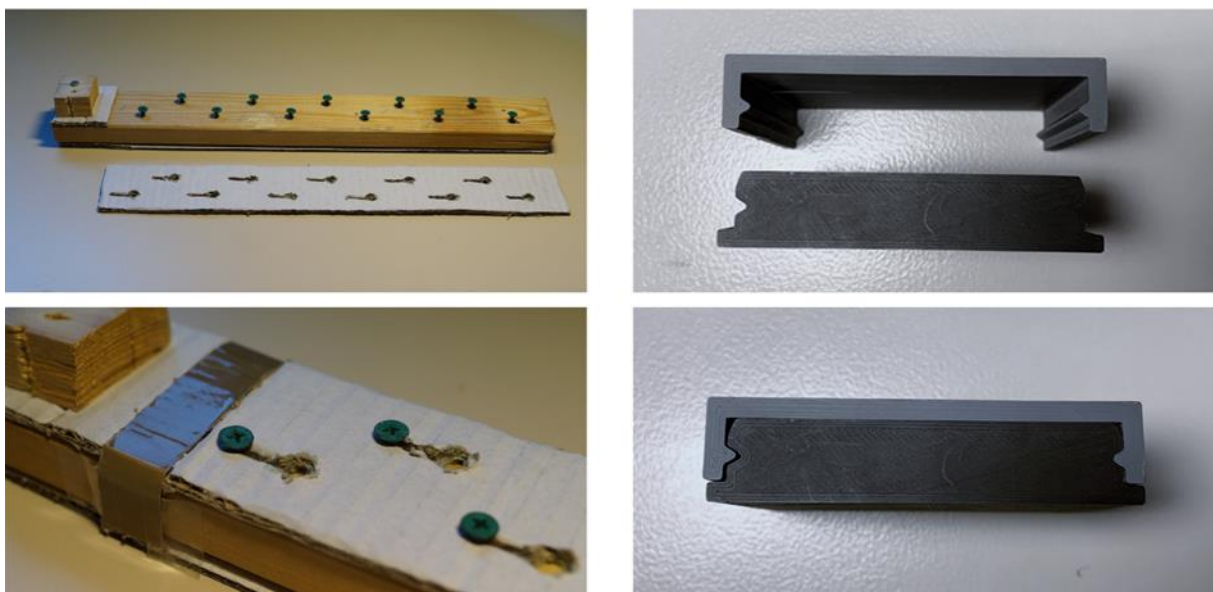


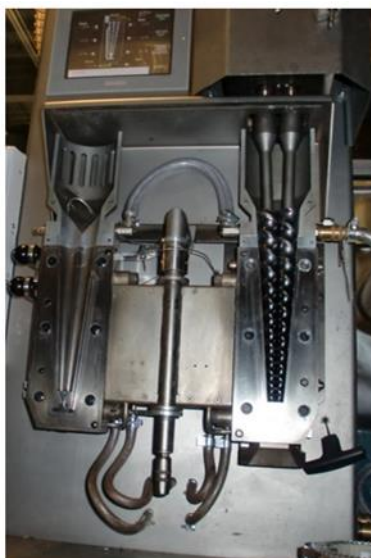
Bild 7: Holz-Pappe-Prototyp zur Testung der Schraubverbindung (links) und 3D-Druck Klick-System (rechts)

Insgesamt kann mit der vorgestellten Vorgehensweise die Entwicklung und prototypische Evaluation von radikalen Innovationen im Wintersport-Bereich vorangetrieben werden. So wurden bereits in der „Understand“ Phase durch die Nutzerzentrierung relevante Defizite im Bereich der Ski-Produktion identifiziert. Der interdisziplinäre Ansatz führte außerdem im durchgeführten Workshop zu einer breiten Streuung von neuen Ideen und Ansätzen zur Lösung der identifizierten Defizite. Die Herstellung von digitalen Prototypen, sowie von kostengünstigen Prototypen in Materialalternativen innerhalb der „Create“-Phase stellt außerdem eine niederschwellige Möglichkeit dar, radikale Innovationen in konservativen Branchen voranzutreiben.

### 3.2.2 Biobasierte Fasern

Insgesamt 73 % aller hergestellten textilen Fasern im Jahr 2019 sind zumeist erdölbasierte Chemiefasern [TFY20]. Die Verwendung nachwachsender Alternativen zu fossilen Rohstoffen rückt in den letzten Jahren politisch sowie gesellschaftlich immer stärker in den Fokus. Forschungsprojekte gibt es seit Jahren, welche sich mit biobasierten Polymeren als Grundlage für eine alternative Faserproduktion beschäftigen. Biopolymere wie PLA und PCL stehen bereits in großen Mengen für industrielle Anwendungen zur Verfügung. Andere Biopolymere, wie beispielsweise PHAs, befinden sich noch in der Entwicklung für die Nutzung in textilen Fasern. Im Folgenden wird der Übertrag einer späten Create-Phase und der Develop-Phase auf die Entwicklung von Biobasierten Fasern durchgeführt.

Voraussetzung für die agile Entwicklung von biobasierten Fasern am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (Fakultät für Maschinenwesen) sind Schmelzspinnanlagen mit unterschiedlichem Fassungsvermögen und Ausstattungen, sowie die grundsätzliche Analytik um Messungen zu Titer, Festigkeit, Dehnung sowie mikroskopische Untersuchungen vor Ort vorzunehmen (vgl. Bild 8).



Mikroextruder  
Labormaßstab



Schmelzspinnanlage  
Pilotanlage



Schmelzspinnanlage  
Semi-industriell

*Bild 8: DSM Mikroextruder (links), Fourné BiCo Schmelzspinnanlage (mitte) und der zwei-stöckige ebenfalls von Fourné (rechts)*

Das Anwendungsgebiet der Zielfaser wird bei der Entwicklung von Fasern aus Biopolymeren vor Beginn der Polymerauswahl festgelegt. Alle relevanten Zielgrößen wie angestrebter Titer, Festigkeit, Dehnung sowie weitere nötigen Flächentests werden festgehalten. Anhand dieser Eigenschaften werden Biopolymere ausgewählt, deren Profil vielversprechend für die angestrebte Anwendung erscheinen. Entscheidend für die Versuchsplanung sind die verfügbaren Mengen des Polymers, Preise, sowie vorhandene Forschung zu dem jeweils ausgewählten Polymer.

Liegen keine Erkenntnisse zur grundsätzlich Schmelzspinnbarkeit des Polymers vor, oder ist der Preis hoch oder auch die verfügbare Menge gering, wird mit der geringsten möglichen Menge, auf dem Laborextruder begonnen. Ab 20 Gramm Biopolymer können erste Versuche mit geringem finanziellem und zeitlichem Aufwand sowie hoher Flexibilität gefahren werden. Das Polymer wird über Nacht getrocknet und innerhalb eines Versuchstages können verschiedene Iterationsschleifen gefahren werden. Das Biopolymer, Polymerblends sowie Additive werden auf ihre grundsätzliche Eignung zur Faserherstellung hin untersucht. Klebrigkeit, Farbigekeit und Geruchsbildung können so leicht durch Nutzertest ermittelt werden. Konnte kein Filament hergestellt werden, können die Versuche zu diesem Biopolymer frühzeitig abgebrochen werden, ohne hohe Kosten verursacht zu haben. Sind die Versuche auf der Laboranlage erfolgreich, eignet sich das Biopolymer grundsätzlich zur Faserherstellung. Ist eine Beschaffung größerer Mengen Polymers möglich, ist das Upscaling auf die Pilotanlage der nächste Schritt.

Das Ausspinnen von Multifilamenten auf der Pilotanlage mit Vertreckungsgaletten ist ab 20kg Polymer möglich. Das Polymer wird ebenfalls über Nacht getrocknet und innerhalb mehrerer Versuchstage werden verschiedene Einstellungen gefahren. Parallel werden Titer, Zugkraft und Dehnung kontinuierlich ermittelt und die Spinnparameter entsprechend iterativ angepasst. Werden die gewünschten Fasereigenschaften erreicht, können die biobasierten Fasern texturiert und mit dieser Menge bereits erste Flächenversuche durchgeführt werden. Da für die Weberei größere Mengen Material für die Herstellung des Kettbaumes nötig ist, werden meist Gestricke als erste Flächenversuche hergestellt. Eine Spule Fasern reicht aus für erste Strickversuche an einer kleinen Laborrundstrickmaschine. Von der Polymertrocknung bis zum Strickprozess erstrecken sich diese Versuche über mehrere Tage. Eigenschaften wie Gleichmäßigkeit und Verstrickbarkeit fallen erst beim Texturieren sowie Stricken auf, sodass die Iterationsschleifen länger und somit auch kostenintensiver werden. Gleichzeitig können Nutzertest an textilen Flächen durchgeführt werden.

Sind die Versuche an der Pilotanlage vielversprechend und auch die Analytik zu Fasern und Flächen ergibt gute Ergebnisse, wird das Biopolymer auf der Semi-industriellen Schmelzspinnanlage versponnen. Ab 100 kg verfügbarem Polymer können die Versuche laufen. Eine Versuchswoche, welche entsprechende Iterationsschleifen zur Anpassung des Prozesses an das jeweilige Biopolymer beinhaltet muss mindestens geplant werden. Die Kosten gehen entsprechend hoch und die Flexibilität runter. Dieser Prozess ist im Versuchsbetrieb am nächsten an der Industriellen Produktionsweise und es können leicht ausreichend Mengen für Weberei und Strickerei produziert werden.

Die Herausforderungen dieser Herangehensweise liegen darin, dass gewissen Eigenschaften wie beispielsweise Reibeigenschaften nur in der Fläche getestet werden können. Um die nötigen Mengen für Strick oder sogar Webprozesse herzustellen, müssen die großen Anlagen verwendet werden, was zu längeren Iterationsschleifen und somit auch zu höheren Kosten führt. Auch können gewisse Eigenschaften, wie beispielsweise hohe Zugkraft der Filamente, nur über Galetten der großen Anlagen erzeugt werden, sodass nur Polymere für diese Versuche in Frage kommen, die in den großen Mengen verfügbar sind.

Die Vorteile dieser Herangehensweise sind, dass bereits geringe Mengen mit kurzen Iterationszyklen ausreichen, um eine erste Bewertung durchzuführen und eine schnelle Aussage zur generellen Eignung des Materials wird möglich. Früh in der Entwicklung der biobasierten Fasern wird entschieden, ob noch mehr Zeit und Geld in die Polymerentwicklung fließen muss oder ob über Einstellungen und Iterationsschleifen im Schmelzspinnprozess die gewünschten Eigenschaften erreicht werden können. Die Zeit bis zu einer Entscheidung verkürzt sich, sowie auch die Kosten für Polymer, Maschine und Personal.

### 3.3 Anwenderempfehlungen

Die Anwendung der für 4D-Textilien entwickelten Methodik auf die Use Cases Faserverbundkunststoff für Skier und Biobasierte Fasern zeigt sowohl Vorteile als auch Herausforderungen auf. In beiden Fällen ist die Nähe zum Innovationsprodukt essenziell. Die Innovation stellt die Anforderungen an das Material. Relevant dabei ist die Lösung, z.B. adaptives Skifahren zu betrachten und nicht das aktuell bestehende Produkt (Ski). Durch die Fokussierung auf die Lösung sind auch alternative Produkte, die durch den Materialinnovationsprozess entstehen, ein Ergebnis des Prozesses.

Aus den durchgeführten Übertragungen auf andere Felder in der Textiltechnik ergibt sich die Notwendigkeit der Einführung einer Prepare-Phase. Die Prepare-Phase ermöglicht dem Anwender, die eigene Herausforderung einzuschätzen und zu beurteilen, ob eine Investition in den Durchlauf der Methodik geeignet ist.

Im Folgenden werden entlang der Phasen: Prepare, Understand, Create, Develop Anwenderempfehlungen gegeben.

In der **Prepare-Phase** ist eine Bewertung der Materialinnovation notwendig. Diese kann mittels der Stacy-Matrix vorgenommen werden. Eine agile Materialentwicklung ist geeignet, wenn es sich um eine komplexe Herausforderung handelt. Ein Anwendungsbereich sollte definiert werden.

In der **Understand-Phase** werden Herausforderungen in einem Workshop mit interdisziplinären Teilnehmenden im Anwendungsbereich identifiziert. Eine geeignete Methode hierfür ist das User Journey Mapping. Bei der anschließenden Ideengenerierung sollten diverse Ideen zugelassen werden. Entsprechend dem Beispiel der Skier können die Ideen im Anschluss nach Materialinnovations-Potential unterteilt werden, die anschließend verfolgt werden. Dieser Transfer ist essenziell und kann als Nadelöhr betrachtet werden.

In der **Create-Phase** werden die Funktions-Inkrementale in Sprints umgesetzt. Dabei ist je nach Materialinnovation abhängig, welche Funktionen je Sprint gesetzt werden. Eine Unterteilung in Funktionen und eine Materialeigenschaftsabstraktion ist notwendig. Die Funktionen müssen können durch ähnliche Materialien abgebildet werden. Ziel ist die iterative Materialtestung. Hier sollten Rapid Prototyping Technologien, wie 3D-Druck, zum Einsatz kommen. Dies können Verfahren sein, bei denen tendenziell noch Handarbeit gefragt ist. Eine zunächst prototypische Umsetzung kann später bei der Materialherstellung prozessseitig umgesetzt werden. Dies kann durch Versuchsanalgen verschiedener Größen geschehen. So können auch prozessseitig frühzeitig Herausforderungen identifiziert werden.

In Abhängigkeit der Herstellungszeiten für Prototypen dauert ein Sprint Zyklus zwischen 2-6 Wochen. Relevant ist dabei die Testung eines Prototypens nach jedem Sprintzyklus. Die Tests werden von Nutzern oder Experten durchgeführt. Auch vereinfachte Simulationen können zum Einsatz kommen.

In der **Develop-Phase** wird die Materialeigenschaft auf ein finales Konzept übertragen. Zur Umsetzung und zum Test der Materialeigenschaften, sollten die Herstellungsanlagen in aufeinander aufbauenden Komplexitätserhöhung zur Verfügung stehen. Das Beispiel der biobasierten Fasern zeigt, dass auch mit kleinen Materialmengen erste relevante Tests durchgeführt werden können. Die Tests können sowohl mit Nutzern als auch mechanischer Art sein. Bild 9 gibt eine Übersicht.

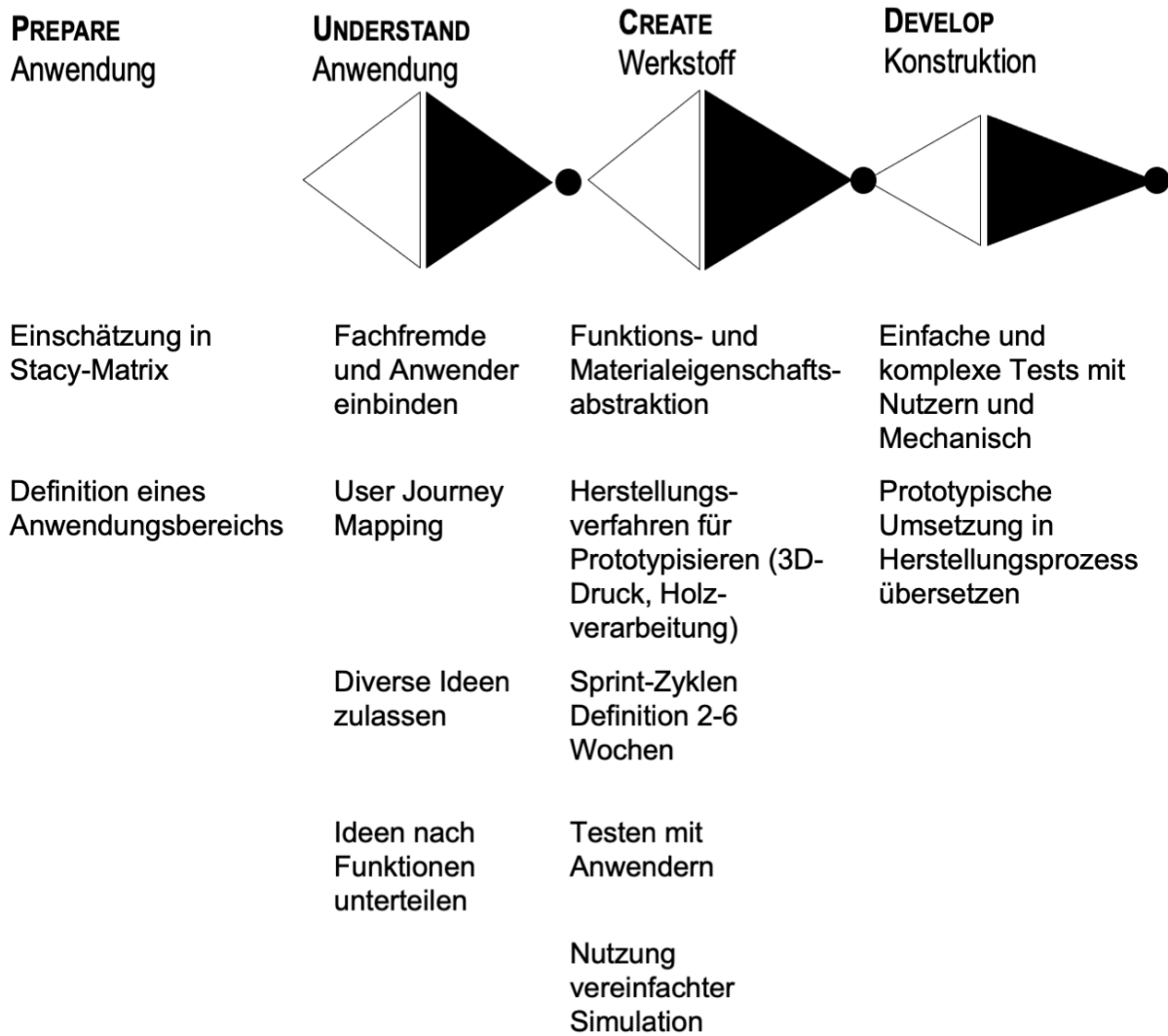


Bild 9: Zuordnung der Anwenderempfehlung zu den Phasen der Materialinnovationsmethodik

#### 4 Diskussion und Ausblick

Mit dem Übertrag auf die zwei Materialinnovationen konnten Vorteile validiert und Herausforderungen der Vorgehensweise identifiziert werden. Eine Verbindung von Materialinnovation und Lösung ist dabei relevant. Die Vorgehensweise eignet sich insbesondere für die Anwendung komplexer Materialinnovationen, die mittel der Stacy-Matrix bewertet und ermittelt werden. Das Vorgehen verlangt eine Funktionsabstraktion und die Fokussierung auf Eigenschaften des Materials.

Es lässt sich ableiten, dass für Materialinnovationen Rapid Prototyping Verfahren zur Verfügung stehen müssen und Entwicklerinnen und Entwicklern ebenfalls für dieses Vorgehen sensibilisiert werden müssen.

Die Anwenderempfehlungen helfen zukünftigen Material-Innovatoren in dieser Vorgehensweise vorzugehen. Durch den Übertrag auf weitere Materialinnovationen soll das Vorgehen



weiter iteriert werden. Insbesondere dessen Anwendung im industriellen Kontext ist von Interesse. Die Einflüsse der Produktionsumgebung können zu schnellen iterativen Sprints beitragen. Die Eignung sollte über Experteninterviews erhoben werden.

In der Designforschung tragen insbesondere Material-Bibliotheken dazu bei Materialinnovationen für Produkte zu entwickeln [BGD+19]. Solche Bibliotheken können selbiges Potential auch in der technischen Materialinnovation sowohl bei den Herstellungsmethoden als auch bei den Materialien selbst ermöglichen.

## Förderung

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC-2023 Internet of Production – 390621612.

## Literatur

- [AB18] AERSSSEN, B. VAN; BUCHHOLZ, C. (HRSG.): Das große Handbuch Innovation. 555 Methoden und Instrumente für mehr Kreativität und Innovation im Unternehmen. München: Verlag Franz Vahlen, 2018
- [AD15] AHMED-KRISTENSEN, S.; DAALHUIZEN, J.: Pioneering the combined use of agile and stage-gate models in new product development—cases from the manufacturing industry. In: IPDMC 15, S. 1–13, 2015
- [BGD+19] BERZINA, Z.; GLOMB, E.J.; DIAZ RODRIGUEZ, S., GROSSE, A.; VON KRSHIWOBLOZKI, M.; HELTZEL, H. W. D.: Textile Prototyping Lab: A Platform and Open Laboratory for the Promotion of Open Innovation and Networking between Research, Design and Industry. Loughborough University, <https://doi.org/10.17028/rd.lboro.9724700.v1.>, 2019
- [Con16] CONFORTO, E.: Amaral D Agile project management and stage-gate model -A hybrid framework for technology-based companies. In: JET-M 40, S. 1–14, 2016
- [CS16] COOPER, R.; SOMMER, A.: The Agile-Stage-Gate Hybrid Model. A Promising New Approach and a New Research Opportunity. In: J Prod Innov Manag 33 (5), S. 513–526, 2016
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. (HRSG.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Aufl. – Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg., 2013
- [GGG+18] GRIES, T.; GESCHE, V.; SCHMELZEISEN, D.; SIMONIS, K.: Vierdimensionales Textil, Patentschrift, 03.15.2018
- [HB20] HOOLOHAM, C.; BROWNE, A.L.: Design thinking for practice-based intervention: Co-producing the change points toolkit to unlock (un)sustainable practices. Design Studies, 67, S. 102-132, 2020
- [HF08] HUMMELS, C.; FRENS, J.: Designing for the unknown: A design process for the future generation of highly interactive systems and products. International Conference on engineering and product design education, Barcelona, Spanien, 2008
- [HMU+20] HEHN, J.; MENDEZ, D.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W.; BROY, M.: On integrating Design Thinking for human-centered requirements engineering. In: IEEE SOFTWARE, 2020
- [KR16] KLEIN, T.; REINHART; G.: Towards Agile Engineering of Mechatronic Systems in Machinery and Plant Construction. In: Procedia CIRP 52, S. 68–73, 2016
- [KSG21] KOCH, H. C.; SCHMELZEISEN, D.; GRIES, T.: 4D Textiles Made by Additive Manufacturing on Pre-Stressed Textiles—An Overview. In Actuators, Ausgabe 10, Band 31, 2021
- [LLL18] LEWRICK, M.; LINK, P.; LEIFER, L.: Das Design Thinking Playbook: Mit traditionellen, aktuellen und zukünftigen Erfolgsfaktoren. München: Verlag Franz Vahlen, 2018

- [MBK+19] MARASCO, E.; BEHJAT, L.; KELLY, R.; MAGUIRE, S.: Creative Crossroads: combining engineering and arts for creative development. Papers on Postsecondary Learning and Teaching: Proceedings of the University of Calgary Conference on Learning and Teaching, 3, S. 25-32, 2019
- [MR17] MOSAVI, A.; RABCZUK, T.: Learning an Intelligent Optimization for Material Design Innovation. In: Battiti, R.; Kvasov, D.; Sergeev, Y. (Hrsg.): Learning and Intelligent Optimization. LION 2017. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham, Band 10556, 2017
- [Pan17] PANETTA, K.: Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, Stanford, CT: Gartner, 2017, URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- [RM18] RANGER, B.J.; MANTZAVINO, A.: Design Thinking in development engineering education: a case study on creating prosthetic and assistive technologies for the developing world. In: Development Engineering, 3, S. 166-174, 2018
- [Smi07-ol] SMITH, P.: Flexible product development. Building agility for changing markets. 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass. Online verfügbar: <http://catalogue.nlb.gov.sg/cgi-bin/spyodus.exe/ENQ/EXPNOS/BIBENQ?BRN=12925236>, 2007
- [Sch04] SCHWABER, K.: Agile project management with Scrum. Redmond, Wash.: Microsoft Press (Microsoft professional). Online verfügbar: <http://proquestcombo.safaribooksonline.com/book/software-engineering-and-development/agile-development/9780735619937>, 2004
- [Sch20] SCHMELZEISEN, D.: Eine Gestaltungsmethodik für 4D-Textil. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, RWTH Aachen, Aachen: Shaker 2020. ISBN: 978-3-8440-7266-2
- [SDO+17] SCHUH, G.; DIELS, F.; ORLIEB, C.; SCHRÖDER, S.: Agile Produktentwicklung. In: Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R., Schuh, G. (Hrsg.): Internet of Production für agile Unternehmen: WK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium, 18. – 19. Mai 2017, Aachen. Apprimus Verlag, Aachen, 2017
- [SKP+18] SCHMELZEISEN, D.; KOCH, H.; PASTORE, C.; GRIES, T.: 4D Textiles: Hybrid Textile Structures that Can Change Structural Form with Time by 3D Printing. In: Kyosev, Y.; Mahltig, B.; Schwarz-Pfeiffer, A. (Hrsg.): Narrow and Smart Textiles. Springer, 2018, S. 189 - 201, doi: 10.1007/978-3-319-69050-6\_17
- [Spi05] SPINUZZI, C.: 4D Textiles: The methodology of participatory design. In: Technical Communication, 52. Washington, 2005
- [VBB+17] VALENTINE, L.; BALLIE, J.; BLETCHER, J.; ROBERTSON, S.; STEVENSON, F.: Design Thinking for Textiles: let's make it meaningful. In: The Design Journal, S. 964-967, 2017
- [VDI2221] VDI-FACHBEREICH PRODUKTENTWICKLUNG UND MECHATRONIK. VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. – Düsseldorf, 2019
- [WTB+14] WENSVEEN, S.; TOMICO, O.; TEN BHÖMER, M.; KUUSK, K.: Growth plan for an inspirational test-bed of smart textile Services. Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems, Vancouver, Kanada, S. 141-150, 2014

## Autoren

**Univ.-Prof. Prof. h.c. (Moscow State Univ.) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt Thomas Gries** ist Professor und Lehrstuhlinhaber des Instituts für Textiltechnik der RWTH Aachen University. Bei der Firma Lurgi Zimmer AG war er bis 2000, zuletzt als Direktor Fibre and Textile Technologies, beschäftigt. Er wirkt er als Koordinator für interdisziplinäre Forschung an der RWTH Aachen University und ist Aufsichtsratsvorsitzender der Dr. Bock Industries AG. Er ist im Jahr 2017 mit dem RWTH-Innovationspreis für die Forschung zu 4D-Textilien ausgezeichnet worden.

**Hannah Kelbel, M.Sc.** studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen University. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin mit Promotionsabsicht am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University und forscht zu 4D-Textilien. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die agile Produkt- und Materialentwicklung, Modularisierung und Prototypisierung von Funktionen für sich verändernde Textilien.

**Florian Brillowski, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen University. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter mit Promotionsabsicht am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University und forscht zu Anwendungen künstlicher Intelligenz (KI) in traditionellen Industrien (Faserverbund-Branche) mit einem hohen Anteil an manueller Arbeit. Zusätzlich befasst er sich mit der Planung von FVK-Prozessen, deren Automatisierung und die Anwendung von Rapid Prototyping.

**Hannah Dammers, M.Sc.** studierte an der RWTH Aachen University. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin mit Promotionsabsicht am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University und forscht im Bereich innovativer Produktionsverfahren für Bauteile aus Faserverbundkunststoffen. Ihre Schwerpunktthemen liegen im Bereich der Faserverbundkunststoffe sind die Mensch-Roboter-Kollaboration, Assistenzsysteme und menschenzentrierten Ansätzen für den Arbeitsplatz der Zukunft.

**Melina Sachtleben, M.Sc.** studierte Bekleidungstechnik an der HTW Berlin, Textilmanagement an der Hochschule Niederrhein und ist staatlich geprüfte Maßschneiderin. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University und forscht zu biobasierten Fasern und Textil-Recycling.

## **Session III**



# Hybrider Foresight-Ansatz am Beispiel Nachhaltigkeit

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele**

*KompetenzCentrum für Technologie- und Innovationsmanagement,  
FOM Hochschule  
Rotebühlstraße 121, 70178 Stuttgart  
Tel. + 49 (0) 201 / 81 00 48 92  
E-Mail: thomas.abele@fom.de*

**Dr. Ulrich Hutschek**

*TIM Consulting  
Hohnerstraße 25, 70469 Stuttgart  
E-Mail: ulrich.hutschek@tim-consulting.de*

**Prof. Dr.-Ing. Claus Lang-Koetz**

*Institut für Industrial Ecology (INEC), Hochschule Pforzheim  
Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim  
E-Mail: claus.lang-koetz@hs-pforzheim.de*

**Dr. Tobias Heger**

*Rohrbeck Heger GmbH  
Friedrichstraße 120, 10117 Berlin  
E-Mail: theger@rohrbeckheger.com*

## Zusammenfassung

Klimawandel, Umweltverschmutzung und Verlust der biologischen Vielfalt werden von vielen Unternehmen als relevante Treiber für Innovationsaktivitäten gesehen, oft in Bezug zu den Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen. In der Folge werden Nachhaltigkeitsaspekte zunehmend in der Innovationsstrategie berücksichtigt.

Wie stellt sich bzgl. Nachhaltigkeit, Circular Economy und verwandten Konzepten die Situation in Unternehmen dar? Expertengespräche und Studien zeigen auf, dass viele Methoden des Nachhaltigkeitsmanagements inzwischen in unterschiedlicher Reife beherrscht werden.

Eine große Herausforderung stellt jedoch die generelle zukünftige Ausrichtung bzw. Transformation der Unternehmen dar. Welche Maßnahmenbündel sind in welcher Sequenz und durch welche Unternehmensfunktionen anzugehen, um das Lösungsangebot von Unternehmen nachhaltiger zu gestalten?

Der vorliegende Artikel möchte zur Lösung dieser Herausforderung folgenden Beitrag leisten. Als Vorstufe zu Innovationsstrategie und einer internen Roadmap nachhaltiger Innovationen

sollen eine integrierte Trendanalyse und Zukunftsbilder die Überwindung der in Expertengesprächen ausgedrückten „Orientierungslosigkeit“ unterstützen.

Dabei werden zukünftige Entwicklungen durch einen hybriden Ansatz identifiziert. Zunächst werden mit Hilfe einer KI-gestützten Studie von Patenten und Fachartikeln zeitliche Relevanzverläufe von Themenfeldern entwickelt. So werden aktuelle Entwicklungen ersichtlich: An welchen Themen werden durch Unternehmen und im akademischen Bereich mit internationaler Perspektive gearbeitet?

Dieser extrapolierende Ansatz wird mit Hilfe der Szenario-Analyse um Zukunftsbilder ergänzt. Diese gehen der Frage nach, welche in sich konsistenten Zukunftsbilder sich im Bereich der Nachhaltigkeit für das Unternehmensumfeld entwickeln könnten und unterstützen bei der Entwicklung adäquater Zukunftspfade für die Unternehmen.

Die Synchronisierung beider Ansätze ermöglicht eine aus mehreren Perspektiven gestützte Analyse zukünftiger Entwicklungen im Bereich der Nachhaltigkeit für Unternehmen, auf deren Grundlage Innovationsstrategien und eine Technologieplanung abgeleitet werden könnten.

### **Schlüsselworte**

Foresight, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Nachhaltigkeit, Circular Economy, Roadmap, Szenariotechnik

# Hybrid foresight approach using the example of sustainability

## Abstract

Climate change, environmental pollution and biodiversity loss are seen as relevant drivers for innovation activities by many companies, often in relation to the United Nations Sustainable Development Goals. As a result, sustainability aspects are increasingly being taken into account in the innovation strategy [LS19].

What is the situation in companies with regard to sustainability, the circular economy and related concepts? Expert interviews and studies show that many sustainability management methods are now mastered to varying degrees of maturity.

However, the general future orientation or transformation of companies represents a major challenge. Which set of measures should be addressed in which sequence and by which corporate functions in order to make the solutions by companies more sustainable?

This article aims to make the following contribution to solving this challenge. As a preliminary stage to the innovation strategy and an internal roadmap of sustainable innovations, trends and pictures of the future are to provide a means to overcome the "lack of orientation" expressed in expert discussions.

In doing so, future developments are identified through a hybrid approach. First, with the help of an AI-supported study of patents and publications, temporal relevance progressions of topic areas are developed. In this way, current developments become apparent: Which topics are companies and academia working on with an international perspective?

This extrapolative approach is supplemented by pictures of the future with the help of scenario analysis. These address the question of which consistent pictures of the future could develop in the ecosystem of companies and support the development of adequate development paths for companies.

The synchronization of both approaches enables a multi-perspective analysis of future developments in the field of sustainability for companies, on the basis of which innovation strategies and technology planning can be derived.

## Keywords

Foresight, innovation management, technology management, sustainability, circular economy, roadmap, scenario technique





# 1 Einleitung

Der Klimawandel, die zunehmende Umweltverschmutzung und der Verlust der biologischen Vielfalt stellen große Herausforderungen für die Gesellschaft dar. Die Forschung hat gezeigt, dass diese Umweltaspekte dringende Handlungen erfordern und auf globaler Ebene anzugehen sind [RSN+09], [IPC18]. Initiativen wie "Fridays for Future" drängen Politik und Unternehmen, aktiv diese Probleme zu adressieren<sup>1</sup>. Das Bundesverfassungsgericht hat in einer aktuellen Entscheidung die Politik dazu verpflichtet, bei den Minderungszielen für Treibhausgasemissionen ab dem Jahr 2031 nachzubessern<sup>2</sup>.

Nachhaltige Entwicklung bezeichnet eine "Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen." [Uni87]. Wünschenswerte Zukunftsentwicklungen haben die Vereinten Nationen in den nachhaltigen Entwicklungszielen (Sustainable Development Goals, „SDGs“) dargestellt<sup>3</sup>. Diese 17 Ziele konkretisieren Nachhaltigkeitsthemen und werden mittlerweile auch von vielen Unternehmen beachtet und adressiert. Nachhaltige Entwicklung ist auch für die Industrie ein hochrelevantes Thema [WBC19]. In der Praxis hat sich dabei das Modell der Triple Bottom Line verbreitet (Ökonomie, Ökologie und Soziales), um das Thema besser zu operationalisieren [Elk97], [Elk06], [Elk13].

In Deutschland und Europa haben Regierungen in diesem Kontext Strategien und Aktionsplänen zur Steigerung der Ressourceneffizienz oder zur Etablierung einer Kreislaufwirtschaft entwickelt und setzen damit wesentliche Leitplanken für Unternehmen [Eur11], [Eur15], [BMU16].

Nachhaltige Entwicklung ist daher für viele Unternehmen ein wichtiger Treiber für Innovationsaktivitäten. In diesem Kontext spielt auch eine strategische Perspektive eine wichtige Rolle, um Nachhaltigkeitsaspekte im Technologie- und Innovationsmanagement zu berücksichtigen [RSU+19], [KWv17].

## 1.1 Methoden des Technologie- und Innovationsmanagements

Im Technologie- und Innovationsmanagement nehmen strategische Überlegungen eine zentrale Rolle ein [PS96], [VB15]. So werden Methoden der Vorausschau eingesetzt, um Markt- und Technologietrends zu ermitteln [RBH15], [Lan13]. Mit Roadmapping können verschiedene Planungsebenen im Technologie- und Innovationsmanagement einer Organisation integriert und Zukunftsoptionen innerhalb der Ebenen zugeordnet werden. So kann die „bestmögliche Route“ aus den verfügbaren Optionen erkundet und ausgewählt werden [SA19], [MI17]. Die

---

<sup>1</sup> Siehe <https://fridaysforfuture.org/>, Letzter Zugriff: 23. Juni 2021

<sup>2</sup> Siehe [https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324\\_1bvr265618.html](https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html), Letzter Zugriff 05. Juli 2021

<sup>3</sup> Dargestellt in der "2030 Agenda for Sustainable Development", siehe <https://sdgs.un.org/goals>, Letzter Zugriff: 23. Juni 2021

Entwicklung von Zukunftsszenarien spielt ebenfalls eine zentrale Rolle. Sie werden als Schlüsselement zur Bildung von Strategien in unsicheren Umgebungen und der erfolgreichen Exploration neuer Märkte angesehen und unterstützen beim “future-proofing” existierender Strategien. Zukunftsszenarien können mit der Szenariotechnik in einem strukturierten Vorgehen entwickelt werden [HR12], [RH21], [LLW+17], [RWv16], [GFS96].

## 1.2 Nachhaltigkeit und Innovationsmanagement

Wie stehen nun die Themenbereiche Nachhaltigkeit und Innovationsmanagement in Verbindung? Um nachhaltigkeitsorientierte Innovation (engl. „sustainability-oriented innovation“, SOI<sup>4</sup>) zu verfolgen und Nachhaltigkeitstransformationen voranzutreiben, bedarf es eines besonders ausgerichteten Innovationsansatzes [Gaz15], [SJB12]. So werden bei den klassischen Aufgaben des Technologie- und Innovationsmanagements (wie Suche, Auswahl und Umsetzung neuer Ideen, der Nutzung von Wissen über Technologien, Märkte und gesetzlichen Rahmenbedingungen) neuartige Vorgehensweisen benötigt [SJB12]. Viele Autoren erwähnen dabei die Wichtigkeit sogenannter dynamischer Fähigkeiten (dynamic capabilities), um für das Unternehmen relevante Themen in Bezug auf Nachhaltigkeit erkennen, aufnehmen und rekonfigurieren zu können [TPS97], [Tee07], [MBv18].

Zur Analyse der Situation in der Unternehmenspraxis wurde 2019 eine Befragung unter 110 Industrieunternehmen durchgeführt. Sie zeigte, dass der Nachhaltigkeitsbegriff bezüglich Innovationsaktivitäten in der Praxis wenig konkretisiert ist. Zwar gaben mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen an, Nachhaltigkeitsaspekte in ihrer Innovationsstrategie zu berücksichtigen. Jedoch sind Innovations- und Nachhaltigkeitsmanagement organisatorisch zumeist nicht richtig miteinander verbunden und die beiden Themenbereiche methodisch nicht integriert [LS19]. Eine Studie des Umweltbundesamtes sieht eine stärkere Integration sowie klare Zielsetzungen im Innovationsmanagement in Bezug auf SOI als notwendig an [WOE+19].

## 2 Vorgehen

Vor den dargestellten Herausforderungen stellt die generelle zukünftige Ausrichtung bzw. Transformation der Unternehmen zu mehr Nachhaltigkeit ein zentrales Thema dar, was aufgrund der hohen Komplexität und Unsicherheit des Gesamtumfeldes einen Ansatz erfordert, der dem Rechnung trägt [MP14]. In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Maßnahmenbündel in welcher Sequenz und durch welche Unternehmensfunktionen anzugehen sind, um das Lösungsangebot von Unternehmen insb. im produzierenden Gewerbe nachhaltiger zu gestalten.

Der Vorgehensvorschlag als auch die Struktur des folgenden Beitrages lassen sich diesbezüglich wie folgt umreißen:

---

<sup>4</sup> SOI erweitert gängige Definitionen von Innovation: nicht nur wirtschaftlicher Erfolg, sondern auch soziale und ökologische Werte werden geschaffen und damit relative Verbesserungen ermöglicht ([Pae07, HGR09, KH14]).

Unabhängig voneinander werden eine KI-gestützte Trend-Analyse sowie Szenario-Analyse bzgl. des definierten Themenfeldes durchgeführt. Hierzu werden in Kapitel 3 und Kapitel 4 jeweils in einem ersten Unterkapitel die methodische Vorgehensweise beschrieben. Danach werden im jeweils zweiten Unterkapitel die erarbeiteten Inhalte in Ausschnitten vorgestellt sowie interpretiert.

Das Kapitel 5 folgt der gleichen Struktur. Zunächst wird im Kapitel 5.1 die Vorgehensweise zur Integration der KI-gestützten Trend-Analyse sowie der Szenario-Analyse theoretisch hergeleitet. In Kapitel 5.2. werden dann exemplarische Erkenntnisse des hybriden Foresight-Ansatzes vorgestellt.

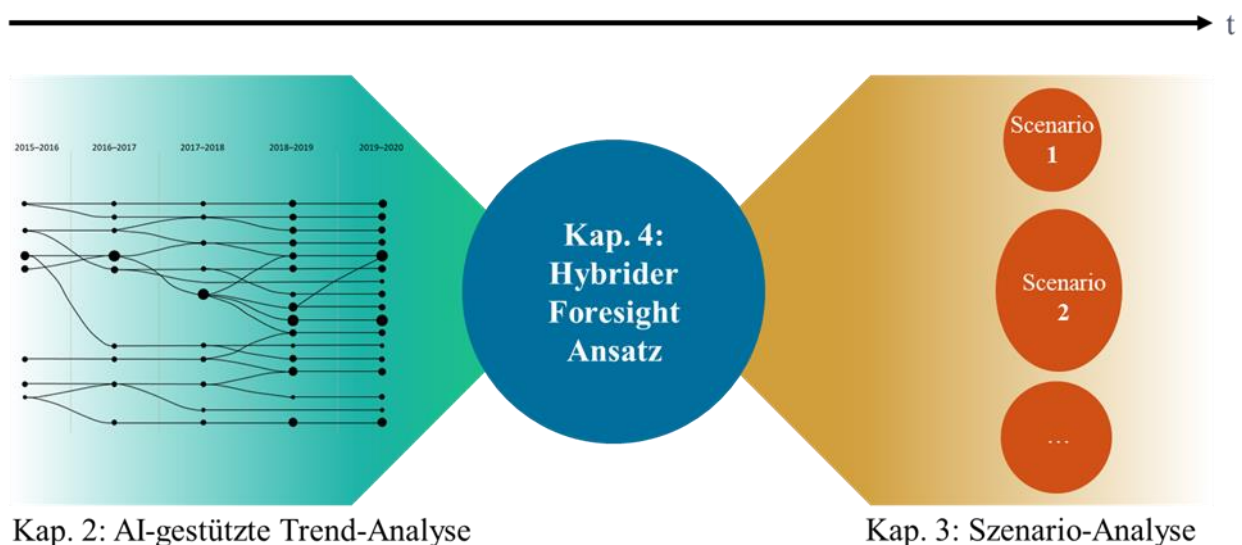


Bild 1: Überblick Vorgehen

### 3 KI-gestützte Analyse der aktuellen Nachhaltigkeitsforschung

Im Folgenden wird die Identifikation der aktuellen Forschungstrends im Bereich Nachhaltigkeit nachvollzogen sowie die diesbezüglichen Ergebnisse dargestellt. Zur Identifikation der Forschungstrends wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen mithilfe eines KI-gestützten Software-Tools analysiert. Auf dieser Basis konnten 14 Cluster identifiziert werden, zu denen aktuell im Themenfeld Nachhaltigkeit geforscht wird.

#### 3.1 Vorgehen

Die maschinelle Recherche und Auswertung von Texten zur Beobachtung von Technologie- und Markttrends wird schon in vielen Bereichen eingesetzt [BBZ19].

Bei der hier analysierten Grundgesamtheit handelt es sich um die Core Collection von Web of Science. Diese stellt eine von Web of Science kuratierte Sammlung von über 21.100 begutachteten, qualitativ hochwertigen wissenschaftlichen Zeitschriften, die weltweit veröffentlicht wurden (einschließlich Open-Access-Zeitschriften), dar. Dabei wird auf über 250 wissenschaftliche, sozialwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Disziplinen zurückgegriffen.

Zur Erfassung des Untersuchungsgegenstandes wurde die Web of Science-Kategorie „Green sustainable science & technology“ herangezogen. Dort wird fachübergreifend jene Forschung zusammengefasst, die einen wissenschaftlich fundierten bzw. technologiebasierten Beitrag zu Nachhaltigkeit und dem sogenannten grünen Wirtschaften leisten will. Dabei wurde auf Forschungspublikationen im Zeitraum 2018-2020 mit Beteiligung deutscher<sup>5</sup> Forschungsinstitutionen fokussiert. Daraus ergab sich folgende Suchabfrage:  $[wc = \text{“green \& sustainable science \& technology” AND } cu = \text{germany AND } py = 2018-2020]$

Die mit dieser Suchabfrage identifizierten 3.041 wissenschaftlichen Publikationen wurden in einem nächsten Schritt KI-gestützt analysiert. Bei der eingesetzten Software handelte es sich um NETCULATOR von iTOP.PARTNERS. NETCULATOR nutzt maschinelles Lernen und semantische Technologien, um sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch Patente zu analysieren. Dafür werden Dokumentenlisten importiert, die neben den zugehörigen Metainformationen auch Artikel- bzw. Patenzusammenfassungen (Abstracts) umfassen. Diese Datensätze werden von der Software geclustert – es werden also Muster in den Daten erkannt, was eine zusätzliche Interpretationsebene erzeugt. Der softwareseitig abgebildete Prozess besteht aus den folgenden vier Schritten:

- 1) Hybride Ähnlichkeitsberechnung: NETCULATOR analysiert einerseits, inwieweit sich Zitationen überschneiden, ob also zwei Artikel/Patente a) sich gegenseitig zitieren, b) Dritte zitieren oder c) von Dritten zitiert werden. Andererseits werden mittels eines nicht-überwachten tf-idf-Algorithmus<sup>6</sup> semantische Ähnlichkeiten zwischen den Dokumenten modelliert. Die Gewichtung der beiden Teilaspekte der hybriden Ähnlichkeit kann je nach Zielsetzung angepasst werden.
- 2) Clusterberechnung: Mit einem k-NN-Algorithmus<sup>7</sup> werden auf Basis der hybriden Ähnlichkeit Cluster in den Daten identifiziert. Zur Festlegung der Clusteranzahl nutzt NETCULATOR „modularity maximation“. Dies bedeutet, dass Ähnlichkeitswerte innerhalb eines Clusters maximiert, zwischen den Clustern hingegen minimiert werden.
- 3) Clustervisualisierung: In 5000 Iterationen werden die ursprünglich 300 Dimensionen der hybriden Ähnlichkeit auf zwei Dimensionen<sup>8</sup> abgebildet.
- 4) Clusterbenennung: Die vom oben beschriebenen tf-idf-Algorithmus generierten Schlagwörter werden mit den Titeln und den Zusammenfassungen von Artikeln verglichen, die sich jeweils im Clustermittelpunkt befinden. Auf dieser Basis können die inhaltlichen Zusammenhänge der tf-idf-Schlagwörter identifiziert und die Cluster dementsprechend benannt werden.

---

<sup>5</sup> Die Fokussierung auf Publikationen mit Beteiligung deutscher Forschungsinstitutionen wurde vor dem Hintergrund gewählt, auf der einen Seite die im Rahmen dieser Studie zu untersuchende Grundgesamtheit in einem adäquaten Rahmen zu halten, gleichzeitig aber die Suchabfrage nicht fachthematisch einzugrenzen.

<sup>6</sup> "term frequency-inverse document frequency"; eine numerische Statistik, die die Relevanz bestimmter Begriffe für ein Dokument im Verhältnis zur Relevanz in der Grundgesamtheit widerspiegelt; siehe z. B. Rajaraman & Ullman [RU11]

<sup>7</sup> "k-nearest Neighbors"; eine nichtparametrische Klassifikation, die die k nächsten Nachbarn in einem Merkmalsraum verwendet, um eine Klassenzugehörigkeit vorzuschlagen; siehe z. B. Triguero et al. [TML+16]

<sup>8</sup> Die zwei Dimensionen repräsentieren keine kategorischen Unterschiede.

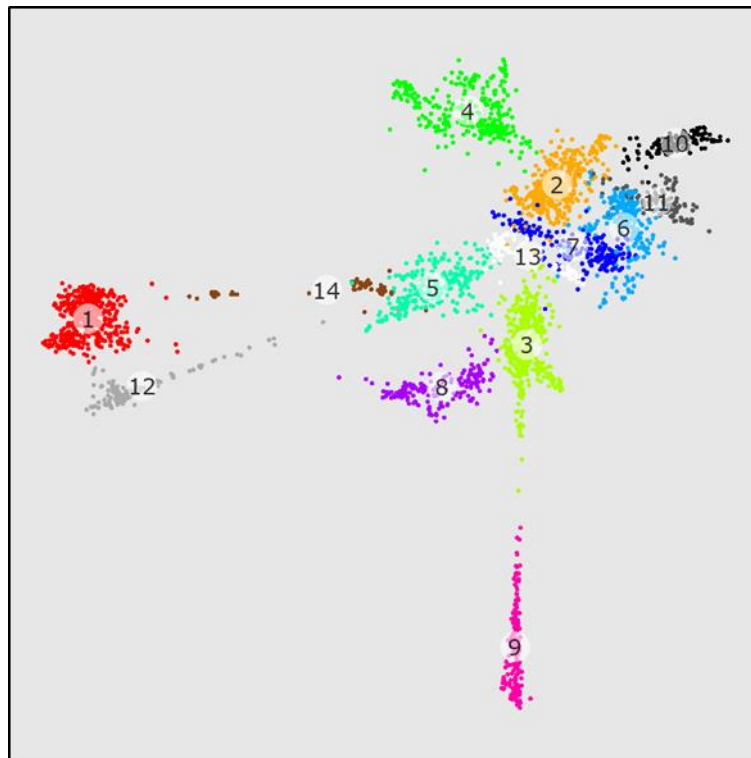
### 3.2 Identifizierte Trendcluster

Es wurden im Zeitraum 2018-2020 insgesamt 3.041 wissenschaftliche Publikationen identifiziert, die den gewählten Kriterien entsprachen. In dieser Grundgesamtheit konnten mit oben beschriebenen Vorgehen die folgenden 14 Cluster identifiziert werden:

- 1) Green chemistry (Hydrogenation, Catalysts)
- 2) SDGs (Sustainable development goals)
- 3) Energy efficiency (Net-zero buildings, Geothermal energy)
- 4) Agriculture (Crops, Land-use, Soils)
- 5) Recycling, Waste management, Life cycle assessment
- 6) Urbanization (Green transport, Green infrastructure)
- 7) Climate change vulnerability
- 8) CO2 capture and storage
- 9) Wind power (Tubines, Blades, Wake models)
- 10) ESD (Education for sustainable development)
- 11) Sustainable consumption behavior
- 12) Batteries (Electrolysis)
- 13) Bioeconomy (Governance, Supply chains)
- 14) Biogas (Lignin)

Das Cluster „Green chemistry (Hydrogenation, Catalysts)“ ist mit 445 Artikeln das umfangreichste. Es umfasst insbesondere Artikel, die sich mit der Entwicklung neuer Katalysatoren befassen, um das aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten wichtige Thema der Hydrierung technologisch effizienter zu machen. Mit 404 Artikeln nimmt das Cluster „SDG (Sustainable development goals)“ den zweiten Platz ein; die diesbezügliche Forschung befasst sich mit Fragen rund um Umsetzung und Auswirkung der 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der UN. Die weiteren Cluster befassen sich mit relevanten technologischen, betriebs- und volkswirtschaftlichen, soziologischen oder politischen Fragestellungen.

Bild 2 zeigt die KI-gestützte Analyse der 14 Cluster, wobei die Interpretation der Distanz der Cluster zueinander eine Einschätzung der Clusterähnlichkeit zulässt. Demnach sind sich beispielsweise die Cluster 1 und 12 ähnlich, was darin begründet sein kann, dass die Weiterentwicklung chemischer Technologien einen wesentlichen Enabler für Batterieentwicklungen darstellt.



*Bild 2: Trendcluster*

Bei den 14 identifizierten Clustern handelt es sich um jene Forschungsbereiche, in denen aktuell im Kontext der Nachhaltigkeitsforschung gearbeitet wird. Somit lässt deren Identifikation eine valide Aussage darüber zu, von welchen Themen sich die Forschung aktuell verspricht, Beiträge zu Förderung und Steigerung von Nachhaltigkeit leisten zu können.

## 4 Entwicklung von alternativen Nachhaltigkeitsszenarien

Im Folgenden wird die Entwicklung von vier alternativen Nachhaltigkeitszukunftsbildern beschrieben. Zwei der Szenarien werden exemplarisch weiter vertieft, um die Integration der KI-gestützten Trendanalyse mit der Szenarioanalyse im nachfolgenden Kapitel erläutern zu können.

### 4.1 Vorgehen

Strategie- und Entscheidungsprozess in etablierten Unternehmen sind meist für stabile und bekannte Geschäftsfelder erprobt. Starke Veränderung oder Disruption des Umfelds können jedoch schnell dazu führen, dass die traditionellen Strategie- und Planungsprozesse nicht mehr greifen [GR07], [Rin10]. In unsicheren Geschäfts- oder Unternehmensumfeldern ist somit eine Herangehensweise notwendig, die der Unsicherheit gerecht wird. Die Arbeit mit explorativen Szenarien kann dabei eine entscheidende Rolle spielen, da sie Entscheidungsfindung in komplexen und unsicheren Umfeldern auf vielfältige Art und Weise informieren kann [GFS96].

In dem hier ausgeführten Beispiel wurden vier alternative Szenarien entwickelt. Das Vorgehen entspricht dabei einem Hybrid aus dem klassischen Oxford-Szenarioansatz und den ersten

Schritten des Szenario-based Strategizing-Ansatzes und ist in Bild 3 dargestellt [RWv16], [LLW+17].

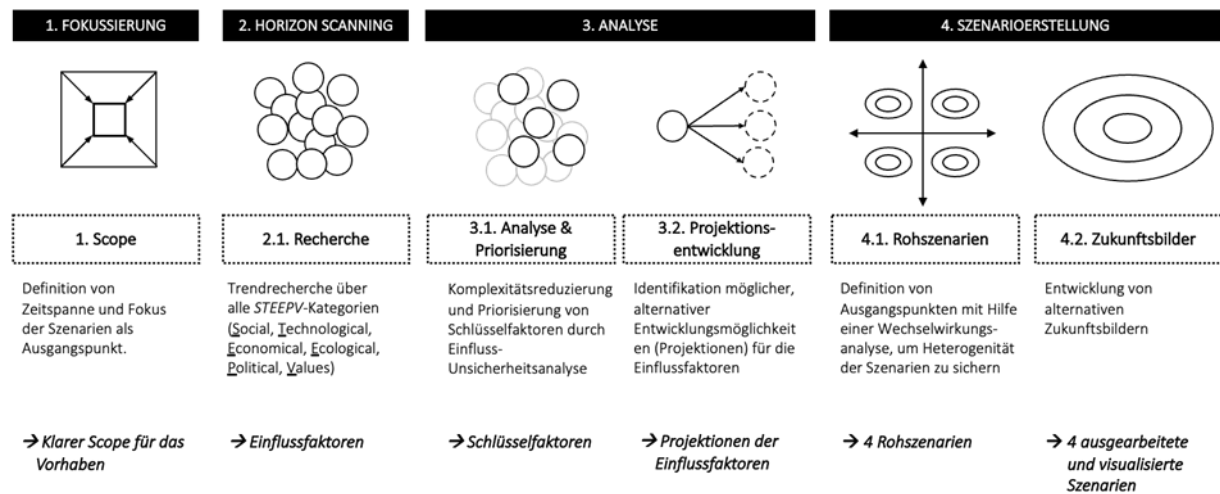


Bild 3: Vorgehen bei der Szenarioentwicklung

**Schritt 1: Ziele und Fokus.** Im ersten Schritt wurden Ziele, Fokus und Zeithorizont der Analyse festgelegt. Ziel der Analyse war

- die Identifikation von Einflussfaktoren, Haupttreibern und Unsicherheiten mit Bezug zu Nachhaltigkeit und dessen Einfluss auf das produzierende Gewerbe,
- die Verständniserweiterung für verschiedene plausible, mögliche Nachhaltigkeitszukunftsbilder für das Jahr 2035 und
- insbesondere der Impact der Entwicklungen und Szenarien auf Unternehmen des produzierenden Gewerbes, was sich in entstehenden Chancen und Risiken darstellt.

**Schritt 2: Horizon Scanning.** Im zweiten Schritt wurde zunächst breit nach Signalen und Einflussfaktoren für die Entwicklung der Szenarien recherchiert. Dabei wurde als gängiges Framework STEEPV (Social, Technological, Economical, Ecological, Political, Values/Culture) verwendet, um eine breite Recherche sicherzustellen und somit die Betrachtung von Einflussfaktoren, die in entfernteren Einflussbereichen liegen. Bei der Recherche wurden eine Vielzahl von Quellen genutzt, siehe Bild 4. Die Rechercheergebnisse wurden darüber hinaus mit Industrieexperten und Wissenschaftlern in einem Workshop validiert und weiterentwickelt.





Bild 4: Quellen bei der Recherche

**Schritt 3: Analyse.** In der Analysephase wurden zunächst die Vielzahl von identifizierten Faktoren (223) geclustert und anschließend mit Hilfe einer Einfluss-Unsicherheitsanalyse 12 Schlüsselfaktoren für die weitere Szenarioentwicklung identifiziert. Für diese Faktoren, die durch eine hohe Wirkung im betrachteten Gesamtsystem und eine ebenfalls hohe Unsicherheit bzgl. ihrer zukünftigen Entwicklung charakterisiert sind, wurden im Anschluss alternative Entwicklungspfade identifiziert und definiert (Projektionen).

**Schritt 4: Szenarioerstellung.** Für die Erstellung der Zukunftsbilder wurden mit Hilfe einer Wechselwirkungsanalyse zunächst zwei Dimensionen (Achsen) identifiziert, die gemäß Expertenmeinung relativ geringe Abhängigkeiten in ihren Entwicklungen haben. Mit Hilfe der Extremprojektionen der zwei Dimensionen konnten vier Roh- oder Startszenerien definiert werden, die im finalen Schritt zu vollständig ausgearbeiteten Zukunftsbildern weiterentwickelt wurden. In diesem letzten Schritt wurden sowohl die zuvor identifizierten weiteren Schlüsselfaktoren, als auch weitere Einflussfaktoren und Aspekte aus den vorherigen Analyseschritten konsistent eingearbeitet.

## 4.2 Nachhaltigkeitsszenarien

In Bild 5 sind die vier resultierenden Szenarien im Überblick gezeigt, in Bild 6 eine Übersicht über die aktiven Projektionen der Schlüsselfaktoren in den verschiedenen Szenarien.

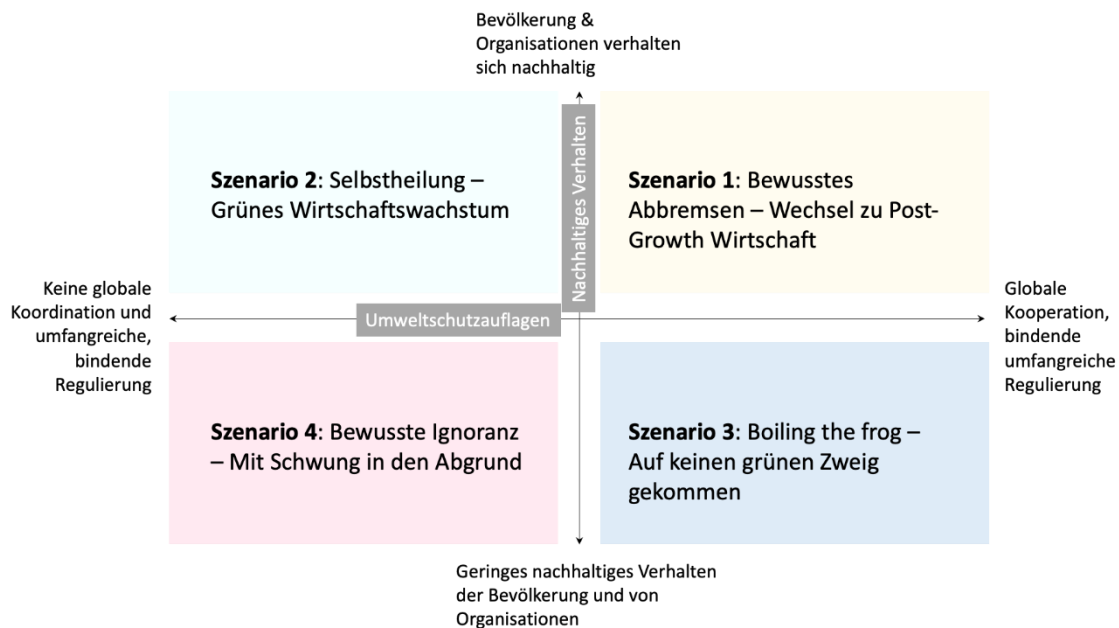


Bild 5: Szenarioüberblick

Für die in diesem Artikel angestrebte Veranschaulichung des Nutzens von datengetriebener Trendanalyse und Szenarioentwicklung werden im Weiteren Teilaspekte beider Analysen verwendet. Aus der Szenarioanalyse werden die Szenarien 1 und 2 verwendet, weshalb auf diese hier vertiefend eingegangen wird.

#### 4.2.1 Szenario 1: Bewusstes Abbremsen – Wechsel zu Post-Wachstumsökonomie und Gesellschaft

In diesem Szenario sind Politik und Regulierung die entscheidende Kraft für die Transition in eine Post-Wachstumsökonomie und -gesellschaft. Das Szenario lässt sich wie folgt zusammenfassen:

*In den 2020ern ist die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Klimawandel zunächst gescheitert. Effizienzsteigerungen zu Gunsten verbesserter Klimabilanzen wurden durch erhöhten Konsum kompensiert, so dass in Summe weiterhin negative Klimaeffekte begünstigt werden. Anstatt das individuelle CO<sub>2</sub>-Kontingent im Schnitt auf die notwendigen ca. 2,7 Tonnen pro Jahr zu beschränken, erhöht sich dieses weiter. Dekarbonisierungsmaßnahmen sind nicht so effektiv wie erhofft und die Welt steuert auf Temperaturanstiege von mehr als 2°C zu. Die Ziele des Pariser Klimaabkommens werden verfehlt werden.*

*In der Folge hat im neuen Jahrzehnt eine starke Veränderung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewusstseins in der Bevölkerung den Druck auf die Politik erhöht, umfassende Maßnahmen zur Minderung der Folgen des Klimawandels einzuführen. Da sich die Hoffnung auf eine grüne Wachstumsgesellschaft nicht erfüllt, wird die Post-Wachstumsökonomie Realität. Diese Transition wird durch entsprechende Regulierungen letztendlich unterstützt mit der Folge, dass durch die fundamentale Veränderung der Gesellschaft eine Verlangsamung des Fortschritts des Klimawandels erreicht werden kann.*

*Für Unternehmen bedeutet dies nach einer Phase der grundlegenden Veränderungen durch die Digitalisierung zwischen 2000 und 2020 eine weitere Phase der extremen Veränderung. Geschäftsmodelle müssen grundlegend an die Post-Wachstumsökonomie angepasst werden, wobei „Verdienstleistung“ (Servitization) eine große Rolle spielt: effiziente Nutzung anstatt Eigentum rückt in den Vordergrund. Anstatt dem Ersatz bestehender Assets und Ressourcen werden diese zunehmend repariert, erneuert und weiterverwendet. Erfolgreiche Unternehmen meistern die drei grundlegenden Nachhaltigkeitsstrategien Effizienzsteigerung (mehr Output mit weniger Input), Konsistenz (erneuerbare und zirkuläre Wirtschaft) und Suffizienz (mehr Wert mit weniger Ressourceneinsatz) und haben die Transition von Produktverkauf zu Dienstleistungs- und Lösungsangebot erfolgreich bewältigt.*

#### **4.2.2 Szenario 2: Selbstheilung – Grünes Wachstum**

In diesem Szenario führt ein Siegeszug von grünen und nachhaltigen Technologien zu einer „Selbstheilung“ der Wirtschaft, da diese weiterhin eine Wachstumsökonomie, jedoch nachhaltig, ermöglichen. Dieses Szenario lässt sich wie folgt zusammenfassen:

*Eine schnelle und starke Veränderung des Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewusstseins der Bevölkerung führt zu ungekanntem Druck auf Unternehmen, ihr Angebot an den veränderten Bedarf anzupassen. Hohe Investitionen in entsprechende Weiterentwicklungen führen zu kontinuierlichen technologischen Weiterentwicklungen und Durchbrüchen in Clean Tech, die letztendlich den Weg für eine grüne Wirtschaft und Gesellschaft bereiten und so die Grundfesten des vorherrschenden Wirtschaftssystems erhält. Geschäftsmodelle werden an die neuen Bedarfe und das Nachhaltigkeitsparadigma angepasst, jedoch bleiben die Fundamente der 2020er erhalten. Die starken Veränderungen, Entwicklungen und verfügbaren Entwicklungsbudgets begünstigen die Entstehung neuer Marktakteure, die sich vollständig auf nachhaltige und grüne Angebote konzentrieren können.*

*Abgesehen von der Regulierung des zulässigen Emissionausstoßes herkömmlicher Kraftwerke erfolgen nur zurückhaltende Eingriffe durch Gesetzgebungen und Regulierungen in Form von Klimavorschriften. Dies basiert auf dem Vertrauen in die Selbstheilungskraft – Nachfrage und Angebot – des Wirtschaftssystems, die hier zum Erfolg führt. Globale CO<sub>2</sub>-Neutralität und eine Einschränkung des globalen Temperaturanstiegs auf unter 2°C entsprechend des Pariser Klimaabkommens werden als erreichbar angesehen.*

|  | Szenario 1 Bewusstes Abbremsen<br><b>Wechsel zu Post-Growth Wirtschaft</b>      | Szenario 3 Selbstheilung<br><b>Grünes Wachstum</b>                              | Szenario 3 Boiling the frog<br><b>Auf keinen grünen Zweig gekommen</b>        | Szenario 4 Bewusste Ignoranz<br><b>Mit Schwung in den Abgrund</b>            |
|--|---|---|---|--|
| <b>Gesellschaft &amp; Werte</b>                            |   |   |   |  |
| Nachhaltiges Verhalten                                     | Bevölkerung & Organisationen verhalten sich nachhaltig in allen Lebensbereichen | Bevölkerung & Organisationen verhalten sich nachhaltig in allen Lebensbereichen | Bevölkerung & Organisationen verhalten sich nicht grundsätzlich nachhaltig    | Bevölkerung & Organisationen verhalten sich nicht nachhaltig                 |
| Vertrauen in die Wissenschaft                              | Wissenschaft ist Trusted Advisor  | Wissenschaft ist Trusted Advisor  | Wissenschaft ist Trusted Advisor  | Dissonanz zwischen Teilen der Bevölkerung und Entscheidern                   |
| Grad der sozialen Ungleichheit                             | Globale und lokale Vermögensunterschiede sind groß                              | Globale und lokale Vermögensunterschiede sind gering                            | Lokale Unterschiede unverändert zu 2020, globale Unterschiede stark gestiegen | Globale und lokale Vermögensunterschiede sind groß                           |
| <b>Technologie</b>   |   |   |   |  |
| Fortschritt bei Erneuerbaren                               | Konventionelle Energiequellen dominieren, Anteil Erneuerbarer wächst langsam    | Erneuerbare werden demokratisiert und setzen sich durch                         | Konventionelle Energiequellen dominieren, Anteil Erneuerbarer wächst stetig   | Konventionelle Energiequellen dominieren, Anteil Erneuerbarer wächst langsam |
| Elektromobilität   | Steigender Anteil elektrischer Fahrzeuge, ICE dennoch stabil                    | Fahrzeugneuzulassungen fast ausschließlich elektrisch                           | Steigender Anteil elektrischer Fahrzeuge, ICE dennoch stabil                  | Weiterentwickelte konventionelle Antriebe dominieren, kleiner Anteil EVs     |
| <b>Ökonomie</b>  |   |   |   |  |
| Proliferation der Kreislaufwirtschaft                      | Durch Regulierung und veränderten Marktbedarf etabliert                         | Durch Marktbedarf etabliert   | Durch Regulierung durchgesetzt  | Nicht durchgesetzt, Wirtschaft ist vollständig konsumbasiert und -orientiert |
| Kosten konventioneller Energiequellen                      | Weltweiter Preisanstieg   | Weltweiter Preisrückgang  | Preise sind volatil über Zeit und Regionen                                    | Weltweiter Preisrückgang   |
| <b>Nachhaltigkeit &amp; Ökologie</b>                       |   |   |   |  |
| Globaler Temperaturanstieg                                 | Globaler Anstieg von 2°C, Dekarbonisierung nicht so effektiv wie erhofft        | Globaler Anstieg von 1,5°C, Effektive Dekarbonisierung durchgesetzt             | Globaler Anstieg von 2,5°C  | Globaler Anstieg von mehr als 2,5°C  |
| Extreme Wetterereignisse                                   | Instabile Wetterlagen in einigen Regionen                                       | Instabiles Wetter allgegenwärtig  | Extreme Wetterereignisse sind allgegenwärtig                                  | Extreme Wetterereignisse sind allgegenwärtig                                 |
| <b>Politik &amp; Regulierung</b>                           |   |   |   |  |
| Umweltschutzauflagen                                       | Globale Kooperation, bindende umfangreiche Regulierung                          | Keine globale Koordination und umfangreiche, bindende Regulierung               | Globale Kooperation, bindende umfangreiche Regulierung                        | Globale Kooperation, bindende umfangreiche Regulierung                       |
| Emissionsrechtehandel                                      | Globaler Emissionsrechtehandel  | Asien ist Vorreiter und setzt die Standards                                     | Fragmentiert, bzw. kein Emissionsrechtehandel                                 | Fragmentiert, bzw. kein Emissionsrechtehandel                                |
| Regulierung von Emissionsaustoß konventioneller Kraftwerke | Globale, neue Regulierung und Standards für Kraftwerke                          | Weltweit strenge Vorgaben, inkl. China  | Vorwiegend westliche Länder setzen strengere Limits                           | Keine oder fragmentierte, unabgestimmte Vorgaben                             |

Bild 6: Übersicht der aktiven Projektionen in den vier Szenarien

## 5 Synthese: Hybrider Foresight-Ansatz

Die Integration des KI-gestützten Trendanalyse-Ansatzes und der Szenarioanalyse verspricht eine wertstiftende Verknüpfung aktueller, beobachtbarer Forschungs- und Entwicklungsarbeit und –trends mit explorativen Szenarien, die mögliche Zukünfte repräsentieren. Während die Szenarien mit dem Ziel entwickelt werden, sich von aktuellen Denkmustern, Hindernissen und Limitation zu lösen und lediglich mögliche konsistente Zukunftsbilder aufzuzeigen ohne explizit auf deren Entstehung einzugehen, stellt ebendiese Lücke zwischen plausiblen Zukunftsbildern und beobachtbarem, aktuellem Zustand in der Praxis häufig eine Herausforderung in der erfolgreichen Anwendung in Unternehmen dar. Ziel der Integration der beiden Ansätze ist somit, ebendiese Lücke zu verkleinern.

### 5.1 Vorgehen

#### 5.1.1 Grenzen der ausgewählten Ansätze

Der vorliegende Beitrag zielt darauf ab, die in vorgelagerten Expertengesprächen angeführte „Orientierungslosigkeit“ im Hinblick auf das Vorgehen bzgl. Nachhaltigkeit/Circular Economy zu überwinden und Unternehmen eine Methode an die Hand zu geben, welche mit Hilfe eines hybriden Ansatzes hilft, zukünftige Entwicklungen zu identifizieren und zu bewerten.

Vor dem Hintergrund einer möglichen methodischen Verknüpfung der beiden Ansätze bietet es sich an, zunächst nochmals in aller Kürze auf wesentliche Kritikpunkte einzugehen.

Mit Blick auf die KI-gestützte Trendanalyse, muss man festhalten, dass die Fokussierung auf Forschungsaktivitäten mögliche weitere relevante Einflussfaktoren nicht erfasst (z.B. demographische Entwicklungen). Wie hier neben wissenschaftlichen Veröffentlichungen weitere erkenntnisstiftende Informationsquellen zukünftig mitbetrachtet werden können, wird eine der zentralen Aufgaben im Rahmen der Weiterentwicklung des vorgestellten Ansatzes sein.

Neben vielen Vorzügen wird in Bezug auf die Szenario-Technik u. a. die Problematik diskutiert, dass das Kriterium der Falsifizierbarkeit wissenschaftlicher Theorien nicht anwendbar ist, da Szenarien letztendlich keinen Wahrheitsanspruch im Sinne von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen erheben. Allerdings unterliegt die Szenario-Methodik als Teil der zukunfts wissenschaftlichen Forschung dennoch „den Kriterien guter wissenschaftlicher Arbeit, wie u.a. logische Konsistenz, Angaben der Reichweiten, Explikation der Prämissen und Transparenz“ [KGE+08].

Die Grenzen der Projektion aktueller, bestehender Entwicklungen in die Zukunft sind in der Literatur bereits vielfältig beleuchtet worden – exemplarisch führen Strukturbrüche und das Auftauchen neuer, gravierender Einflussgrößen die Trendanalyse im turbulenten Umfeld an ihre Grenzen [Vog05].

### 5.1.2 Methodische Integration: Grundlagen

Mit der Zielsetzung der inhaltlichen Verknüpfung der beiden Perspektiven lässt sich der folgende Ansatz wie folgt einordnen. Es soll keine Methodenentwicklung durchgeführt werden, sondern eine Methodenintegration [HR12], was den Vorteil hat, auf bewährte und praxiserprobte Ansätze zurückgreifen zu können.

Die Kernaspekte einer erfolgreichen Methodenintegration lassen sich wie in folgender Tabelle dargestellt zusammenfassen.

*Tabelle 1: Kernaspekte Methodenintegration [Abe06]*

#### **Funktionsintegration**

- Prozessmodell

#### **Datenintegration**

- Datenmodell
- Konsistente Klassifizierungen und Benennungen

Im Hinblick auf ein anwendbares Verfahren sollte das Zusammenspiel der Methoden, z.B. auf der Ebene der Prozessschritte transparent dargestellt werden. Ein einheitliches Datenmodell mit konsistenten Klassifizierungen und Benennungen kann hierfür die Grundlage bieten, insb. um das Risiko von widersprüchlichen Informationen zu verhindern.

Grundsätzlich lassen sich in Bezug auf die inhaltliche Verknüpfung der KI-gestützten Trendforschung und der Szenario-Analyse drei Möglichkeiten unterscheiden:

- Informationen aus der KI-gestützten Trendforschung werden in der Szenario-Analyse aufgegriffen.
- Informationen aus der Szenario-Analyse werden in der KI-gestützten Trendforschung verwendet.
- Es wird das „zeitgleiche“ (Nicht-) Auftreten inhaltlicher Aspekte in der KI-gestützten Trendforschung und Szenario-Analyse identifiziert und interpretiert.

In der folgenden Betrachtung wird zunächst der dritte Ansatz verfolgt, da dies – insb. bei der Erarbeitung von Zukunftsbildern – den Vorteil bietet, mit gegenseitig unabhängig erarbeiteten Inhalten zukünftige Entwicklungen erfassen zu können. Dementsprechend kann mit Blick auf die Kernaspekte der Methodenintegration der Fokus insb. auf die Datenintegration inkl. konsistenter Klassifizierungen und Benennungen gelegt werden.

### 5.1.3 Methodische Integration: Vorgehen

Für die Integration von Daten, die durch unterschiedliche Methoden mit unterschiedlicher Perspektive generiert wurden, lassen sich in der Literatur unterschiedliche Herangehensweise identifizieren.

Insbesondere mit Blick auf die hier zunächst nicht im Mittelpunkt stehende Prozessintegration bietet es sich an, ein Datenmodell z.B. auf mit Hilfe einer aus der IT- oder der Geschäftsprozessmanagement entlehnten Methode zurückzugreifen. Als prominente Modellierungsmethoden lässt sich insb. die objektorientierte Modellierungsmethode (OMT) bzw. UML (Unified

Modeling Technique als ein Vertreter der OMT) anführen, welche sich durch Modellierungsflexibilität, einfache Änder- und Anpassbarkeit, Erweiter- und Wiederverwendbarkeit sowie hohe Verbreitung und Akzeptanz auszeichnet [A06].

Zur Diskussion des Zusammenhangs von Daten, welche durch unterschiedliche Methoden gewonnen wurden, wird im Technologie- und Innovationsmanagement auch auf sogenannte Linking Grids zurückgegriffen. In Linking Grids werden in tabellarischer Form z.B. Problemideen und Lösungskonzept (House of Technology) oder „Technology Routes“ und „Product Feature Concepts bzw. Technologien und aus Szenarien abgeleitete zukünftige Marktanforderungen in Zusammenhang gebracht [Heu08], [PFM+03], [EAW19].

Basierend auf diesen Vorüberlegungen werden im Folgenden aus in der KI-gestützten Studie identifizierte Trends charakteristischen Eigenschaften der Zukunftsbilder der Szenario-Analyse gegenübergestellt. Mit Blick auf die häufig durchgeführte Auswahl eines Lead-Szenarios als Basis für die strategischen Planungen liegt ein besonderes Augenmerk auch auf der Frage, welche Szenarios besonders durch die Trends gestützt werden.

## 5.2 Inhalt

Die in Bild 7 und Bild 8 dargestellten Linking Grids wurden wie folgt erarbeitet: In einem ersten Schritt wurde der grundlegende thematische Zusammenhang zwischen den aus der KI-gestützten Analyse gewonnenen Forschungscluster und den Szenarien zugrundeliegenden Kerntreibern/Deskriptoren analysiert. Hierbei wurde – hier und wie im Folgenden durch die Forschergruppe/Autorenteam – eine Bewertung mit 0 – kein Zusammenhang, 1 – geringer Zusammenhang, 3 – wesentlicher Zusammenhang und 5 – sehr hoher Zusammenhang vorgenommen. Exemplarisch wurde der Zusammenhang des Clusters 2 „SDGs (Sustainable development goals) und dem Kerntreiber „Umweltschutzaufgaben“ mit 5, d. h. sehr hoch, bewertet.

Anschließend wurde in einem zweiten Schritt abgeschätzt, inwieweit die Trends der KI-gestützten Analyse sowie die Ausprägungen/Projektionen der einzelnen separaten Szenarien in die gleiche Richtung zielen. Hierfür wurden die Skala „-5, -3, -1, 0, 1, 3, 5“ verwendet. Exemplarisch wurde die inhaltliche Übereinstimmung des Trends „Wind power (Tubines, Blades, Wake models)“ (KI-gestützte Analyse) und „Konventionelle Energiequellen dominieren, Anteil Erneuerbarer wächst“ (Projektion des Deskriptors „Erneuerbare Energiequellen“ im Szenario 2) mit „-5“, d. h. als grob widersprüchlich bewertet.

Im dritten Schritt wurden die beiden Bewertungen (Cluster-Treiber-Zusammenhang und Clustereinfluss auf Projektionen) multipliziert, der Clustereinfluss also gewichtet. Die Skala umfasst somit mögliche Werte von -25 bis 25.

| Cluster         | Umweltschutzaufgaben                                      | Nachhaltiges Verhalten | Vertrauen in die Wissenschaft | Grad der sozialen Ungleichheit | Erneuerbare Energiequellen | Kosten konventioneller Energie | Emissionsstandards für Kraftwerke | Durchsetzung e-Mobility | Proliferation Kreislaufwirtschaft | Globaler Temperaturanstieg | Auftreten extremer Wetterereignisse | Globaler Emissionshandel | SUMME      |
|-----------------|---|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|
| C.01            | Green chemistry (Hydrogenation, Catalysts)                | 9                      | 0                             | 1                              | 0                          | -3                             | 3                                 | 3                       | 3                                 | -3                         | 0                                   | 0                        | 16         |
| C.02            | SDGs (Sustainable development goals)                      | 25                     | 15                            | 9                              | -9                         | -15                            | 15                                | 9                       | 15                                | -15                        | 0                                   | 9                        | 73         |
| C.03            | Energy efficiency (Net-zero buildings, Geothermal energy) | 9                      | 3                             | 3                              | -1                         | -9                             | 3                                 | 0                       | 0                                 | -3                         | 0                                   | 0                        | 6          |
| C.04            | Agriculture (Crops, Land-use, Soils)                      | 9                      | 3                             | 9                              | -15                        | -3                             | 1                                 | 0                       | 3                                 | -9                         | -3                                  | 1                        | -4         |
| C.05            | Recycling, Waste management, Life cycle assessment        | 15                     | 15                            | 9                              | -3                         | -3                             | 1                                 | 3                       | 25                                | -3                         | 0                                   | 1                        | 60         |
| C.06            | Urbanization (Green transport, Green infrastructure)      | 3                      | 15                            | 1                              | -3                         | -5                             | 3                                 | 25                      | 9                                 | 3                          | -9                                  | 0                        | 43         |
| C.07            | Climate change vulnerability                              | 25                     | 9                             | 0                              | -25                        | -5                             | 25                                | 9                       | 5                                 | -5                         | -15                                 | 3                        | 51         |
| C.08            | CO <sub>2</sub> capture and storage                       | 25                     | 5                             | 9                              | -1                         | 15                             | -15                               | 9                       | 3                                 | -15                        | -3                                  | 15                       | 72         |
| C.09            | Wind power (Turbines, Blades, Wake models)                | 9                      | 9                             | 1                              | -1                         | -25                            | 3                                 | 9                       | 0                                 | -3                         | 0                                   | 3                        | 8          |
| C.10            | ESD (Education for sustainable development)               | 3                      | 15                            | 9                              | -3                         | -3                             | 0                                 | 3                       | 9                                 | -1                         | 0                                   | 0                        | 35         |
| C.11            | Sustainable consumption behavior                          | 3                      | 25                            | 1                              | -3                         | -15                            | 3                                 | 15                      | 15                                | -3                         | 0                                   | 0                        | 42         |
| C.12            | Batteries (Electrolysis)                                  | 9                      | 3                             | 15                             | 0                          | -25                            | 3                                 | 25                      | 1                                 | -3                         | 0                                   | 3                        | 34         |
| C.13            | Bioeconomy (Governance, Supply chains)                    | 25                     | 5                             | 3                              | -9                         | -25                            | 9                                 | 9                       | 9                                 | -9                         | -1                                  | 25                       | 66         |
| C.14            | Biogas (Lignin)   | 1                      | 0                             | 1                              | 0                          | -3                             | 0                                 | 0                       | 0                                 | -1                         | 0                                   | 0                        | -2         |
| <b>Ergebnis</b> |   | <b>170</b>             | <b>122</b>                    | <b>71</b>                      | <b>-73</b>                 | <b>-124</b>                    | <b>54</b>                         | <b>111</b>              | <b>97</b>                         | <b>-70</b>                 | <b>-31</b>                          | <b>60</b>                | <b>500</b> |

Bild 7: Übersicht der aktiven Projektionen für Szenario 1



| SCENARIO 2: self-Healing:<br>Making the green economy work |  | Umweltschutz-<br>aufgaben   | Nachhaltiges<br>Verhalten  | Vertrauen in<br>die Wissen-<br>schaft  | Grad der<br>sozialen<br>Ungleichheit                               | Erneuerbare<br>Energie-<br>quellen                                    | Kosten kon-<br>ventioneller<br>Energie | Emissions-<br>standards für<br>Kraftwerke       | Durchsetzung<br>e-Mobility  | Proliferation<br>Kreislauf-<br>wirtschaft  | Globaler<br>Temperatur-<br>anstieg  | Auftreten<br>extremer<br>Wetter-<br>ereignisse | Globaler<br>Emissions-<br>handel                     |
|--|--|---|--|--|--|---|--|---|---|--|---|--|--|
| Cluster  | Projektion   | Keine<br>globale<br>Koordinat<br>ion und umf<br>angreiche,<br>bindende<br>Regulierung | Bevölkerung &<br>Organisationen<br>verhalten sich<br>nachhaltig in<br>allen Lebens-<br>bereichen | Wissenschaft<br>ist Trusted<br>Advisor | Globale und<br>lokale<br>Vermögens-<br>unterschiede<br>sind gering | Erneuerbare<br>werden de-<br>mokratisiert<br>und setzen<br>sich durch | Weitweiter<br>Preisrück-<br>gang       | Weitweit<br>strenge<br>Vorgaben,<br>inkl. China | Fahrzeugneu-<br>zulassungen<br>fast aus-<br>schließlich<br>elektrisch | Durch<br>Markbedarf<br>etabliert.<br>Wirtschaft ist<br>zirkulär und<br>wertbasiert | Globaler<br>Anstieg von<br>1.5°C:<br>Effektive<br>Dekarboni-<br>sierung<br>durchgesetzt | Instabiles<br>Wetter<br>allgegen-<br>wärtig    | Asien ist<br>Vorreiter und<br>setzt die<br>Standards |
| C.01   | Green chemistry<br>(Hydrogenation,<br>Catalysts)               | 0   | 0  | 1                                      | 0  | 9   | -3                                     | 3   | 3   | 3  | 3   | 0  | 0  |
| C.02   | SDGs (Sustainable<br>development goals)                        | -15   | 15   | 9                                      | 15   | 15  | -5                                     | 15  | 15  | 9  | 15  | 0  | -3   |
| C.03   | Energy efficiency<br>(Net-zero building,<br>Geothermal energy) | 0   | 3  | 3                                      | 1  | 9   | -1                                     | 0   | 1   | 0  | 9   | 0  | -1   |
| C.04   | Agriculture (Crops,<br>Land-use, Soils)                        | -3  | 3  | 9                                      | 9  | 0   | -1                                     | 0   | 0   | 3  | 9   | -9   | -1   |
| C.05   | Recycling, Waste<br>management, Life<br>cycle assessment       | -15   | 15   | 9                                      | 1  | 3   | -1                                     | 3   | 0   | 25   | 3   | 0  | -1   |
| C.06   | Urbanization (Green<br>transport, Green<br>infrastructure)     | -3  | 15   | 1                                      | 9  | 15  | -1                                     | 1   | 25  | 9  | 3   | -9   | -1   |
| C.07   | Climate change<br>vulnerability                                | -15   | 9  | 0                                      | 25   | 15  | -25                                    | 25  | 15  | 5  | 15  | -15  | -3   |
| C.08   | CO <sub>2</sub> capture and<br>storage                         | -15   | 5  | 9                                      | 0  | 0   | 15                                     | 25  | 3   | 3  | 25  | -3   | -15  |
| C.09   | Wind power<br>(Turbines, Blades,<br>Wake models)               | -3  | 9  | 1                                      | 1  | 25  | -9                                     | 9   | 3   | 0  | 9   | 0  | -3   |
| C.10   | ESD (Education for<br>sustainable<br>development)              | -1  | 15   | 9                                      | 1  | 3   | 0                                      | 3   | 9   | 15   | 1   | 0  | 0  |
| C.11   | Sustainable<br>consumption<br>behavior                         | 0   | 25   | 1                                      | 3  | 25  | -1                                     | 1   | 25  | 25   | 3   | 0  | 0  |
| C.12   | Batteries<br>(Electrolysis)                                    | -3  | 3  | 15                                     | 0  | 25  | -1                                     | 3   | 25  | 1  | 1   | 0  | -3   |
| C.13   | Bioeconomy<br>(Governance, supply<br>chains)                   | -15   | 5  | 3                                      | 9  | 25  | -9                                     | 25  | 9   | 9  | 3   | -3   | -15  |
| C.14   | Biogas (Lignin)  | 0   | 0  | 1                                      | 0  | 3   | 0                                      | 0   | 0   | 0  | 1   | 0  | 0  |
| Ergebnis   |  | -88   | 122  | 71                                     | 74   | 172   | -42                                    | 113   | 133   | 107  | 100   | -39  | -46  |
|  |  |   |  |  |  |   |  |   |   |  |   |  | 677  |

Bild 8: Übersicht der aktiven Projektionen für Szenario 2

Die Linking Grids ermöglichen es nun, aktuelle Forschungstrends zu extrapolieren und einen Zusammenhang mit in der Zukunft liegenden Szenarien herzustellen. Die Analyse dieser Linking Grids lässt dabei insbesondere zwei Blickwinkel zu:

- 1) **Welche Projektionen sind ausschlaggebend für ein Szenario?** Diese „horizontale“ Interpretationsrichtung untersucht, welche Projektionen wie stark durch aktuelle Forschungsaktivitäten gestützt werden – je mehr die aktuelle Forschung auf eine Projektion einzahlt, desto relevanter scheint diese Projektion für das gesamte Szenario zu sein – die aktuelle Forschung unterstützt die Möglichkeit der Realisation dieses Szenarios. Mit Blick auf das aktuelle Beispiel ist in Szenario 1, das ein bewusstes Abbremsen im Kern hat, mit einem Wert von 170 denn auch die Projektion „Globale Kooperation, bindende umfangreiche Regulierung“ die ausschlaggebendste während in Szenario 2, das ja eine „Selbstheilung“ annimmt, die Projektion „Erneuerbare werden demokratisiert und setzen sich durch“ das Szenario treibt.
- 2) **Welche Forschungstrends haben den größten Einfluss auf ein Szenario?** Diese „vertikale“ Interpretationsrichtung ermöglicht die Identifikation jener Forschungstrends, die sich auf viele Projektionen eines Szenarios auswirken und ein Szenario also besonders stark beeinflussen können. In Szenario 1 liegt hier mit einem Wert von 73 das Forschungscluster 2 „SDG (Sustainable Development Goals)“ vorne, das demnach besonders relevant für dieses Szenario zu sein scheint, während das Szenario 2 besonders durch das Cluster 11 „Sustainable Consumption Behavior“ getrieben wird.

Die Auswertung der Linking Grids ermöglicht auch einen quantitativen Vergleich der Szenarios untereinander, indem deren Summen (gewichtete Einflüsse) verglichen werden. Demnach scheinen im Beispiel die aktuellen Forschungsaktivitäten eher auf Szenario 2 zu deuten (677) als auf Szenario 1 (500) – sollten die angestrebten Forschungsergebnisse erreicht werden, wäre demnach ein Selbstheilungsszenario wahrscheinlicher als ein Post-Growth-Szenario.

## 6 Fazit, Diskussion und Ausblick

Nachhaltige Entwicklung und Circular Economy stellen Unternehmen vor die Herausforderung, ihr Produkt- und Lösungsangebot zu hinterfragen und ggf. neu auszurichten. Mit dem vorgestellten hybriden Foresight-Ansatz können KI-gestützte Analysen von Patenten und Fachartikeln mit Hilfe von Linking Grids im Zusammenspiel mit Szenario-Analysen genutzt werden. Dies ermöglicht Unternehmen eine aus mehreren Perspektiven gestützte zuverlässigere und validere Analyse zukünftiger Entwicklungen im Bereich der Nachhaltigkeit, um schlussendlich geeignete Innovations- und Technologiestrategien abzuleiten.

Der entwickelte hybride Foresight Ansatz wurde hier vorgestellt und an Ausschnitten eines Fallbeispiels exemplarisch angewendet. Ziel war dabei, den Nutzen der Integration der beiden zu Grunde liegenden methodischen Elemente darzustellen. Für eine tiefergehende Validierung sind weitere Praxisbeispiele und eine strukturierte Auswertung nötig, insbesondere über Interviews mit Praktikern. Insbesondere die Verwendung der im Linking-Grid aufgeführten Summen gilt es im Hinblick auf die Auswahl potentieller Lead-Szenarios zu validieren.

## Literatur

- [Abe06] ABELE, T.: Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Jost Jetter Verlag, Heimsheim, 2006.
- [BBZ19] BELGER, A.; BLUM, R.; ZIMMERMANN, R.: Maschinelle Analyse und Modellierung von Texten zum Monitoring von Markt- und Technologieumgebungen. Erschienen in: Vorausschau und Technologieplanung. Hrsg.: Jürgen Gausemeier, Wilhelm Bauer, Roman Dumitrescu. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Band 390, 21. und 22. November 2019, Berlin
- [BMU16] BMUB: German Resource Efficiency Programme II - Programme for the sustainable use and conservation of natural resources. Berlin, 2016
- [Elk06] ELKINGTON, J.: The triple bottom line: The accountable corporation. Praeger Publishers, Westport, Conn. [u.a.], 2006, pp. 97–109
- [Elk13] ELKINGTON, J.: Enter the triple bottom line: The Triple Bottom Line: Does it All Add Up, 2013, S. 1–16
- [Elk97] ELKINGTON, J.: Cannibals with forks – The triple bottom line of 21st century business. Capstone, Oxford, 1997
- [Eur11] EUROPEAN COMMISSION: Roadmap to a Resource Efficient Europe – Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2011) 571 final. Brussels, 2011
- [Eur15] EUROPEAN COMMISSION: Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy – Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2015) 614 final. Brussels, 2015
- [Gaz15] GAZIULUSOY, A. I.: A critical review of approaches available for design and innovation teams through the perspective of sustainability science and system innovation theories. Journal of Cleaner Production, (107), 2015, S. 366–377
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien. 2. Auflage, Hanser, München, 1996
- [GR07] GAVETTI, G.; RIVKIN, J. W.: On the origin of strategy: action and cognition over time. Organizational Science, (18), 2007, S. 420-439
- [HR12] HEGER, T; ROHRBECK, R.: Strategic Foresight for collaborative exploration of new business fields. Technological Forecasting and Social Change, (79), 2012, S. 819–831.
- [HGR09] HANSEN, E. G.; GROSSE-DUNKER, F.; REICHWALD, R.: Sustainability Innovation Cube - A Framework to Evaluate Sustainability-Oriented Innovations. International Journal of Innovation Management, (13)4, 2009, S. 683–713
- [Heu08] HEUBACH, D.: Eine funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung. Jost Jetter Verlag, Heimsheim, 2008
- [IPC18] IPCC: Global warming of 1.5° – An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, 2018
- [KGE+08] KOSOW, H.; GASSNER, R.; ERDMANN, L.; LUBER, B.-J.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Werkstattbericht Nr. 103, Berlin, 2008.
- [KH14] KLEWITZ, J.; HANSEN, E. G.: Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review. Journal of Cleaner Production, (65), 2014, S. 57–75
- [KWv17] KENNEDY, S.; WHITEMAN, G.; VAN DEN ENDE, J.: Radical Innovation for Sustainability: The Power of Strategy and Open Innovation. Long Range Planning, (50)6, 2017, S. 712–725

- [Lan13] LANG-KOETZ, C.: Technologiemonitoring zur Unterstützung von Forschung und Entwicklung im Anlagenbau. In: ABELE, T. (Hrsg.): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung – Methoden und Prozesse in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. FOM-Edition, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013, S. 59–79
- [LAW19] LUQUE ALEMAN, E.; ABELE, T.; WOHLFART, L.: The journey from scenarios to roadmaps at Voith. III. Fraunhofer-IAO / FOM-KCT Konferenz “Roadmapping in Practice”, Stuttgart, 14. Februar 2019.
- [LLW+17] LEHR, T.; LORENZ, U.; WILLERT, M.; ROHRBECK, R.: Scenario-based strategizing: Advancing the applicability in strategists' teams. *Technological Forecasting and Social Change*, (124), 2017, S. 214–224
- [LS19] LANG-KOETZ, C.; SCHIMPF, S.: Nachhaltigkeit im Innovationsmanagement: Eine Studie zur Untersuchung der Integration von Nachhaltigkeitsaspekten im Innovationsmanagement deutscher Industrieunternehmen. Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung, Stuttgart, 2019
- [MBv18] MOUSAVI, S.; BOSSINK, B.; VAN VLIET, M.: Dynamic capabilities and organizational routines for managing innovation towards sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 203, 2018, S. 224–239
- [MI17] MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R.: *Technologie-Roadmapping*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017
- [MP14] MÜLLER, A.-L.; PFLEGER, R. (2014): Business transformation towards sustainability, *Business Research* (2014) 7:313–350, DOI 10.1007/s40685-014-0011-y
- [Pae07] PAECH, N.: Directional certainty in sustainability-oriented innovation management. In: Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.): *Innovations towards Sustainability – Conditions and Consequences*. Physica-Verlag, Heidelberg, 2007, S. 121–140
- [PFM+03] PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D.: Starting-Up Roadmapping Fast. *Research-Technology Management*, März-April 2003, S. 52-58.
- [PS96] PLESCHAK, F.; SABISCH, H.: *Innovationsmanagement*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1996
- [RBH15] ROHRBECK, R.; BATTISTELLA, C.; HUIZINGH, E.: Corporate foresight: An emerging field with a rich tradition. *Technological Forecasting and Social Change*, (101), 2015, S. 1–9
- [Rin10] RINGLAND, G.: The role of scenarios in strategic foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, (77), 2010, S. 1493-1498
- [RH21] ROHRBECK, R.; HEGER, T.: Strategische Vorausschau: Systematisch Innovieren und neue Märkte kreieren. *Ideen- und Innovationsmanagement*, (47), 2021, S. 17–21
- [RK18] ROHRBECK, R.; KUM, M.: Corporate Foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, (129), 2018, S. 59-73
- [RSN+09] ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; WIT, C. A. D.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. A.: A safe operating space for humanity. *Nature*, (461)7263, 2009, S. 472–475
- [RSU+19] RANTALA, T.; SAUNILA, M.; UKKO, J.; RANTANEN, H.: Identifying Strategies for Sustainable Entrepreneurship. In: Bocken, N.; Ritala, P.; Albareda, L.; Verburg, R. (Eds.): *Innovation for Sustainability – Business Transformations Towards a Better World*. Palgrave Studies in Sustainable Business In Association with Future Earth, Springer International Publishing, Cham, 2019, pp. 213–229
- [RU11] RAJARAMAN, A., ULLMAN, J. D.: *Mining of massive datasets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011
- [RWv16] RAMÍREZ, R.; WILKINSON, A.; VAN DER HEIJDEN, K.: *Strategic reframing – The Oxford scenario planning approach*. Oxford University Press, Oxford, 2016

- [SA19] SCHIMPF, S.; ABELE, T.: How German Companies apply Roadmapping: Evidence from an Empirical Study. *Journal of Engineering and Technology Management*, (52), 2019, S. 74–88
- [SJB12] SEEBODE, D.; JEANRENAUD, S.; BESSANT, J.: Managing innovation for sustainability. *R&D Management*, (42)3, 2012, S. 195–206
- [Tee07] TEECE, D. J.: Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, (28)13, 2007, S. 1319–1350
- [TPS97] TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A.: Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, (18)7, 1997, S. 509–533
- [TML+16] TRIGUERO, I., MAILLO, J., LUENGO, J., GARCÍA, S., & HERRERA, F.: From big data to smart data with the k-nearest neighbours algorithm. In 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), 2016, 859-864
- [Uni87] UNITED NATIONS: Our Common Future - Report of the World Commission on Environment and Development (WCED), 1987
- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement – Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015
- [Vog05] VOGT, W.: Prognosen und Szenarien. In: Steierwald G., Künne H.D., Vogt W. (eds) Stadtverkehrsplanung. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [WBC19] WBCSD: Lisbon Declaration – WBCSD Global Network Partners Initiative for Biodiversity and Ecosystem Services, 2019
- [Woe+19] WALZ, R.; OSTERTAG, K.; ECKARTZ, K.; GANDENBERGER, C.; BODENHEIMER, M.: Ökologische Innovationspolitik in Deutschland – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Dessau-Roßlau, 2019

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele** ist seit 2011 Professor an der FOM Hochschule für Oekonomie & Management, Stuttgart. Die von ihm 2009 gegründete Beratung TIM CONSULTING ist spezialisiert auf Projekte, Schulungen sowie Audits im Bereich des Technologie- und Innovationsmanagements. Er war nach seinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH) sowie der University of Massachusetts in Boston als Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart tätig. Seine Promotion schloss er 2006 an der Universität Stuttgart zum Thema „Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements“ ab. 2005 wechselte Thomas Abele in die Unternehmensentwicklung der Alfred Kärcher GmbH & Co. KG und war dort zuletzt als stellvertretender, operativ leitender Bereichsleiter Corporate Development u. a. für die Strategieentwicklung verantwortlich. Von September 2009 bis Februar 2011 war er als Professor für Technologie- und Innovationsmanagement an der German University in Kairo, Ägypten, tätig.

**Dr. Ulrich Hutschek** ist Senior Expert Technology Strategy & Foresight bei TIM Consulting in Stuttgart. Er berät Unternehmen zu Fragen des explorativen Technologiemanagements und forscht an der Schnittstelle von Innovation, Technologie und Entrepreneurship. Nach dem Studium des Technologiemanagements an der Universität Stuttgart promovierte er an der Zeppelin Universität in Friedrichshafen und leitete das EFTEK – Zentrum Technologiemanagement, eine

Kooperation der Zeppelin Universität und des Fraunhofer IAO in Stuttgart. Außerdem war er Leiter des Bodensee-Zentrums Innovation 4.0 an der HTWG Konstanz und Leiter des Innovationsmanagements der Wagner Group in Markdorf.

**Prof. Dr. Claus Lang-Koetz** ist Professor für Nachhaltiges Technologie- und Innovationsmanagement an der Hochschule Pforzheim (seit 2014). Nach seinem Studium (Dipl.-Ing. Umweltschutztechnik) arbeitete er neun Jahre lang in der angewandten Forschung an der Universität Stuttgart (Promotion zum Dr.-Ing.) und am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Danach baute er das Innovationsmanagement bei einem international agierenden Anlagenbauunternehmen auf und leitete es. An der Hochschule Pforzheim leitet er neben seiner Lehrtätigkeit Forschungsprojekte am Institut für Industrial Ecology (INEC). Seine Forschungsschwerpunkte liegen insbesondere in den Bereichen Gestaltung von Innovationsprozessen in Unternehmen, Organisationsmodelle und Bewertungsmethoden des strategischen Technologiemanagements und Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in das Innovationsmanagement von Unternehmen.

**Dr. Tobias Heger** ist Gründungspartner und Geschäftsführer der Rohrbeck Heger GmbH, einer Unternehmensberatung spezialisiert auf die Anwendung von Methoden der Vorausschau für zukunftsorientierte Innovations- und Strategieentwicklung. Er begleitet sowohl international tätige Unternehmen wie Bosch, Hyundai, Lufthansa, Mondelez, Siemens, und Tata als auch führende Unternehmen des deutschen Mittelstandes bei der wertstiftenden Anwendung der Methoden der Vorausschau. Nach seinem Studium (Dipl. Ing. Wirtschaftsingenieurwesen, TU Berlin) arbeitete er fünf Jahre bei internationalen Konsortien (EICT, EIT Digital) im Innovationsmanagement und initiierte u.a. den internationalen Scale-up Wettbewerb EIT Digital Challenge. Berufsbegleitend promovierte er an der Universität Potsdam / dem Hasso Plattner Institut zu "Foresight in Networks – A Relational View on Foresight". Eine weitere Passion ist die Unterstützung junger Unternehmen als Ratgeber und Business Angel, insbesondere in den Bereichen IT, Logistik und Digitalisierung.



# **Szenario-gestützte Entwicklung von Strategiepfeilen im Digitalisierungsumfeld – Vorgehen von OTTO FUCHS am Beispiel „Schmiede 4.0“**

**Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Alexander Fink**  
Scenario Management International AG  
Klingenderstrasse 10-14, 33100 Paderborn  
Tel. +49 (0) 52 51 / 15 05 70  
E-Mail: fink@scmi.de

**Dr.-Ing. Lukas Kwiatkowski**  
OTTO FUCHS KG  
Derschlager Str. 26, 58540 Meinerzhagen  
Tel. +49 (0) 23 54 / 73 58 18  
E-Mail: lukas.kwiatkowski@otto-fuchs.com

**Christian Michl, M.Sc.**  
Scenario Management International AG  
Klingenderstrasse 10-14, 33100 Paderborn  
Tel. +49 (0) 52 51 / 15 05 70  
E-Mail: michl@scmi.de

## **Zusammenfassung**

Die digitale Transformation verlangt von Unternehmen mit produktionsorientierten Wertschöpfungsmodellen sowohl eine Anpassung ihrer traditionellen Prozesse an die Anforderungen der entstehenden Datenökonomie als auch die stetige Prüfung neuer Geschäftsmöglichkeiten und alternativer Geschäftsmodelle. Zusammenfassen lassen sich diese Aktivitäten in einer Digitalstrategie. Um diese robust zu gestalten, müssen Unternehmen verschiedene zukünftige Möglichkeiten vorausdenken. In dem Beitrag wird dieser Ansatz einer szenariobasierten Entwicklung von Digitalstrategien am Beispiel von OTTO FUCHS, einem führenden Unternehmen der Nichteisen-/NE-Metallindustrie dargestellt. Dort wurden zunächst sieben Umfeldszenarien entwickelt und bewertet. Anschließend wurden alternative denkbare Digitalstrategien entwickelt und in einer „Strategie-Landkarte“ zusammengefasst. Die Verknüpfung der Umfeld- und Strategieszennarien in einer Zukunftsmatrix ermöglichte es, eigene Strategiepfeile zu definieren und letztlich seine strategische Stoßrichtung zielgerichtet zu diskutieren sowie im nächsten Schritt eine Digitalisierungsstrategie zu formulieren.

## **Schlüsselworte**

Szenario-Management, Szenario-Technik, Zukunft, Digitalisierung, Geschäftsmodelle



# **Scenario-based development of strategy paths in the digitalization environment – OTTO FUCHS' approach using the example of „Forging 4.0“**

## **Abstract**

The digital transformation requires companies with production-oriented value creation models both to adapt their traditional processes to the requirements of the emerging data economy and to constantly examine new business opportunities and alternative business models. These activities can be summarized in a digitization strategy. To make this robust, companies need to think ahead to various future opportunities. In this article, this approach of scenario-based development of digitization strategies is illustrated using the example of OTTO FUCHS, a leading company in the non-ferrous metals industry. There, seven external scenarios were first developed and evaluated. Subsequently, alternative conceivable digital strategies were developed and summarized in a “strategy map”. Linking the external and strategy scenarios in a future matrix made it possible to define one's own strategy paths and ultimately discuss one's strategic guideline in a targeted manner and, in the next step, to formulate a digitization strategy.

## **Keywords**

Scenario planning, Scenario-Management, future research, digitization, business models

## 1 Strategische Entscheidungen im Rahmen digitaler Transformationsprozesse

Während Digitalisierung seit den 1950er-Jahren im engeren technischen Sinne die Umwandlung von analogen in digitale Systeme beschreibt, so wird der Begriff seit etwa 2013 erweitert und schließt im Sinne eines Megatrends auch die Auswirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft sowie Arbeits- und Privatleben ein. Parallel wird dabei auch von einer digitalen Revolution oder – insbesondere im unternehmerischen Kontext – von digitaler Transformation gesprochen [BM18]. Parallel zu dieser Entwicklung nehmen Daten eine zentrale Rolle in vielen Bereichen ein – quasi als „Öl des 21. Jahrhunderts“ [Spi17].

Im Kontext der industriellen Entwicklung wird häufig von der Vierten Industriellen Revolution gesprochen, die auf die erste Revolution um Anfang des 19. Jahrhunderts (Mechanische Produktion), die zweite Revolution im frühen 20. Jahrhundert (Massenfertigung mit Hilfe von Fließbändern und elektrischer Energie) sowie die dritte Revolution ab den 1950er Jahren (Computerarbeit) folgt [Sch16]. Ausgehend von Deutschland hat sich dafür auch der Begriff „Industrie 4.0“ etabliert, wobei in anderen Ländern parallel auch abweichende Begriffe genutzt werden, beispielsweise „Industrial Internet“ [KWH13], [BSM+14, S,18], [LDF17].

Kritisch wird heute argumentiert, dass es sich bei den derzeitigen Veränderungen nicht um die Fortsetzung der Industrialisierung mit neuen Mitteln handelt, sondern dass Gesellschaften in eine Übergangsphase eingetreten sind, deren Ende zugleich das Ende des Industrie- und der Beginn des Digitalzeitalters sind [SLW17]. LOVELOCK bezeichnet dies als Novozän:

*„Auch wenn der Begriff ‚Industrielle Revolution‘ ziemlich zutreffend ist, erfasst er weder die übergeordnete Bedeutung des Moments noch seine nachhaltigen Auswirkungen. Die bessere Bezeichnung ist Anthropozän, weil sie die gesamten 300 Jahre seit der Einführung von Newcomens Dampfmaschine bis heute abdeckt und das große Thema der Epoche widerspiegelt: die Macht des Menschen über den gesamten Planeten.“ [Lov20, 55]*

Für Unternehmen mit produktionsorientierten Wertschöpfungsmodellen bedeutet dies zunächst, dass sie ihre traditionellen Prozesse an die Anforderungen einer entstehenden Datenökonomie anpassen müssen [HHH+20]. Dabei gehen die Anforderungen allerdings weit über die Optimierung bestehender Prozesse hinaus, sondern beinhalten eine umfassende digitale Transformation auf Basis digitaler Technologien wie beispielsweise Big Data und Data Analytics, Künstliche Intelligenz, Blockchains oder Additive Manufacturing [Mar20]. Dabei wird auch bereits gefragt, welche Technologien und Entwicklungen die Zeit „nach der Digitalisierung“ prägen könnten [CEM+20], [Ind19].

Die digitale Transformation von Unternehmen geht einher mit der Entstehung neuer digital geprägter Geschäftsmodelle [GFC17], [Joh18], [SRA+16], die letztlich nicht nur zusätzliche, neue Geschäftsmöglichkeiten aufzeigen, sondern eine komplette Transformation des Unternehmens, und damit eine grundlegende Veränderung seiner Strategie, nahelegen. Verbunden ist dies in der Regel auch mit Markt- und Umfeldveränderungen, insbesondere dem Auftreten

neuer Komponenten wie z.B. Plattformen, die traditionelle Wertschöpfungsarchitekturen ändern und teilweise sogar obsolet machen [CGY19], [See21]. Die Verbindung zwischen den eigenen Geschäftsmodellen und den neuen digitalen Umfeldern schaffen Ökosysteme, die zunehmend auch in den Fokus der Unternehmensgestaltung rücken [CDR+20], [FB19].

Folglich kann eine Digitalstrategie sehr unterschiedlich verortet sein – und in der Tat lassen sich in der Praxis verschiedene Ansätze identifizieren [MM17]. In vielen Fällen geht es zunächst darum, die Nutzung digitaler Technologien anzustoßen und zu strukturieren. Dies kann vornehmlich intern im Sinne der digitalen Prozessoptimierung erfolgen, oder auch die externe Nutzung einschließen. Dann liegt die Verantwortung für die Digitalstrategie häufig beim Technikressort und ist eng mit der Innovationsstrategie des Unternehmens verflochten. In einem weitergehenden Ansatz geht es darum, die wachsenden digitalen Märkte zu bedienen. Hier rückt das (New) Business Development in den Vordergrund, denn es geht vornehmlich darum, neue Geschäftsmöglichkeiten zu erkennen und zu erschließen. Konsequenterweise kann eine Digitalstrategie gar nicht als eigenständige Strategie verstanden werden, sondern sie muss die gesamte Strategielandschaft des Unternehmens durchdringen und damit letztlich auf der obersten Strategieebene ansetzen.

*OTTO FUCHS: Digitalisierung, Industrie 4.0 und digitale Transformation sind relevante Themen für OTTO FUCHS, ein führendes Unternehmen der NE-Metallindustrie mit globalen Kunden in der Luft- und Raumfahrt-, der Automobil- und Bauindustrie sowie im Maschinen- und Anlagenbau. Auf eigener Werkstoffbasis fertigt OTTO FUCHS hochwertige Halbzeuge, insbesondere metallurgisch anspruchsvolle Schmiedestücke, Strangpresserzeugnisse und gewalzte Ringe. Um sich in dem nicht nur komplexen und gleichzeitig auch schnelllebigen und volatilen Marktumfeld strategisch aufzustellen, hat OTTO FUCHS einen „Prozess“ mit dem Titel „Schmiede 4.0“ im Sinne einer Vorausschau gestartet mit dem Ziel eine strategische Stoßrichtung zu entwickeln und somit auf die strategischen Fragestellungen durch die stetig voranschreitenden Digitalisierung passenden Antworten parat zu haben.*

## **2 Szenario-Management als Rahmen zur Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie im industriellen Umfeld**

In einer Welt mit sich beschleunigender technologischer Entwicklung brauchen Unternehmen nicht nur eine Vorstellung von den zukünftigen Entwicklungen, sondern auch eine langfristige Vorstellung davon, in welche Richtung man sich strategisch weiterentwickeln möchte [Nie20]. Verdeutlicht wird dies durch die drei Ebenen des Zukunftsmanagement [FS11], [FS16, 33ff]. Für die deskriptive Umfeldseite können die Zusammenhänge wie folgt dargestellt werden (Bild 1):

- Auf der operativen Ebene ist es notwendig, kurzfristig ein möglichst klares Bild von der Zukunft zu erhalten. Daher kommen hier schwerpunktmäßig quantitative und auf Extrapolationen beruhende Prognosen zum Einsatz.
- Auf der taktischen Ebene reicht diese Beschreibung der Zukunft nicht aus oder sie ist schlichtweg nicht leistbar. Hier werden mittelfristig anstehende oder bereits erkennbare Veränderungen in Form von Trends identifiziert, aus denen häufig ebenfalls Prognosen

erstellt werden. Daher findet man Prognosen (=Beschreibungen, wie die Zukunft aussehen wird) übergreifend auf den beiden unteren Ebenen.

- Auf der strategischen Ebene, das heißt bei der langfristigen Vorausschau und der strategischen Ausrichtung, reicht auch eine einfache Trendbetrachtung nicht mehr aus. Hier werden Szenarien (=Beschreibungen, wie die Zukunft aussehen könnte) zum zentralen Vorausschau-Instrument.

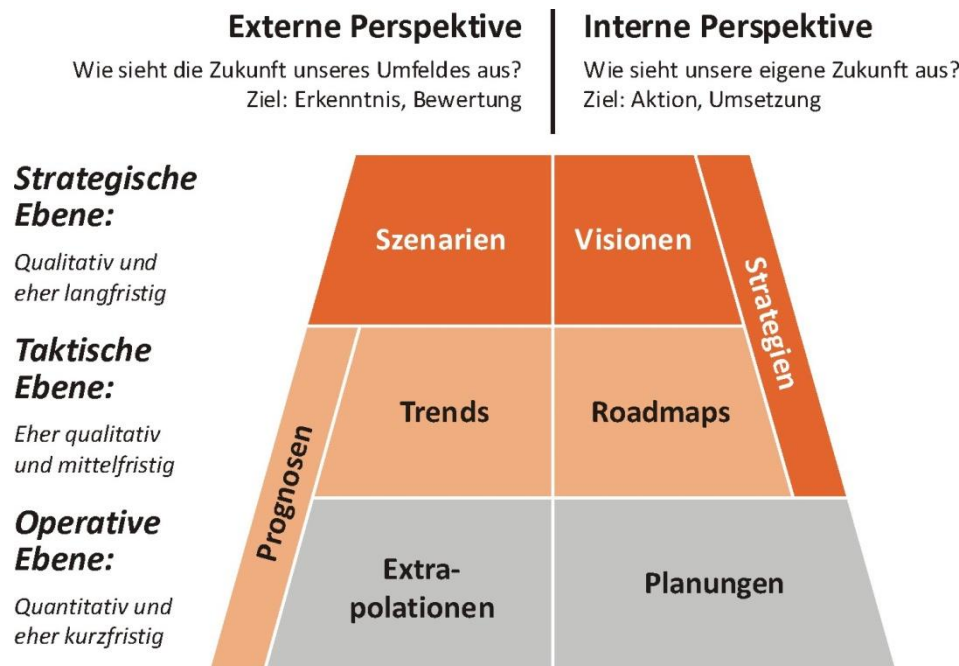


Bild 1: Modell des Zukunftsmanagement [FS16, 35]

Gleichzeitig weist die rechte Seite von Bild 1 darauf hin, dass neben der Zukunft des Umfeldes stets auch die Zukunft des eigenen Verantwortungsbereichs zu betrachten ist. Dies geschieht ebenfalls auf drei Ebenen:

- Auf der strategischen Ebene entscheidet man über die eigene Vision. Darunter werden die grundsätzlichen und häufig normativen Ziele verstanden, wie sie beispielsweise in Leitbildern formuliert werden, sowie die wesentlichen strategischen Zielpositionen wie die strategische Positionierung und die Kernkompetenzen.
- Auf der taktischen Ebene erfolgt die Umsetzung der Vision in ein konkretes Zielsystem oder eine konkrete Roadmap.
- Auf der operativen Ebene wird diese Leitlinie in Form von konkreten Planungen umgesetzt. Hier werden Geschäftspläne erstellt, Investitionsentscheidungen getroffen, Risiken identifiziert und bewertet sowie Krisen verhindert oder bewältigt.

Dieser offensive Umgang mit Ungewissheit durch die Entwicklung, Interpretation und Anwendung von Zukunftsszenarien ist essentiell, um in digitalen Umfeldern adäquate Entscheidungen zu treffen. Entsprechend des VUCA-Modells (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) ergeben sich drei weitere Veränderungen, auf die der Einsatz von Szenarien sich positiv auswirkt [Joh07]:

- *Komplexität*: Die Vielfalt und Dynamik von Märkten, Wettbewerb und Umfeldern hat sich in den vergangenen Jahren stetig erhöht. Daher haben wir es in der Regel mit komplexen Systemen zu tun, die adäquat nur durch vernetztes oder systemisches Denken gehandhabt werden können. Szenarien beziehen dies ein, in dem sie Einflüsse aus unterschiedlichen Bereichen berücksichtigen und miteinander verknüpfen.
- *Volatilität*: Szenarien sollen nicht nur kurzzeitig einen Eindruck von möglichen Zukünften liefern, sondern über einen längeren Zeitraum Orientierung in sich immer schneller verändernden Umfeldern geben. Daher haben Szenarien einen tendenziell längeren Zeithorizont im Auge, werden aber in kürzeren Abständen beobachtet.
- *Ambiguität / Mehrdeutigkeit*: Menschen neigen dazu, mehrdeutige, unklare oder widersprüchliche Situationen zu vermeiden. Da wir aber gerade in der digitalen Welt immer häufiger auf solche Situationen stoßen, sind diejenigen im Vorteil, die sich dem Druck zur „Vereindeutigung der Welt“ [Bau18] entziehen und eine höhere Ambiguitätstoleranz entwickeln. Szenarien erweisen sich hier als ein hilfreiches Werkzeug, um die Verträglichkeit verschiedener Zukunftssichten zu testen.

Die Methodik des Szenario-Management stellt dabei ein geeignetes Werkzeug dar, um die möglichen Zukunftsentwicklungen nachvollziehbar zu machen und eine Grundlage für strategische Entscheidungen zu legen, die in der Gegenwart getroffen werden müssen [GFS96], [FS16].

*OTTO FUCHS: Der Prozess bei OTTO FUCHS wurde bewusst als Zukunfts- und Szenario-projekt aufgesetzt, um den verschiedenen Teilnehmern die gedankliche Loslösung vom Gegenwartsgeschäft zu erleichtern. Im ersten Teil wurden zunächst mit Hilfe von Szenarien die für die weitere Entwicklung von OTTO FUCHS im digitalen Umfeld relevanten äußeren Rahmenbedingungen vorausgedacht und bewertet (siehe Bild 2, oben links). In einem zweiten Teil wurden die eigenen Handlungsoptionen in Form von Strategieszenarien aufgezeigt, bewertet und in einer Zukunftsmatrix mit den Umfeldszenarien verbunden. Diese Matrix bildete schließlich die Grundlage für die strategischen Überlegungen von OTTO FUCHS im Hinblick auf seine Digitalisierungsstrategie.*



Bild 2: Aufbau des Zukunfts- und Szenarioprozesses bei OTTO FUCHS

### 3 Umfeldszenarien – Wie können sich „industrielles Schmieden“ durch Digitalisierung verändern?

Mit den Umfeldszenarien sollte in der ersten Phase des Projektes untersucht werden, wie sich „das industrielle Schmieden“ und seine Umfeldler im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung verändern könnten. „Das industrielle Schmieden“ wurde dabei als anschauliches und allgemein verständliches Synonym für die Produktionsmethoden des eigenen Betriebs bzw. der eigenen Branche verstanden.

Die Entwicklung von Szenarien wurde entsprechend der drei Schritte des Szenario-Management durchgeführt [FS16, 63ff]. Dem schließt sich – wie im rechten Teil von Bild 3 dargestellt – die Szenario-Interpretation mit ihren drei Unterschritten an, die jeweils die folgenden Fragen beantworten

- 1) *Wie werden die Szenarien an die entsprechenden Stakeholder in geeigneter Art und Weise kommuniziert?* Diese Szenario-Kommunikation kann zusätzlich zur Dokumentation beispielsweise die Formulierung von Geschichten aus der Zukunft, die Erstellung einer öffentlichen Szenariostudie oder eine gezielte Visualisierung und mediale Aufbereitung beinhalten.
- 2) *Mit welchen Entwicklungspfaden ist für die Zukunft zu rechnen?* Für Szenarien, die auf extremen Zukunftsprojektionen beruhen, lassen sich sinnvoll keine Wahrscheinlichkeiten bestimmen. Da aber in einem Strategieprozess trotzdem eine Aussage zu den gegenwärtigen Entwicklungstendenzen gewünscht wird, schließt sich an die Szenarioentwicklung in der Regel eine Szenario-Bewertung an, mit der Entwicklungspfade und Erwartungsräume aufgezeigt werden.

- 3) *Welche Konsequenzen ergeben sich aus den jeweiligen Szenarien für den Auftraggeber?*  
 Hier wird zu jedem Szenario überlegt, welche Chancen und Gefahren sich für das eigene Unternehmen oder die eigene Organisation ergeben könnten. Darüber hinaus können Optionen abgeleitet sowie Gewinner oder Verlierer näher betrachtet werden.

Im OTTO FUCHS-Projekt lag der Schwerpunkt der Szenario-Interpretation auf der Szenario-Bewertung, die nachfolgend als Schritt 4 näher beschrieben wird.

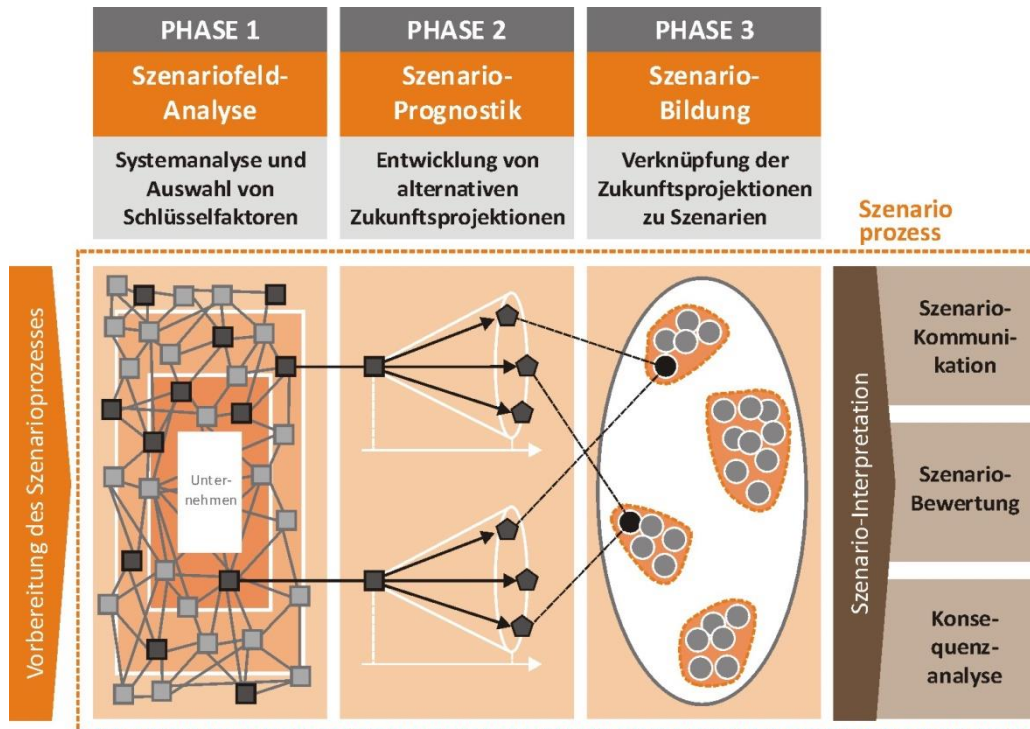


Bild 3: Schritte der Entwicklung und Interpretation von Szenarien

### 3.1 Szenariofeld-Analyse und Auswahl von Schlüsselfaktoren (Schritt 1)

Am Anfang der Szenarioentwicklung steht die Definition des Szenariofeldes. Damit wird festgelegt, wessen Zukunft in Form von Szenarien beschrieben werden soll. Darüber hinaus werden Zukunftshorizont und geografischer Fokus der Szenarien geklärt. Um das Szenariofeld konkreter beschreiben zu können, erfolgt zunächst eine visuelle Darstellung in Form eines Systembildes. Dieses präzisiert bei allen Beteiligten die Vorstellung vom Betrachtungsobjekt und ermöglicht die Diskussion unterschiedlicher Schwerpunkte.

Um Faktoren aus allen Bereichen des Szenariofeldes zu identifizieren, werden alle Systemebenen und Einflussbereiche anschließend durch geeignete Einflussfaktoren beschrieben. Diese Einflussfaktoren werden inhaltlich definiert und schaffen eine gemeinsame Grundlage für weitere Diskussionen sowie späteren Bewertungen und Zukunftsüberlegungen. Abgeschlossen wird dieser Schritt durch die Festlegung der sogenannten Schlüsselfaktoren. Sie sind quasi „unsere Fragen an die Zukunft“, denn mit diesen Schlüsselfaktoren wird in den Folgeschritten weitergearbeitet und zu ihnen wird es in den späteren Szenarien konkrete Aussagen geben.

*OTTO FUCHS: Im Kern des Systembildes (Bild 4) stehen die Entwicklungen rund um das industrielle Schmieden, der Kernkompetenz von OTTO FUCHS. Davon ausgehend wurden Themenfelder definiert, die das industrielle Schmieden beeinflussen können und in einer Wirkungsbeziehung stehen. Dazu zählen die Wertschöpfungskette mit ihren vor- und nachgelagerten Prozessen, Substitutionstechnologien, spezifische Abnehmermärkte sowie eher generelle Einflussbereiche, wie allgemeine Technologieentwicklungen oder die Wirtschaftsentwicklung und internationale Zusammenarbeit. Basierend auf dieser Definition der Systemebenen und Einflussbereiche wurde das Szenariofeld durch 74 Einflussfaktoren beschrieben. Zur Reduzierung von Komplexität im weiteren Szenarioprozess wurde deren Anzahl – mit Hilfe einer Vernetzungsanalyse – auf 22 Schlüsselfaktoren reduziert.*

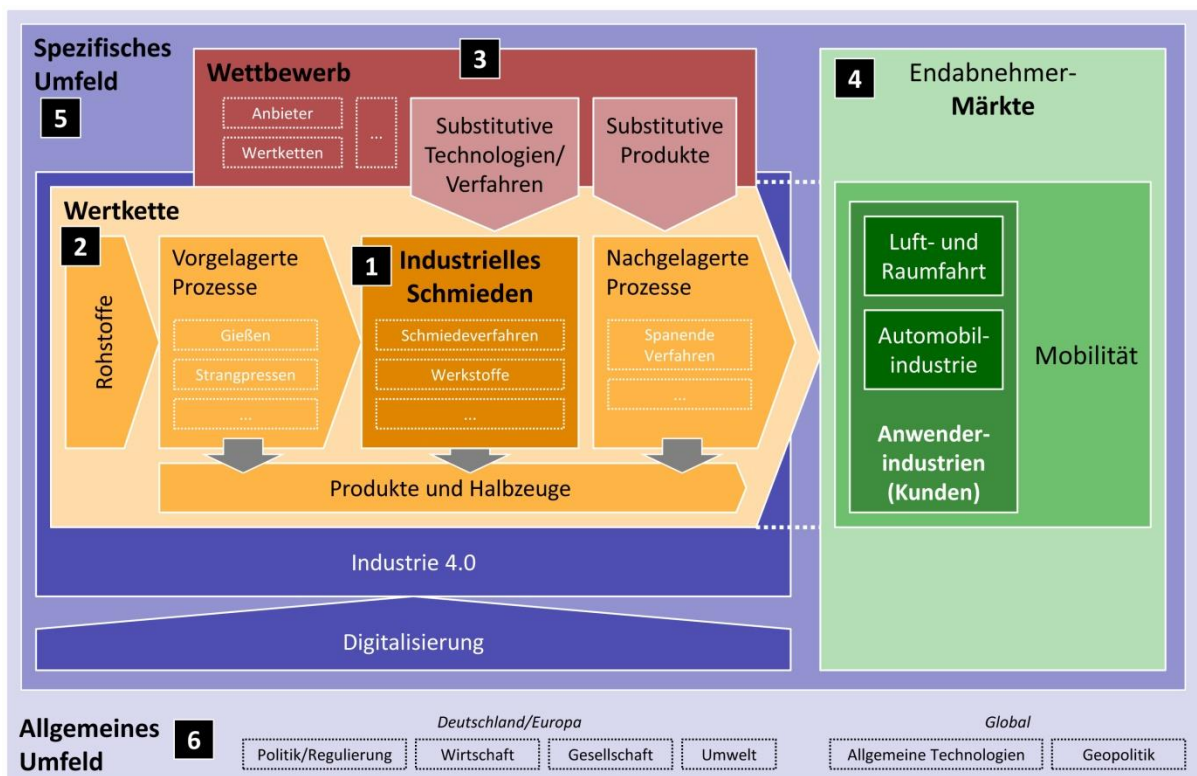


Bild 4: Systembild

### 3.2 Entwicklung von alternativen Zukunftsprojektionen (Schritt 2)

Nachdem eine handhabbare Zahl von Schlüsselfaktoren ausgewählt wurde, beginnt der „Blick in die Zukunft“. Für jeden Schlüsselfaktor werden jetzt theoretisch mögliche, zukünftige Zustände ermittelt und beschrieben. Diese Phase der Szenarioentwicklung ist besonders wichtig, weil davon der Inhalt der Szenarien – und damit letztlich auch die Qualität der Entscheidungsunterstützung abhängt. Für jeden Schlüsselfaktor wird überlegt, anhand welcher Kernfragen sich seine zukünftige Entwicklung am besten beschreiben lässt. Was sind die wesentlichen Ungewissheiten? In vielen Fällen werden zwei Kernfragen identifiziert und in einem Portfolio kombiniert, so dass sich insgesamt vier alternative Projektionen für den Schlüsselfaktor ergeben. Diese Zukunftsprojektionen beschreiben strategisch relevante, charakteristische und qualitative Entwicklungsalternativen der einzelnen Schlüsselfaktoren.



*OTTO FUCHS: Somit wurde für die insgesamt 22 Schlüsselfaktoren mit Vertretern unterschiedlicher Bereiche und Funktionen von OTTO FUCHS diskutiert, welche alternativen Entwicklungen für die Zukunft denkbar sind. Trotz anfänglicher Skepsis wurde dabei schnell deutlich, wieviel Wissen über Trends und zukünftige Optionen in der eigenen Organisation vorhanden ist. Dieses Wissen konnte durch die breite Aufstellung des Szenarioteams erschlossen und für den weiteren Prozess verfügbar gemacht werden. Beispielhaft zeigt Bild 5 ein Projektionsportfolio für den Schlüsselfaktor „(Digitale) Vernetzung innerhalb der Wertschöpfungskette“.*

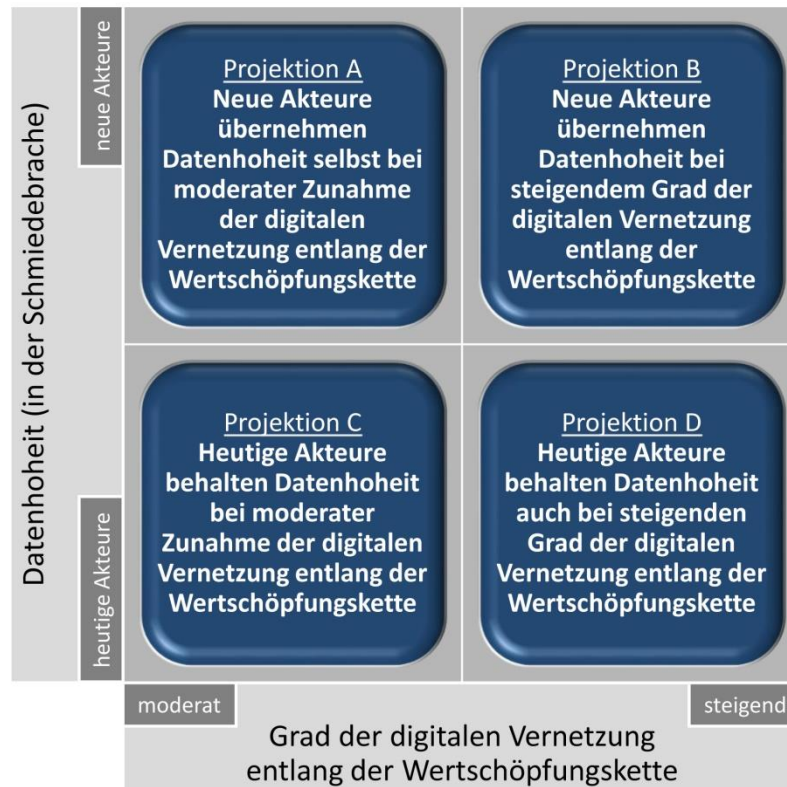


Bild 5: Beispiel für eine Zukunftsprojektion

### 3.3 Zukunftsprojektionen zu Szenarien verknüpfen (Schritt 3)

Für die ausgewählten Schlüsselfaktoren liegen jetzt mehrere alternative Zukunftsprojektionen vor, aus denen Szenarien gebildet werden. Dies erfolgt in den nachfolgend dargestellten vier Unterschritten, mit denen jeweils entsprechende Fragen beantwortet werden:

- *Welche einzelnen Entwicklungen können zusammen in der Zukunft vorkommen?* Szenarien sind dann glaubwürdig und widerspruchsfrei, wenn die einzelnen Projektionen innerhalb eines Szenarios zusammen vorstellbar sind. Diese Widerspruchsfreiheit wird als Konsistenz bezeichnet. Im Rahmen einer Konsistenzanalyse werden die einzelnen Projektionen paarweise bewertet und miteinander verknüpft. Anschließend werden mit einer Szenario-Software alle möglichen Kombinationen (also alle denkbaren Szenarien) hinsichtlich ihrer Widerspruchsfreiheit überprüft.
- *Wie viele Szenarien brauchen wir zur Beschreibung der Zukunft?* Bei der Szenario-Bildung werden einander ähnliche Kombinationen mittels einer Clusteranalyse zu Gruppen – den

genannten Rohszenarien – zusammengefasst. Um die Komplexität des Szenariofeldes abbilden zu können darf die Anzahl der Szenarien nicht zu gering sein, aber um den Möglichkeitsraum kommunizieren zu können darf die Anzahl auch nicht zu hoch sein. Insofern wird die Anzahl der Zukunftsbilder nicht von vorneherein festgelegt, sondern wird vom Szenarioteam nach Abwägung der verschiedenen Perspektiven bestimmt.

- *Welche Inhalte kennzeichnen ein einzelnes Szenario?* Mit Festlegung der Szenario-Anzahl werden die Umriss der einzelnen Rohszenarien deutlich. Nun ist es allerdings notwendig, ein Verständnis der durch die Rohszenarien charakterisierten Zukünfte zu gewinnen. Dazu werden für jedes Szenario die relevanten Projektionen betrachtet. Liegen Projektionen nur in einem einzigen Szenario vor, handelt es sich um charakteristische Ausprägungen dieses Szenarios. Diskussion und Verknüpfung der zentralen Elemente eines Szenarios – vor allem der charakteristischen Ausprägungen – vermitteln einen Eindruck von dessen Inhalt und seiner Abgrenzung zu anderen Zukunftsbildern.
- *Wie lassen sich die Szenarien prägnant und auf übergeordneter Art und Weise darstellen, um Unterschiede deutlich zu machen?* Um neben den einzelnen Szenarien auch den gesamten Möglichkeitsraum zu überblicken, wird zusätzlich ein Zukunftsraum-Mapping eingesetzt [FS16, 111-115]. Dabei werden einander ähnliche Zukünfte dicht beieinander angeordnet, während stark unterschiedliche Kombinationen von Zukunftsprojektionen weit voneinander entfernt platziert sind. Fasst man die ähnlichen Kombinationen – entsprechend der vorgenannten Clusteranalyse – zu Rohszenarien zusammen, so entsteht eine „Landkarte der Zukunft“, in der ähnliche Szenarien dicht beieinander liegen, unterschiedliche Szenarien jedoch weit voneinander entfernt. Die zentralen Unterschiede zwischen den Szenarien können nur direkt aus der Landkarte abgelesen werden – und zwar in Form von Achsen, die den Zukunftsraum unterteilen.

*OTTO FUCHS: Aus den 94 Zukunftsprojektionen der 22 Schlüsselfaktoren mussten sinnvolle und plausible Zukunftsszenarien zusammengesetzt werden. Dabei haben die beschriebenen Verfahren der Konsistenz- und Clusteranalyse zu dem Ergebnis geführt, das sich die zukünftige „Landkarte der Zukunft“ am besten durch sieben Szenarien darstellen lässt. In Bild 6 sind die Szenarien anhand der zwei wesentlichen Kerndimensionen „Grad der Digitalisierung der Schmiedebranche“ und „Grad der Veränderung der Schmiedebranche“ angeordnet.*



Bild 6: „Landkarte der Zukunft“

### Das Stetigkeits-Szenario (Szenario 1):

Das Umfeld ist gekennzeichnet durch globalen Warenaustausch in einen zunehmenden protektionistischen Rahmen, global differenzierte Umweltstandards – aber auch einen weitgehend freien Zugang zu traditionellen Rohstoffen. Absatzbranchen entwickeln sich weitgehend getrennt voneinander und Mobilitätsmärkte verzeichnen ein breites Wachstum über Individual- und Kollektivverkehre. Die Schmiedebranche ist stabil – nicht zuletzt, weil sie von Substitutionstechnologien weitgehend verschont bleibt. Die Schmiedetechnik selbst verändert sich nur wenig. Digitalisierung spielt beim industriellen Schmieden eine nach innen gerichtete Rolle – Daten werden vor allem zu internen Optimierung genutzt.

### Das Hamsterrad-Szenario (Szenario 2):

Der globale Wettbewerb wird rauer. Der Freihandel wird unmerklich eingeschränkt und es entbrennt ein „Wettkampf um Ressourcen“. Gleichzeitig werden Umweltstandards vereinheitlicht und eher gelockert als angehoben. In diesem Umfeld stößt auch das Wachstum der Mobilitätsbranche an seine Grenzen und traditionelle Absatzbranchen wachsen immer stärker zusammen. Der Kostendruck steigt überproportional, sodass technische Eigenschaftsvorteile eine sekundäre Rolle einnehmen. Traditionelle Fertigungsverfahren unterliegen einer hohen Evolution,

um wettbewerbsfähig zu bleiben. Digitalisierung spielt beim industriellen Schmieden jedoch eine untergeordnete Rolle – Daten werden vor allem zu internen Optimierung genutzt.

### **Das Endzeit-Szenario (Szenario 3):**

Das globale Umfeld trübt sich ein: der Welthandel wird durch protektionistische Maßnahmen massiv eingeschränkt, Rohstoffe sind nicht mehr so einfach verfügbar und Umweltstandards werden eher gelockert als angehoben. In diesem Umfeld stößt auch das Wachstum der Mobilitätsbranche an seine Grenzen und traditionelle Absatzbranchen wachsen immer stärker zusammen. Eine Evolution klassischer Fertigungsverfahren zur Effizienzsteigerungen und somit zur Beibehaltung der Wettbewerbsfähigkeit bleibt weitgehend aus. Digitalisierung spielt in diesem Krisenumfeld keine nennenswerte Rolle. Die Branche gerät in eine Abwärtsspirale und traditionelle Verfahren, wie das industrielle Schmieden, verlieren insgesamt an Bedeutung.

### **Das Neuanfangs-Szenario (Szenario 4):**

Der globale Wettbewerb wird rauer. Freihandel wird ebenso eingeschränkt wie der Zugang zu Rohstoffmärkten. Die Umweltstandards in Entwicklungsländern ziehen nach, ohne jedoch automatisch das Niveau der Industriestaaten zu erreichen. Die Mobilitätsbranche ist von signifikanten Umbrüchen gekennzeichnet: Abnehmerbranchen migrieren und Wachstum erfolgt – wenn überhaupt – über Kollektivverkehre. Substituierende Fertigungsverfahren sind auf dem Vormarsch. Industrielle Wertketten sind von intensiver digitaler Vernetzung gekennzeichnet. Dabei übernehmen neue Plattform-Akteure die Datenhoheit und bieten integrierte Leistungen inklusive Engineering und Design: Schmieden führen nur noch aus und werden digital kontrolliert. Industrielle Schmieden suchen innovative Auswege, um mit neuen Standbeinen neben der industriellen Produktion ihr Fortbestehen sichern zu können.

### **Das Datenhandels-Szenario (Szenario 5):**

Das Umfeld ist gekennzeichnet durch globalen Warenaustausch in einen zunehmenden protektionistischen Rahmen, global differenzierte Umweltstandards – aber auch einen weitgehend freien Zugang zu traditionellen Rohstoffen. Absatzbranchen entwickeln sich weitgehend getrennt voneinander und Mobilitätsmärkte verzeichnen ein breites Wachstum über Individual- und Kollektivverkehre. Die Schmiedebranche bleibt von Substitutionseffekten weitgehend verschont. Gleichzeitig können Schmiedebauteile aufgrund der starken Evolution der Schmiedetechnik immer wieder durch ihre Eigenschaftsvorteile punkten und die Nachfrage bleibt hoch. Automatisierung und Digitalisierung sind in der Entwicklungsphase. So ist der Zugang zu Daten vielfach ein Differenzierungsfaktor und industriellen Schmieden gelingt es, ihre Daten erfolgreich zu monetarisieren. Erste digitale Marktleistungen entstehen dabei durch neue Marktakteure.

### **Das “Schmiede 4.0”-Szenario (Szenario 6):**

Das Umfeld ist weiterhin durch einen starken globalen Warenaustausch gekennzeichnet – verbunden mit globaler Kooperation und einer hohen Bedeutung von Umweltschutz in nahezu allen Georegionen. Der Zugang zu traditionellen Rohstoffen wird allerdings zunehmend schwierig. Absatzbranchen entwickeln sich weitgehend getrennt voneinander und Mobilitäts-

märkte verzeichnen ein breites Wachstum über Individual- und Kollektivverkehre. Automatisierung und Digitalisierung durchdringen die Schmiedebbranche und führen dazu, dass innovative Schmieden ihr Kerngeschäft sichern, in dem sie substitutive Technologiefelder besetzen und die Eigenschaftsvorteile von Schmiedeprodukten absichern – unter anderem durch die zunehmende Individualisierung von Produkten. In der neuen digitalisierten „Industrie 4.0“ werden Daten zum zentralen Gut – erfolgsentscheidend ist Analytik und Anwendung von Big Data über verschiedene Technologiefelder hinaus. Daher verschmilzt das Schmieden zunehmend mit anderen Branchen. Die Positionierung der Schmieden in der Wertkette ist unterschiedlich und kann sowohl Rohstoffsicherung durch Rückwärtsintegration als auch Design und Lieferung von Komponenten oder Systemen beinhalten.

### **Das Neue-Ökosystem-Szenario (Szenario 7):**

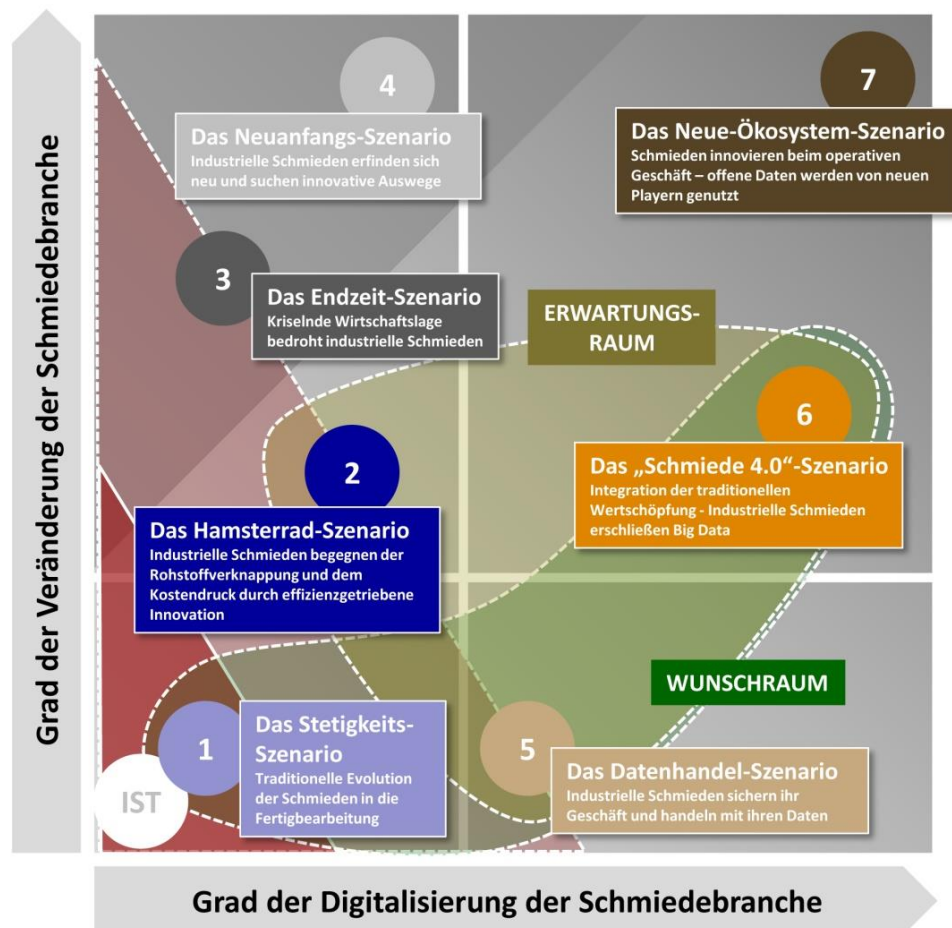
Das Umfeld ist weiterhin durch einen starken globalen Warenaustausch gekennzeichnet – verbunden mit globaler Kooperation und einer hohen Bedeutung von Umweltschutz in nahezu allen Georegionen. Der Zugang zu traditionellen Rohstoffen wird allerdings zunehmend schwierig. Der Marktumfeld wandelt sich radikal: Absatzbranchen verschmelzen und die Mobilitätsmärkte wachsen nicht mehr über Individual-, sondern verstärkt über Kollektivverkehrssysteme. Die Schmiedetechnik entwickelt sich rasant weiter – allerdings getrieben vor allem durch Individualisierung und imagebedingte Nachfrage jenseits von objektiven Eigenschaftsvorteilen. Automatisierung und Digitalisierung durchdringen die gesamte Wertkette. Neue Plattform-Akteure übernehmen die Datenhoheit: Sie schneiden die Schmieden von ihren Kunden ab und steuern über neue Marktleistungen die logistische Wertkette. Dabei setzen sie allerdings (weiter) auf die Engineering- und Design-Kompetenz der Schmieden. In diesem völlig neuen Business Ecosystem wird Vorwärtsintegration für alle industriellen Schmieden zu einer Notwendigkeit. Reine Halbzeuganbieter haben keine Chance mehr, da sie den Anforderungen der Plattformen nach hoher Kundenintegration nicht mehr gerecht werden.

## **3.4 Szenarien bewerten und Entwicklungspfade erkennen (Schritt 4)**

Die Szenario-Bewertung kann auf einfache Art erfolgen, in dem ein Bewerterkreis die vorliegenden Szenarien hinsichtlich ihrer Gegenwartsnähe sowie ihrer Nähe zu erwarteten und gewünschten Zukunft bewertet. In größeren Projekten erfolgt die Bewertung auf der Ebene der einzelnen Schlüsselfaktoren und ermöglicht so die Auswertung auf drei Ebenen:

- *Schlüsselfaktoren-Analyse:* Auf der Ebene der einzelnen Schlüsselfaktoren wird ermittelt, wie stark einzelne Veränderungstendenzen sind – und in welche Richtung sie laufen.
- *Szenario-Bewertung:* Aus den Bewertungen für die einzelnen Schlüsselfaktoren und Projektionen ergeben sich dann Aussagen zur Gegenwartsnähe sowie zur Erwartung und zum Wunsch bezüglich des Eintretens der einzelnen Szenarien. Daraus lassen sich Gegenwarts-, Erwartungs- und Wunschräume in der Zukunfts-Landkarte ableiten.
- *Entwicklungspfade:* Abschließend werden in der Landkarte verschiedene Pfade vom Gegenwarts- zum Erwartungsraum untersucht. Diese Entwicklungspfade stellen erwartete Veränderungen im Zukunftsraum dar und liefern häufig auch Anhaltspunkte für das spätere Umfeld-Monitoring.

*OTTO FUCHS: Nach der Bewertung der einzelnen Schlüsselfaktoren erfolgte eine Analyse auf der Szenarioebene. Dabei wurde deutlich, dass die industrielle Schmiedebranche heute im Kern von einer evolutionären, stetigen Entwicklung gekennzeichnet ist (Szenario 1). Erwartet wurde für das Jahr 2030 eine deutliche Veränderung in Richtung mehrerer Szenarien, die eine deutliche Digitalisierung der Branche beinhalten. Zusätzlich konnte in einem Wunschraum dargestellt werden, welche Umfeldszenarien für OTTO FUCHS mit besonderen Chancen oder Gefahren verbunden sind. Bild 7 zeigt exemplarisch, wie solche Erwartungs- und Wunschräume in der Landkarte der Zukunft aussehen könnten.*



*Bild 7: Exemplarische Darstellung einer Szenario-Bewertung in der „Landkarte der Zukunft“*

*Ausgehend von der Gegenwart wurden schließlich verschiedene „Digitalisierungspfade“ in den Szenarien herausgearbeitet. Denkbar war beispielsweise eine Entwicklung entlang der Szenarien 5 oder 2, aber auch eine direkte Entwicklung hin zum „Schmiede 4.0“-Szenario. Diskutieren ließen sich so auch weitere Digitalisierungspfade – beispielsweise hin zu neuen Ökosystemen (Szenario 7) oder stärker effizienzorientierte Entwicklungspfade.*



Bild 8: Entwicklungspfade in der „Landkarte der Zukunft“

## 4 Digitalisierungsstrategie – Wie können und sollten wir uns in der Zukunft aufstellen?

Der Weg zur strategischen Ausrichtung von OTTO FUCHS erfolgte in enger Anlehnung an das in Abschnitt 2 dargestellten Vorgehensmodells (vgl. Bild 2). Nachfolgend werden wir uns auf die Strategieszzenarien sowie die Zukunftsmatrix konzentrieren.

### 4.1 Entwicklung von Strategieszzenarien zur Darlegung alternativer Optionen für eine Digitalisierungsstrategie

Häufig reicht es nicht aus, nur das zukünftige Umfeld vorauszudenken und anschließend daraus Konsequenzen abzuleiten. Es gibt einfach zu viele und zu stark voneinander abhängende Optionen. Gerade im Rahmen der digitalen Transformation wird deutlich, dass zukunftsoffenes Denken nicht auf das Umfeld begrenzt werden darf, sondern dass es auch für das eigene Handlungsfeld – das Unternehmen, den Geschäftsbereich oder die Organisation – mehrere denkbare Zukünfte gibt.

Viele Unternehmen blenden diese „Selbstunsicherheit“ aus. Gefordert wird dann entweder die zügige Entwicklung einer eindeutigen Vision und einer klaren Strategie oder aber einfach Agilität und damit der Verzicht auf strategische Vorgaben. Die Folgen dieses Verzichts auf die Betrachtung des eigenen Möglichkeitsraums können gravierend sein: Unter dem Deckmantel einer gemeinsam beschlossenen Vision und Strategie entfalten die alternativen Zukunftsvorstellungen der beteiligten Führungskräfte ein gefährliches Eigenleben. Beispielsweise divergieren die konkreten Maßnahmen, so dass zwar alle meinen, die Strategie umzusetzen, sie in der Praxis aber in unterschiedliche Richtung agieren.

Bei der Entwicklung alternativer Strategieszzenarien werden diese Konflikte offen angesprochen und in einem systematischen Prozess ausgetragen. Hier bringen die Führungskräfte ihre persönlichen Ideen und Vorstellungen von der eigenen Zukunft ein und verknüpfen diese systematisch zu mehreren Strategiealternativen. Dies ermöglicht eine wirklich strategische Diskussion über Ziele und einzuschlagende Wege in die Zukunft. Zudem erweitern Strategieszzenarien den eigenen Handlungsraum. Die Entwicklung von Strategieszzenarien erfolgt – analog zu den Umfeldszzenarien – in drei Schritten:

- *Auswahl der Strategieelemente (Schritt 1):* Betrachtet werden hier die Stellschrauben, die das Unternehmen im Rahmen der eigenen strategischen Ausrichtung gestalten kann. Diese Strategieelemente lassen sich auch als „offene Fragen im Rahmen eines Strategieprozesses“ verstehen.
- *Entwicklung von Zukunftsoptionen (Schritt 2):* Anschließend werden für die einzelnen Strategieelemente denkbare Entwicklungsmöglichkeiten in Form von Zukunftsoptionen beschrieben.
- *Verknüpfung der Zukunftsoptionen zu Strategieszzenarien (Schritt 3):* Das Ziel dabei ist die Identifikation von grundsätzlichen Handlungsalternativen in Form von konsistenten Grobstrategien. Jedes dieser Strategieszzenarien folgt einem bestimmten „Strategiekern“, der sich aus den Strategieelementen zusammensetzt, die besonders betont werden sollten. Visualisiert werden diese Strategiealternativen in einer Strategie-Landkarte, in der zusätzlich auch die aktuelle Strategie verortet werden kann.

*OTTO FUCHS: Ausgangspunkt für die Entwicklung der Strategieszzenarien war ein internes Systembild – also eine Strukturierung des eigenen Handlungsbereichs aus Sicht der Digitalisierung (Bild 9). Dabei wird deutlich, dass es bei der Digitalisierungsstrategie von OTTO FUCHS um mehr als die Optimierung der digitalen Prozesse ging. So wird beispielsweise auch die Rolle von OTTO FUCHS im Rahmen digitaler Ökosysteme explizit einbezogen.*





Bild 9: Internes Systembild für die Digitalisierung

Aufbauend auf diesem Systembild wurden insgesamt 13 Strategieelemente festgelegt, mit denen sich die digitale Entwicklung von OTTO FUCHS beschreiben lässt. Dazu gehörten beispielsweise der Umgang mit Daten, die Veränderung der Marktleistungen, aber auch organisatorische Optionen. Aufbauend auf den alternativen Handlungsoptionen für diese 13 Strategieelemente entstanden insgesamt neun Strategiealternativen, die in einer Strategie-Landkarte dargestellt wurden (Bild 10).

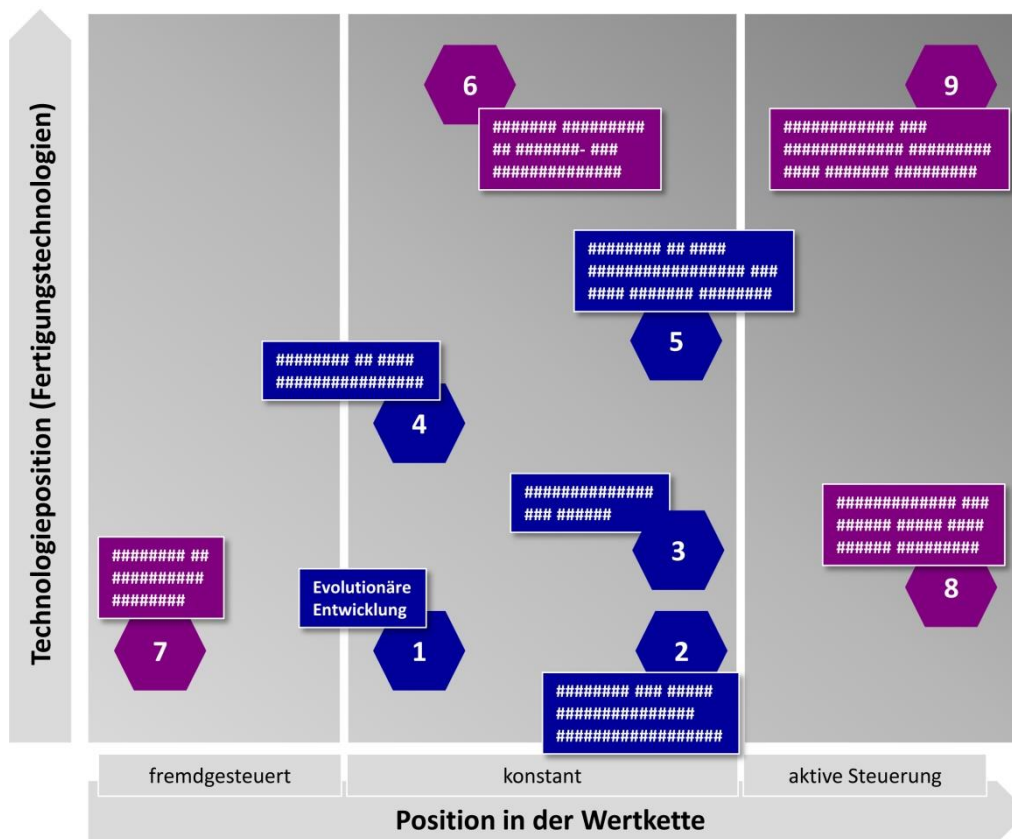


Bild 10: Strategie-Landkarte

## 4.2 Zukunftsmatrix als Basis für die Formulierung einer strategischen Stoßrichtung im Bereich Digitalisierung

Für den Abgleich mit dem Erwartungsraum aus der Landkarte der Zukunft wurde eine Zukunftsmatrix erarbeitet, in der vor allem die Frage beantwortet wird, wie gut sich ein betrachtetes Strategieszenario als Antwort auf bestimmte Umfeldszenarien eignet. Grundlage dafür war die Analyse von sieben konkreten Zusammenhängen zwischen Umfeld und eigener Digitalstrategie. Die erwartete Umfeldentwicklung sowie die eigenen strategischen Präferenzen spielen dabei keine Rolle, sondern können in der nachfolgenden Strategiediskussion einbezogen werden.

Die bewerteten Umfeld- und Strategieszenarien sowie die Zukunftsmatrix bilden dann die Grundlage für diesen strukturierten Strategie-Dialog, in dem ein strategischer Handlungsrahmen oder eine strategische Stoßrichtung ermittelt wird. Dabei können die Führungskräfte gezielt entscheiden, wie sie mit Ungewissheit umgehen und ob ihre Strategie auf einem oder mehreren Szenarien aufsetzen soll [FS16, 201f].

- Basiert die Strategie lediglich auf einem Umfeldszenario, so wird von einer fokussierten Strategie gesprochen. Häufig basiert eine solche Strategie auf einem oder wenigen erwarteten Szenario. Risikoreichere Ansätze können sich aber auch auf Szenarien mit besonders hohem Marktpotential konzentrieren.
- Demgegenüber können zukunftsrobuste Strategien auf vielen (oder in Ausnahmefällen sogar allen) Umfeldszenarien aufsetzen. Auf diese Weise ist man gegen ungewisse Entwicklungen besser abgesichert – allerdings sind mit robusten Ansätzen auch höhere Investitionen und eine niedrigere Entwicklungsgeschwindigkeit verbunden. Fortgeführt wird dieser Gedanke in den Konzepten der Anti-Fragilität [Tal13] und – insbesondere aufgrund der Erfahrungen der Corona-Pandemie – auch der Resilienz [FJK+21], [Rec21].

*OTTO FUCHS: Mit Hilfe der Zukunftsmatrix konnte eingegrenzt werden, welche der neun Strategieszenarien sich für die erwarteten Umfeld-Entwicklungen besonders eignen. So zeigt Bild 11, dass die Strategieszenarien 2, 8 und 9 einen Raum digitalisierungsfokussierter Strategien bilden. Nochmals robuster sind die Strategieszenarien 3 und 5, da sie zusätzlich auch auf die Umfeldszenarien 1 und 2 passen. Allerdings ist deren Fit mit besonders weitgehend digitalisierten Branchenentwicklungen deutlich geringer.*

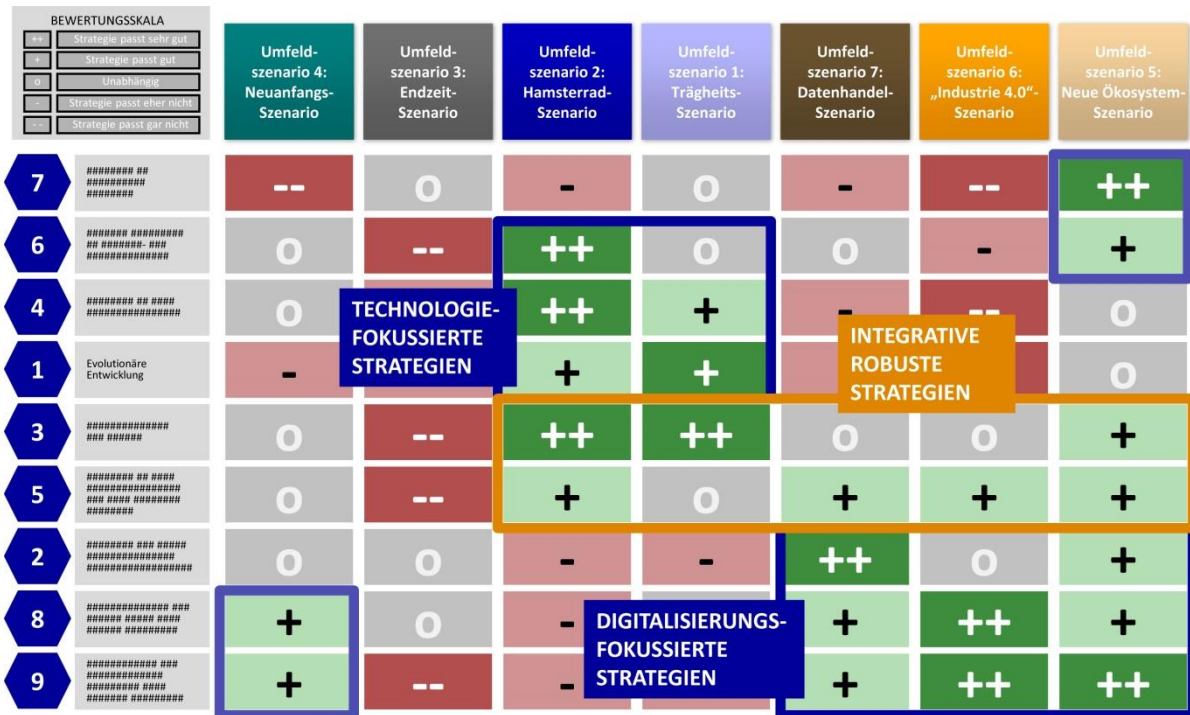


Bild 11: Zukunftsmatrix

Auf Basis dieser Zukunftsmatrix war es für OTTO FUCHS möglich, in der Strategie-Landkarte eigene Strategiepfade zu definieren und letztlich seine strategische Stoßrichtung zielgerichtet zu diskutieren und im nächsten Schritt eine Digitalisierungsstrategie zu formulieren.

## 5 Fazit

Grundsätzlich konnte mit dem Zukunfts- und Szenarioprozess bei OTTO FUCHS gezeigt werden, dass sich unterschiedliche Zukunftsbilder in einem komplexen Umfeld eines industriell geprägten Unternehmens erstellen lassen, um Einflussfaktoren und Randbedingungen einer sich weiterentwickelnden Digitalisierung besser zu verstehen und einzuordnen. Bei der Konkretisierung und Umsetzung stehen im Vergleich zum vorherigen Standpunkt eine höhere Anzahl an „Denkrichtungen“ in zusammenhängendem Kontext zur Verfügung. Diese können sowohl einen Beitrag zur Unternehmensstrategie als auch für das Hervorbringen von Innovationen leisten. [FS16, 55ff], [FB20], [FMR+21].

Durch gleichzeitige Berücksichtigung mehrere denkbarer Ansätze kann zukünftig ebenfalls ein Strategie-Portfolio von sinnvoll kombinierten Geschäftsmodellen verwendet werden, um robust auf zukünftige Veränderungsmöglichkeiten reagieren zu können (vgl. Bild 12, Top-Down). Darüber hinaus wird sichtbar, dass neben dem Wettbewerbsvorteil durch Produkte, Prozesse oder (produktbezogene) Dienstleistungen die Art und Weise der Wertschöpfung, ggf. auch über die bisherigen Unternehmensgrenzen hinweg, ein wichtiger Faktor werden kann (vgl. Bild 12, Bottom-Up).

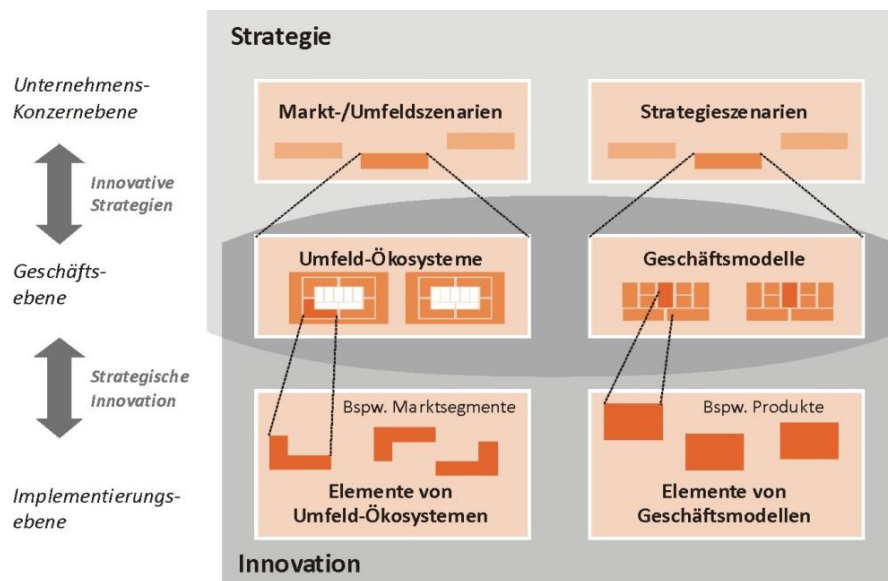


Bild 12: Geschäftsmodelle und Umfeld-Ökosysteme [FS16, 58]

*OTTO FUCHS: Durch Anwendung der Szenariotechnik wurde eine strukturierte Auseinandersetzung und Verknüpfung mit dem einerseits komplexen, bereits bestehenden industriellen Umfeld und den mannigfaltigen Zukunftsoptionen ermöglicht, die sich durch Digitalisierung erschließen. Neben Treibern, die entsprechende Szenarien begünstigen, konnten auch in sich geschlossene bzw. stimmige Zukunftsbilder gestaltet werden. Damit unterscheidet sich das Ergebnis deutlich von einer isolierten Betrachtung einzelner Trends. Darauf aufbauend ist eine strategische und technologische Schwerpunktsetzung für die gewünschte bzw. auch die erwartete Zukunft im Unternehmen möglich. Hierfür bieten sich mehrere Optionen mit ihrerseits entsprechenden Chancen und unternehmerischen Risiken. Neben der Auswahl einer oder mehrerer Zukunftsoptionen liegt der Schwerpunkt der zukünftigen Arbeit in einer verständlichen und anschaulichen Kommunikation der zunächst theoretisch skizzierten Optionen. Die beschriebenen Szenarien und Strategieoptionen bieten die Rahmenbedingungen für diese Transferleistung.*

## Literatur

- [Bau18] BAUER, T.: Die Vereindeutigung der Welt. Über den Verlust von Mehrdeutigkeit und Vielfalt. Reclam, Ditzingen, 2018
- [BM18] BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A.: The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Plassen, Kulmbach, 2018
- [BSM+14] BAUER, W.; SCHLUND, S.; MARRENBACH, D.; GANSCHAR, O.: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin/Stuttgart, BITKOM, Fraunhofer IAO, 2014
- [CDR+20] CHUNG, V.; DIETZ, M.; RAB, I.; TOWNSEND, Z.: Ecosystem 2.0: Climbing to the next level. McKinsey Quarterly, September 2020
- [CEM+20] CHUI, M.; EVERS, M.; MANYIKA, J.; ZHENG, A.; NISBET, T.: The Bio Revolution. Innovations transforming economies, societies, and our lives. McKinsey Global Institute, 2020
- [CGY19] CUSUMANO, M.A.; GAWER, A.; YOFFIE, D.B.: The Business of Platforms: Strategy in the Age of Digital Competition, Innovation, and Power. Harper Business, New York, 2019
- [FB19] FINK, A.; BURMEISTER, K.: Business Model Innovation – Wie die Deutsche Telekom zukünftige Business- und Consumer-Ecosystems vorausdenkt. Plattform für Innovation PFI-D, 18. Forum Innovation, Frankfurt, 13. November 2019

- [FB20] FINK, A.; BURMEISTER, K.: Über Standortgrenzen hinausdenken: Ökosysteme in der Wirtschaftsförderung. In: Stember, J.; Vogelgesang, M.; Pongratz, P.; Fink, A. (Hrsg.): Handbuch Innovative Wirtschaftsförderung. Moderne Konzepte kommunaler Struktur- und Entwicklungspolitik. 2. Auflage, Springer/Gabler, Berlin, 2020
- [FJK+21] FINK, A.; JÜRGENSMEIER, H.; KUHLE, J.-P.; OHSE, S.: Post-Corona-Szenarien. Wirtschaft, Gesellschaft und Politik im Jahr 2030. ScMI Scenario Management International AG, Paderborn, 2021
- [FS11] FINK, A.; SIEBE, A.: Handbuch Zukunftsmanagement. Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Campus, Frankfurt, 2011
- [FS16] FINK, A.; SIEBE, A.: Szenario-Management. Von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen. Campus, Frankfurt, 2016
- [FMR+21] FRANKENBERGER, K.; MAYER, H.; REITER, A.; SCHMIDT, M.: The Digital Transformer's Dilemma. How to Energize your Core Business While Building Disruptive Products and Services. Wiley, Hoboken, 2021
- [GFC17] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. 2., überarb. Auflage, Hanser, München, 2017
- [GFS96] GAUSEMEIER, J; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien, 2. Auflage, Carl Hanser, München, 1996
- [HHH+20] HANSELKA, H.; HASSEL, A.; HÖLZLE, K.; RIEMENSBERGER, F.: Hightech-Forum: Zukunft der Wertschöpfung. Positionspapier. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, 2020
- [Ind19] INDSET, A.: Quantenwirtschaft. Was kommt nach der Digitalisierung? Ullstein, Berlin, 2019
- [Joh07] JOHANSEN, B.: Get There Early. Sensing the Future to Compete in the Present. Using Foresight to Provoke Strategy and Innovation. Berrett-Koehler, San Francisco, 2007
- [Joh18] JOHNSON, M.W.: Reinvent your Business Model. How to Seize the White Space for Transformative Growth. Harvard Business Review Press, Boston, 2018
- [KWH13] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J.: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, Frankfurt/Main, 2013
- [Lov20] LOVELOCK, J.: NOVOZÄN. Das kommende Zeitalter der Hyperintelligenz. Beck, München, 2020
- [LDF17] LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; DE FREITAS ROCHA LOURES, E.; RAMOS, L.F.P.: Past, present and future of Industry 4.0 – A systematic literature review and research agenda proposal. International Journal of Production Research, Volume 55, 2017 - Issue 12
- [Mar20] MARR, B.: Tech Trends in Practice. The 25 Technologies that are Driving the 4th Industrial Revolution. Wiley, Chichester, 2020
- [MM17] MEFFERT, J.; MEFFERT, H.: Eins oder Null. Wie Sie Ihr Unternehmen mit Digital@Scale in die digitale Zukunft führen. Ullstein, Berlin, 2017
- [Nie20] NIESTROJ B.: Problemstellung Zukunft. In: Tewes S.; Niestroj B.; Tewes C. (Hrsg.): Geschäftsmodelle in die Zukunft denken. Springer Gabler, Wiesbaden, 2020
- [Rec21] RECKWITZ, A.: Die neue Politik des Negativen / Die Politik der Resilienz und ihre vier Probleme. DER SPIEGEL, Nr. 10, 6.3.2021
- [Sch16] SCHWAB, K.: Die Vierte Industrielle Revolution, 2. Auflage, Pantheon, München, 2016
- [See21] SEEMANN, M.: Die Macht der Plattformen. Politik in Zeiten der Internetgiganten. Ch. Links/Aufbau, Berlin, 2021
- [SLW17] STENGEL, O; VON LOOY, A.; WALLASCHKOWSKI, S.: Digitalzeitalter – Digitalgesellschaft: Das Ende des Industriezeitalters und der Beginn einer neuen Epoche. Springer, Berlin, 2017

- [Spi17] SPITZ, M.: Daten. Das Öl des 21. Jahrhunderts. Nachhaltigkeit im Digitalen Zeitalter. Hoffmann und Campe, Hamburg, 2017
- [SRA+16] SCHALLMO, D.; RUSNJAK, A.; ANZENGRUBER, J.; WERANI, T.; JÜNGER, M.: Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Springer/Gabler, Berlin, 2016
- [Tal13] TALEB, N.N.: Anti-Fragilität. Anleitung für eine Welt, die wir nicht verstehen. Knaus, München, 2013

## Autoren

**Dr. Alexander Fink** ist Gründungsinitiator und Mitglied des Vorstands der ScMI Scenario Management International AG aus Paderborn. Dr. Fink verfügt über langjährige Erfahrung bei der strategischen Beratung von Industrie- und Dienstleistungsunternehmen. Er ist Autor bzw. Mitautor mehrerer Bücher, darunter „Szenario Management – Planen und Führen mit Szenarien“ (Hanser, 1996), „Führung im Wandel“ (Hanser, 1999), „Erfolg durch Szenario-Management“ (Campus, 2001) und „Handbuch Zukunftsmanagement“ (Campus, 2011) und „Szenario-Management – Von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen“ (Campus 2016). Daneben schreibt er für zahlreiche deutsche und internationale Magazine und Fachzeitschriften. 2013 erhielt er den Preis der Deutschen Marktforschung. Seine Schwerpunkte sind Szenarienplanung und Zukunftsmanagement, visionäre Strategieentwicklung sowie die Integration von Früherkennung und Szenarien in den Führungs- und Planungsprozess von Unternehmen und Organisationen. Zu diesen Themen hält er national und international Vorträge.

**Dr. Lukas Kwiatkowski** ist seit 2013 bei der OTTO FUCHS KG als Entwicklungsingenieur tätig und leitet seit 2016 den Bereich des Innovationsmanagements. Er studierte Maschinenbau, zunächst an der TU Dortmund und später mit dem Schwerpunkt der Fahrzeugtechnik an der RWTH Aachen. Im Anschluss promovierte er an der TU Dortmund am Institut für Umformtechnik und Leichtbau zum Thema Drücken und Drückwalzen. Hierzu hat er seit 2018 an der TU Dortmund einen Lehrauftrag. In seiner aktuellen Position befasst er sich seit mehreren Jahren mit der Digitalisierung von Prozessketten im produzierenden Umfeld. Während seiner universitären und industriellen Laufbahn verantwortete er mehrere Forschungsprojekte. Hieraus sind zahlreiche Publikationen erschienen.

**Christian Michl, M.Sc.** ist seit 2012 als Berater bei der ScMI Scenario Management International AG tätig. Er studierte Betriebswirtschaftslehre mit den Schwerpunkten Produktion und Logistik (Bachelor of Arts) an der Hochschule München und an der Universität Paderborn Betriebswirtschaftslehre (Master of Science) mit dem Schwerpunkt Management und Organisationsökonomie. Bei der ScMI AG hat er bereits mehrere nationale und internationale Szenarioprojekte mit unterschiedlichen Themen- und Branchenschwerpunkten begleitet und hat seit 2019 einen Lehrauftrag an der Technischen Hochschule Ostwestfalen (TH OWL) in Lemgo für das Modul „Strategisches Management“.



## **Session IV**





# Typisierung von Netzwerkeffekten für digitale Plattformen in der produzierenden Industrie

**Fabian Hartner, M.Sc.**

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke**

*Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik,*

*Universität Erlangen-Nürnberg*

*Egerlandstraße 7-9, 91058 Erlangen*

*Tel. +49 (0) 91 31 / 85 27 -968 / -569*

*E-Mail: {fabian.hartner/joerg.franke}@faps.fau.de*

**Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Löwen**

*Technology, Siemens AG*

*Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen*

*Tel. +49 (0) 91 31 / 85 27 971*

*E-Mail: ulrich.loewen@siemens.com*

## Zusammenfassung

Im Business-to-Consumer (B2C)-Markt konnten sich in den letzten Jahren digitale Plattform-Geschäftsmodelle erfolgreich durchsetzen und in unserem Alltag etablieren (z.B. Uber, Amazon). Im Rahmen der Digitalisierung von Produkten, Produktionssystemen und Prozessen steigt die Bedeutung digitaler Plattformen auch im industriellen Business-to-Business (B2B)-Markt. Als ein entscheidender Wirkmechanismus für den Erfolg der Plattform-Geschäftsmodelle werden Netzwerkeffekte genannt, die entstehen, wenn die Anzahl an Nutzern einen Einfluss auf den Wert für weitere Akteure besitzt. Bisherige Untersuchungen fokussierten sich auf die erfolgreichen Plattform-Beispiele aus dem B2C-Markt. Eine detaillierte Untersuchung und Unterscheidung der auftretenden Effekte in der produzierenden Industrie fehlt aktuell. Um die Effekte für industrielle Anwendungen besser zu illustrieren, wurden in diesem Beitrag neun Praxisbeispiele anhand einer wertschöpfungsorientierten Methodik aufbereitet und darauf aufbauend auf den Einfluss einer steigenden Teilnehmeranzahl der beteiligten Rollen analysiert. Dabei konnten sechs verschiedene Netzwerkeffekt-Typen identifiziert werden, die sich bezüglich ihrer Ausprägungen zwischen bestimmten Rollen unterscheiden und auf unterschiedliche Wertversprechen zurückzuführen sind. Diese Typisierung soll zu einem detaillierteren Verständnis der Netzwerkeffekte in industriellen Wertschöpfungsnetzen führen und somit Unternehmen unterstützen, gezielt diese Effekte beim Aufbau ihres Plattform-Geschäftsmodells zu nutzen.

## Schlüsselworte

Netzwerkeffekte, Digitale Plattformen, Produzierende Industrie, Business-to-Business

# **Typification of Network Effects for Digital Platforms in the Manufacturing Industry**

## **Abstract**

In the business-to-consumer (B2C) market, in the last few years digital platform business models have been able to successfully establish themselves and become part of our everyday lives (e.g., Uber, Amazon). In the context of the digitalization of products, production systems and processes, the importance of digital platforms is also increasing in the industrial business-to-business (B2B) market. Network effects, which arise when the number of users has an influence on the value of other actors, are named as a decisive mechanism for the success of platform business models. Previous studies focused on successful platform examples from the B2C market. A detailed investigation and differentiation of the effects occurring in the manufacturing industry is currently missing. In order to better illustrate the effects for industrial applications, nine practical examples were prepared in this paper using a value-oriented methodology. Based on this, they are analyzed for the influence of an increasing number of participants of the roles involved. Thereby, six different network effect types could be identified, which differ in their characteristics between certain roles and can be traced back to different value propositions. This typification should lead to a more detailed understanding of network effects in industrial value networks and thus support companies in using these effects in a focused approach building their platform business model.

## **Keywords**

Network Effects, Digital Platform, Manufacturing Industry, Business-to-Business

## 1 Einführung

In den letzten Jahrzehnten konnten im Business-to-Consumer (B2C)-Bereich Unternehmen durch eine stetige Akquisition von Nutzern ein rasantes Wachstum verzeichnen und sich am Markt zu Monopolstellungen durchsetzen (z.B. Facebook, Amazon). Viele dieser Unternehmen basieren auf digitalen Informationen, dem Internet und einem Plattform-Geschäftsmodell. Der Erfolg dieser Unternehmen spiegelt sich in ihrer Marktkapitalisierung wieder, sodass sieben der zehn wertvollsten Unternehmen als Plattform-Unternehmen bezeichnet werden können [PWC20, S.26]. Digitale Plattformen zeichnen sich insbesondere durch das Zusammenbringen von unterschiedlichen Nutzergruppen aus. Nach MOSER et al. ist es bei Plattform-Geschäftsmodellen entscheidend, zwischen den Nutzern sogenannte Netzwerkeffekte auszulösen [MWG19, S. 46]. Der Erfolg der Plattformen im B2C wird auch von PARKER et al. oder CUSUMANO et al. auf die Etablierung von Netzwerkeffekten zurückgeführt [PVC16, S. 27], [CGY19, S. 37]. Dabei sind diese Effekte nicht alleine auf digitale Angebote beschränkt. Nach RAMGE bilden dennoch insbesondere digitale Angebote Netzwerkeffekte und können ab einer kritischen Masse ein exponentielles Wachstum bis hin zur Einnahme einer marktbeherrschenden Stellung reichen [Ram15].

Bisherige Untersuchungen fokussierten in erster Linie Beispiele aus dem B2C-Markt (z.B. soziale Netzwerke, Online-Marktplätze, Spielekonsolen) [RT03, S. 992]. Nach PAULI et al. können allerdings Erkenntnisse aus dem B2C-Bereich nicht direkt auf Plattformen im industriellen Bereich übertragen werden [PFM21, S. 188]. Im Gegensatz zu B2C-Plattformen sind im B2B nach FALCK und KOENEN deutlich weniger, aber dafür größere Transaktionsvolumen, ein Fokus auf Umsatz- und Effizienzsteigerung sowie aufwändigere Geschäftsbeziehungen durch individualisierte Verträge vorzufinden [FK20, S. 14f.].

Aus diesen Gründen ist es erforderlich, die bisherigen Erkenntnisse zu Netzwerkeffekten für industrielle digitale Plattformen zu überprüfen. Da sich Mechanismen je nach Plattfortmtyyp unterschiedlich ausprägen können, wird in diesem Beitrag der Fokus auf die Typisierung von Netzwerkeffekten bei digitalen Plattformen in der produzierenden Industrie gelegt. Um die Effekte zwischen den geschäftlichen Rollen zu analysieren, werden anhand einer wertschöpfungsorientierten Aufbereitung von neun Plattformbeispielen Wechselwirkungen zwischen den Wertschöpfungsteilnehmern in Kapitel 4 analysiert und die identifizierten Netzwerkeffekt-Typen in Kapitel 5 dargestellt. Das Ziel dieser Untergliederung ist es, mithilfe von detaillierten Erkenntnissen über die Mechanismen von industriellen Plattformen ein besseres Verständnis über deren Wirkung in der produzierenden Industrie zu erreichen.

## 2 Aktueller Stand der Wissenschaft

In diesem Kapitel wird der aktuelle Stand der Technik zu Netzwerkeffekten und Plattformen sowie Ansätze zu deren jeweiligen Typisierungen erläutert.

## 2.1 Netzwerkeffekte

Im 20. Jahrhundert stellten **angebotsseitige Skaleneffekte** die entscheidenden Marktmechanismen für den Erfolg vieler Großunternehmen dar, indem durch die Produktion einer großen Anzahl von Produkten die Stückkosten durch Effizienzvorteile reduziert wurden (z.B. Stahlproduktion, Chemiebranche, ...) [PVC16, S. 24ff.]. Bei der Betrachtung von angebotsseitigen Skaleneffekte wird allerdings der Aspekt vernachlässigt, dass für einen Nutzer der Wert eines Produktes auch von der Anzahl weiterer Nutzer abhängig sein kann [KS86, S. 822]. Nach SHAPIRO und VARIAN sind daher sogenannte **nachfrageseitige Skaleneffekte** relevant, bei denen eine größere Nutzergruppe eine positive Wirkung auf den Wert eines Netzwerks besitzt [SV98, S. 179]. Im Gegensatz zu angebotsseitigen Skaleneffekten, die ab einer bestimmten Produktionsmenge aufgrund zu komplexer Prozesse abnehmen, können nachfrageseitige Skaleneffekte, insbesondere bei digitalen Angeboten, bis hin zu einer Monopolisierung am Markt zunehmen. Diese Effekte werden als Netzwerkeffekte (eng. *Network externalities*) bezeichnet. Nach BELLEFLAMME und PEITZ existieren **Netzwerkeffekte**, wenn Nutzer an der Teilnahme und Nutzentscheidung von anderen Nutzern interessiert sind [BP16, S. 2]. Hierbei ist für diese Nutzer zunächst nur die Größe des Netzwerks relevant. PARKER et al. definiert Netzwerkeffekte als den Wert, den die Gesamtanzahl an Nutzern einer Plattform auf jeden einzelnen Nutzer ausübt [PVC16, S. 24ff.]. CURRIER beschreibt die Entstehung eines Netzwerkeffekts, wenn ein Nutzer eines Produktes den Wert des Produktes für andere Nutzer weiter erhöht, sodass es für Kunden schwieriger wird, ein Produkt mit ähnlichem Wert zu finden [Cur20].

In diesem Beitrag werden Netzwerkeffekte als Mechanismen definiert, bei denen der Beitritt eines weiteren Nutzers für eine signifikante Anzahl an Nutzern den Wert des Netzwerkes bzw. der Plattform steigert. Dieser Wert resultiert dabei aus der Existenz der Anzahl an Nutzern.

## 2.2 Vorhandene Typisierungen von Netzwerkeffekten

In der Wissenschaft kristallisieren sich zwei grundlegende Netzwerkeffekt-Typen heraus, die jeweils hinsichtlich einer positiven sowie negativen Wirkung unterschieden werden.

Bestimmte Wechselwirkungen wurden bereits in den 1990er Jahren für Netzwerke analysiert, die viele homogene Teilnehmer besitzen und somit einen **einseitigen Netzwerkeffekt** erzielen. BELLEFLAMME und PEITZ beschreiben diesen Effekt, bei dem die Attraktivität zur Teilnahme in einem Netzwerk oder Plattform abhängig von den Teilnehmern derselben Nutzergruppe ist, als gruppeninternen Netzwerkeffekt (eng. *within-group external effect*) [BP16, S. 4]. Das Wachstum dieses Netzwerkes wurde in verschiedenen Untersuchungen u.a. mit dem Metcalfe'sche Gesetz beschrieben, bei dem der Nutzen eines Kommunikationsgerätes proportional zur Anzahl der potentiellen Verbindungen im Netzwerk wächst ( $N^2$ ) [CGY19, S. 26].

Als weiterer Netzwerkeffekt-Typ kann der **zweiseitige Netzwerkeffekt** definiert werden (teilweise auch als indirekter Netzwerkeffekte bezeichnet). Dieser Effekt entsteht, wenn der Wert für einen Nutzer auf einer Marktseite von der Anzahl der beteiligten Nutzer auf der anderen Marktseite abhängt und dies auch umgekehrt der Fall ist [HW15, S. 5]. Der Effekt der zweiseitigen Netzwerkeffekte beschränkt sich dabei nicht nur auf digitale Plattformen, sondern kann auch bei physischen Beispielen (z.B. Einkaufszentren) identifiziert werden [ES16, S. 32ff.].

Diese beiden Netzwerkeffekte können sich sowohl positiv als auch negativ ausprägen. Der **positive einseitige Netzwerkeffekt** konnte beispielsweise anhand des Telefonnetzwerkes aufgezeigt werden, bei dem eine steigende Anzahl an Anwendern für die bisherigen Teilnehmer einen größeren Wert ermöglicht [CGY19, S. 25ff.]. Der **negative einseitige Netzwerkeffekt** entsteht hingegen, wenn beispielsweise innerhalb einer Gruppe von Nutzern eine Rivalität entsteht, sodass beispielsweise bei einer steigenden Anzahl an Verkäufern mit einem ähnlichen Angebot durch die Konkurrenzsituation der Wert eines Marktplatzes für sie reduziert wird [BP19, S. 5].

Gleichermaßen verhält sich die Einordnung für zweiseitige Effekte. Der **positive zweiseitige Netzwerkeffekt** wird dabei als der entscheidende Effekt für digitale Plattformen aufgeführt. Dabei muss nach EVANS der Plattformanbieter sicherstellen, dass auf jeder Marktseite genügend Akteure vorhanden sind, die von der jeweils anderen Seite profitieren (z.B. Fahrer und Fahrgäste am Beispiel Uber) [ES16, S. 34]. Ein **negativer zweiseitiger Netzwerkeffekt** entsteht, wenn das Wachstum einer Marktseite den Wert für eine zweite Marktseite negativ beeinflusst. Beispielsweise führen zu viele Werbeanbieter auf einer Informationsseite dazu, dass sich der Wert für Nutzer reduziert [BP16, S. 3].

Nach EVANS sind insbesondere bei zwei- bzw. mehrseitigen Plattformen die erläuterten einseitigen und zweiseitigen Netzwerkeffekt-Typen deutlich komplexer als bei homogenen Netzwerken (z.B. Telefonnetz) [ES16, S. 35ff.]. Die bisherige Typisierung der Netzwerkeffekte fokussiert in erster Linie Beispiele und Mechanismen aus dem B2C-Markt. Hinsichtlich einer detaillierten Analyse der Typisierung dieser Effekte für industrielle Beispiele und industrielle B2B-Plattformen ist eine Forschungslücke identifizierbar. Da sich bisher in diesem Bereich, im Gegensatz zum B2C, noch keine Plattformlösungen anhand deutlicher Netzwerkeffekte gezeigt haben, werden in diesem Beitrag Annahmen für entstehende Effekte getroffen (siehe Kapitel 4).

### 2.3 Geschäftliche Definition von digitalen Plattformen

Plattformmärkte werden von BELLEFLAMME und PEITZ allgemein als Märkte definiert, bei denen Interaktionen zwischen mindestens zwei Teilnehmern durch einen Intermediär vereinfacht und koordiniert werden [BP16, S. 3]. Entsprechend können digitale Plattformen aus dieser geschäftlich orientierten Perspektive nach PARKER et al. als ein Geschäft definiert werden, welches wertschaffende Interaktionen zwischen Herstellern und Konsumenten ermöglicht [PVS16, S. 5]. Diese Interaktionen adressieren Informationen, Güter oder Dienstleistungen sowie ein Zahlungsmittel [PVS16, S. 36]. Auch CUSUMANO et al. verweisen bei der Definition von Plattformen auf das Zusammenbringen von Individuen bzw. Organisationen zur Innovation von zuvor nicht möglichen Interaktionen [CGY19, S. 11]. Hinsichtlich dieser Interaktionen zwischen den Nutzergruppen, beschreiben beispielsweise ROCHET und TIROLE die komplexen, gegenseitigen Einflüsse und Effekte der Nutzer sowie die dadurch notwendige Koordination durch den Plattformanbieter in einem zwei- bzw. mehrseitigen Markt [RT03, S. 991ff.].

## 2.4 Plattfortmtypen

Plattformen können anhand ihrer Charakteristika, Wertversprechen oder weiteren Kriterien untergliedert werden. In der Literatur wird dabei u.a. von OBERMAIER und MOSCH, TÄUSCHER und LAUDIEN und WORTMANN et al. auf die Typisierung von EVANS und GAWER hingewiesen bzw. sich auf diese berufen [OM19, S. 382f.], [TL18, S. 2], [WEK+19, S.10], [EG16, S. 9]. Nach der Recherche von 176 Plattformunternehmen mit einem Marktwert größer als eine Milliarde US-Dollar wurden in der Analyse von EVANS und GAWER und weiteren Plattform-Experten vier grundsätzliche Plattfortmtypen definiert und zur Visualisierung schematisch in Bild 1 skizziert (ohne weitere Definition der gewählten Formen). **Transaktionsplattformen** sind Produkte oder Services, die als Intermediär den Austausch von Transaktionen zwischen verschiedenen Akteuren vereinfachen und koordinieren (z.B. eBay, Uber). **Innovationsplattformen** hingegen werden als Produkt oder Service definiert, auf deren Basis weitere Unternehmen komplementäre Produkte oder Services erstellen können (z.B. Microsoft Windows, Apple iOS). Die Kombinationen dieser beiden Plattfortmtypen werden als **Integrierte Plattformen** bezeichnet. Wie das Beispiel von Apple zeigt, werden neben dem Betriebssystem iOS als Innovationsplattform zusätzlich eine Vermittlung von Applikationen (Apps) im AppStore als Transaktionsplattform zur Verfügung gestellt. Als letzter Plattfortmtyp werden **Investmentplattformen** beschrieben, bei denen Unternehmen als Holding-Unternehmen bzw. als Investor eine Plattfortmstrategie verfolgen (z.B. Rocket Internet). Da dieser Plattfortmtyp nicht Transaktionen oder deren Befähigung zwischen verschiedenen Marktakteuren adressiert, wird dieser Typ in diesem Beitrag nicht weiter betrachtet. Diese grundlegenden Plattfortmtypen finden sich auch als Basis in der weiteren Plattfortmliteratur wieder [CGY19, S.15]. Inwieweit diese Plattfortmtypen sich in praktischen Beispielen widerspiegeln und einen Einfluss auf die wirkenden Netzwerkeffekte besitzen, wird in Kapitel 4 genauer analysiert.

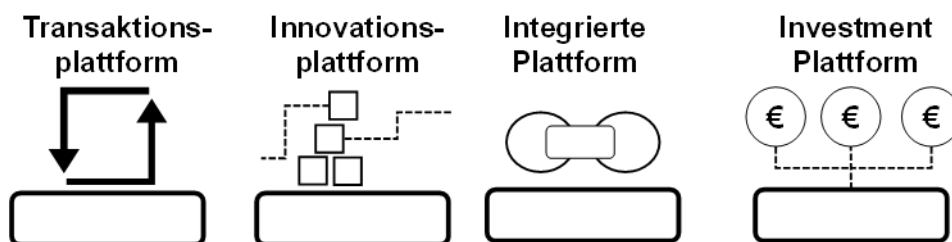


Bild 1: Plattfortmtypen nach EVANS und GAWER [EG16, S. 9]

## 3 Wertschöpfungsorientierte Analyse und Forschungsvorgehen

Die Analyse der Wechselwirkungen bei digitalen Plattformen erfolgt auf Basis einer wertschöpfungsorientierten Perspektive (vgl. Kapitel 3.1) und bildet die Grundlage des Forschungsvorgehens (vgl. Kapitel 3.2).

### 3.1 Wertschöpfungsorientierte Analyse

Für die Analyse der Effekte und geschäftlichen Wirkmechanismen von digitalen Plattformen wird eine Analyse der geschäftlichen Rollen im Wertschöpfungsnetz verfolgt. Hierbei wird sich

an der Vorgehensweise der Arbeitsgruppe „Digitale Geschäftsmodelle in der Industrie 4.0“ der Plattform Industrie 4.0 orientiert [Pla16, S.13]. Diese Methodik hat sich bereits zur einheitlichen Aufbereitung und Analyse von verschiedensten Plattform-Use Cases bewährt [PR21], [CCC+20]. Zur Visualisierung der Wertschöpfungsnetze werden geschäftliche Rollen definiert (als Icons oder Quadrate) sowie mit gerichteten Pfeilen verbunden. Die Pfeile bilden entweder eine Daten- bzw. Servicewertschöpfungsbeziehung oder alternativ eine physische Wertschöpfungsbeziehung ab. Anhand dieser Systematik können die drei fokussierten Plattfortmtypen von EVANS und GAWER (vgl. Kapitel 2.4) aufbereitet und in ein wertschöpfungsorientiertes Verständnis übertragen und visualisiert werden (vgl. Bild 2). Die vier geschäftlichen Rollen können wie folgt unterschieden werden:

- Der **Plattformanbieter** ist als zentraler Akteur der Befähiger der Transaktionen bzw. der Innovationen und definiert die grundsätzlichen Rahmenbedingungen (z.B. Zugangsvoraussetzungen der einzelnen Rollen, Preismodell, usw.).
- Der **Lieferant** stellt Produkte, Informationen oder Dienstleistungen bereit, die über den Plattformanbieter vermittelt werden können. Der Lieferant stellt in der Regel die über die Plattform gehandelten Transaktionsleistungen bereit.
- Der **Anbieter** stellt basierend auf der Plattform eine Innovation bzw. komplementäre Leistung bereit (ggf. in Zusammenarbeit mit dem Endkunden).
- Der **Endkunde** nimmt die Rolle des Nutzers der plattformbasierten Lösung beziehungsweise des Nutzers der Leistungen des Lieferanten (z.B. Käufer der Produkte) ein.

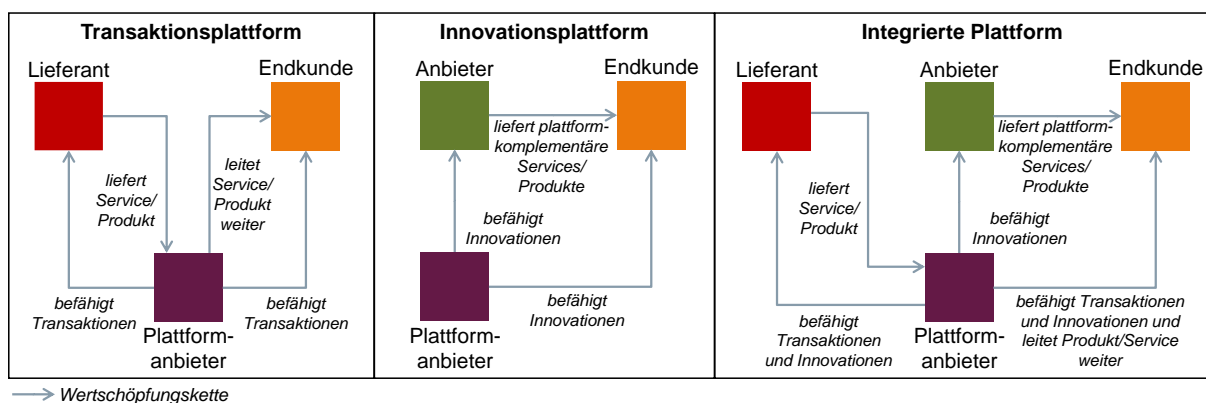


Bild 2: Wertschöpfungsdarstellung der drei Plattfortmtypen von EVANS und GAWER

### 3.2 Forschungsvorgehen

Zur Erreichung des Forschungsziels der Identifikation von Netzwerkeffekt-Typen bei industriellen Plattformen wurde ein induktives Forschungsvorgehen gewählt. Zu Beginn wurden in Publikationen genannte Plattfortmbeispiele gesammelt, die einen Bezug zur produzierenden Industrie besitzen [Bdi20], [PR21], [WEK+19]. Zusätzlich wurden Beispiele ergänzt, die im Zusammenhang von Netzwerkeffekten und industriellen Plattformen genannt werden [PVC16]. Anhand dieser Sammlung wurden zunächst neun Beispiele ausgewählt, die die drei Plattfortmtypen nach EVANS und GAWER abdecken [EG16, S. 9]. Die neun Beispiele stehen somit stellvertretend für viele auf dem Markt wiederkehrende Plattfortmangebote. Diese Beispiele wurden anschließend entsprechend ihrer Wertschöpfungsdarstellung aufbereitet. Im darauffolgenden



Schritt erfolgte die Analyse, wie sich eine Steigerung der Anzahl der Akteure einer Rolle auf den Wert der Plattform für weitere Rollen im Wertschöpfungsnetz auswirkt. Dabei wurden zunächst nur positive Auswirkungen fokussiert und nicht hinsichtlich ihrer Stärke der Ausprägung bewertet. Schließlich konnten abstrahiert verschiedene Netzwerkeffekt-Typen identifiziert, definiert und beschrieben werden. Die Typisierung besitzt aktuell noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern stellt eine erste Detaillierung der Effekte im industriellen Kontext dar.

## 4 Analyse von Praxisbeispielen

Im Folgenden werden neun verschiedene Beispiele von Plattformangeboten aus der produzierenden Industrie entsprechend der Wertschöpfungssystematik aufbereitet und anhand der wirkenden Netzwerkeffekte analysiert und eingeordnet.

### 4.1 Informationsplattform zur Komponentensuche

Bei der Beschaffung von Produktkomponenten ist ein aufwändiger, komplexer Vergleich der Angebote und Verfügbarkeiten notwendig. In diesem Beispiel bietet ein Plattformbetreiber eine zentrale Übersicht dieser Informationen an, die es Nachfragern ermöglicht, Details und Merkmale von bestimmten Produkten zu suchen, zu filtern und zu vergleichen. Das Wertschöpfungsnetz in Bild 3 basiert auf dem Praxisbeispiel von FindChips. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformbetreibers vor:

- Der Nachfrager erhält eine Unterstützung zur Lieferermöglichung sowie -absicherung.
- Der Komponentenlieferant erhält einen Marktzugang zu potentiellen Kunden.

Der Plattformanbieter ermöglicht, dass im Nachgang unabhängig von ihm geschäftliche Kaufaktionen resultieren. Der Fokus des Plattformanbieters liegt auf dem Informationsaustausch zwischen zwei geschäftlichen Rollen und kann als Transaktionsplattform typisiert werden.

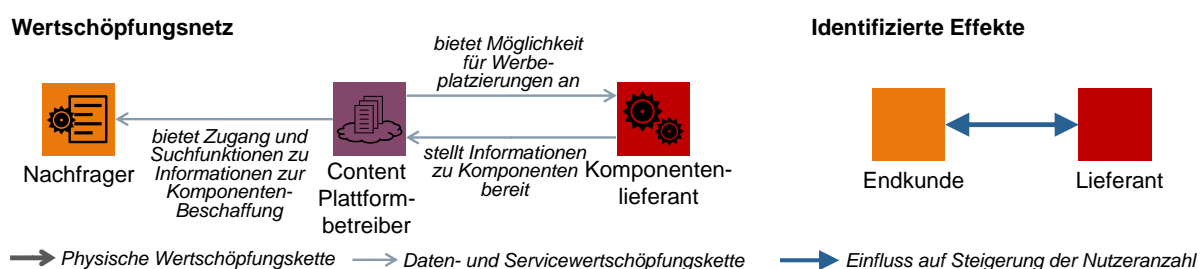


Bild 3: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Informationsplattform zur Komponentensuche

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert der Plattform erhöht sich für den Nachfrager, wenn mehr Komponentenlieferanten mit ihren Informationen auf der Plattform vertreten sind, da sich somit die Lieferermöglichung, -auswahl und -absicherung verbessert.
- Der Wert der Plattform erhöht sich für die Komponentenlieferanten, wenn mehr Nachfrager die Plattform verwenden, da folglich mehr potentielle Kunden vertreten sind.

Somit ist ein wechselseitiger, verstärkender Effekt festzustellen, der aus der Anzahl der steigenden Transaktionsmöglichkeiten zwischen Komponentenlieferant und Nachfrager resultiert.

## 4.2 Bestellplattform

Für eine schnelle Auftragsvergabe bietet in diesem Beispiel eine Bestellplattform, nach dem Upload eines CAD-Modells, eine unmittelbare Berechnung der Fertigungskosten und direkte Unterbreitung eines Angebotes an. Nach Auftragsvergabe an den Plattformbetreiber leitet dieser den Auftrag an ein Fertigungsunternehmen aus seinem Partnernetzwerk weiter. Die vertragliche Verantwortung über die tatsächlichen Herstellungskosten und die Lieferung liegt bei dem Plattformbetreiber. Das Wertschöpfungsnetz (Bild 4) basiert auf dem Praxisbeispiel von Spanflug [CCC+20, S. 40]. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformbetreibers vor:

- Der Käufer kann seine Einkaufsprozesse optimieren und die Lieferfähigkeit sicherstellen.
- Das Fertigungsunternehmen erhält einen Marktzugang zu potentiellen Kunden.

In diesem Beispiel fokussiert sich der Plattformbetreiber auf die Annahme und Abwicklung von Bestellungen für die Fertigung von Bauteilen, ist in den Verkaufstransaktionen durchgehend involviert und kann deswegen dem Transaktions-Plattformtyp zugeordnet werden.

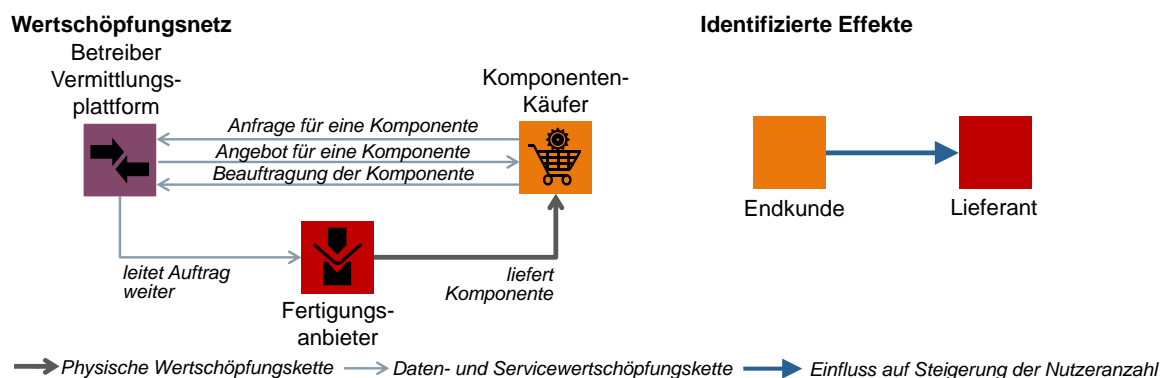


Bild 4: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Bestellplattform

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert der Plattform erhöht sich für den Fertigungsanbieter, wenn mehr Komponenten-Käufer die Plattform nutzen, da er somit mehr potentielle Aufträge erhält.
- Für den Komponenten-Käufer wird der Wert der Plattform durch die Anzahl der Fertigungsanbieter nicht signifikant gesteigert, da der Plattformbetreiber die geschäftliche Absicherung übernimmt. Der Wert für den Komponenten-Käufer liegt in dem Wertversprechen des Plattformbetreibers, ein seinen Anforderungen entsprechendes Produkt zu dem angebotenen Preis und Lieferbedingungen zu liefern.

Mit der Anzahl der Komponenten-Käufer wirkt ein verstärkender Effekt auf die Fertigungsanbieter, die ein Interesse an einer großen Kundenbasis besitzen. Indem der Plattformbetreiber sein Wertversprechen einer Lieferzusicherung vergibt, ist kein signifikanter Effekt durch eine Steigerung der Anzahl der Fertigungsanbieter für die Komponenten-Käufer identifizierbar.

### 4.3 Vermittlungsplattform für verfügbare Produktionskapazitäten

Informationen über verfügbare Produktionskapazitäten sind in der Regel nicht von allen Lieferanten verfügbar. Eine Vermittlungsplattform bietet die Möglichkeit, anhand der Analyse von Produktionsauslastungen von Maschinennutzern einen schnellen Kontakt zu nachfragenden Unternehmen herzustellen. Das dargestellte Wertschöpfungsnetz (vgl. Bild 5) basiert auf dem Praxisbeispiel von V-Industry [PR21, S. 19]. Der Plattformanbieter stellt eine Konnektivität zu den Maschinen der Lieferanten bereit und analysiert anhand der Daten die aktuelle Kapazitätsauslastung. Diese Analysen dienen in erster Linie zur optimalen Zuordnung zu Produktionsanfragen der Nachfrager und können zusätzlich durch einen Vergleich der Nutzungsdaten der Maschinen der Lieferanten für datenbasierte Services für Lieferanten verwendet werden. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformbetreibers vor:

- Der Nachfrager kann seine Einkaufsprozesse optimieren und Lieferfähigkeit sicherstellen.
- Der Lieferant erhält einen größeren Marktzugang zu potentiellen Kunden.

Der Fokus des Plattformanbieters liegt in der Vermittlung von Nachfragern zu geeigneten Lieferanten mit dem Ziel, Transaktionen zu vereinfachen und zu koordinieren. Dementsprechend kann die Plattform als Transaktionsplattform typisiert werden.

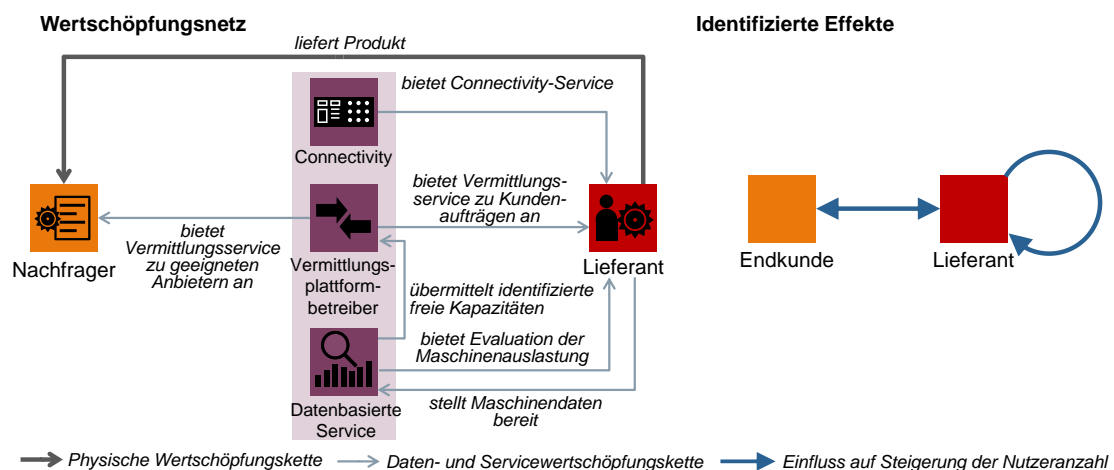


Bild 5: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Vermittlungsplattform

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert für den Nachfrager erhöht sich mit einer steigenden Anzahl an Lieferanten, da eine größere Auswahlmöglichkeit mit einer besseren Lieferabsicherung entsteht.
- Der Wert für den Lieferanten erhöht sich mit einer steigenden Anzahl an Nachfragern, da somit mehr Nachfrager als potentielle Kunden zur Verfügung stehen.
- Der Wert der datenbasierten Services erhöht sich für einen Lieferanten mit einer steigenden Anzahl an Lieferanten, denn mit einer größeren Menge an Nutzungsdaten von Maschinen erhöht sich die Vergleichsbasis und damit die Aussagekraft des Service.

Ein gegenseitiger Effekt ist zwischen den Nachfragern und Lieferanten auf der Plattform identifizierbar, der aufgrund der steigenden Transaktionsmöglichkeiten zwischen Lieferanten und Nachfrager resultiert. Durch die Vergleichsmöglichkeit der Nutzungsdaten für die datenbasierten Services wird zusätzlich ein verstärkender Effekt zwischen Lieferanten realisiert.

## 4.4 Automatisierungsplattform

In den letzten Jahren konnten sich in der produzierenden Industrie Automatisierungsplattformen etablieren. Diese Plattformen ermöglichen durch ihren modularen Aufbau, dass Maschinen und Anlagen für verschiedene Einsatzbereiche hinsichtlich ihrer Automatisierung individuell programmiert und betrieben werden können. Die Programmierung kann dabei ein Systemintegrator übernehmen, der für einen Maschinenlieferanten oder Endkunden die Automatisierungslösung spezifisch erstellt. Alternativ kann auch der Maschinenlieferant diese Rolle übernehmen und dem Endkunden eine Lösung bereitstellen. Das Wertschöpfungsnetz (vgl. Bild 6) basiert auf dem Praxisbeispiel der *Totally Integrated Automation* (TIA) Produkte. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformanbieters vor:

- Der Endkunde bzw. der Maschinenlieferant als Kunde des Systemintegrators erhält das Wertversprechen, ein nach seinen spezifischen Anforderungen entwickeltes Automatisierungssystem durch einen Systemintegrator seiner Wahl geliefert zu bekommen.
- Der Systemintegrator bzw. der Maschinenlieferant als Systemintegrator werden durch die Plattform befähigt, eine spezifische Automatisierungslösung anzubieten.

Der Anbieter der Automatisierungsplattform befähigt somit einen Systemintegrator bzw. Maschinenlieferant dazu, eine Automatisierungslösung zu erstellen sowie befähigt einen Endkunden bzw. Maschinenlieferant, eine Automatisierungslösung zu erhalten. Demnach kann dieses Beispiel dem Plattfortyp Innovationsplattform zugeordnet werden.

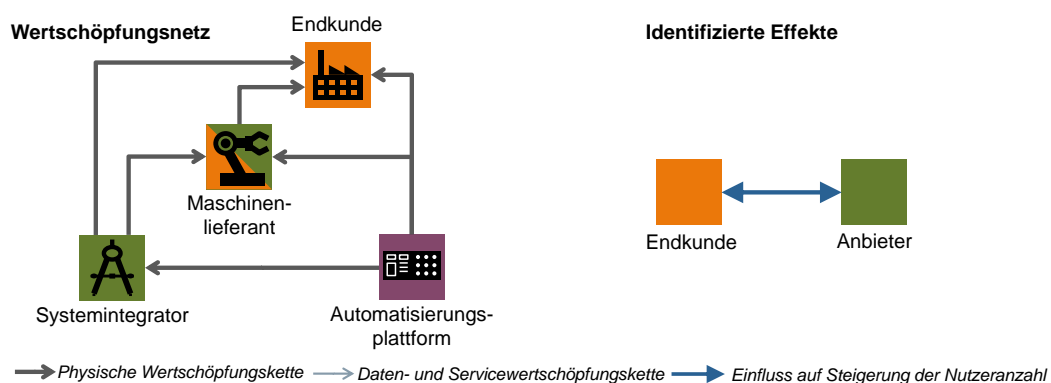


Bild 6: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Automatisierungsplattform

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert der Plattform steigt für Systemintegratoren, wenn eine größere Anzahl an Maschinenlieferanten bzw. Endkunden eine Lösung auf Basis einer bestimmten Automatisierungsplattform fordern und somit sich der Markt vergrößert.
- Der Wert der Plattform steigt für Endkunden (bzw. Maschinenlieferanten), wenn mehr Systemintegratoren die Plattform verwenden, da sich somit die Auswahl zwischen möglichen Systemintegratoren erhöht und die Abhängigkeit von Systemintegratoren verringert wird.
- Der Wert der Plattform steigt für Endkunden, wenn mehr Maschinenlieferanten ihr Produkte auf Basis der Plattform anbieten, da sich somit die Systemintegration und auch die Systempflege vereinfacht.

In diesem Beispiel ist der Anbieter der Automatisierungsplattform nicht in die einzelnen weiterführenden Transaktionen involviert, befähigt allerdings die Durchführung und weitere Nutzung. Die verstärkenden Effekte basieren auf der Befähigung, durch eine zunehmende Plattformnutzung in einem sich vergrößernden Markt zu agieren bzw. zur Erfüllung der zunehmenden Kundenanforderungen, in diesem Markt agieren zu müssen.

## 4.5 Industrieller Standard

In der Literatur wird sehr häufig bei der Verbreitung von Standards auf das Thema Netzwerkeffekte hingewiesen [PVC16, S. 144], weswegen im Folgenden ein allgemeines Wertschöpfungsnetz (vgl. Bild 7) für einen industriellen Standard in Anlehnung an OPC UA aufgezeigt wird. Ein Standardisierungsgremium definiert konkrete Anforderungen und Rahmenbedingungen zur Einhaltung des Standards und gewährleistet somit eine gewisse Kompatibilität bei der Nutzung des Standards. Ein Maschinenlieferant integriert bereits bei der Erstellung der Maschinen frühzeitig den Standard. Gleichzeitig richtet der Maschinennutzer seine Infrastruktur entsprechend des Standards aus. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Standardanbieters vor:

- Der Maschinenlieferant wird befähigt, standard-konforme Maschinen anzubieten.
- Der Maschinennutzer erhält das Wertversprechen, dass die Integration standard-konformer Maschinen einfacher und somit auch die Pflege des Gesamtsystems einfacher ist.

Der Bereitsteller des Standards ist nicht in direkte Interaktionen zwischen dem Maschinenlieferanten und -nutzer involviert, befähigt allerdings diese Rollen aufbauend auf dem Standard komplementäre Lösungen zu nutzen und kann als Innovationsplattform typisiert werden.

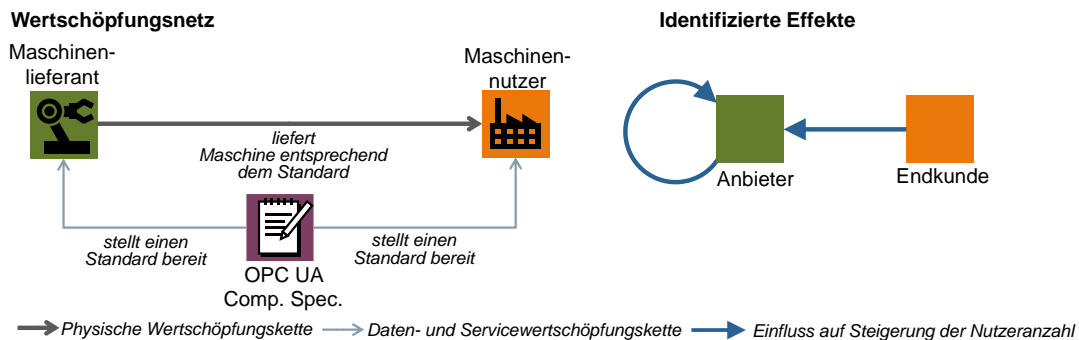


Bild 7: Wertschöpfungsnetz und Effekte eines industriellen Standards

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Die Attraktivität des Standards steigt für den Maschinenlieferanten, je mehr Maschinennutzer eine Standardkonformität fordern oder bereits den Standard verwenden.
- Je mehr Maschinenlieferanten den Standard bereits nutzen, desto größer wird der Druck auf Marktgleiter, ebenfalls den Standard einzusetzen.

Insgesamt wirkt ein verstärkender Effekt von Seiten der Maschinennutzer auf den Maschinenlieferanten, der aufgrund der Befähigung zur technischen Interaktionen resultiert. Zusätzlich

wirkt durch den Wettbewerbsdruck ein sich verstärkender Effekt zwischen den Maschinenlieferanten.

#### 4.6 IIoT-Plattformbasierte Serviceangebote

In diesem Beispiel werden Nutzungsinformationen von Komponenten, die bei einem Fertigungsunternehmen im Einsatz sind, über eine Industrial Internet of Things (IIoT)-Plattform gesammelt und dem Komponentenlieferanten zur weiteren Auswertung zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wird der Komponentenlieferant über die Plattform befähigt, Apps zu erstellen und auszuführen. Das Wertschöpfungsnetz (siehe Bild 8) basiert auf dem Praxisbeispiel von Festo zur Druckluftüberwachung mithilfe der IIoT-Plattform MindSphere. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformbetreibers vor:

- Das Fertigungsunternehmen wird befähigt, interne Prozesse zu optimieren.
- Der Komponentenlieferant wird befähigt, zusätzliche Dienstleistungen (z.B. Benchmarking) anzubieten.

Der Plattformanbieter dient in dem Beispiel als Befähiger für das Anbieten und die Ausführung von plattform-kompatiblen Dienstleistungen, ohne in die geschäftliche Abwicklung der Transaktion involviert zu sein. Dieses Beispiel kann somit als Innovationsplattform typisiert werden.

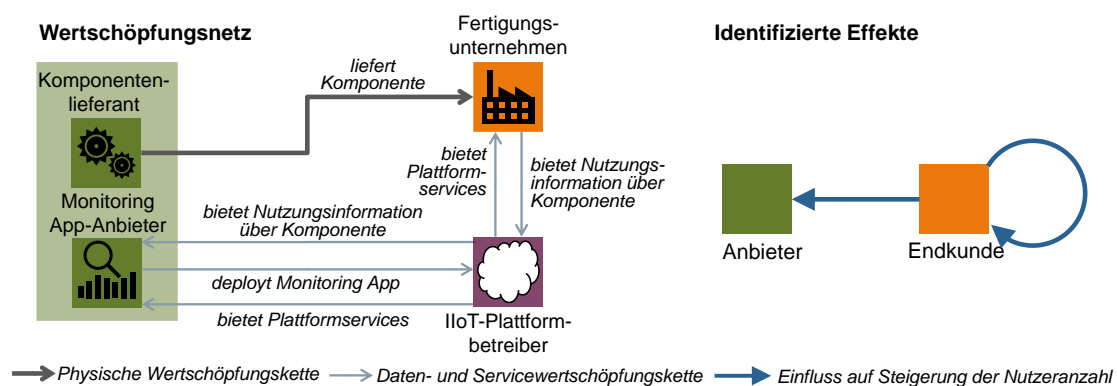


Bild 8: Wertschöpfungsnetz und Effekte eines IIoT-Plattformbasierten Serviceangebots

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert der Plattform für Komponentenlieferanten steigt mit der Anzahl der Fertigungsunternehmen, die diese IIoT-Plattform verwenden, da die Systemintegration für auf diese Plattform ausgelegten Anwendungen und Dienstleistungen einfacher wird.
- Der Wert für Fertigungsunternehmen steigt mit der Anzahl der Komponentenlieferanten, die Anwendungen und Dienstleistungen basierend auf der IIoT-Plattform anbieten, da somit notwendige Integrationsaufwände reduziert werden.
- Für Fertigungsunternehmen steigt der Wert der angebotenen Services über die Plattform, wenn mehr Fertigungsunternehmen teilnehmen. Durch eine vergleichende Auswertung und ggf. ein Benchmarking der Nutzungsdaten mit mehr Vergleichsdaten stehen präzisere Prognosen und Services zur Optimierung der internen Prozesse zur Verfügung.

In dem Beispiel wird durch eine steigende Anzahl an Komponentenlieferanten und Fertigungsunternehmen gegenseitig der Wert der Nutzung der IIoT-Plattform gesteigert, indem in erster Linie technische Integrationsprozesse reduziert und vereinfacht werden. Zusätzlich kann für die Produktionsunternehmen auch ein einseitiger verstärkender Effekt durch den Vergleich der Nutzungsdaten wirken.

## 4.7 Bereitstellen eines Edge Managements

Zur maschinennahen Auswertung der Nutzungsdaten werden in diesem Anwendungsfall, anstatt über eine cloudbasierte IIoT-Plattform wie im Kapitel 4.6, datenbasierte Services durch ein Edge Management befähigt. Hierzu bietet ein Edge Management Provider eine Plattformlösung an, die es ermöglicht, Apps auf entsprechender Hardware (Edge Geräten) auszuführen und über ihren Lebensweg zu verwalten. Durch den notwendigen Edge Gerätelieferant, entsteht aus Sicht des Plattformanbieters ein dreiseitiger Markt. Das Wertschöpfungsnetz (vgl. Bild 9) basiert auf einem Praxisbeispiel von WITTENSTEIN als Komponentenlieferant und Bereitsteller der datenbasierten Services [FGH+20]. Es ist zu beachten, dass der Komponentenlieferant davon ausgeht, dass beim Endkunden ein Edge Device zur Verfügung steht, welches er für seine Zwecke nutzen kann. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformanbieters vor:

- Der Komponentenlieferant wird befähigt, eine App zu entwickeln und auf beliebigen Edge Geräten, die durch den Edge Management Provider unterstützt werden, auszuführen und somit Fertigungsunternehmen neue Services zur internen Prozessoptimierung anzubieten.
- Das Fertigungsunternehmen wird befähigt, die Systemintegration und Pflege der Edge Geräte, die im Rahmen der Automatisierungslösung zum Einsatz kommen, zu vereinfachen.
- Der Edge Gerätelieferant wird befähigt, seine Geräte mit einer standardisierten Integrationsfähigkeit anzubieten.

Der Plattformanbieter ist in dem Beispiel nicht in geschäftliche Transaktionen involviert. Die Edge Managementlösung befähigt die verschiedenen Marktseiten zur technischen Entwicklung und Durchführung der Services und kann somit als Innovationsplattform typisiert werden.

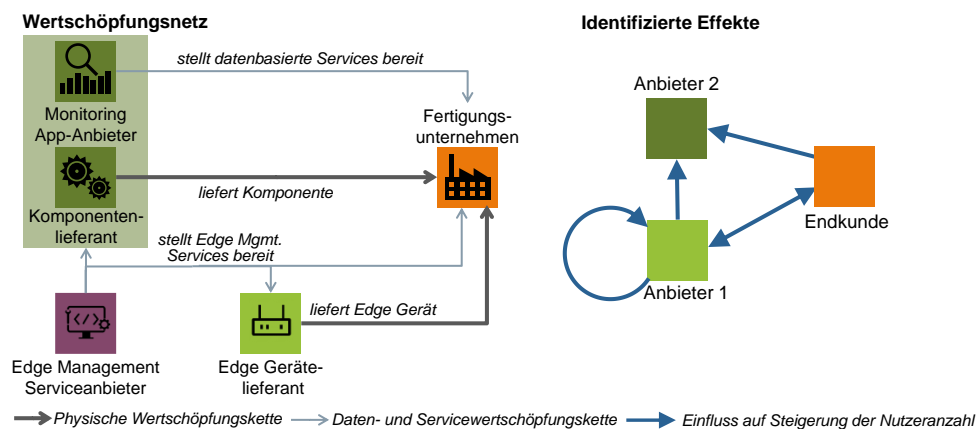


Bild 9: Wertschöpfungsnetz und Effekte eines Edge Managements

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert der Plattform für die Edge Gerätelieferanten und Komponentenlieferanten steigt, wenn eine größere Anzahl an Fertigungsunternehmen das Edge Management verwendet.
- Je mehr Edge Gerätelieferanten das Edge Management verwenden, desto flexibler werden Fertigungsunternehmen bei der Auswahl der Edge Gerätelieferanten und der Druck auf weitere Edge Gerätelieferanten sich anzuschließen steigt.
- Der Wert der Plattform für den Komponentenlieferanten steigt, wenn eine größere Anzahl an Edge Gerätelieferanten bzw. Fertigungsunternehmen diese Lösung verwenden, da sich somit die Systemintegration vereinfacht.

In diesem Beispiel basieren die verstärkenden Effekte in erster Linie auf der Reduzierung der technischen Integrationsaufwände bei einer Steigerung der Nutzer. Dabei befähigt der Plattformanbieter die Rollen für Transaktionen, ohne direkt involviert zu sein.

#### 4.8 Vermittlung von Apps im Edge Management

Neben der technischen Bereitstellung der Edge Managementplattform in Kapitel 4.7, wird in diesem Beispiel die Möglichkeit beschrieben, dass verschiedene App-Anbieter über einen zentralen App-Store des Plattformanbieters entwickelte Apps anbieten und an Fertigungsunternehmen verkaufen können. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformanbieters vor:

- Der App-Anbieter wird befähigt, eine App zu entwickeln und über einen App-Store anzubieten, damit Fertigungsunternehmen durch deren Nutzung Prozesse optimieren können.
- Das Fertigungsunternehmen wird befähigt, eine App aus dem App-Store zu beziehen, in seine Automatisierungslösung zu integrieren und Dienstleistungen des App Providers auf Basis dieser App in Anspruch zu nehmen.
- Der Edge Gerätelieferant wird befähigt, seine Geräte mit einer standardisierten Integrationsfähigkeit anzubieten.

Neben der Bereitstellung der technischen Plattformlösung ist in diesem Beispiel der Edge Management Anbieter zudem in die Vermittlung von Apps involviert. Somit wird der integrierte Plattfortmty mit der Kombination aus Transaktions- und Innovationsplattform adressiert.

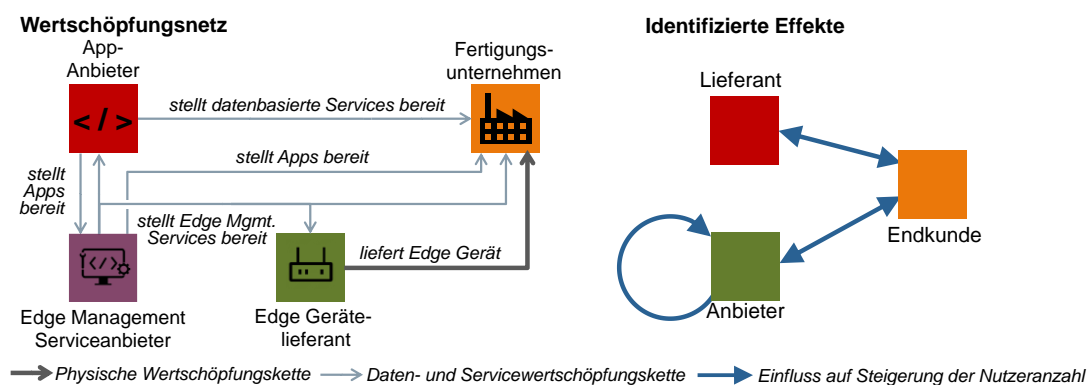


Bild 10: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Vermittlung von Apps im Edge Management



Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Die Plattformlösung wird für die App-Anbieter und Edge Geräteanbieter attraktiver, wenn eine steigende Anzahl an Fertigungsunternehmen die Plattform verwenden.
- Je mehr Edge Gerätelieferanten das Edge Management verwenden, desto flexibler werden Fertigungsunternehmen bei der Auswahl an Edge Gerätelieferanten und der Druck auf weitere Edge Gerätelieferanten sich anzuschließen steigt.
- Mit einer steigenden Anzahl an Apps über den App-Store, steigt der Nutzen für die Fertigungsunternehmen.

Zusätzlich zu den Effekten aus Kapitel 4.7, die primär aufgrund der reduzierten technischen Integrationsaufwände Anwender anziehen, kommen in diesem Fall wechselseitige Wertsteigerungen des Plattformangebots durch die Anzahl der App-Anbieter und App-Nutzer hinzu.

#### 4.9 Vermittlung von Apps über IloT-Plattform

Ähnlich zu dem Beispiel in Kapitel 4.8 wird in diesem Beispiel ein App-Anbieter befähigt, Apps zu entwickeln und diese über einen Plattformbetreiber Nutzern zur Verfügung zu stellen. Im Gegensatz zur vorherigen edge-basierten Lösung findet diese Möglichkeit über eine cloud-basierte IloT-Plattform statt. Zudem agiert der App-Provider zusätzlich noch in der Rolle des Anbieters. Der vermittelnde Plattformanbieter besitzt mit beiden Marktseiten ein Vertragsverhältnis und ist sowohl in die Transaktionen als auch in der weiteren Ausführung involviert. Das Wertschöpfungsnetz (vgl. Bild 11) basiert auf dem Beispiel TAPIO mit dem Maschinenhersteller HOMAG. Dabei liegen folgende Wertversprechen des Plattformbetreibers vor:

- Der Maschinennutzer kann auf Basis der bereitgestellten Apps interne Prozesse optimieren.
- Der Maschinenlieferant wird befähigt, mithilfe der IloT-Plattform Apps zu entwickeln und anzubieten und dadurch Dienstleistungen zu monetarisieren.

In diesem Beispiel stellt der Plattformanbieter neben der Vermittlung und Abwicklung der Transaktionen über den App-Shop (Transaktionsplattform) zudem die technische Befähigung zur Erstellung und Ausführung der Apps auf der IloT-Plattform sicher (Innovationsplattform).

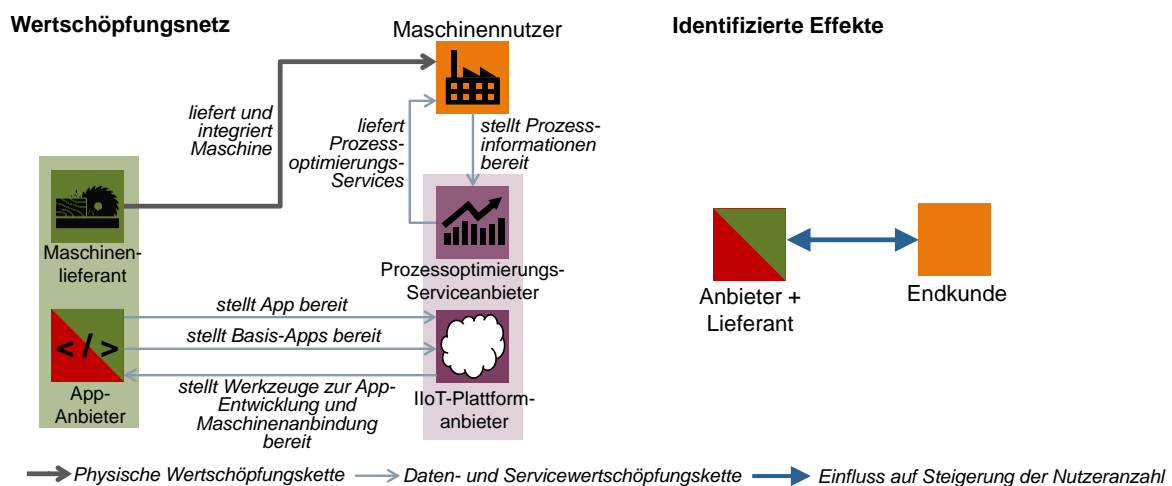


Bild 11: Wertschöpfungsnetz und Effekte einer Vermittlung von Apps über eine IloT-Plattform

Im Wertschöpfungsnetz sind folgende verstärkende Effekte zu identifizieren:

- Der Wert für die App-Anbieter steigt mit der Anzahl an Maschinennutzern, die die IIoT-Plattform und den App-Store verwenden, da der Markt an potentiellen Kunden wächst.
- Der Wert für die Maschinennutzer steigt mit der Anzahl an App-Anbietern, die über die Plattform Services anbieten, da somit mehr Anbieter Optimierungspotentiale adressieren.

Insgesamt sind in diesem Beispiel neben den verstärkenden Mechanismen zu Transaktionen zwischen App-Anbieter und Maschinennutzer über den App-Store zusätzlich die Befähigung zur Durchführung der Transaktion mit geringen Integrationsaufwänden bei einer steigenden Nutzung der IIoT-Plattform identifizierbar.

## 5 Identifizierte Netzwerkeffekt-Typen

Hinsichtlich der sich verstärkenden Effekte bei digitalen Plattformen konnten anhand der Analyse der Praxisbeispiele aus der produzierenden Industrie grundsätzliche Netzwerkeffekt-Typen identifiziert werden (vgl. Bild 12). Bisherige Forschungsansätze hatten lediglich eine Einteilung in einseitige und zweiseitige Netzwerkeffekt ohne Beachtung der konkreten Rollen oder Unterteilung, durch welche Wertversprechen diese Effekte wirken, definiert und diese zudem bisher nicht auf industrielle Beispiele abgebildet.

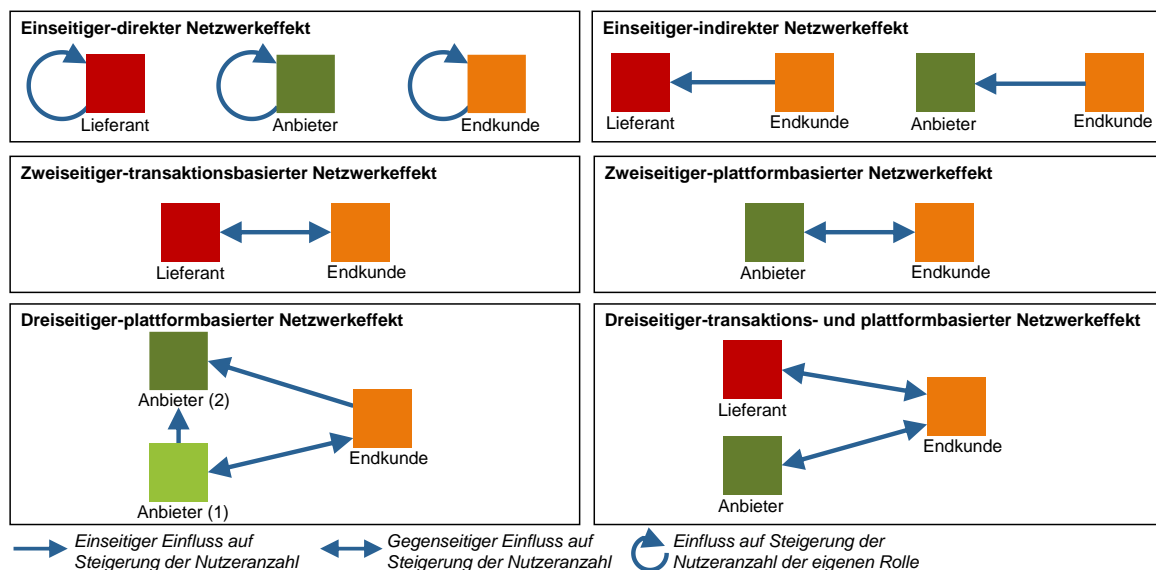


Bild 12: Übersicht der identifizierten Netzwerkeffekt-Typen

Bei einem **einseitigen-direkten Netzwerkeffekt** führt eine Steigerung der Nutzeranzahl einer Rolle zu einem größeren Wert der Plattform für die gleiche Rolle im Wertschöpfungsnetz. Durch welches konkrete Wertversprechen dies entsteht, ist dabei abhängig vom konkreten Beispiel (vgl. z.B. Kapitel 4.3). Bei einem **einseitigen-indirekten Netzwerkeffekt** führt eine Steigerung der Nutzeranzahl einer Rolle zu einem größeren Wert der Plattform für eine zweite Rolle im Wertschöpfungsnetz. Im Gegenzug führt allerdings ein Wachstum der Nutzeranzahl der zweiten Rolle nicht signifikant zu einem Mehrwert für die erste Rolle (vgl. Kapitel 4.2).

Hinsichtlich der zweiseitigen Effekte können zwei Arten von Netzwerkeffekten unterschieden werden. Bei einem **zweiseitigen-transaktionsbasierten Netzwerkeffekt** führt eine Steigerung der Anzahl der Rolle Lieferanten zu einem größerem Wert der Plattform für die Rolle Endkunden sowie vice versa. Dieser Netzwerkeffekt wirkt aufgrund der Wechselwirkung, dass eine gegenseitige Anbahnung, Koordination und geschäftliche Abwicklung von Transaktionen jeweils bei einer größeren Nutzeranzahl der gegenüberliegenden Marktseite einen größeren Wert für beide Seiten bietet. Endkunden erreichen durch eine größere Auswahl an Lieferanten eine bessere Lieferabsicherung oder eine Kosten- und Prozesseinsparung. Für Lieferanten stellt eine größere Anzahl an Endkunden einen größeren Markt mit potentiellen Kunden dar. Dieser Netzwerkeffekt tritt in der Regel bei Transaktionsplattformen auf (z.B. Kapitel 4.1).

Bei einem **zweiseitigen-plattformbasierten Netzwerkeffekt** führt eine Steigerung der Anzahl der Rolle Anbieter zu einem größerem Wert der Plattform für die Rolle Endkunden und vice versa. Der zugrundeliegende Effekt basiert darauf, dass eine Plattform die geschäftlichen Rollen technisch befähigt, ein Produkt oder ein Service anzubieten bzw. auszuführen. Für Endkunden ergibt sich ein Wert, indem bei einer größeren Anzahl an Anbietern für diese Plattform eine größere Auswahl an Produkten und Services zur Verfügung stehen. Für Anbieter erhöht sich der Wert, indem durch mehr Endkunden ein größerer Markt mit entsprechender Kundennachfrage für die plattformspezifischen Produkte und Services entstehen. Insgesamt wirken diese Effekte aufgrund einer technischen Komplexitätsreduzierung bzw. eines geringeren Integrationsaufwands, wenn viele Anbieter und Endkunden eine Plattform in Form einer einheitlichen technischen Infrastruktur verwenden. Der Effekt kann sich soweit ausbreiten, dass eine Plattform in Form einer Infrastruktur sich schließlich zu einer Art Standard etabliert. Dieser Netzwerkeffekt tritt daher in der Regel bei Innovationsplattformen auf (z.B. Kapitel 4.4).

Anhand der analysierten praktischen Plattformbeispiele konnten zudem dreiseitige Netzwerkeffekte identifiziert werden, bei denen durch die Steigerung der Anzahl von drei Rollen entsprechende Effekte auswirken. Bei einem **dreiseitigen-plattformbasierten Netzwerkeffekt** entstehen Effekte zwischen zwei unterschiedlichen Arten von Anbietern sowie dem Endkunden, die jeweils für Interaktionen mittels der Plattform technisch befähigt werden (z.B. Kapitel 4.7). Bei dem **dreiseitigen transaktions- und plattformbasierten Netzwerkeffekt** handelt es sich um ein Zusammenspiel zwischen den drei geschäftlichen Rollen Lieferant, Endkunde und Anbieter. Hierbei sind neben der technischen Befähigung gleichzeitig die Vermittlung und Befähigung von Transaktionen über die technische Infrastruktur entscheidend (z.B. Kapitel 4.9).

## 6 Fazit und Ausblick

Der Erfolg von Unternehmen im B2C zeigt das Potential von digitalen Plattformen auf. Als entscheidender Faktor gelten hierbei Netzwerkeffekte, die zu einem stetig wachsenden Mehrwert der Plattformen für die Nutzer führen. Generell werden bei Netzwerkeffekten bisher nur zwischen einseitigen und zweiseitigen sowie positiven und negativen Effekten unterschieden. Um allerdings die grundsätzliche Logik und Wirkung dieser Effekte zu verstehen, bedarf es einer detaillierten Analyse und Typisierung. Insbesondere da im industriellen B2B-Bereich die Effekte noch nicht deutlich erkennbar sind, wurde in diesem Beitrag ein induktives Forschungsvorgehen ausgehend von konkreten Plattformbeispielen gewählt. Anhand der Analyse von neun

praktischen Beispielen, die alle drei relevanten Plattfortmtypen nach EVANS und GAWER beinhalten, konnten mittels einer wertschöpfungsorientierten Perspektive sechs grundlegende Netzwerkeffekt-Typen identifiziert werden [EG16, S. 9]. Die Typisierung konnte anhand transparenter Wertschöpfungsbeziehungen von geschäftlichen Rollen erläutert und definiert werden. In weiteren Untersuchungen gilt es nun, zusätzliche Praxisbeispiele zu analysieren und die identifizierten Netzwerkeffekt-Typen hinsichtlich ihrer Vollständigkeit zu prüfen und ggf. zu erweitern. Weiterhin bleibt in der Forschung die Frage offen, wie stark sich einzelne Effekte im industriellen Bereich ausprägen sowie ab und bis zu welchem Zeitpunkt deren Einfluss entscheidend ist. Insgesamt sollen die definierten Netzwerkeffekt-Typen es ermöglichen, dass Plattformanbieter für unterschiedliche Effekte sensibilisiert werden und diese schließlich mit einem präziseren Verständnis gezielt durch strategische Entscheidungen (z.B. Monetarisierungskonzepte hinsichtlich der einzelnen Rollen) in ihre Plattfortmangebote integrieren.

## Literatur

- [BP16] BELLEFLAMME, P.; PEITZ, M.: Platforms and network effects. Forthcoming, Handbook of Game Theory and Industrial Organization, 2016
- [BP19] BELLEFLAMME, P.; PEITZ, M.: Managing competition on a two-sided platform. In: Journal of Economics & Management Strategy, S.5-22, 2019
- [Bdi20] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE (BDI): Deutsche digitale B2B-Plattformen. Unter: <https://bdi.eu/publikation/news/deutsche-digitale-b2b-plattformen/>, 19. Juni 2020
- [CCC+20] CHEN, J.; CHENG, Y.; CHEN, Z.; DORT, W.; GIERGING, L.; LEONARDY, H.; LÖWEN, U.; ZHAO, H.: Examples for Business Scenarios in Manufacturing Industry. Unter: [https://www.gpqi.org/files/upload/china/studies/201015\\_GIZ\\_UseCases\\_BusinessScenarios.pdf](https://www.gpqi.org/files/upload/china/studies/201015_GIZ_UseCases_BusinessScenarios.pdf), 2020
- [Cur20] CURRIER, J.: Viral Effects Are Not Network Effects. <https://www.nfx.com/post/viral-effects-vs-network-effects/>, 2020
- [CGY19] CUSUMANO, M.A.; GAWER, A.; YOFFIE, D.B.: The business of platforms - Strategy in the age of digital competition, innovation, and power. Harper Business, New York NY, 2019
- [EG16] EVANS, P.; GAWER, A.: The Rise of the Platform Enterprise – A global survey. The Emerging Platform Economy Series No. 1, 2016
- [ES16] EVANS, D.S.; SCHMALENSEE, R.: Matchmakers – The new economic of multisided platforms. Harvard Business Review Press, Boston, 2016
- [FK20] FALCK, O.; KOENEN, J.: Industrielle Digitalwirtschaft – B2B-Plattformen. Unter: <https://bdi.eu/publikation/news/Industrielle-Digitalwirtschaft-B2B-Plattformen>, 9. Juli 2020
- [FGH20] FIEBIGER, B.; GATTERBURG, A.; HORNUNG, M.; LÖWEN, U.; RENTSCHLER, M.; ROEHL, T.; VOJANEC, B.; MARTINS, T.W.: LNI Testbed Edge Management – Business View. Unter: [https://lni40.de/lni40-content/uploads/2021/03/BusinessView-LNI\\_Testbed-Edge-Management\\_V2.0.pdf](https://lni40.de/lni40-content/uploads/2021/03/BusinessView-LNI_Testbed-Edge-Management_V2.0.pdf), 2020
- [HW15] HAGIU, A.; WRIGHT, J.: Multi-sided platforms. In: International Journal of Industrial Organization, 43, S.162-174, 2015
- [KS86] KATZ, M.L.; SHAPIRO, C.: Technology Adoption in the Presence of Network Externalities. In: Journal of Political Economy, 94/4, S.822-841, 1986
- [MWG19] MOSER, D.; WECHT, C.; GASSMANN, O.: Digitale Plattformen als Geschäftsmodell. In: ERP Management, Ausgabe 1-2019, S.45-48, 2019
- [OM19] OBERMAIER, R.; MOSCH, P.: Digitale Plattformen – Klassifizierung, ökonomische Wirkungslogik und Anwendungsfälle in einer Industrie 4.0. In: Obermaier, R. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation, Gabler Verlag, Passau, 2019

- [PVC16] PARKER, G.; VAN ALSTYNE, M.; CHOUDARY, S.P.: Platform Revolution. Norton & Company, New York, 2016
- [PFM21] PAULI, T.; FIELT, E.; MATZNER, M.: Digital Industrial Platforms. In: Business & Information Systems Engineering, 63/2, S.181-190, 2021
- [Pla19] PLATTFORM INDUSTRIE 4.0.: Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0. Unter: [https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digitale-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40.pdf?__blob=publicationFile&v=4), Februar 2019
- [PR21] PLATTFORM INDUSTRIE 4.0; ROBOT REVOLUTION & INDUSTRIAL IOT INITIATIVE: Digital Platforms in Manufacturing Industries. Unter: [https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digital-platforms-in-manufacturing-2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/digital-platforms-in-manufacturing-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4), März 2021
- [PWC20] PWC: Global Top 100 companies by market capitalization. Unter: <https://www.pwc.com/gx/en/audit-services/publications/assets/global-top-100-companies-2020.pdf>, Mai 2020
- [Ram15] RAMGE, T.: Die drei Zauberwörter – Disruption, Plattform, Netzwerkeffekte. Unter: [www.brand-eins.de/magazine/brand-eins-wirtschaftsmagazin/2015/handel/die-drei-zauberworte](http://www.brand-eins.de/magazine/brand-eins-wirtschaftsmagazin/2015/handel/die-drei-zauberworte), 2015
- [RT03] ROCHET, J.-C.; TIROLE, J.: Platform Competition in Two-Sided Markets. In: Journal of the European Economic Association, 4. S.990-1029, 2003
- [SV98] SHAPIRO, C.; VARIAN, H.R.: Information Rules – A Strategic Guide to the Network Economy. Harvard Business Review Press, Boston, 1998
- [TL18] TÄUSCHER, K.; LAUDIEN, S.M.: Understanding platform business models: A mixed methods study of marketplaces. In: European Management Journal. 36/3, S.319-329, 2018
- [VPC16] VAN ALSTYNE, M.; PARKER, G.; CHOUDARY, S.P.: Pipelines, platforms, and the new rules of strategy. In: Harvard Business Review, 94/4, S.52-62, 2016
- [WEK+19] WORTMANN, F.; ELLERMANN, K.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Typisierung und Strukturierung digitaler Plattformen im Kontext Business-to-Business. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 21. und 22. November 2019, Berlin, S.191-214, 2019

## Autoren

**Fabian Hartner, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). Seit 2019 ist er dort am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand tätig. Sein Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf der wertschöpfungsorientierten Analyse von digitalen Plattformen in der produzierenden Industrie.

**Prof. Dr. Ulrich Löwen** ist bei Siemens als Fachexperte für Digitalisierung in der produzierenden Industrie tätig. Er verfügt über langjährige Berufserfahrung und ist in verschiedenen Verbänden, Konsortien und internationalen Kooperationen engagiert. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf Szenarien und Use Cases zur Veranschaulichung des Geschäftsnutzens neuer digitaler Technologien.

**Prof. Dr. Jörg Franke** leitet seit 2009 den Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) an der FAU. Am FAPS fokussiert er die Forschung auf die Herstellung, Planung und Simulation komplexer mechatronischer Systeme. Zuvor war er in verschiedenen Führungspositionen mit globaler Verantwortung u.a. bei McKinsey & Co., Robert Bosch GmbH, ZF Lenksysteme GmbH, Schaeffler AG und ABM Greiffenberger GmbH tätig. Neben anderen ehrenamtlichen Tätigkeiten ist er u.a. Vorstandsvorsitzender der Forschungs-

vereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID, Mitglied der Internationalen Akademie für Produktionstechnik (CIRP) und der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP).



# **Operationalisierung der Plattformstrategie am Beispiel WAGO Creators**

**Lars Binner**

**Sebastian Heemeier**

**Dr.-Ing. Mareen Vaßholz**

**Ann-Christin Rachuba**

**Nils Homburg**

*WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG*

*Hansastr. 27, 32423 Minden*

*Tel. +49 (0) 571 / 88 70, Fax. +49 (0) 571 / 88 78 44 169*

*E-Mail: [info@wago.com](mailto:info@wago.com)*

## **Zusammenfassung**

Digitale Plattformen wie Amazon, Spotify und Alibaba haben ihre Branchen revolutioniert. Dieser Wandel ist zunehmend auch in B2B-Märkten zu erkennen. Um die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, müssen Unternehmen ihre Produkte immer stärker mit digitalen Services erweitern. Durch digitale Plattformen kann eine durchgehende Lösung für den Kunden und gänzlich neue Interaktionsmöglichkeiten geschaffen werden. Um das volle Potential digitaler Plattformen erschließen zu können, ist WAGO dem Forschungsprojekt „Digital Business“ beigetreten. Das Ziel war es, eine auf WAGO zugeschnittene Plattformstrategie zu entwickeln, die einen erfolgreichen Einstieg in die Plattformökonomie gewährleisten soll. Ein interdisziplinäres Team bestehend aus verschiedenen Vertretern der WAGO Fachbereiche und Partnern aus der Forschung wie z.B. dem Fraunhofer IEM, dem Heinz Nixdorf Institut und dem Software Innovation Campus Paderborn arbeitete an diesem Forschungsprojekt. Auf der Basis der Forschungsergebnisse wurde eine unternehmenseigene digitale Plattform, die Open Innovation Plattform „WAGO Creators“ entwickelt. Eine Plattform speziell für individuelle Zubehörlösungen für WAGO Produkte entworfen und für eine Community von Tüftlern, Profientwicklern und WAGO-Anhängern entwickelt! Eine digitale Plattform, die der Community eine Mischung aus Inspirationsquelle, Ideenschmiede und -realisierung bietet. Konstrukteure können hier Ideen sammeln, weiterentwickeln sowie Modell-Formate für den eigenen 3D-Drucker herunterladen oder Modelle als Prototypen direkt bestellen. Mit der Open Innovation Plattform „WAGO Creators“ öffnet WAGO strategisch seine Unternehmensgrenzen. Durch diese Plattform wird das Thema „Open Innovation“ gelebt, da neben eigener interner Ressourcen auch auf externes Know-how zugegriffen werden kann, um Innovationen voranzutreiben.

## **Schlüsselworte**

Digitalisierung, Plattformen, Geschäftsmodellinnovation, Co-Creation



# **Operationalisation of the platform strategy using the example of the open innovation platform “WAGO Creators”**

## **Abstract**

Digital platforms like Amazon, Spotify or Alibaba have radically changed B2C industries. This change is also increasingly impacting B2B markets. To remain competitive and generate revenues above and beyond pure product sales, manufacturing firms must progressively combine their products with services. Digital platforms can create an end-to-end solution for customers along with entirely new interaction possibilities. To leverage the full potential of digital platforms, WAGO has joined the “Digital Business” research project. The objective: Develop a platform strategy tailored to WAGO that would ensure a successful entry into the platform economy. An interdisciplinary team consisting of various representatives from the WAGO departments and partners from research such as the Fraunhofer IEM, the Heinz Nixdorf Institute and the Software Innovation Campus Paderborn worked on this research project. Based on the research results, a company-owned digital platform, the Open Innovation Platform "WAGO Creators" was developed. A platform specifically designed for individual accessory solutions for WAGO products and developed for a community of tinkerers, professional developers and WAGO supporters! A community that, as a digital participatory platform, provides a mixture of inspiration, think tank-style research and idea generation. When it comes to designing WAGO products for special applications, designers have a place to be inspired, develop ideas and share concepts; they can also download models for their own 3D printer or order them directly as prototypes. “WAGO Creators” enables WAGO to strategically open its corporate boundaries. This platform promotes the “Open Innovation” strategy by leveraging internal resources and knowledge, along with external expertise, to drive innovation.

## **Keywords**

Digitalization, Platforms, Business model innovation, Co-Creation

# 1 Einführung

Digitale Plattformen wie z.B. Amazon, Spotify und Alibaba haben etablierte Branchen im B2C-Bereich in kürzester Zeit auf den Kopf gestellt, da sie innovative Kundeninteraktionen ermöglichen. Dieser Wandel kommt zunehmend auch auf die B2B-Märkte zu [WEK+19, S. 1] [DGV+19, S. 1ff.]. Digitale Plattformen zählen zu den bedeutendsten IT-Trends der heutigen Zeit. Allgemein definiert man digitale Plattformen als Oberflächen, die IT-gestützte Interaktionen zwischen Plattformnutzern und weiteren Akteuren des Ökosystems ermöglichen. Die daraus entstehenden Business-Ökosysteme bilden technologisch das Rückgrat digitaler Geschäftsmodelle [Jae17, S. 50]. Der professionelle Betrieb digitaler Plattformen bietet Unternehmen die Chance, innovative digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln, die sowohl für den Plattformbetreiber als auch für daran partizipierende Parteien gewinnbringend sind. Dritt-Parteien können beispielsweise Services oder Dienstleistungen über die Plattform anbieten, einen Mehrwert schaffen und entsprechend entlohnt werden [WSK18, S. 1]. Auftretende Netzwerkeffekte fördern zusätzlich ein exponentielles Wachstum der Anzahl an Plattformnutzern. In diesem Fall motivieren bereits aktive Plattform Nutzer andere potentielle Nutzer zum Beitritt der Plattform [Jae17, S. 63], [WVB21, S. 18f.]. Bild 1 zeigt exemplarisch die wertvollsten digitalen Plattformen nach geographischer Verteilung in der Welt.

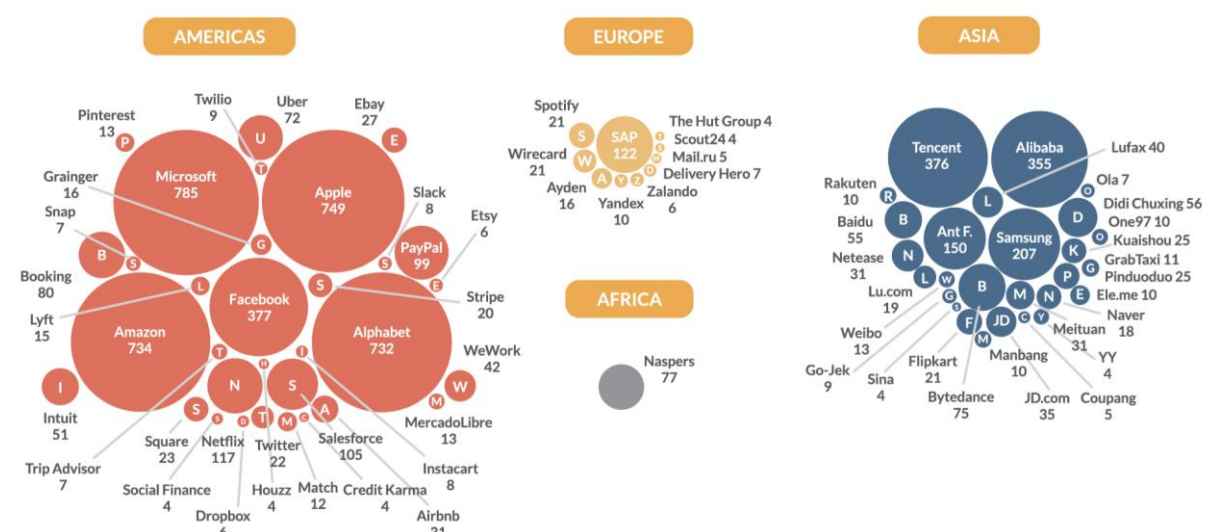


Bild 1: Weltweite Verteilung der größten globalen Plattformen der Welt von 2018 [Sys21-ol]

Die größten und erfolgreichsten digitalen Plattformen werden vor allem in Amerika und Asien entwickelt und betrieben. Fokuszielgruppe dieser digitalen Plattformen sind vor allem Nutzer aus dem B2C Bereich. Der Trend plattformbasierter Geschäftsmodelle wird jedoch auch für B2B-Unternehmen zunehmend interessanter. Durch den Betrieb digitaler Plattformen wird das eigene Produkt- und Dienstleistungsportfolio auf einer digitalen Ebene erweitert, wodurch Wettbewerbsvorteile und Differenzierungsmerkmale erzielt werden können [Bis17, S. 6], [WVB21, S. 19].

Der Bundesverband der Deutschen Industrie spricht seinen Mitgliedern aus diesem Grund die eindeutige Empfehlung aus, in die digitale Transformation traditioneller Geschäftsmodelle zu

investieren und die Potentiale der Plattformökonomie für das eigene Geschäft auszuschöpfen [Bdi18-ol].

Auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie empfiehlt traditionelle Geschäftsmodelle zu transformieren und betont den starken Wettbewerb, in dem etablierte Unternehmen bereits heute mit wirtschaftlich starken Konkurrenten aus der ganzen Welt stehen. Außerdem wird die These bestätigt, dass digitale Plattformen auch für den B2B Bereich immer relevanter werden [Bmw17, S. 22], [WVB21, S. 19].

In der Praxis haben Digitalpioniere aus dem B2B Bereich wie Siemens bereits eigene digitale Plattformen wie z.B. „MINDSPHERE“ entwickelt. Die Plattform ermöglicht die Vernetzung von Maschinen und Infrastrukturkomponenten in der digitalen Welt [Sie21-ol]. Bei „MINDSPHERE“ handelt sich um ein cloudbasiertes Betriebssystem für das Internet der Dinge. „MINDSPHERE“ nutzt marktführende Cloud-Technologie, um Sensordaten und Datenanalysen auf einer zentralen Plattform zugänglich zu machen. Ein weiterer Digitalpionier im B2B Bereich ist das Unternehmen Würth. Die vom Unternehmen neu entwickelte digitale Plattform „Wucato“ ermöglicht seinen Kunden ein völlig neues Einkaufs- und Beschaffungserlebnis. Würth agiert in diesem Kontext als Intermediär, da auf der Plattform Geschäftskunden mit einer Vielzahl von Lieferanten vernetzt werden [Wuc21-ol].

## 2 Forschungsprojekt „Digital Business“

Um das volle Potential digitaler Plattformen zu erschließen, ist das Unternehmen WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG (folgend WAGO) dem Forschungsprojekt „Digital Business“ beigetreten [Fra21-ol]. Das Ziel des Projekts war es, dem Trend digitaler Plattformen zu begegnen und eine speziell auf WAGO zugeschnittene Plattformstrategie zu entwickeln, die einen erfolgreichen Einstieg in die Plattformökonomie gewährleisten soll. Zu Beginn des Forschungsprojekts gab es viele offene Fragen, die im Verlauf des Projekts beantwortet werden sollten (siehe Bild 2).

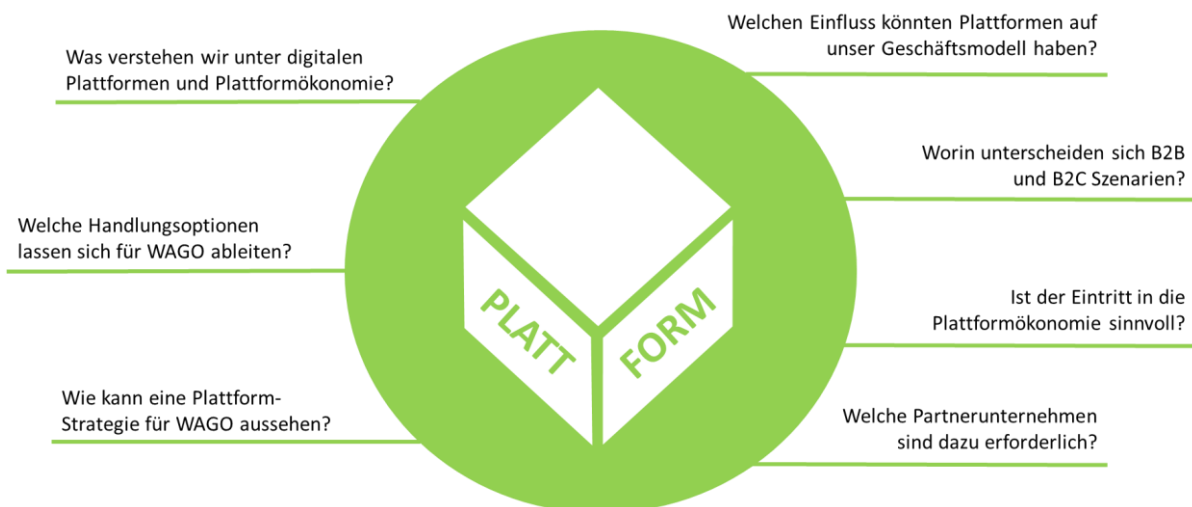


Bild 2: Anfängliche Fragestellungen rund um digitale Plattformen [WVB21, S. 20]

Diese Fragen wurden in einem interdisziplinären Team bestehend aus Vertretern verschiedener WAGO Fachbereiche und Partnern aus der Forschung wie dem Fraunhofer IEM, dem Heinz Nixdorf Institut und dem Software Innovation Campus Paderborn bearbeitet. Methodisch unterstützt darüber hinaus das Beratungsunternehmen Unity AG. Die Forschungspartner fokussierten sich auf die Entwicklung von wissenschaftlichen Methoden bezüglich des Themas digitaler Plattformen. Diese konnten von den teilnehmenden Praxisunternehmen erfolgreich angewendet und validiert werden. Das Praxisprojekt „WAGO“ als Teil des Forschungsprojekts Digital Business entwickelte eine Use-Case Strategie, die den erfolgreichen Beitritt des Unternehmens in die Plattformökonomie sicherstellen sollte. Ein Leitfaden sollte entwickelt werden, der Unternehmen befähigt ihre individuelle Strategie zum Einstieg in die Plattformökonomie zu erarbeiten sowie den erfolgreichen Betrieb digitaler Plattformen sicherzustellen. Inhaltlich wurde dafür zu Beginn ermittelt, welche bestehenden Marktleistungen für das Plattformgeschäft geeignet sind. Darauf aufbauend wurde analysiert wie bereits bestehende Plattformen genutzt werden können und welche organisatorischen Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um einen professionellen Betrieb digitaler Plattformen zu gewährleisten. Als Ergebnis wurde eine Use-Case Strategie erarbeitet, aus der sich unterschiedliche Handlungsempfehlungen ableiten lassen [WVB21, S. 20].

### 3 Begriffsdefinition digitaler Plattformen

Um den Einstieg in das Thema digitale Plattformen zu erleichtern, mussten zu Beginn des Projekts die Begriffe „Plattform“ und „Plattformökonomie“ definiert werden, da es in der Fachliteratur keine einheitliche Definition gab [WEK+19, S. 1]. Vor allem für mittelständische Industrieunternehmen sind die mit diesen Begriffen verbundenen Wirkmechanismen, Geschäftsmodelle und Technologien bisher wenig bekannt. Aus diesem Grund wurden drei Definitionen erarbeitet, die den größten Konsens mit den Ergebnissen der Literaturrecherche bildeten und vom Projektteam als umfassend eingestuft wurden. Neben einer allgemeinen Definition von Plattformen wurden auch die entsprechenden Definitionen für die Intermediärs- und IoT-Plattformen ausgearbeitet [WVB21, S. 21].

Die folgenden Definitionen orientieren sich an dem Plattformverständnis von WORTMANN ET AL. [WEK+19]:

- *Allgemeine Definition:* „Eine digitale Plattform ist eine primär digitale Marktleistung mit der Aufgabe Transaktionen und Interaktionen zu vereinfachen, zu zentralisieren und zu orchestrieren [EG16, S. 5], [HFR18, S. 4], [OP10, S. 77].“
- *Intermediärsplattformen:* „Digitale Plattformen können durch ihre zentralisierende Eigenschaft als Intermediär zwischen zwei oder mehr Akteursgruppen auftreten [GFC17, S. 334], [EWW17, S. 11], [DG18, S. 2]. Dabei haben sie die Aufgabe Transparenz zu schaffen, ein Matching zu ermöglichen oder Transaktionen sowie Interaktionen zu vereinfachen [DW18, S. 22], [HFR18, S. 4], [EWW17, S. 11].“
- *IoT-Plattformen:* „Digitale Plattformen können durch ihre vernetzende Eigenschaft als technische Grundlage für die Realisierung von z. B. Smart Services dienen [CGT+17, S. 2]. Dabei haben Sie die Aufgabe offene Schnittstellen bereit zu stellen, (Maschinen-)Daten

zu akquirieren und (Maschinen-) Daten zu verarbeiten [KSS+17, S. 7], [CGT+17, S. 2].“ [WEK+19, S.7f]

Aufbauend auf den Definitionen entwickelte das Projektteam ein Klassifikationsschema für die verschiedenen Plattfortmtypen. Dabei wurden spezifische Merkmalsgruppen aus der Fachliteratur herausgearbeitet, um anhand einer Clusteranalyse eine Typisierung der Plattfortmen vorzunehmen. Bild 3 zeigt die so ermittelten Plattfortmtypen [WEK+19, S. 19f].

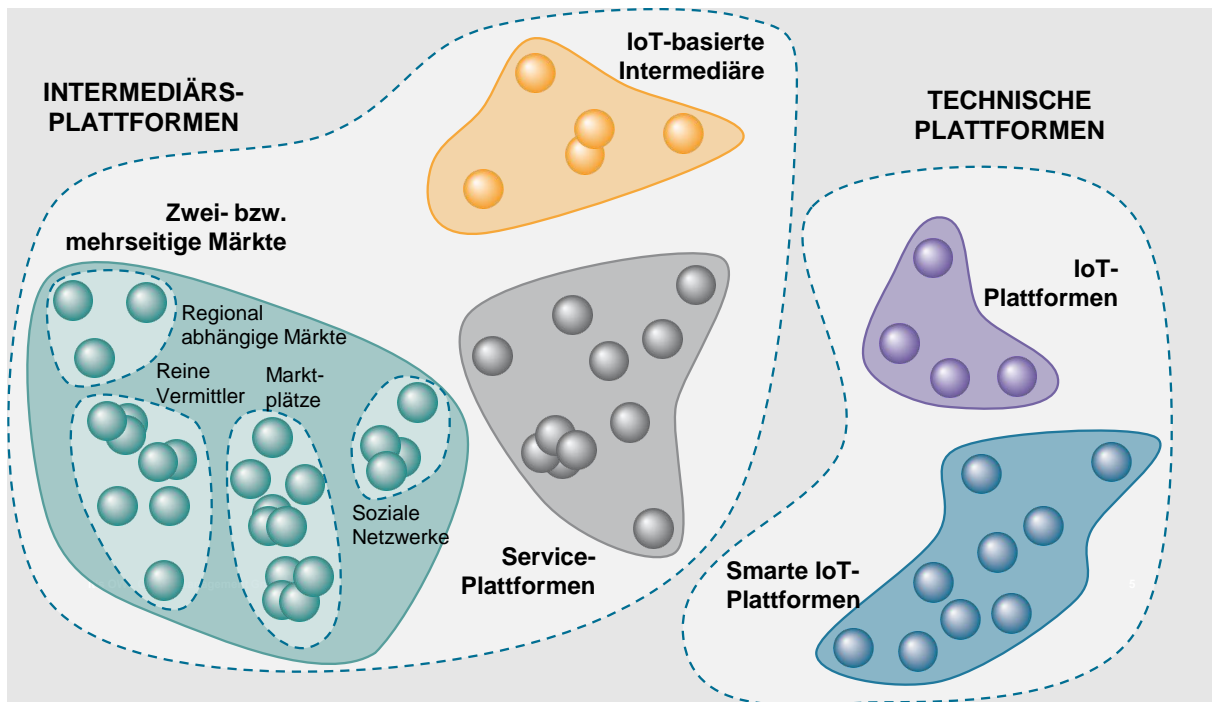


Bild 3: Plattfortmtypen [WEK+19, S. 20]

Neben der allgemeinen Unterscheidung zwischen Intermediärsplattformen und technischen (IoT) Plattfortmen können diese in weitere Plattfortmtypen untergliedert werden [WVB21, S. 21].

Unter den Intermediärsplattformen werden folgende Plattfortmtypen beschrieben:

- **Zwei- bzw. mehrseitige Märkte:** Sind als Intermediär zwischen mindestens zwei Akteursgruppen zu verstehen, die ein Matching ermöglichen. Die Akteure wissen vor dem Weg auf die Plattfortm nicht zwingend, mit wem sie Kollaborieren. Die Kollaboration ist damit unbestimmt.
- **Service Plattformen:** Sind als Intermediär zwischen mindestens zwei Akteursgruppen zu verstehen, die ein Matching ermöglichen. Die Akteure wissen vor dem Weg auf die Plattfortm, dass sie miteinander Kollaborieren. Die Kollaboration ist damit bestimmt. Digitale Services umfassen kostenfreie oder kostenpflichtige Mehrwertdienste und können teilweise unabhängig von Produkten genutzt werden.
- **IoT-basierte Intermediäre:** Sind als Intermediär zwischen mindestens zwei Akteursgruppen zu verstehen, die als Schlüsselressource eine IoT-Plattform nutzen. Ihr Nutzenversprechen besteht darin Transaktionen zwischen Akteuren zu vereinfachen und Services auf Basis von Produktdaten zu vertreiben oder zu vermitteln.

Bei den technischen Plattformen werden unterschieden:

- IoT-Plattformen: Vereinen Hard- und Softwaretechnologien, um Geräte und Sensoren zu vernetzen, Informationen zu erfassen, zu verarbeiten um darauf datenbasierte oder smarte Dienstleistungen zu realisieren. IoT-Plattformen schaffen lediglich die technische Grundlage für die Realisierung von intelligenten Mehrwertdiensten und Services.
- Smarte IoT-Plattformen: Vereinen Hard- und Softwaretechnologien, um Geräte und Sensoren zu vernetzen, Informationen zu erfassen, zu verarbeiten um darauf datenbasierte oder smarte Dienstleistungen zu realisieren. Smarte IoT-Plattformen bieten selbst bereits neben der Plattform diese Dienstleistungen an.

## 4 Entwicklung einer Use-Case Strategie

Eine Use-Case Strategie schafft einen greifbaren Handlungsrahmen, verringert die Komplexität und erleichtert eine praxisnahe Anwendung. Für WAGO konnten die drei Use-Cases „E-Commerce“, „Digitale Services“ und „IoT-Plattformen“ herausgearbeitet werden. Mittels Szenariotechnik wurden im Forschungsteam Einfluss- und Schlüsselfaktoren ermittelt, auf deren Basis zwei Umfeldszenarien für WAGO identifiziert wurden. Diese repräsentieren mögliche zukünftige Entwicklungen für das Unternehmen und bilden die Grundlage für die Entwicklung der Strategie, um einen erfolgreichen Eintritt in die Plattformökonomie zu ermöglichen [DGV+19, S. 19]. Zum einen handelt es sich dabei um das Szenario "Wettbewerber dominieren das Plattformgeschäft". In diesem Szenario werden vom Kunden günstige Standard-Leistungen favorisiert, die sie mit Hilfe einer leicht zu bedienenden und intuitiv gestalteten Plattform schnell finden können. Etablierte Unternehmen haben mit dem Aufbau oder Beitritt digitaler Plattformen zu lange gezögert, sodass branchenfremde Unternehmen mithilfe eigener Plattforminitiativen wichtige Marktanteile erobern konnten [DGV+19, S. 18]. Zum anderen wurde das Szenario "Wir sind mit dem Betrieb einer eigenen Plattform erfolgreich" definiert. In diesem Umfeldszenario schaffen es Plattformen, eine hohe Kundenfokussierung zu erreichen. Unternehmen entwickeln erfolgreiche eigene digitale Plattformen, die einen Wettbewerbsvorteil schaffen. Insgesamt wurde das Potential der Plattformökonomie im B2B Bereich erkannt und der Aufbau digitaler Plattformen wird mit hoher Innovationskraft vorangetrieben. Der Markt wird unter wenigen etablierten Playern aufgeteilt [DGV+19, S. 18f.], [WVB21, S. 22f.].

Aus jeder Kombination von Use-Case und den jeweils identifizierten Umfeldszenarien wurden strategische Optionen (SO) abgeleitet, die in Bild 4 dargestellt sind. Diese Optionen stellen den Rahmen für die Umsetzung operativer Projekte rund um den Einstieg in die Plattformökonomie dar.

|   | Commerce  | Digitale Services   | IoT-Plattformen & Smart Services    |
|---|---|---|-------------------------------------|
| Umfeldszenario:<br>Wir sind mit dem Betrieb einer eigenen Plattform erfolgreich | <b>SO „Plattform Shift“</b><br><b>Einstiegsebene Teilnehmer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Wir haben die für uns relevanten digitalen Plattformen identifiziert</li> <li>› Wir sind auf den wichtigsten E-Commerce Plattformen vertreten</li> <li>› Durch offene, einfach zu integrierende Schnittstellen und einheitliche Datenformate können wir uns mit wenig Aufwand an andere digitale Plattformen andocken</li> </ul> | <b>SO „Digital Expansion“</b><br><b>Einstiegsebene Platform Owner</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Entwicklung eigener Ökosysteme i.S.v. digitalen Plattformen</li> <li>› Nutzung bestehender (technischer) Services aus der Public Cloud (PaaS, IaaS)</li> <li>› Etablierung eigener Basis-Services und Vertriebskanäle</li> <li>› Maximale Besetzung von Kontrollpunkten im Ökosystem</li> </ul>  | <b>SO „IoT Industry Leadership“</b> |
| Umfeldszenario:<br>Wettbewerber dominieren das Plattformgeschäft                |   | <b>SO „Digital Coopetition“</b><br><b>Einstiegsebene Service Producer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Entwicklung kleinteiliger, anwendungsfallbezogener Apps / Dienste in bestehenden Ökosystemen (i.d.R. Industry Platforms)</li> <li>› Nutzung bestehender Plattform-Services (Payment, User Management, Security, Marketplaces, ...), Fokus auf App / Service Entwicklung</li> <li>› Besetzung von einzelnen Kontrollpunkten i.d.R. direkt an der Kundenschnittstelle</li> </ul> | <b>SO „IoT Coopetition“</b>         |

Bild 4: Use-Case spezifische Plattformstrategien (eigene Darstellung)

Die drei erarbeiteten Plattformstrategien für WAGO werden nachfolgend beschrieben, wobei der Detaillierungsgrad aus vertraglichen Gründen begrenzt ist.

### Einstiegsebene Teilnehmer

Es sollen für das Unternehmen relevante digitale Plattformen im E-Commerce Umfeld identifiziert und priorisiert werden. Aufbauend darauf werden die relevanten E-Commerce Plattformen sukzessiv folgend der Priorisierung mit Produktinformationen bespielt und die organisatorischen Rahmenbedingungen für ein erfolgreiches Plattform Management geschaffen. Dazu soll das entwickelte Rollenmodell, dass im Kapitel „Operativer Betrieb und Rahmenbedingungen“ vorgestellt wird, genutzt werden. Durch offene, einfach zu integrierende Schnittstellen und einheitliche Datenformate soll es ermöglicht werden mit wenig Aufwand andere digitale Plattformen zu bespielen, um eine maximale Skalierung und Besetzung von Kundeninteraktionspunkten sicherzustellen.

### Einstiegsebene Platform Owner

Es soll verstärkt mit eigenen Plattforminitiativen experimentiert und gelernt werden. Dabei sollen eigene Ökosysteme und Communities durch den Aufbau digitaler Plattformen aufgebaut werden, um die Potentiale der Plattformökonomie für WAGO bestmöglich zu nutzen. Zur technischen Realisierung sollen bestehende (technische) Services aus der Public Cloud (PaaS, IaaS) genutzt werden, um eine schnelle und unkomplizierte Skalierung der Plattforminitiativen zu ermöglichen. Auf der Plattform sollen eigene Basis-Services und Vertriebskanäle etabliert werden, die neue Kundeninteraktionen ermöglichen. Außerdem soll der Fokus darauf gelegt werden eine maximale Besetzung von Kontrollpunkten im selbst entwickelten Ökosystem zu erreichen.

### Einstiegsebene Service Producer

Hier liegt der Fokus nicht auf der Eigenentwicklung einer digitalen Plattform, sondern auf dem Fokus der Entwicklung kleinteiliger und anwendungsfallbezogener Apps und Services, die auf bereits bestehenden Ökosysteme (i.d.R. Industry Platforms) angeboten werden. Hierbei können

bereits bestehende Plattform-Services genutzt werden und müssen nicht selbst aufgebaut werden (Payment, User Management, Security, Marketplaces, ...). In diesem Fall können nur einzelne Kontrollpunkte i.d.R. direkt an der Kundenschnittstelle besetzt werden.

## 5 Umsetzung der Strategie

### Entscheidungsfindung

Als Hersteller von elektrischer Verbindungs- und Automatisierungstechnik besitzt WAGO ein breites Produktspektrum, mit dem die unterschiedlichen Kundenanforderungen bestmöglich erfüllt werden können. Der Spezialisierungsgrad unterschiedlicher Anwendungen nimmt dabei stetig zu und Standard Katalogartikel finden häufig nur nach einem entsprechenden Anpassungsaufwand ihren Platz in der Kundenapplikation. Kunden sind gerade in der frühen Phase der Customer Journey noch unentschlossen, welche Marktleistung ihren Bedarf am besten decken kann. Dadurch werden teilweise Lösungen ausgeschlossen, obwohl ggf. nur ein kleines Detail angepasst werden müsste um den Kundenwunsch zu erfüllen. Um dieses Problem zu lösen ist es wichtig den Kunden zu inspirieren, damit er sich selbst in die Lage versetzen kann die optimale Lösung zu erkennen und auszuwählen. Als Inspirationsquelle können kundenindividuelle Lösungen dienen, die bereits im Einsatz sind. Diese Lösungsideen können mit anderen Kunden geteilt werden. Zum Austausch bietet sich eine digitale Plattform an, auf der diese Ideen von aktiven Nutzern mit der Community geteilt werden können. Im Zusammenspiel mit additiven Fertigungsverfahren können so Kundenideen in sehr kurzer Zeit realisiert werden [WVB21, S. 23].

Aus diesen Gründen hatte sich WAGO für die Konkretisierung der strategischen Option „Einstiegsebene Platform Owner“ und für die Entwicklung einer eigenen digitalen Plattform mit dem Namen „WAGO Creators“ entschieden. Neben der Ausschöpfung der Potentiale der Plattformökonomie bestand das Ziel für WAGO darin, eine maximale Besetzung der Kontrollpunkte in einem selbst entwickelten Business-Ökosystem zu erreichen.

### Entwicklung des Geschäftsmodells

Die Ausgestaltung des Geschäftsmodells der digitalen Plattform „WAGO Creators“ erfolgte in mehreren Stufen, wobei zunächst die Use-Case Identifikation im Fokus stand, auf dessen Basis das Geschäftsmodell erarbeitet wurde. Im gesamten Prozess wurden immer wieder Zwischenergebnisse mittels Kundenfeedback validiert zu welchem Zweck unter anderem ein „Click Dummy“ zum Einsatz kam. Mithilfe des Feedbacks konnten schnell Modifikationen des Geschäftsmodells vorgenommen werden.

WAGO nimmt in diesem Geschäftsmodell die Rolle des Intermediärs zwischen den drei Akteursgruppen Designer, User und 3D-Druck Dienstleister ein. Eingehende Bestellungen werden direkt an einen integrierten 3D-Druck Partner weitergeleitet, der die Realisierung mittels 3D-Druck Verfahren übernimmt. Somit handelt es sich laut der in den vorigen Kapiteln vorgestellten Ergebnisse um eine Intermediärsplattform. Die Wirkmechanismen des Geschäftsmodells werden in Bild 5 dargestellt [WVB21, S. 24].





Bild 5: Geschäftsmodell WAGO Creators (eigene Darstellung)

### Realisierungsphase

In der Realisierungsphase des Projekts wurde für die Zusammenarbeit mit einer Digitalagentur auf Methoden des agilen Projektmanagement zurückgegriffen und das Projekt in jeweils zweiwöchige Sprintphasen unterteilt. Dieses Vorgehen sicherte eine hohe Flexibilität und Anpassungsmöglichkeiten während des Projektverlaufs, wie es typischerweise in Softwareentwicklungsprojekten vorkommt. Statt einer ausführlichen Vorab-Planung, wie z.B. in klassischen Hardware Entwicklungsprojekten, wurde bei der Entwicklung der digitalen Plattform iterativ vorgegangen. Zur Umsetzung wurde kontinuierlich ein Backlog<sup>1</sup> an Anforderungen gefüllt und priorisiert. Nach zwei Wochen wurde jeweils der aktuelle Entwicklungsstand überprüft und ggf. Backlog Inhalte neu abgeschätzt und priorisiert. Das Projekt-Team organisierte sich auf dieser Basis zum Großteil selbst.

### Technische Realisierung

Zur technischen Realisierung wurden in diesem Beispiel bestehende Services eines Public Cloud Providers genutzt, die eine unkomplizierte Skalierung der Plattform ermöglichen. Durch die Plattform werden gänzlich neue Kundeninteraktionen ermöglicht, der Aufbau einer Community angestrebt sowie die Kundenschnittstelle direkt besetzt.

### Software Architektur

Zur Entwicklung der Web Applikation „WAGO Creators“ wurde nach einer unternehmensinternen Bewertung durch die Corporate IT und das Data Protection & Information Security Office aus strategischer Sicht der Lösungsraum eines Public Cloud Providers (Hyperscaler) ausgewählt. Hier wurden aus Projektsicht viele Vorteile gebündelt. Ein großer Vorteil der Entwicklung in der Cloud Umgebung ist die schnelle Bereitstellung der IT-Infrastruktur ohne initiale Kosten (Upfront Cost). Außerdem kann eine Konformität mit der Enterprise Cloud Strategie und den Policies (Sicherheit, Datenschutz, Enterprise Architecture, ...) des Unternehmens

<sup>1</sup> Liste von Aufgaben bzw. Anforderungen, die abgearbeitet bzw. realisiert werden sollen (<https://t2informatik.de/wissen-kompakt/backlog/>)

sichergestellt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Web-Applikation bei Bedarf unkompliziert skalierfähig ist (Auto-Scaling). Dadurch kann unmittelbar auf höhere Lasten – verursacht durch Zugriffe und Interaktionen auf der Plattform – reagiert und somit eine stabile Performance gewährleistet werden.

Zu Beginn der Entwicklung der „WAGO Creators“ Plattform konnten, wie es in Softwareentwicklungsprojekten häufig der Fall ist, nicht alle Anforderungen und Spezifikationen (Funktionsumfang, technische Anforderungen etc.) im Sinne eines Lasten-/ Pflichtenhefts definiert werden. Vielmehr ging es in diesem Projekt zum Aufbau von „WAGO Creators“ darum, mit einem agilen Vorgehensmodell (Scrum<sup>2</sup>) auf ein gemeinsames Ziel hinzuarbeiten und dabei eine optimale Time-to-Market für das so genannte Minimum Viable Product<sup>3</sup> zu erreichen. An dieser Stelle spielt die Public Cloud bereits ihre Stärken aus. Sie ermöglicht die schnelle Bereitstellung von Diensten zur Entwicklung von Web-Apps ohne initiale Bereitstellungs-kosten. Zu Beginn war das „Sizing“ der Infrastruktur unklar, so dass die Infrastruktur möglichst klein starten und nur bei Bedarf skaliert werden sollte (Kosten vs. Performance). Der Softwareentwicklungsprozess erfolgt durch die Verwendung Cloud-basierter Technologien und Methoden potentiell mit höherer Geschwindigkeit. Wie sich im Laufe des Projekts herausstellte, können die Annahmen im Großen und Ganzen bestätigt werden und die Nutzung der Public Cloud zahlt sich bereits aus.

Zur Entwicklung einer Web-Applikation bieten die Public Cloud Provider eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten – je nach Anforderung werden dabei verschiedene Cloud- Dienste miteinander kombiniert. Im Fall von „WAGO Creators“ können die Anforderungen optimal durch die Ebene der PaaS-Dienste abgedeckt werden. Diese standardisierten Dienste werden vom Public Cloud Providers bereitgestellt und erlauben eine weitreichende Konfiguration entsprechend der jeweiligen Anforderungen. Der gewählte Aufbau der Web-Applikation ermöglicht es den Softwareentwicklern, die Anwendung auf verschiedene Komponenten aufzuteilen. So ist das Backend, also die wesentliche Anwendungslogik (hier ein „Headless Content Management System, CMS“) unabhängig vom Frontend, welches lediglich dafür verantwortlich ist, eine grafische Oberfläche im Browser zu erzeugen und die Benutzerinteraktion abzubilden. Ein Vorteil ist dabei, dass bspw. ein Update des CMS unabhängig von Änderungen am Frontend erfolgen kann – oder umgekehrt.

## 6 Anwendungsbeschreibung WAGO Creators

Aktive Nutzer der Open Innovation Plattform „WAGO Creators“ werden als Creator bezeichnet. Auf dieser Plattform können Produktideen mittels STL-Formats<sup>4</sup> veröffentlicht und mit der

---

<sup>2</sup> Scrum ist ein Framework für die Entwicklung und Instandhaltung komplexer Produkte und definiert Events, Verantwortlichkeiten und Artefakte. (<https://t2informatik.de/?s=Scrum>)

<sup>3</sup> Das Minimum Viable Product ist die erste Version eines Produkts, die frühzeitiges Feedback ermöglicht und Risiken bei der Entwicklung minimiert. (<https://t2informatik.de/?s=Minimum+Viable+Product%29+>)

<sup>4</sup> STL-Format: Schnittstelle, die Netzkoordinaten dreidimensionaler Datenmodelle für die Fertigung mittels additiver Fertigungsverfahren/3D-Druck bereitstellt (Wikipedia)

Community geteilt werden. Diese stehen den anderen Nutzern der Plattform zur Verfügung und können kostenfrei heruntergeladen und über den eigenen 3D Drucker ausgedruckt werden. Wenn die Nutzer der Plattform keinen eigenen 3D Drucker besitzen, können die Designs zusätzlich über den integrierten 3D Druck Service bestellt werden. Dadurch können Designs von anderen Nutzern physisch mittels modernster Fertigungsverfahren realisiert und dann getestet werden. Die Designrechte verbleiben nach Veröffentlichung der Produktidee bei dem jeweiligen Creator. Veröffentlichte Designs können von anderen Nutzern weiterentwickelt und angepasst werden, um Designs in der Community immer weiter zu optimieren.

Um den Austausch zwischen den Nutzern der Plattform zu fördern, gibt es auf jeder Produktseite Community Features wie z.B. eine Kommentar- oder Likefunktion. Im Kommentarbereich können Diskussionen zum jeweiligen Design geführt werden oder auch Verbesserungsvorschläge geäußert werden. Wie aus dem Bild 6 hervorgeht, wurden bereits einige Produktideen auf der Plattform geteilt, die neue Impulse für die klassische Produktentwicklung liefern und das vorhandene Potential der entwickelten Open Innovation Plattform aufzeigen [WVB21, S. 24].

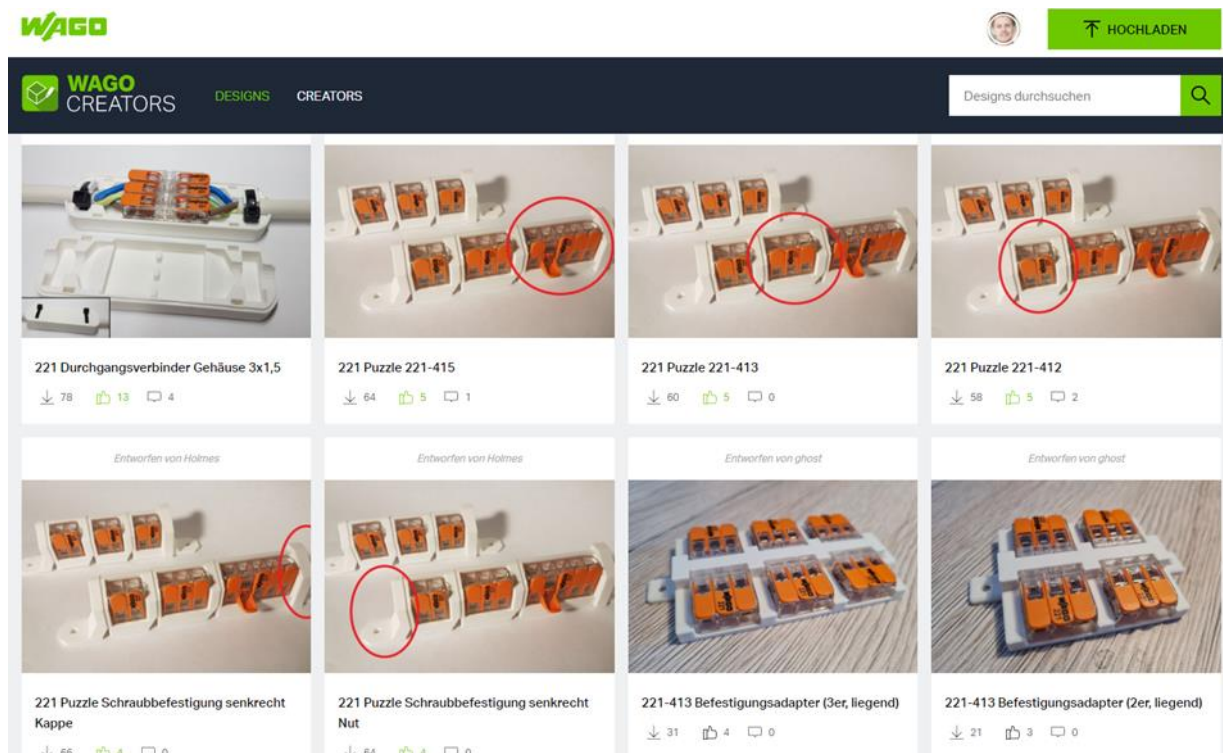


Bild 6: Übersichtsdarstellung WAGO-Creators [Wag21-ol]

## 7 Operativer Betrieb und Rahmenbedingungen

Die organisatorischen Rahmenbedingungen für den operativen Betrieb der Open Innovation Plattform „WAGO Creators“ wurde mittels einer Kompetenzanalyse ermittelt und daraus ein Rollenmodell entwickelt. Dieses beschreibt, welche personellen Ressourcen benötigt werden, um den erfolgreichen Betrieb digitaler Plattformen zu ermöglichen. Ein Auszug aus dem entwickelten Rollenmodell wird exemplarisch in Bild 7 dargestellt.

| Rolle                             | Beschreibung   |
|-----------------------------------|--|
| Sponsor                           | Der <i>Sponsor</i> ist Geldgeber, Schirmherr und Interessensvertreter der Plattforminitiative. Sponsoren sind üblicherweise dem C-Level zuzuordnen.  |
| Project Manager                   | Der <i>Project Manager</i> treibt die Initiative von Beginn an und steuert diese in der Ideation Phase als Projekt. Im weiteren Lebenszyklus übergibt der Project Manager die Verantwortung an den <i>Platform Owner</i> .                                 |
| Platform Owner / Platform Manager | Der <i>Platform Owner / Manager</i> ist für den geschäftlichen Erfolg der Plattform verantwortlich. Er ist Umsetzungsreiber, richtet die Plattform strategisch aus und hält alle Fäden in der Hand (Business Development, Roadmap).                        |
| Sparringspartner Kernorganisation | Der <i>Sparringspartner Kernorganisation</i> ist der Counterpart des <i>Platform Owners</i> und ist verantwortlich für die Einbettung der Plattforminitiative in die Kernorganisation sowie für die Ausrichtung am klassischen Produkt-/Service-Portfolio. |
| Tech / Dev Team                   | Das <i>Tech / Dev Team</i> ist verantwortlich für die technische Umsetzung und den technischen Betrieb der Plattform im Hinblick auf Technologieauswahl, Architektur, Sicherheit, etc.   |

Bild 7: Rollen für den erfolgreichen Betrieb digitaler Plattformen (eigene Darstellung)

Neben personellen Ressourcen mussten auch die technologischen Rahmenbedingungen definiert werden. In Form einer Guideline sollen sie für die zukünftige Entwicklung digitaler Plattformen verwendet werden. Digitale Plattformen können auf Basis unterschiedlichster Technologien realisiert werden, die je nach Plattfortmtyp und Szenario spezifisch ausgewählt werden sollten. Dabei kommt es weniger darauf an, welche konkrete Technologie für eine Implementierung genutzt wird, als dass der Aufbau digitaler Plattformen gemeinsamen Design Prinzipien folgt. Die drei im Projektverlauf erarbeiteten Prinzipien werden in dem folgenden Bild 8 exemplarisch dargestellt.

| Cloud Native   | API-first   | Loosely Coupled  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Anwendungen werden als verteilte Services nach Methodologien wie „The Twelve-Factor App“ implementiert</li> <li>› Containertechnologien bilden die technische Grundlage für verteilte Services</li> <li>› Anwendungen bzw. Microservices werden auf (Public) Cloud Infrastrukturen bereitgestellt (IaaS, PaaS)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Business Capabilities bzw. einzelne Komponenten werden mit einer API-first Strategie entwickelt</li> <li>› Komponenten werden daher – wo sinnvoll – mit einer standardisierten Schnittstelle implementiert, so dass deren Funktionen und Inhalte übergreifend und durch Drittsysteme nutzbar sind (e.g. REST, SOAP)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Komponenten werden möglichst ohne technische Abhängigkeiten zu anderen Komponenten implementiert um eine hohe Autonomie zu erreichen</li> <li>› Komponenten nutzen Funktionen anderer Komponenten über definierte Schnittstellen</li> <li>› Systeme der Kernorganisation und Plattformen müssen über eine abstrahierende Schicht lose koppelbar sein</li> </ul> |

Bild 8: Technische Design Prinzipien (eigene Darstellung)

## 8 Fazit

Zusammenfassend wurde im vorgestellten Forschungsprojekt „Digital Business“ eine Rahmenstrategie für den Einstieg in die Plattformökonomie erarbeitet. Dadurch konnte eine einheitliche Stoßrichtung in Bezug auf die Entwicklung digitaler Plattformen für das Unternehmen

festgelegt werden. Durch eine einheitliche Begriffsdefinition und Klassifizierung in Plattfortm-typen konnte außerdem die Komplexität reduziert und eine erhöhte Sensibilisierung und Akzeptanz für das Thema digitale Plattfortmen im Unternehmen WAGO geschaffen werden. Darüber hinaus wurden die notwendigen organisatorischen Rahmenbedingungen für den zukünftigen Aufbau eigener Plattfortmininitiativen bei WAGO geschaffen. Hierzu zählen die Entwicklung technologischer Rahmenbedingungen sowie die Rollendefinition hinsichtlich benötigter personeller Ressourcen. Die Umsetzung der Use-Case Strategie Option „Einstiegsebene Plattfortm Owner“ führte zur Entwicklung des Geschäftsmodells der Open Innovation Plattfortm „WAGO Creators“. Aktuell sind weitere Plattfortmininitiativen geplant, die sich an der erarbeiteten Plattfortmstrategie orientieren und WAGO einen erfolgreichen Einstieg in die Plattfortmökonomie sicherstellen sollen.

## Literatur

- [Bdi18-ol] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V.: Digitale B2B-Plattfortmen „Made in Germany“. Unter: <https://bdi.eu/artikel/news/digitale-b2b-plattfortmen-made-in-germany-keine-monopolbildung-in-sicht/>. 2021.
- [Bis17] BISCHOFF, J.: Digitale Plattfortmen - die Marktplätze von heute. Chefbüro, 6-10. 2017.
- [Bmw17] BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE: Weissbuch digitale Plattfortmen. Hirschen Group GmbH Berlin. 2017.
- [CGT+17] CHATELAIN, J.-L.; GATEHOUSE, W.; RUNG, T.; UTZSCHNEIDER, P.: IoT Plattfortms. The engines for agile innovation at scale. Accenture. 2017.
- [DG18] DREWEL, M. GAUSEMEIER, J.: Digital B2B-Plattfortms and how to find the right one. 13th European Conference on Innovation and Entrepreneurship. 2018.
- [DGV+19] DREWEL, M.; GAUSEMEIER, J.; VASSHOLZ, M.; HOMBURG, N.: Einstieg in die Plattfortmökonomie. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. 2019.
- [DW18] DUMITRESCU, R.; WORTMANN, F.: Die Märkte von morgen handeln Daten. Warum sich der Mittelstand positionieren sollte. RKW Magazin. Ausgabe 3. 2018.
- [EG16] EVANS, P. C.; GAWER, A.: The Rise of the Plattfortm Enterprise. A global Survey. 2016.
- [EWW17] ENGELHARDT, S.; WANGLER, L.; WISCHMANN, S.: Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattfortmen. Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0. März 2017.
- [Fra21-ol] FRAUNHOFER IEM.: Potenziale digitaler Plattfortmen für Unternehmen. Forschungsprojekt Digi-Bus. Unter: <https://www.iem.fraunhofer.de/de/referenzen/forschungsprojekte/digibus-digitale-plattfortmen-unternehmen.html>. 2021.
- [GFC17] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. Carl Hanser Verlag, München. 2017.
- [HFR18] HERDA, N.; FRIEDRICH, K.; RUF, S.: Plattfortmökonomie als Game-Changer – Wie digitale Plattfortmen unsere Wirtschaft verändern: Eine strategische Analyse der Plattfortmökonomie. Strategie Journal, Heft 03-18, 2018.
- [Jae17] JAEKEL, M.: Die Macht der digitalen Plattfortmen. Springer Verlag. 2017.
- [KSS+17] KRAUSE, T.; STRAUSS, O.; GABRIELE, S.; KETT, H.; LEHMANN, K. RENNER, T.: IT-Plattfortmen für das Internet der Dinge (IoT). Fraunhofer Verlag. 2017.
- [OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2010.
- [Sie21-ol] SIEMENS MINDSPHERE. MindSphere - Connecting the things that run the world. Unter: <https://siemens.mindsphere.io/en>. 2021.

- [Sys21-ol] SYSTEMICALTERNATIVES.: Part 2: The Digital Platform Economy and Who Owns It. Unter: <https://systemicalternatives.org/2021/02/03/part-2-the-digital-platform-economy-and-who-owns-it/amp/>. 2021.
- [Wag21-ol] WAGO CREATORS.: Deine Ideenschmiede. Unter: <https://wago-creators.com/>. 2021.
- [WEK+19] WORTMANN, F; ELLERMANN, K.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Typisierung und Strukturierung digitaler Plattformen im Kontext Business-to-Business. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. 2019.
- [WSK18] WIESCHE, M., SAUER, P., KRIMMLING, J., KRCCMAR, H.: Management digitaler Plattformen. Springer Verlag. 2018.
- [Wuc21-ol] WUCATO. Wucato - Ihre Plattform für digitale Beschaffung. Unter: <https://www.wucato.de/>.
- [WVB21] WIRTH, R.; VASSHOLZ, M.; BINNER, L.: IHK-Dialog INNOVATIV 2021 - „Auf dem Weg zur Plattformökonomie“. GEWIMAR Consulting Group GmbH. 2021.

## Autoren

**Lars Binner** ist seit dem Jahr 2011 bei der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG in Minden tätig. Nach erfolgreichem Abschluss seines Masterstudiums im Bereich Wirtschaftsingenieurwesen (MBA & Eng) ist er seit April 2019 im Digital Transformation Office beschäftigt. Hier betreut Herr Binner schwerpunktmäßig das Thema der digitalen Geschäftsmodellentwicklung für die WAGO Organisation. Ein Kern seiner Tätigkeit stellt vor allem die Ideenfindung und Konzeption digitaler Geschäftsmodelle dar. Außerdem übernimmt Herr Binner Themenverantwortung rund um das Thema der digitalen Transformation im Unternehmen und ist für den Aufbau des Bereichs Mobile Services verantwortlich.

**Sebastian Heemeier** ist seit dem Jahr 2010 bei der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG in Minden tätig. Nach dem praxisintegrierten Bachelorstudium Wirtschaftsingenieurwesen ist er seit 2014 im Produktmanagement der Business Unit Interconnection in unterschiedlichen Positionen tätig. Nach seinem berufsbegleitendes Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen (MBA & Eng) hat sich Hr. Heemeier vermehrt mit den Themen Marktleistungen und Digitalisierung auseinandergesetzt. Hr. Heemeier verantwortet als Teamleiter Produktmanagement das Produktportfolio für die Gebäudeinstallation.

**Dr.-Ing. Maren Vaßholz** hat seit 2014 bei der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG in unterschiedlichen Rollen die Themen Unternehmensstrategie und Digitale Transformation aufgebaut und verankert. Sie leitet seit September 2018 den Bereich Corporate Strategy und Digital Transformation Office. Mit ihrem Team schafft sie u.a. die Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Umsetzung neuer Geschäftsmodelle. Sie promovierte 2015 zum Thema „Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme“ an der Universität Paderborn. Nach Abschluss Ihres Studiums des Wirtschaftsingenieurwesens mit Fachrichtung Maschinenbau arbeitete sie von 2010 bis 2014 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Strategische Produktplanung und Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut bei Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier.

**Ann-Christin Rachuba** ist seit 2016 als Geschäftsfeldleiterin verantwortlich für den Erfolg der Gebäudeinstallation von WAGO. Neben qualitativ hochwertigen, innovativen Produkten gilt es mittlerweile verstärkt kunden- und anwendungsorientiert gestaltete ganzheitliche Markt-

leistungen anzubieten. Über die Kombination von Produkten mit cleveren Services und Dienstleistungen entsteht sowohl das notwendige Differenzierungspotential als auch Mehrwert für den Kunden. Zu Beginn des Jahres 2021 wurde deshalb in der Business Unit Interconnection der Teilbereich Digitalization unter der Leitung von Ann-Christin Rachuba neu geschaffen. Das Team fokussiert sich auf die Entwicklung neuer Marktleistungen, insbesondere solcher mit explorativem Charakter.

**Nils Homburg** leitet seit 2020 als Head of New Digital Platform eine neue Einheit in der Corporate IT der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, die sich mit dem Aufbau einer unternehmensweiten IT-Plattform zur Realisierung digitaler Geschäftsmodelle und -prozesse beschäftigt. Von 2018 bis 2020 hat er sich in der Rolle Senior Digital Transformation Manager bei der WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG in einer Vielzahl von Digital-Initiativen und Transformationsprojekten des Unternehmens engagiert. Zuvor arbeitete Nils Homburg von 2012 bis 2018 in unterschiedlichen Rollen für die Corporate IT der Jungheinrich AG (Hamburg), zuletzt als Leiter des Application Competence Center im Bereich Digital Services.

## **Session V**





# **Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilentwicklung**

**Alexander Kubin, M.Sc.**

**Marc Etri, M.Sc.**

**Katharina Duehr, M.Sc.**

**Dr.-Ing. Simon Rapp**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers**

*IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

*Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe*

*Tel. +49 (0) 721 / 60 84 -23 71 / -77 25 / -39 53 / -71 85 / -23 71*

*Fax. +49 (0) 721 / 60 84 60 51*

*E-Mail: alexander.kubin@partner.kit.edu,*

*{marc.etri/katharina.duehr/simon.rapp/albert.albers}@kit.edu*

**Alexej Eckhardt, B.Sc.**

**Daniela Kattwinkel, M.Sc., M.Sc.**

**Prof. Dr.-Ing. Beate Bender**

*LPE – Lehrstuhl für Produktentwicklung, Ruhr-Universität Bochum (RUB)*

*Universitätsstraße 150, 44801 Bochum*

*Tel. +49 (0) 234 / 322 -41 33 / -26 36*

*Fax. +49 (0) 234 / 32 14 159*

*E-Mail: alexej.eckhardt@rub.de, {kattwinkel/bender}@lpe.ruhr-uni-bochum.de*

## **Zusammenfassung**

Steigende Anforderungen von Kunden, Anwendern und Anbietern an die Individualisierung von Produkten und neue Technologien führen zu einer zunehmend komplexeren Produktentwicklung in der Automobilindustrie.

Um auf den Markt reagieren zu können ist die durchgängige Orientierung an den Stakeholder-Wünschen, den Bedarfen, essenziell. Durch eine nachvollziehbare Definition der Anforderungen anhand der Bedarfe kann dabei dem Risiko begegnet werden, an den Bedarfen vorbei zu entwickeln. Zur interdisziplinären Umsetzung dieser Durchgängigkeit im oben genannten Umfeld eignet sich SE – Systems Engineering. Im SE fehlt es jedoch an automobilspezifischen Vorgehensweisen zur nachvollziehbaren Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen. Aus diesem Grund bedarf es einer methodischen Unterstützung, die insbesondere vor dem Leitbild des Advanced Systems Engineerings umgesetzt werden muss.

Das Ziel dieses Beitrages ist daher die Analyse von Herausforderungen bei der SE-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen und eine darauf aufbauende Identifikation

von Erfolgskriterien für die Umsetzung einer methodischen Unterstützung. Zu diesem Zweck werden durch eine teilnehmende Beobachtung im Anforderungsmanagement eines Automobilherstellers sowie durch Experteninterviews die Herausforderungen abgeleitet. Um diese zukünftig adressieren zu können, werden anschließend mittels einer Delphi-Studie Erfolgskriterien für die methodische Unterstützung identifiziert und in ihrer Relevanz durch Experten eines Automobilherstellers bewertet.

Zusammenfassend zeigt sich, dass eine solche Methodik das SE-basierte Bedarfs- und Anforderungsverständnis generationsübergreifend modellieren und konkrete Vorgehensweisen für das Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen beschreiben muss. Gleichzeitig muss die Wiederverwendung von bestehenden Anforderungen über die Entwicklung mehrerer Produktgenerationen auf Grundlage des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung ermöglicht werden.

### **Schlüsselworte**

Systems Engineering, Advanced Systems Engineering, PGE – Produktgenerationsentwicklung, Bedarfe, Anforderungen, Herausforderungen, Erfolgskriterien, Delphi-Studie, Automobilentwicklung

# **Challenges in Systems Engineering-based Definition of Requirements based on Stakeholder Needs in Automotive Development**

## **Abstract**

Increasing requirements of customers, users and providers for more individual products and new technologies are leading to increasingly complex engineering in the automotive industry.

In order to be able to react to the market, it is essential to be continuously oriented towards the stakeholder needs. A comprehensible definition of the requirements based on the stakeholder needs can counteract the risk of not developing in line with the stakeholder needs. SE – Systems Engineering is suitable for the interdisciplinary implementation of this continuous orientation in the above-mentioned environment. However, SE lacks automotive-specific approaches for the comprehensible definition of requirements based on stakeholder needs. For this reason, methodological support is required, which must be implemented in particular in accordance with the guiding principle of Advanced Systems Engineering.

Therefore, the goal of this contribution is to analyze the challenges in the SE-based definition of requirements based on stakeholder needs and, building on this, to identify success criteria for the implementation of methodological support. For this purpose, the first step is to derive the challenges through participatory observation in the requirements management of an automotive manufacturer as well as expert interviews. In order to be able to address these challenges in the future, the second step is to use a Delphi study to identify success criteria for methodological support and to evaluate their relevance by experts from an automotive manufacturer.

In summary, it can be seen that such a methodology must model the SE-based understanding of stakeholder needs and requirements in across product generations and describe specific approaches for the interplay of stakeholder needs and requirements. At the same time, the reuse of existing requirements must be enabled over the development of multiple product generations based on the PGE – Product Generation Engineering model.

## **Keywords**

Systems Engineering, Advanced Systems Engineering, PGE – Product Generation Engineering, Stakeholder Needs, Requirements, Challenges, Success Criteria, Delphi Study, Automotive Development



## 1 Motivation

Megatrends wie Digitalisierung, Globalisierung und Nachhaltigkeit eröffnen erhebliche Erfolgspotentiale im zukünftigen Engineering [DAR+21]. Die Automobilindustrie stellt hierbei keine Ausnahme dar, insbesondere durch die Berücksichtigung der zunehmenden Wünsche von Kunden, Anwendern und Anbietern, u.a. an individuelle, autonome und elektrifizierte Fahrzeuge, können neue Wachstumsmärkte erschlossen werden [KTW+17].

Die Definition eines *Produktprofils*, welches die Bedarfssituation beschreibt, sowie die durchgängige Orientierung an den Stakeholder-Wünschen, den *Bedarfen*, wird somit zum zentralen Erfolgsfaktor. Dabei ist eine nachvollziehbare Definition der technischen *Anforderungen* anhand der Bedarfe essenziell. So wird eine Begründung der Anforderungen realisiert, wodurch dem Risiko begegnet wird, an den Bedarfen vorbei zu entwickeln [Rup14]. Gleichzeitig muss aufgrund der steigenden Komplexität der Marktleistungen der Einsatz neuer Schlüsseltechnologien sowie die Eingliederung der Produkte in das Mobilitätsökosystem im Sinne eines *System of Systems* betrachtet werden. Die Fahrzeuge avancieren infolgedessen zu *Advanced Systems*, deren Entwicklung mit einer erhöhten Komplexität verbunden ist [DAR+21].

Um diese Komplexität zu adressieren, müssen Methoden des *Systems Engineerings* zur Umsetzung einer durchgängigen Bedarfsorientierung genutzt werden [DAR+21]. Gleichzeitig müssen weitere Potentiale in der zukünftigen Produktentwicklung durch die Verknüpfung von Systems Engineering mit Ansätzen des *Advanced Engineerings* ausgeschöpft werden [DAR+21].

Aus diesem Grund ist zu untersuchen, welche Herausforderungen sich bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilentwicklung ergeben. Darauf aufbauend müssen Erfolgskriterien identifiziert werden, die bei der Umsetzung einer methodischen Unterstützung gemäß dem Leitbild des *Advanced Systems Engineerings* zu beachten sind.

## 2 Stand der Forschung

### 2.1 PGE – Produktgenerationsentwicklung

Das *Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung* nach ALBERS stellt ein grundlegendes Beschreibungsmodell zur Entwicklung neuer Produkte dar und zielt darauf ab, jede Form der Produktentwicklung zu beschreiben. So ermöglicht das Modell, gezielt Herausforderungen der Produktentwicklung durch methodische Unterstützung zu adressieren. Dem Modell der PGE liegen dabei zwei grundlegende Annahmen zugrunde [ABW15].

Die erste Annahme ist, dass die Entwicklung neuer Produkte immer auf einem *Referenzsystem* basiert, welches große Bereiche der grundsätzlichen Gestalt und Struktur vorgibt. Das Referenzsystem setzt sich aus Referenzen (bspw. Vorgängergenerationen oder Wettbewerbsprodukte) zusammen und berücksichtigt dabei insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den vorhandenen Elementen [ARS+19].

Die zweite Annahme besagt, dass die Entwicklung von Subsystemen einer neuen Produktgeneration durch die Variation bestehender Referenzsystemelemente in drei möglichen Arten erfolgt [ABW15]. Die *Übernahmevariation* (ÜV) beschreibt Subsysteme, welche ausschließlich unter Anpassung der Schnittstellen in die Produktgeneration übernommen werden. Die Veränderung von Form und Aussehen unter Beibehaltung der Lösungsprinzipien wird durch die *Gestaltvariation* (GV) beschrieben. Der Gedanke der Gestaltvariation kann zur *Ausprägungsvariation* (AV) erweitert werden, um die Elemente in einem Systemkontext zu erfassen [ARF+20]. Die *Prinzipvariation* (PV) beschreibt den Fall, wenn das Grundprinzip des Referenzsystemelements angepasst oder in einen anderen Kontext für die neue Produktgeneration übertragen wird.

Die PGE ermöglicht somit die Planung und Beschreibung einer Produktentwicklungsaufgabe. Dabei fokussiert die PGE eine Ausrichtung an einem Produktprofil, um die aus den Bedarfen resultierenden Differenzierungsmerkmale der aktuellen Produktgeneration zu berücksichtigen [AJB+18]. Eine systematische Anwendung von Referenzen gemäß der PGE bietet dabei nicht nur Vorteile hinsichtlich der Risikominimierung im Entwicklungsprozess, sondern schöpft auch Effizienzpotentiale aus [ARB+17].

## 2.2 Systems Engineering

Systems Engineering ist ein interdisziplinärer Ansatz, der die Gesamtheit der Entwicklungsaktivitäten über den Produktentstehungsprozess betrachtet und somit schrittweise sicherstellt, dass die Stakeholder-Wünsche über den gesamten Lebenszyklus des Produkts zufriedengestellt werden [WS14]. Hierfür fokussiert sich Systems Engineering auf ein ganzheitliches und zusammenwirkendes Verständnis der sogenannten Bedarfe

(engl.: Stakeholder-Needs), welche die Wünsche der Kunden, Anwender und Anbieter sowie den zugrundeliegenden Nutzen beschreiben. Basierend auf den Bedarfen werden technische Anforderungen definiert, Lösungsmöglichkeiten identifiziert und eine konkrete Umsetzung entwickelt [WRF+15]. Hierbei strebt Systems Engineering eine eindeutige und hierarchische Systemstruktur an, die entlang von *logischen Systemebenen* das Gesamtsystem in Systeme und Subsysteme zerlegt [WRF+15].

Zur Definition von technischen Anforderungen anhand von Bedarfen beschreibt Systems Engineering im Rahmen der „Technischen Prozesse“ die Teilprozesse „Stakeholder-Needs and Requirements Definition“ und „System Requirements Definition“ [WRF+15]. Ausgangspunkt sind dabei erhobene Stakeholder-Bedarfe, das Ergebnis sind technische Anforderungen. Um die Bedarfe zu erheben, existieren dabei verschiedene methodische Ansätze, wie zum Beispiel die *Persona-Methode*, *Customer Journeys*, *User Stories*, *Use Cases* oder *Szenariotechniken* [HHH+18], [FK18], [GI18], [ISO18]. Die aus den Bedarfen resultierenden technischen Anforderungen werden anschließend entlang der logischen Systemebenen *spezifiziert* [AHH+18].

Im Rahmen dieser Teilprozesse werden zunächst die erhobenen Bedarfe in sogenannte *Stakeholder-Anforderungen* transferiert. Diese stellen eine Konkretisierung der Bedarfe dar und müssen unter anderem die Projekttrandbedingungen berücksichtigen. Die Stakeholder-Anforderungen werden anschließend in technische System-Anforderungen an das Produkt überführt, wel-

che insbesondere *Qualitätskriterien* wie bspw. Zielkonfliktfreiheit, Realisierbarkeit, und Verifizierbarkeit erfüllen müssen [WRF+15]. Zudem muss die Traceability der Anforderungen zu dem zugrundeliegenden Bedarf sichergestellt werden [CCD16]. Der Fokus der Überführung von Bedarfen in technische Anforderungen liegt dabei auf der „*Frühen Phase*“ der Produktgeneration  $G_{n+1}$  [Mus11]. Zu diesem Zweck stellt Systems Engineering Vorgehensweisen und Methoden bereit, die dabei so abstrakt formuliert sind, dass sie auf verschiedene Anwendungsbereiche transferiert werden können [BG21]. Gleichzeitig gibt es für die konkrete Anwendung im automobilen Umfeld wenig Handlungsvorgaben, sodass eine konkrete Ausgestaltung der Vorgehensweisen erforderlich ist [GCW+13]. Diese sind insbesondere in der automobilen Produktentwicklung erforderlich, da Gleichteil- und Plattformstrategien einen stark evolutionär ausgerichteten Prozess implizieren, weswegen das Zusammenspiel mit der „Top-Down“ Systems Engineering Methodik unterstützt werden muss [MW13]. Anderenfalls kann es in der Praxis zu einer gegenüber der Forschung abweichenden Anwendung der Ansätze des Systems Engineerings kommen, woraus konzeptionelle und anwendungstechnische Widersprüche entstehen können [Sal21].

### 2.3 Advanced Systems Engineering

Systems Engineering ist ein etablierter Standard in der Luft- und Raumfahrtindustrie, um bereits im ersten Versuch ein erfolgreiches Produkt zu realisieren [GCW+13]. Bedingt durch die digitale Transformation der Automobilindustrie und die damit verbundene Weiterentwicklung von Fahrassistenzsystemen, die Elektrifizierung und Digitalisierung des Fahrzeugs sowie die Berücksichtigung des Ökosystems steigt die Komplexität der Fahrzeugentwicklung [Win21], [KTW+17], [MMK+13]. Eine zunehmende Individualisierung, kürzere Produktlebenszyklen und ein steigender Preisdruck fachen dies noch weiter an [Web05]. Infolgedessen wird Systems Engineering auch in der Automobilindustrie ein großes Potential zugeschrieben. Hürden wie beispielsweise ein hoher Einführungsaufwand und eine fehlende Adaptierbarkeit der Methoden resultieren jedoch in einer mangelnden individuellen und organisatorischen Akzeptanz, wodurch die Anwendung behindert wird [GCW+13]. Aus diesem Grund ist eine Weiterentwicklung der Ansätze des Systems Engineerings hin zum Advanced Systems Engineering erforderlich [GAC+13].

Advanced Systems Engineering dient als Leitbild für die Entwicklung innovativer Produkte durch die drei Handlungsfelder Advanced Systems, Systems Engineering und Advanced Engineering und beschreibt dadurch ergänzende Hinweise und Erfolgskriterien für die Umsetzung von Methoden des Systems Engineerings [DAR+21]. Beispiele für ergänzende Hinweise und Erfolgskriterien sind die Realisierung einer zunehmenden *Agilität*, wodurch insbesondere die Kommunikation und Kooperation gefördert werden sollen, und eine aktive Gestaltung der Entwicklungsprozesse mit dem Menschen im Mittelpunkt [DAR+21]. Hierbei erkennt Advanced Systems Engineering den Menschen als integralen Bestandteil des sozio-technischen Systems an. Aus diesem Grund verfolgt der Ansatz eine konsequente *Menschzentrierung*, um dadurch insbesondere die Akzeptanz und Skalierbarkeit einer Methode in der Praxis der Produktentwicklung zu gewährleisten [AL12].



## 3 Forschungsmethodik

### 3.1 Forschungsziel und Forschungsfragen

Abgeleitet aus dem Stand der Forschung ist zu erkennen, dass Systems Engineering im Rahmen der „Technischen Prozesse“ Vorgehensweisen für die Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen beschreibt, bei denen es jedoch an konkreten automobilspezifischen Handlungsvorgaben mangelt. Um eine Begründung der Anforderungen zu realisieren, muss die nachvollziehbare Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der automobilen Produktentwicklung dementsprechend methodisch unterstützt werden.

Das *Forschungsziel* des Beitrags ist daher die Analyse von Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilindustrie. Um diese Herausforderungen zukünftig adressieren zu können, werden in einem zweiten Schritt Erfolgskriterien für eine methodische Unterstützung identifiziert und in ihrer Relevanz durch Experten eines Automobilherstellers bewertet.

Hierfür werden in dem Beitrag die folgenden *Forschungsfragen* beantwortet:

- Welche **Herausforderungen** bestehen bei der **Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen** in der Automobilindustrie?
- Was sind **Erfolgskriterien** für eine methodische Unterstützung zur **nachvollziehbaren Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen** in der Automobilentwicklung und wie werden diese **priorisiert**?

### 3.2 Forschungsvorgehen

Bild 1 zeigt das Forschungsvorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen. Aufbauend auf einer sechsmonatigen teilnehmenden Beobachtung im Anforderungsmanagement eines Automobilherstellers wurden sieben semistrukturierte Experteninterviews geführt, um Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen zu identifizieren. Die Experten sind in unterschiedlichen Positionen im Produkt- und Projektmanagement des Automobilherstellers tätig und im Rahmen ihrer Tätigkeiten in die Anforderungsdefinition anhand von Bedarfen involviert. Alle Experten arbeiten seit mindestens vier Jahren bei dem Automobilhersteller.

Zur Ableitung von Erfolgskriterien für eine methodische Unterstützung zur nachvollziehbaren Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen wurde aufbauend auf den identifizierten Herausforderungen eine zweistufige Delphi-Studie vom

Typ I – Ideenaggregation durchgeführt [Häd14]. Hierbei verfolgt die erste Phase der Studie die qualitative Erhebung von Ideen einer ausgewählten Expertengruppe, worauf im Anschluss in der zweiten Phase eine quantitative Relevanzbewertung der Ergebnisse der ersten Phase erfolgt.

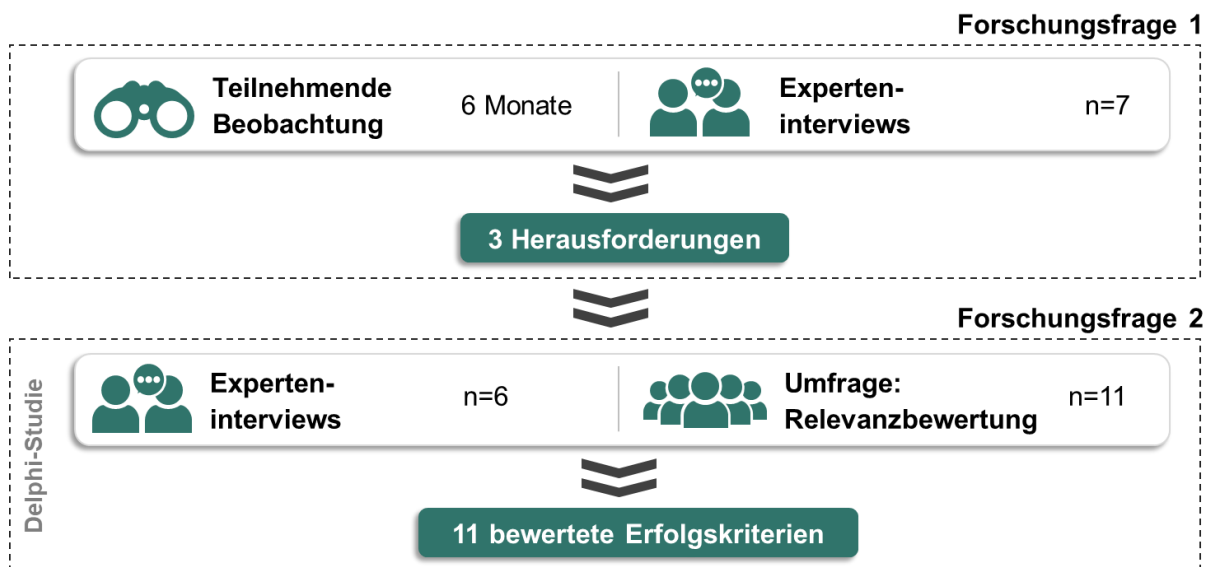


Bild 1: Forschungsvorgehen zur Identifikation der Herausforderungen und Erfolgskriterien

Für die rein qualitative Ideenaggregation in der ersten Phase wurde eine Gruppe mit sechs Experten aus der automobilen Produktentwicklung mit Expertise in der Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen gewählt. Alle Experten sind seit mindestens drei Jahren in der automobilen Produktentwicklung tätig, wobei einige der Experten bereits bei der Identifikation der Herausforderungen befragt wurden und andere neu hinzugekommen sind. Hierbei sind alle Experten innerhalb desselben Automobilherstellers angestellt. Der Fokus bei der Auswahl der Experten lag auf einer fachlich stark interdisziplinären Prägung der Expertengruppe, mit dem Ziel einer möglichst facettenreichen Ideenaggregation durch die Experten [Häd14]. Hierzu wurden die folgenden sieben Kriterien basierend auf dem Forschungsgegenstand abgeleitet, die das Experten-Panel erfüllen sollte. Diese wurden durch die Eigenzuordnung der Experten in Summe abgedeckt.

- Expertise in der Identifikation und Einsteuerung von Stakeholder-Bedarfen
- Expertise in der kundenorientierten strategischen Produktdefinition
- Erfahrung in der Anforderungsdefinition
- Erfahrung in dem Anforderungsmanagement
- Erfahrungen in der bereichsübergreifenden Schnittstellenabstimmung
- Branchenweite Expertise im Anforderungsmanagement
- Theoretisches wissenschaftlich fundiertes Wissen zum Fachgebiet

Das Erhebungsformat basierte auf 60- bis 75-minütigen semi-strukturierten Interviews mit den einzelnen Experten. Die Interviews wurden anhand der identifizierten Herausforderungen strukturiert, um eine eindeutige Zuweisung der Aussagen der Experten zu den Herausforderungen zu ermöglichen. Basierend auf den Aussagen wurden Erfolgskriterien für eine methodische Unterstützung zur nachvollziehbaren Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen extrahiert, wobei ähnliche Aussagen zusammengefasst wurden.

In der zweiten Phase wurde eine Relevanzbewertung der identifizierten Erfolgskriterien durchgeführt. Hierzu wurde die Expertenkonstellation aus der ersten Runde der Delphi-Studie um

weitere Experten erweitert. Diese sind als operative Anwender in der Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen involviert, wodurch verstärkt die Einschätzung der tatsächlichen Anwender einer methodischen Unterstützung berücksichtigt wird. Die Bewertung der Erfolgskriterien wurde somit von insgesamt elf Experten vorgenommen. Bild 2 zeigt das objektive Erfahrungsniveau anhand der Berufserfahrung in Jahren sowie das Selbsteinschätzungsniveau der Expertengruppe.

Um präzise Aussagen über mögliche Relevanzunterschiede der Erfolgskriterien zu treffen, wurden die Erfolgskriterien jeder Herausforderung als Gesamtmenge auf statistisch signifikante Unterschiede untersucht. Hierzu wurde der Friedman-Test angewandt, da dieser keine Normalverteilung der Daten voraussetzt und besonders bei abhängigen, ordinalskalierten Stichproben eine aussagekräftige Teststärke vorweist. Der Friedman-Test prüft auf Basis der mittleren Ränge der Relevanzbewertungen, ob in der Bewertung der verbundenen Stichproben signifikante Unterschiede bei einem angenommenen Signifikanzniveau  $\alpha_{\text{sig.}} = 0,05$  festzustellen sind. Die Nullhypothese, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stichproben bestehen, wird bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit  $p < \alpha_{\text{sig}}$  abgelehnt. Bei  $p > \alpha_{\text{sig}}$  ist eine Ablehnung der Nullhypothese nicht möglich.

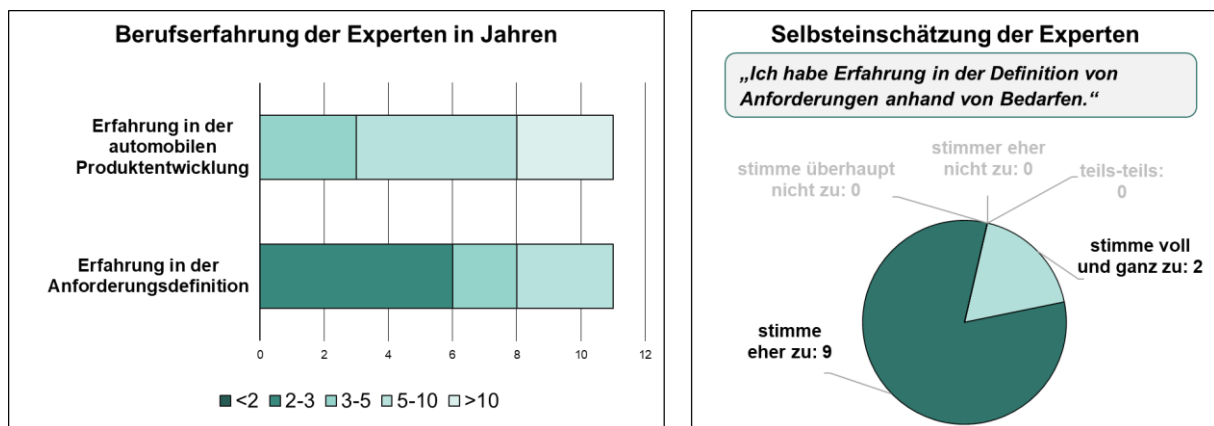


Bild 2: Erfahrungs- und Selbsteinschätzungsniveau der Expertengruppe (n=11) der zweiten Befragungsrunde der Delphi-Studie

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen

Basierend auf dem im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung aufgebauten Verständnis für die Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen ließen sich die Aussagen der Experteninterviews in drei Herausforderungen zusammenfassen. Die Herausforderungen werden im Folgenden anhand des Ergebnisses der Experteninterviews erläutert.

#### 4.1.1 Herausforderung 1: (Produktgenerationsübergreifendes) Bedarfs- und Anforderungsverständnis

Die Kundenorientierung ist ein essenzieller Erfolgsfaktor in der Automobilindustrie, nur wenn das Produkt die Kundenbedarfe erfüllt, können Unternehmen Potentiale erschließen, um neue Marktanteile zu gewinnen. Aus diesem Grund ist die Orientierung an den Kunden-, Anwender- und Anbieterbedarfen ein etabliertes Konstrukt in der automobilen Produktentwicklung.

Systems Engineering beschreibt jedoch keine klare Abgrenzung des Bedarfs- und Anforderungsverständnisses, wodurch eine Unterscheidung zwischen Stakeholder-Bedarfen und technischen Anforderungen erschwert wird. Da die Bedarfserhebung und die Anforderungsdefinition in der Praxis häufig von unterschiedlichen Ressorts verantwortet werden, kann die erschwerte Unterscheidung in einer unklaren Aufgabenabgrenzung der Verantwortlichen und dadurch in einem erhöhten Kommunikations- und Abstimmungsaufwand resultieren.

Des Weiteren erfolgt die Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen häufig implizit, eine nachvollziehbare Verknüpfung der technischen Anforderungen mit den Stakeholder-Bedarfen und dem damit verbundenen Nutzen wird nur selten hergestellt. Diese Verknüpfung bietet jedoch insbesondere das Potential, produktgenerationsübergreifende Zusammenhänge zwischen Bedarfen und Anforderungen durchdringen zu können. Durch die Betrachtung dieser produktgenerationsübergreifenden Zusammenhänge kann der Einfluss der Variation von Bedarfen auf die Variation von Anforderungen zwischen Produktgenerationen analysiert werden.

Dementsprechend wird durch ein produktgenerationsübergreifendes Bedarfs- und Anforderungsverständnis eine systematische Variation von Bedarfen und Anforderungen unterstützt (vgl. Bild 3). Anschaulich wird der Mehrwert eines solchen projektübergreifenden Bedarfs- und Anforderungsverständnisses in der Automobilindustrie am Beispiel von Bedarfen, die zwischen Produktgenerationen übernommen werden. Dies ist bei identischen Stakeholdern ein häufig auftretender Fall. Eine Übernahme des Bedarfs (bspw. „wettbewerbsfähige Reichweite“) kann jedoch beispielsweise aufgrund von geänderten Projekttrandbedingungen eine projektspezifische Variation der Anforderungen (bspw. konkrete Reichweite über den WLTP-Zyklus) erfordern. Eine bewusste Variation dieser Anforderungen ermöglicht somit das Potential, Wissen bei der Anforderungsdefinition einer neuen Produktgeneration zu nutzen und so Risiken zu minimieren und Effizienzpotentiale auszuschöpfen.

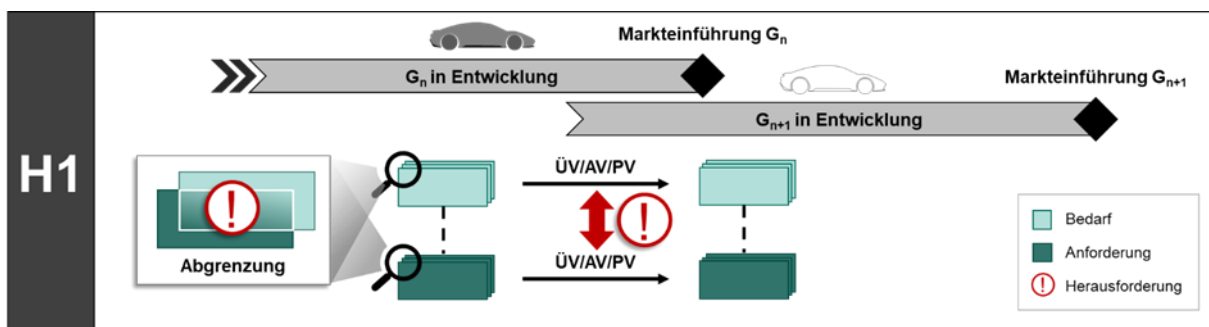


Bild 3: (Produktgenerationsübergreifendes) Bedarfs- und Anforderungsverständnis

#### 4.1.2 Herausforderung 2: Systems-Engineering-basiertes Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen

Die abstrakte Beschreibung der „Technischen Prozesse“ des Systems Engineerings und die damit verbundenen fehlenden, konkreten Vorgehensweisen in der Automobilindustrie können insbesondere in der „Frühen Phase“ der Produktgeneration  $G_{n+1}$  in einer fehlenden Nachvollziehbarkeit bei der Systems-Engineering-basierten Überführung von Bedarfen in Anforderungen resultieren. Dementsprechend kann es zu einer Unter- oder Übererfüllung eines Bedarfs kommen, da nicht ersichtlich ist, welche Anforderungen aus einem Bedarf abgeleitet wurden. Eine weitere Konsequenz ist, dass der Bedarf und der damit einer Anforderung zu Grunde liegende Kunden-, Anwender- oder Anbieternutzen teilweise nicht nachvollziehbar ist. Hierdurch wird eine Priorisierung der Anforderungen erschwert, wodurch sich Herausforderungen bei der Lösung von Zielkonflikten im technischen Konzept ergeben.

Neben der Systems-Engineering-basierten Überführung von Bedarfen in Anforderungen in der „Frühen Phase“ müssen über den gesamten Produktentstehungsprozess der  $G_{n+1}$  die bidirektionalen Wechselwirkungen zwischen Bedarfen und Anforderungen abgebildet werden können. Hierbei müssen zwei Fälle unterschieden werden. Es kann zu Top-Down Änderungsbegehren kommen, bei denen sich der Bedarf ändert (bspw. bedingt durch Wettbewerbsänderungen) und es müssen Bottom-Up Änderungsbegehren berücksichtigt werden, bei denen aufgrund der Änderung von Anforderungen der Bedarf angepasst werden muss (bspw. bedingt durch Architekturverfehlungen). Auch hier fehlt es an einer konkreten, automobilspezifischen Ausgestaltung der „Technischen Prozesse“ des Systems Engineerings, um die bidirektionalen Wechselwirkungen zwischen Bedarfen und Anforderungen über den gesamten Produktentstehungsprozess abbilden zu können.

Aus diesem Grund ergibt sich die Herausforderung des Systems-Engineering-basierten Zusammenspiels von Bedarfen und Anforderungen (vgl. Bild 4). Konkrete Vorgehensweisen sind somit essenziell, um anhand der Bedarfe (bspw. „Best in Class Fahrdynamik“) die projektspezifischen Anforderungen (bspw. 0-100 km/h Beschleunigungszeit) einer Produktgeneration nachvollziehbar zu definieren. Gleichzeitig können dadurch die bidirektionalen Wechselwirkungen berücksichtigt werden (bspw. der Einfluss einer geänderten Prognose der Beschleunigungszeiten von Wettbewerbsfahrzeugen auf den Bedarf und die daraus abgeleiteten Anforderungen).

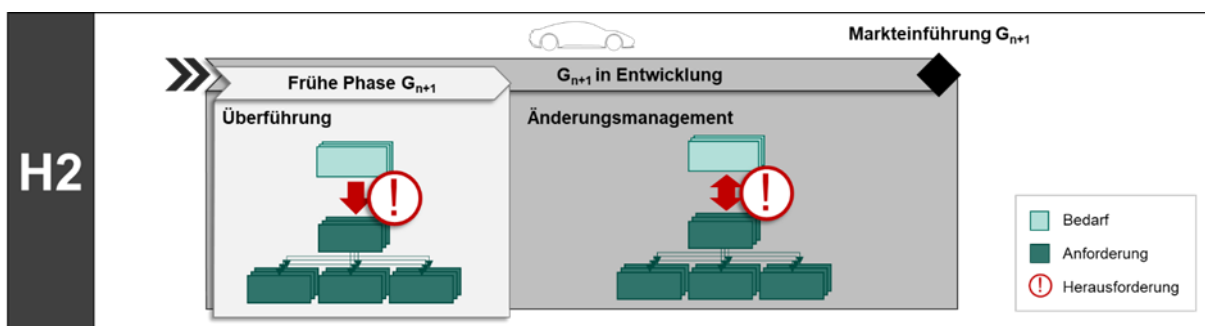


Bild 4: Systems-Engineering-basiertes Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen

### 4.1.3 Herausforderung 3: Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen

Neue Produktgenerationen werden wie im Modell der PGE beschrieben auf Basis eines Referenzsystems entwickelt. Dabei wird ein Großteil der Anforderungen aus Vorgängerprojekten übernommen, um den angestrebten Nutzen unter Berücksichtigung von Kosten-, Qualitäts- und Zeitpotentialen zu realisieren. Dies wird insbesondere in der Automobilindustrie deutlich, da Gleichteil- und Plattformstrategien zur Nutzung von Skaleneffekten die Wiederverwendung von Anforderungen implizieren. Aus diesem Grund werden auch bei der ersten Produktgeneration G1 einer neuen Produktlinie eines Automobilherstellers zahlreiche projektübergreifende Anforderungen übernommen. Neben den Anforderungen müssen jedoch auch deren Begründungen, das heißt die zugrundeliegenden Bedarfe übernommen werden. Die daraus resultierende nachvollziehbare Begründung unterstützt unter anderem bei der Priorisierung von Anforderungen zur Lösung von Zielkonflikten im technischen Konzept.

Anforderungen, die wiederverwendet werden, betreffen häufig Subsysteme auf tieferen logischen Systemebenen. Systems Engineering geht jedoch von einem Produktentwicklungsansatz aus, bei dem Referenzen nicht explizit im Fokus stehen. Aus diesem Grund muss bei einer Wiederverwendung von Anforderungen auf den tieferen logischen Systemebenen insbesondere das Zusammenspiel mit der „Top-Down“ Systems Engineering Methodik betrachtet werden, bei der basierend auf dem technischen Konzept eines Systems die Anforderungen der Subsysteme definiert werden.

Hierfür beschreibt Systems Engineering jedoch keine konkreten Vorgehensweisen, weswegen die Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen nicht ausreichend systematisch unterstützt werden kann (vgl. Bild 5).

Daraus resultiert das Risiko, dass die Wiederverwendung falsch eingesetzt wird. Dies kann sich unter anderem in der Missachtung des technischen Konzepts zeigen, woraus Zielkonflikte resultieren können. Konkrete Vorgehensweisen ermöglichen somit insbesondere die gezielte Wiederverwendung projektübergreifender Anforderungsbündel, welche beispielsweise im Rahmen einer Plattformentwicklung entstehen. Das konsequente Zusammenspiel mit dem technischen Konzept ermöglicht dabei eine verstärkte Projektorientierung. Hierdurch können die richtigen Anforderungen unter Berücksichtigung der Differenzierungsmerkmale des Fahrzeugs in Entwicklung gezielt wiederverwendet werden.

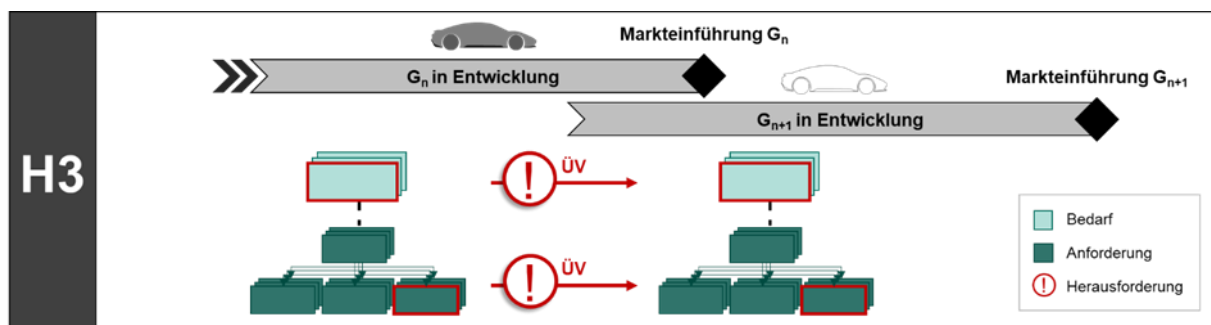


Bild 5: Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen

## 4.2 Erfolgskriterien für die methodische Unterstützung

Um die beschriebenen Herausforderungen zukünftig adressieren zu können, wurden in der zweistufigen Delphi-Studie Erfolgskriterien für eine methodische Unterstützung identifiziert und in ihrer Relevanz bewertet. Insgesamt wurden die in Tabelle 1 dargestellten elf Erfolgskriterien abgeleitet, wobei sich die Zuordnung zu den Herausforderungen aus den Experteninterviews ergab.

*Tabelle 1: Erfolgskriterien zur nachvollziehbaren Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen*

### Die Methode soll durch...

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| <b>E1</b>  | ...eine Abgrenzung von Bedarfen zu Anforderungen anhand weniger und möglichst eindeutiger Kriterien...   | <b>H1</b> |
| <b>E2</b>  | ...eine Beschreibung der Zusammenhänge von Bedarfen und Anforderungen eine systematische Variation zwischen Produktgenerationen ermöglichen und damit... |           |
| <b>E3</b>  | ...eine Integration in bereits bestehende etablierte Strukturen (bspw. Produktprofil, Produktspezifikation, Produktentstehungsprozess)...                |           |
| <b>...das (produktgenerationsübergreifende) Bedarfs- und Anforderungsverständnis unterstützen.</b> |  |           |

### Die Methode soll durch...

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| <b>E4</b>   | ...eine flexible Anwendbarkeit und Anpassungsmöglichkeit...   | <b>H2</b> |
| <b>E5</b>   | ...transparente und statusabhängige Vorgehensweisen zur Berücksichtigung von Änderungsbegehren über den gesamten Produktentstehungsprozess... |           |
| <b>E6</b>   | ...transparente und statusabhängige Vorgehensweisen zur Überführung von Bedarfen in Anforderungen...  |           |
| <b>E7</b>   | ...Adaptionsmöglichkeiten an unterschiedliche Bedarfsqualitäten...  |           |
| <b>...das Systems-Engineering-basierte Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen unterstützen.</b> |   |           |

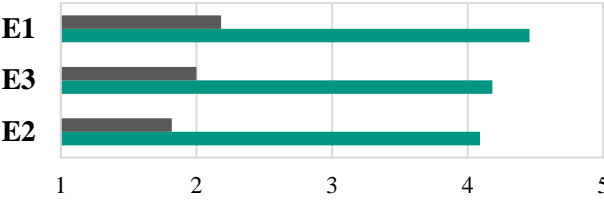
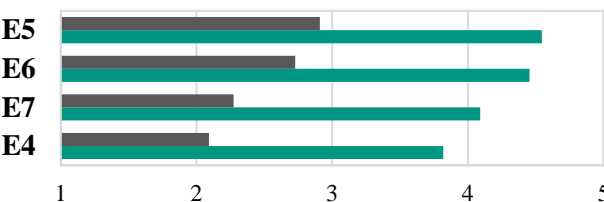
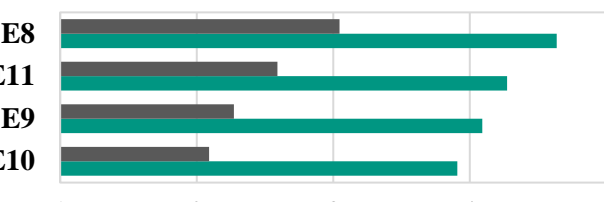
### Die Methode soll durch...

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| <b>E8</b>  | ...eine initiale Plausibilisierung wiederzuverwendender Anforderungen hinsichtlich der Aktualität und Gültigkeit im Projekt...                  | <b>H3</b> |
| <b>E9</b>  | ...eine Ausrichtung der Aktivitäten an den logischen Systemebenen...  |           |
| <b>E10</b>   | ...eine Berücksichtigung der Anforderungswirkketten wiederzuverwendender Anforderungen...   |           |
| <b>E11</b>   | ...eine Betrachtung der wiederzuverwendenden Anforderungen hinsichtlich der Konsistenz zum bestehenden technischen Konzept des (Sub-)Systems... |           |
| <b>...die Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen unterstützen.</b> |   |           |

Basierend auf der Relevanzbewertung der zweiten Phase der Delphi-Studie zeigt der Friedman-Test, dass mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit  $p > 0,05$  bei jeder Gruppe (H1-H3) von Erfolgskriterien die Nullhypothese nicht abgelehnt wird. Dementsprechend kann keine Aussage zu statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den Stichproben getroffen werden. Aufgrund dessen ist das Relevanzniveau der Erfolgskriterien in den drei Gruppen jeweils als statistisch identisch zu betrachten.

Tabelle 2 stellt das arithmetische Mittel der Relevanzbewertung und den mittleren Rang für jedes Erfolgskriterium sowie die Ergebnisse der Friedman-Tests für die einzelnen Herausforderungen dar. Die Quantifizierung der Relevanz erfolgte dabei anhand einer fünfstufigen Likert-Skala mit den Ausprägungen „absolut relevant“ (5), „eher relevant“ (4), „teils-teils“ (3), „eher nicht relevant“ (2) und „gar nicht relevant“ (1). Die Rangvergabe erfolgte ausgehend von der maximalen Relevanzbewertung absteigend.

Tabelle 2: Statistische Auswertung der Relevanzbewertung der identifizierten Erfolgskriterien

| Erfolgskriterium   |   | Teststatistik $\chi^2$        | p-Wert      |
|--|---|-------------------------------|-------------|
| <b>H1</b>  |   | <b>1,19</b>                   | <b>0,55</b> |
|  | E1  |                               |             |
|  | E3  |                               |             |
|  | E2  |                               |             |
| <b>H2</b>  |  | <b>4,08</b>                   | <b>0,25</b> |
|  | E5  |                               |             |
|  | E6  |                               |             |
|  | E7  |                               |             |
|  | E4  |                               |             |
| <b>H3</b>  |  | <b>4,23</b>                   | <b>0,24</b> |
|  | E8  |                               |             |
|  | E11   |                               |             |
|  | E9  |                               |             |
|  | E10   |                               |             |
| <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; margin-right: 5px;"></span> mittlerer Rang <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></span> durchschnittliche Relevanzbewertung |   | $\alpha_{\text{sig.}} = 0,05$ |             |



## 5 Zusammenfassung und Diskussion

In dem vorliegenden Beitrag werden drei Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilindustrie beschrieben: das (produktgenerationsübergreifende) Bedarfs- und Anforderungsverständnis, das Systems-Engineering-basierte Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen sowie die Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Bedarfen und dazugehörigen Anforderungen.

Darauf aufbauend werden elf Erfolgskriterien zur nachvollziehbaren Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen identifiziert und in ihrer Relevanz bewertet. Da die Relevanzbewertung für alle Erfolgskriterien auf einem ähnlichen und sehr hohen Niveau lag, wird davon ausgegangen, dass alle Erfolgskriterien bei der Entwicklung einer Systems-Engineering-basierten Methodik gleichermaßen berücksichtigt werden sollten. Somit wurde die Grundlage geschaffen, um die drei Herausforderungen zukünftig mittels einer methodischen Unterstützung adressieren zu können. Da die Herausforderungen anhand einer empirischen Untersuchung bei einem Automobilhersteller identifiziert wurden, wird die besondere Relevanz dieser Herausforderungen als automobilspezifisch angenommen. Nichtsdestotrotz können sich in anderen Branchen ähnliche Problemstellungen ergeben, weswegen sich auch außerhalb der Automobilindustrie relevante Anwendungsmöglichkeiten einer methodischen Unterstützung ergeben können.

Limitierend ist zu beachten, dass die erste Phase der Delphi-Studie nur mit sechs Experten durchgeführt wurde. Bei der Auswahl der Experten wurde zwar darauf geachtet, sieben abgeleitete Kriterien der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen abzudecken, dennoch kann nicht davon ausgegangen werden, dass jedes potentielle Erfolgskriterium identifiziert wurde.

Das Systems Engineering bietet durch die „Technischen Prozesse“ und weitere Grundgedanken wie unter anderem die Traceability ein notwendiges Werkzeug, um die Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen zu unterstützen. Zur Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit müssen jedoch die identifizierten Erfolgskriterien sowie weitere ergänzende Inhalte bei der Erarbeitung der methodischen Unterstützung berücksichtigt werden. So ist beispielsweise gemäß des Leitbilds Advanced Systems Engineering die Berücksichtigung menschzentrierter und agiler Arbeitsweisen essenziell, um eine erfolgreiche Anwendbarkeit der Systems-Engineering-basierten Methodik zu gewährleisten.

Darüber hinaus ist die verhältnismäßig geringe Stichprobengröße mit einer Expertenanzahl  $n=11$  als mögliche Limitation der statistischen Auswertung der zweiten Phase der Delphi-Studie anzusehen. Die Fehlerwahrscheinlichkeit  $p$  kann aufgrund einer geringen Stichprobengröße tendenziell größer ausfallen und damit eine Bestätigung der Nullhypothese begünstigen. Dennoch wurden bei der Relevanzbewertung alle wesentlichen Experten der Forschungsumgebung aus dem operativen Anwendungsfeld der Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen einbezogen. Zusätzliche Bewertungen durch anwendungsfeldferne Experten würden eine inhaltliche Verzerrung der Relevanz hervorrufen, weswegen hiervon abgesehen wurde.

## 6 Ausblick

Die Studie bildet die Grundlage für die nachvollziehbare Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen. Die weiterführende Forschung wird sich auf eine methodische Unterstützung fokussieren, um die Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen zu adressieren. Hierbei müssen insbesondere die identifizierten Erfolgskriterien berücksichtigt werden.

Um die Herausforderungen zu adressieren ist es zwingend notwendig, das Systems-Engineering-basierte Bedarfs- und Anforderungsverständnis im Modell der PGE zu modellieren. Hierfür ist zunächst eine einfach verständliche Abgrenzung von Bedarfen und Anforderungen zu erforschen. Durch die Untersuchung von produktgenerationsübergreifenden Zusammenhängen kann anschließend eine systematische Variation zwischen Produktgenerationen ermöglicht werden. Darüber hinaus liegt Potential in einer flexibel anwendbaren methodischen Unterstützung mit konkreten Vorgehensweisen, um das Zusammenspiel von Bedarfen und Anforderungen über den gesamten Produktentstehungsprozess zu beschreiben. Gleichzeitig muss die Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen über die Entwicklung mehrerer Produktgenerationen auf Grundlage des Modells der PGE ermöglicht werden.

### Literatur

- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Product Generation Development - Importance and Challenges from a Design Research Perspective: New developments in mechanics and mechanical engineering proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering (ME 2015), Vienna, Austria, March 15-17, 2015 proceedings of the International Conference on Theoretical Mechanics and Applied Mechanics (TMAM 2015) Vienna, Austria, March, 15-17, 2015. Ed.: N.E Mastorakis. s.l, S. 16–21, 2015
- [AHH+18] ALBERS, A.; HEITGER, N.; HAUG, F.; FAHL, J.; HIRSCHTER, T.; BURSAC, N.: Supporting Potential Innovation in the Early Phase of PGE – Product Generation Engineering: Structuring the Development of the Initial System of Objectives: R&D Management Conference, Milano, I, June 30 - July 4, 2018, S. 13, 2018
- [AJB+18] ALBERS, A.; HEIMICKE, J.; WALTER, B.; BASEDOW, G.-N.; REISS, N.; HEITGER, N.; OTT, S.; BURSAC, N.: Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. *Procedia CIRP* 70, S. 253–258, 2018
- [AL12] ALBERS, A.; LOHMEYER, Q.: Advanced systems engineering - Towards a model-based and human-centered methodology: Tools and methods of competitive engineering: Proceedings of the ninth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE 2012), Karlsruhe, Germany, May 7-11, 2012. Ed.: I. Horváth. Delft University of Technology (TU Delft), S. 407–416, 2012
- [ARB+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die Frühe Phase der PGE - Produktgenerationsentwicklung: 4. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2017 (SSP) Produktentwicklung im disruptiven Umfeld, Stuttgart, Deutschland, 28-29 Juni 2017. Fraunhofer Verlag, 2017
- [ARF+20] ALBERS, A.; RAPP, S.; FAHL, J.; HIRSCHTER, T.; REVFI, S.; SCHULZ, M.; STÜRMLINGER, T.; SPADINGER, M.: Proposing a Generalized Description of Variations in Different Types of Systems by the Model of PGE – Product Generation Engineering. Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference 1, S. 2235–2244, 2020
- [ARS+19] ALBERS, A.; RAPP, S.; SPADINGER, M.; RICHTER, T.; BIRK, C.; MARTHALER, F.; HEIMICKE, J.; KURTZ, V.; WESSELS, H.: The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations: Proceedings of the 22nd International

- Conference on Engineering Design (ICED19), Delft, The Netherlands, 5-8 August 2019. Delft, S. 1693–1702, 2019
- [BG21] BENDER, B.; GERICKE, K.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2021
- [CCD16] CROWDER, J. A.; CARBONE, J. N.; DEMIJOHN, R.: Multidisciplinary Systems Engineering. Architecting the Design Process. Springer International Publishing, Cham, s.l., 2016
- [DAR+21] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J.: Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering, 2021
- [FK18] FØLSTAD, A.; KVALE, K.: Customer journeys: a systematic literature review. Journal of Service Theory and Practice 2/28, S. 196–227, 2018
- [GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A. M.; WASSMANN, H.; DUMITRESCU, R.: Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen: 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, 2013
- [GCW+13] GAUSEMEIER, J.; CZAJA, A.; WIEDERKEHR, O.; DUMITRESCU, R.; TSCHIRNER, C.; STEFFEN, D.: Studie: Systems Engineering in der industriellen Praxis: Tag des Systems Engineering. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, S. 113–122, 2013
- [GI18] GILSON, F.; IRWIN, C.: From User Stories to Use Case Scenarios towards a Generative Approach: 2018 25th Australasian Software Engineering Conference (ASWEC), S. 61–65, 2018
- [Häd14] HÄDER, M.: Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch. Springer VS, Wiesbaden, 2014
- [HHH+18] HIRSCHTER, T.; HEITGER, N.; HAUG, F.; FAHL, J.; MANDEL, C.; MARTHALER, F.; WALTER, B.; ALBERS: Zukunftsorientierte PGE – Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile in der Frühen Phase der PGE: Vorausschau und Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT), Berlin, 8.-9. November 2018. Hrsg.: J. Gausemeier. Heinz Nixdorf Institut, S. 20, 2018
- [ISO18] ISO/IEC/IEEE29148:2018:2018-11, Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering. VDE-Verlag, Berlin
- [KTW+17] KUHNERT, F.; TELANG, R.; WILSON, L.; STUERMER, C.: Five trends transforming the Automotive Industry, PricewaterhouseCoopers (PwC), 2017
- [MMK+13] MOHR, D.; MÜLLER, N.; KRIEG, A.; GAO, P.; KAAS, H.; KRIEGER, A.; HENSLEY, R.: The road to 2020 and beyond: What’s driving the global automotive industry?, 2013
- [Mus11] MUSCHIK, S.: Development of Systems of Objectives in Early Product Engineering. Entwicklung von Zielsystemen in der frühen Produktentstehung, 2011
- [MW13] MAURER, M.; WINNER, H. (HRSG.): Automotive Systems Engineering. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2013
- [Rup14] RUPP, C.: Requirements-Engineering und -Management. Aus der Praxis von klassisch bis agil. Hanser, München, 2014
- [Sal21] SALADO, A.: A systems-theoretic articulation of stakeholder needs and system requirements. Systems Engineering, 2021
- [Web05] WEBER, C.: WHAT IS “COMPLEXITY”?, 2005
- [Win21] WINKELHAKE, U.: Die digitale Transformation der Automobilindustrie. Treiber - Roadmap - Praxis. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2021
- [WRF+15] WALDEN, D.D.; ROEDLER, G.J.; FORSBURG, K.; HAMELIN, R.D.; SHORTELL, T.M. (HRSG.): Systems engineering handbook. A guide for system life cycle processes and activities, International Council on Systems Engineering (INCOSE). Wiley, Hoboken, NJ, 2015
- [WS14] WEILKIENS, T.; SOLEY, R. M.: Systems Engineering mit SysML/UML. Anforderungen, Analyse, Architektur. dpunkt.verl., Heidelberg, 2014

## Autoren

**Alexander Kubin, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management am IPEK, KIT. Seine Forschungsarbeit konzentriert sich auf die nachvollziehbare Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen vor dem Leitbild Advanced Systems Engineering.

**Marc Etri, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management am IPEK, KIT, wo er das Extended Reality Lab leitet. Seine Forschungsarbeit konzentriert sich auf die Produktvalidierung und die Strategische Vorausschau.

**Katharina Dühr, M.Sc.** leitet die Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement am IPEK, KIT. In der Forschungsgruppe werden Methoden zur effektiven und effizienten Produktentwicklung systemnah anhand realer Praxisbeispiele und industrienahe Projekten gestaltet. In ihrer Forschung untersucht sie Methoden der standortverteilten und interdisziplinären Zusammenarbeit im Advanced Systems Engineering.

**Dr.-Ing. Simon Rapp** ist Post-Doc in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement am IPEK, KIT. In seiner Dissertation hat er sich mit der empirisch basierten Planung, Steuerung und methodischen Unterstützung von Variationen auf Basis eines Referenzsystems im Modell der PGE beschäftigt.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers** leitet das IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Er ist Gründungs- und Vorstandsmitglied der wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung WiGeP und Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech). Seit 2008 ist er Präsident des Allgemeinen Fakultätentages (AFT e. V.). Von 2012 bis 2015 war Prof. Albers Sprecher und Fachkollegiat des DFG-Fachkollegiums 402 „Mechanik und Konstruktiver Maschinenbau“. Darüber hinaus engagiert er sich im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und ist in Beiräten mehrerer Unternehmen tätig. Im Jahre 2016 wurde ihm und dem IPEK-Team der Honorary Award der Schaeffler FAG Stiftung für exzellente Leistungen und Kompetenzen in Wissenschaft, Forschung und Lehre auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet verliehen. Prof. Albers erforscht mit seinem Team Methoden zur Analyse zukünftiger Marktbedürfnisse und den Innovationsprozess neuer Produktgenerationen in den Forschungsfeldern • Antriebssysteme • Tribologische Systeme • Entwicklungs- und Innovationsmanagement • Kupplungen und Bremsen im Antriebssystem • Validierung und NVH technischer Systeme • Leichtbau • Kompetenzorientierte Lehre.

**Alexej Eckhardt, B.Sc.** ist Masterand am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Ruhr-Universität Bochum. Der Forschungsgegenstand seiner Masterarbeit ist die Systems-Engineering-basierte Wiederverwendung von Anforderungen und den zugrundeliegenden Bedarfen in der automobilen Produktentwicklung.

**Daniela Kattwinkel, M.Sc., M.Sc.** arbeitete nach ihrem Studium als Vertriebskoordinatorin im Ingenieur- und Consultingbereich. Seit 2016 ist Daniela Kattwinkel am Lehrstuhl für Produktentwicklung an der Ruhr-Universität Bochum im Forschungsschwerpunkt „Methodische Produktentwicklung“ als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. In ihrer Dissertation entwickelt sie eine universitäre Lehrveranstaltung im Themenfeld der umweltgerechten Produktentwicklung, die auf innovativen Lehr- und Lernformaten basiert.

**Prof. Dr.-Ing. Beate Bender** leitet den Lehrstuhl für Produktentwicklung seit Juli 2013 und war von April 2015 bis Mai 2019 geschäftsführende Direktorin des Instituts Produkt und Service Engineering der Ruhr-Universität Bochum. Weiterhin ist Beate Bender seit April 2015 Mitglied des Direktoriums des Instituts für Unternehmensführung (ifu) der RUB und wurde im Juli 2015 als Mitglied in den Beirat der Alwin Reemtsma-Stiftung berufen. Seit Juli 2017 ist Prof. Bender stellvertretendes Mitglied des Senats der Ruhr-Universität. Als Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP) sowie der Design Society ist sie national und international vernetzt. Seit 2018 ist sie Mitherausgeberin des Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau und seit 2020 Mitherausgeberin des internationalen Standardwerks zur Konstruktionslehre, das 1977 erstmals herausgegeben und in viele Sprachen übersetzt wurde: Pahl/Beitz Konstruktionslehre; Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung.

# **Eine qualitative system-dynamische Untersuchung des Umgangs von Unternehmen mit Tipping Points**

***Tamara Huber, M.Sc.***

***Univ.-Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl***

*Lehrstuhl Innovations- und TechnologieManagement iTM,*

*Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

*Fritz-Erler-Str. 1-3, 76133 Karlsruhe*

*Tel. +49 (0) 721 / 68 09 151*

*E-Mail: {tamara.huber/marion.weissenberger-eibl}@kit.edu*

## **Zusammenfassung**

Als einer der wichtigsten Industriezweige Deutschlands, sieht sich die Automobilindustrie aktuell mit einer mehrdimensionalen Disruption konfrontiert, die sich in den unterschiedlichsten Bereichen zeigt, wie etwa im technologischen Fortschritt, in veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen oder auch in neuen Marktgrenzen und Wettbewerbern. Die Industrie befindet sich an einem *Tipping point*, wobei das Festhalten an einem "Weiter-so", das aus geprägten Verhaltensweisen der Unternehmen resultiert, den Fortbestand des Unternehmens gefährden kann. Aufgrund der häufig allgemeinsprachlich verwendeten Begrifflichkeit *Tipping point*, welche das Überschreiten eines Schwellenwertes mit resultierender - oftmals irreversibler - qualitativer Systemänderungen darstellt, legt der Beitrag den aktuellen wissenschaftlichen Diskurs disziplinübergreifend dar und postuliert eine allgemeine Definition. Mittels explorativen Interviews werden Variablen erhoben, deren Zusammenspiel einen *Tipping point* im Unternehmensumfeld potentiell hervorrufen. Bei der inhaltsanalytischen Auswertung erfahren geprägte Denk- und Verhaltensmuster eines Unternehmens besondere Beachtung. Basierend auf der empirischen Untersuchung, werden mittels eines qualitativen System Dynamics Ansatzes Wirkzusammenhänge aufgearbeitet und analysiert. Als Fallbeispiel dient der Umgang eines OEMs mit der Entwicklung der Antriebstechnologie. Theoretische Grundlage bildet die Systemtheorie, die eine Strukturierung des Unternehmensumfelds und des Unternehmens zulässt. Die Theorie des Punctuated Equilibriums wird zur Erklärung des Phänomens *Tipping point* herangezogen. Durch die Erhebung lassen sich zeitdynamische Aussagen über den Umgang von Unternehmen mit *Tipping points* treffen. Aus diesem Wissen werden zuletzt Handlungsempfehlungen für die Methoden und Strategien der Strategischen Vorausschau abgeleitet, um, im Sinne einer Früherkennung zukünftiger *Tipping points*, einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil für Unternehmen zu ermöglichen.

## **Schlüsselworte**

Tipping point, Punctuated Equilibrium, Systemtheorie, Strategische Vorausschau

# **A qualitative system-dynamic analysis of how incumbents cope with Tipping points**

## **Abstract**

As one of the most important industries in Germany, the automotive industry is currently confronted with a multidimensional disruption, which can be sensed in various areas, such as technological progress, changing legal conditions, or new market boundaries and competitors. The industry is at a Tipping point, whereby a "business-as-usual" approach, resulting from the behavioral corporate patterns, can jeopardize the continued existence of the company. Due to the commonly use of the term Tipping point, representing the crossing of a threshold often resulting in irreversible qualitative system changes, the article first presents the current scientific discourse. Different Tipping point concepts are identified by an interdisciplinary literature analysis and a general definition is postulated. Explorative interviews are conducted for identification of interacting variables that could create a Tipping point in the corporate environment. Special consideration is given to corporate patterns of thinking and behavior in the content-analysis. Based on the empirical study, a qualitative system dynamics approach is used to identify and analyze the interrelationships. The interaction with the development of drive train technology of an OEM serves as a case study. Theoretical basis builds the system theory, which allows structuring the business environment and the company. The theory of Punctuated Equilibrium is used to explain the phenomenon of Tipping point. By collecting variables and cause-effect relationships, time-dynamic statements can be made about how companies deal with Tipping points. Finally, recommendations for the methods and strategies of strategic foresight are derived to enable early detection of future Tipping points to generate sustainable competitive advantage for companies.

## **Keywords**

Tipping point, Punctuated Equilibrium, System Theory, Corporate Foresight

## 1 Einführung

Die Automobilindustrie, als einer der wichtigsten Industriezweige Deutschlands, ist einem Wandel ausgesetzt, der sich in unterschiedlichen Handlungsfeldern der Politik, der Wirtschaft und auch der Gesellschaft zeigt [GTA20-01, S. 6], [BMW20a-01], [KPM20-01, S. 17], [McK19-01, S. 6]. Disruptive Megatrends, die über die Veränderung des Mobilitätssektors hinausreichen, fordern die Aufrechterhaltung der Zukunftsfähigkeit der Branche zudem weiter heraus. Der Erfolgskurs der Automobilindustrie sieht sich somit vor allem mit zwei revolutionären Kräften konfrontiert - den disruptiven Megatrends und der neuen Dynamik, die durch den Wandel weiter vorangetrieben wird und über die traditionellen Gruppen an Akteuren und Regionen hinausgeht. Die Industrie befindet sich an einem sog. *Tipping point*, welcher eine oftmals irreversible, qualitative Systemveränderung zur Folge hat [McK19-01, S. 8].

Der vorliegende Beitrag knüpft hier an und verfolgt das Ziel, das Phänomen Tipping point im Kontext des Gesamtsystems Unternehmen verstehen zu können. Dabei werden zunächst aktuelle Tipping point-Konzeptionen des wissenschaftlichen Diskurs dargelegt, um darauf aufbauend eine theoretische Verortung vorzunehmen und theoriegeleitet Leitfragen zur Erhebung empirischer Daten zu entwickeln.

Es wird ein qualitativer, fallbasierter Forschungsansatz gewählt, da dieser für die Untersuchung komplexer Prozesse eines Individuums, einer Gruppe oder einer Organisation, sowie für die Untersuchung der Prozessentwicklung über die Zeit geeignet ist [Yin03], [CFS+09, S. 849], [BHL+11, S. 1870]. Explizit werden explorative, teilstandardisierte Interviews mit Expertinnen und Experten geführt. Interviews von Experten und Expertinnen eignen sich wegen der Schärfung des Problembewusstseins der Forschenden als qualitative Methode der empirischen Sozialforschung [Fli09, S. 168], [BM09, S. 64]. Explorative, teilstandardisierte Interviews unterstützen im Besonderen die thematische Strukturierung des Untersuchungsgebiets und das Generieren von Hypothesen, wobei der offene Charakter das Erzählen von Erlebnissen durch die Befragten bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Erkenntnisinteresses der Forschenden durch die leitfadenbasierte Durchführung zulässt [BM09, S. 6], [GL04, S. 39f.]. Zur Erforschung des Umgangs mit Tipping points in Unternehmen wird im vorliegenden Beitrag ein Einzelfall betrachtet, da sich dieser für die Exploration von Phänomenen, die extremer oder seltener Natur sind, sowie für die Weiterentwicklung von Theorien eignet [Kru07, S. 98].

Durch eine system-dynamische Aufbereitung der empirisch gewonnenen Daten werden einerseits unternehmensimmanente Denk- und Verhaltensmuster sichtbar. Diese lassen sich in einem weiteren Schritt zu unternehmensspezifischen Strategien für den Umgang mit Tipping points aggregieren. Andererseits lassen sich aus dem Wissen um die Entstehungsbedingungen von Tipping points Implikationen für die Methoden und Strategien der Strategischen Vorausschau ableiten.



## 2 Interdisziplinärer Literaturüberblick

Das Konzept des *Tipping points* hat seinen Ursprung in der Chemie und Mathematik, in denen Tipping points als qualitative Veränderung in einem System mathematisch als Bifurkation beschrieben werden. Als Bifurkation wird hierbei eine "*qualitative Änderung eines parameterabhängigen mathematischen Objektes bei bestimmten kritischen Parameterwerten, den sog. Bifurkationswerten [bezeichnet]*" [Spe20-ol]. Erst später wurde das Konzept der Tipping points auch in den Sozialwissenschaften<sup>1</sup> zur Beschreibung von sozialem Wandel (wieder)entdeckt, die sich dazu auch anderer Begrifflichkeiten bedienen. Sie sprachen etwa von sog. *thresholds* (dt. Schwellenwerte) oder von einem *Punctuated Equilibrium* (dt. punktiertes Gleichgewicht). Dabei verwendeten sie zur Beschreibung nicht die Bifurkationstheorie aus den Geistes- und Naturwissenschaften, sondern entwickelten entweder eigene mathematische Modelle, oder zogen das Konzept des Tipping points als Metapher heran [MHB+18, S. 2ff.].

Populärwissenschaftliche Bekanntheit erlangte das Konzept insbesondere durch die Aufarbeitung des Prinzips in MALCOLM GLADWELLS Buch *The Tipping point: How little things can make a big difference*. GLADWELL proklamiert darin drei Faktoren, die seiner Meinung nach darüber entscheiden, ob von einer kleinen Gruppe an Menschen eine sog. soziale Pandemie ausgelöst wird und es somit zum Kippen des Systems kommt: das Gesetz der Wenigen (law of the few), der Stickiness-Faktor und die Macht, die von den Umständen ausgeht (power of context) [Gla00, S. 30ff.]. GLADWELLS (Erfolgs-) Faktoren basieren auf einem epidemischen Verständnis sozialer Veränderungsprozesse. Wenngleich er von Kritikern beschuldigt wurde Binsenweisheiten zu unterbreiten, so fand sein Konzept dennoch bei Managementkoryphäen wie etwa HENRY MINTZBERG, W. CHAN KIM oder RENÉE MAUBORGNE, Anklang. Die beiden letzteren verfassten eine Fallstudie zur Verbrechensbekämpfung in New York und prägten damit den Begriff des *Tipping Point Leaderships*, das davon ausgeht, dass für einen strategischen Change-Prozess nicht die breite Masse bespielt werden sollte, sondern die Extreme, d.h. Menschen, Handlungen und Aktivitäten, die einen überproportionalen Einfluss auf die Performance einer Institution ausüben [KM03-ol], [Rus11, S. 183].

Neben GLADWELL, der den Begriff vor allem der breiten Öffentlichkeit bekannt machte, hat auch die sozio-ökologische Systemforschung, insbesondere im Bereich der Klimaforschung, zur Verbreitung und Diversifikation der Begrifflichkeit in den 2010er-Jahren beigetragen. Aufgrund der breiten Anwendung des Begriffs in den Natur- und Sozialwissenschaften und der damit einhergehenden Vernachlässigung möglicher Unterschiede in den unterschiedlichen Kippverhalten, bedarf es Klassifizierungskriterien und einer allgemeingültigen Definition. Die Definition sollte dabei interdisziplinäre Gültigkeit besitzen, sich aber gleichzeitig von Phänomenen, die fälschlicherweise mit der gleichen Begrifflichkeit beschrieben werden, abgrenzen [MHB+18, S. 3], [BD15].

---

<sup>1</sup> Vgl. bspw. Grodzins (1957) hinsichtlich rassistischer Segregation in Wohngebieten oder auch Granovetter (1978), der den Begriff *threshold* zur Beschreibung von Unterschieden bei der individuellen Entscheidung an einem kollektiven Verhalten teilzunehmen beschreibt; Baumgartner und Jones (1993) verwendeten den Begriff *Punctuated Equilibrium* zur Erklärung von langen Perioden politischer Stabilität, die von dramatischen Momenten des Wandels unterbrochen werden.

Wegen der zugrundeliegenden umfangreichen, interdisziplinären Datenbasis und dem allgemeinen, aber klaren Charakter der folgenden Definition, wird diese zur Beschreibung eines Tipping points für den vorliegenden Beitrag herangezogen:

*"[A] Tipping point is a threshold at which small quantitative changes in the system trigger a non-linear change process that is driven by system-internal feedback mechanisms and inevitably leads to a qualitatively different state of the system, which is often irreversible" [MHB+18, S. 11].*

Eine Verwendung des Begriffs ist dabei nur dann zulässig, wenn die vier Charakteristika

- multiple stabile Zustände,
- nichtlinearer Wandel,
- Feedback als treibender Mechanismus und
- begrenzte Unumkehrbarkeit für den zu untersuchenden Sachverhalt vorliegen.

Für den Fall der Antriebstechnologie wird dies in Kapitel 4.1 skizziert.

### **3 Theoretische Verortung**

Theoretische Grundlage der Untersuchung bilden die Theorie des Punctuated Equilibriums sowie die Systemtheorie. Nachfolgend werden die beiden Theorien vorgestellt.

#### **3.1 Tipping point als Punctuation**

Ursprünglich in der Paläobiologie als Modell der Evolution von Spezies entstanden, hat die Theorie des Punctuated Equilibriums unlängst Einzug in die Organisationsforschung als Erklärung dafür erhalten, wie Unternehmen ihre Struktur und ihre Prozesse im Laufe der Zeit verändern können [EG72], [Uot18, S. 132]. Dabei lässt sich die Theorie wie folgt definieren:

*"Punctuated Equilibrium (often abbreviated "PE" or colloquially termed "punc eq") is a theory that conceptualizes change in a system as being triggered relatively suddenly over a brief period, while between these brief episodes are relatively long periods of time where changes still occur but rarely accumulate to cause noticeable differences." [DWS12, S. 336]*

Dabei umschließt die zentrale These der Theorie die drei Konzepte Stagnation (engl. *stasis*), Punctuation (engl. *punctuation*) und dominante relative Frequenz (engl. *dominant relative frequency*), welche in Bild 1 dargestellt sind [EG72], [DWS12].

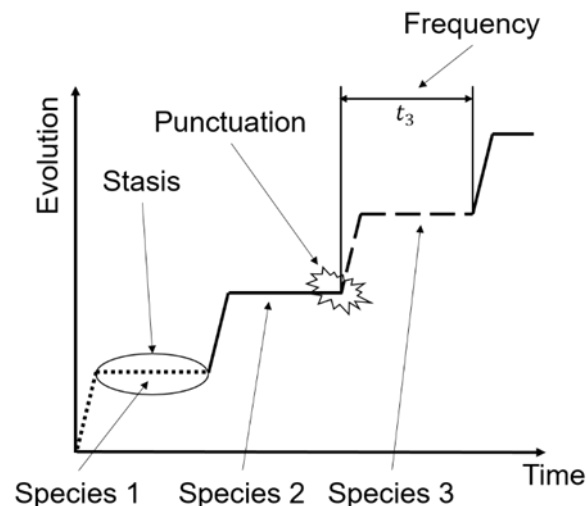


Bild 1: Theorie des Punctuated Equilibrium zur Entwicklung von Spezies [DWS12, S. 337]

Grundsätzlich stellt die Theorie des Punctuated Equilibriums die Hypothese auf, dass einige Organisationen in ihrer Struktur oder in ihren Verhaltensmustern über längere Zeiträume hinweg im Wesentlichen unverändert bleiben, weil die Kräfte der Trägheit und des Institutionalismus einer Akkumulation von Veränderungen widerstehen [TR85]. Dabei schließt diese Hypothese eine kontinuierliche Änderung von Praktiken, Strukturen und Strategien über die Zeit nicht aus, sondern besagt nur, dass sich diese Veränderungen nicht zu solchem Maße akkumulieren, welches für eine Veränderung nötig wäre, sodass die Organisation effektiv unverändert bleibt. Weiter geht die Theorie davon aus, dass Veränderungen durch Ereignisse ausgelöst werden und über kurze Zeiträume erfolgen, die eine schnelle und umfassende Anpassung der Organisation erforderlich machen [DWS12, S. 338].

Daran anlehnend besagt das Punctuated Equilibrium-Modell der Organisationalen Transformation (engl. *Punctuated Equilibrium model of organizational transformation*), dass sich Organisationen durch abwechselnde Perioden von Konvergenz und Neuorientierung entwickeln [Ger91], [RT94, S. 1141]. Konvergenz bezieht sich dabei auf inkrementelle oder graduelle Veränderungen und entspricht einer Periode der Stabilität für das Unternehmen (Gleichgewichtsperiode, in Anlehnung an das Konzept der Stagnation), in der sich die grundlegenden Aktivitätsmuster (engl. *basic patterns of activity*) entwickeln, die die bestehende Strategie des Unternehmens verstärken und die Trägheit erhöhen. Kleine Veränderungen in Strategie, Strukturen und Machtverteilung können in dieser Phase keine grundlegenden Transformationen hervorrufen. Die Gleichgewichtsperioden werden von relativ kurzen Ausbrüchen grundlegender, schneller und diskontinuierlicher Veränderungen (revolutionäre Perioden oder Perioden der Neuausrichtung) unterbrochen (Konzept der Punktation), die sich in allen Bereichen der unternehmerischen Tätigkeit (Strategie, Struktur, Machtverteilung, Kontrollsysteme) ausbreiten und somit zu radikalen Veränderungen oder strategischer Neuausrichtung führen. Die Trägheit des Unternehmens wird durch die Abruptheit und Geschwindigkeit der Veränderung überwunden [DGB15, S. 413]. Revolutionäre Perioden unterbrechen also etablierte Aktivitätsmuster und legen die Basis für neue Gleichgewichtsperioden [RT94].

Dem Theorieverständnis des Punctuated Equilibriums folgend, stellt ein Tipping point die Unterbrechung eines Gleichgewichtszustands dar. Tipping points lassen sich somit als Punktuationen interpretieren.

### 3.2 Unternehmen als dynamische, offene soziale Systeme

Dem Verständnis von NADLER UND TUSHMAN folgend, können Organisationen "*better [be] understood if they are considered as dynamic and open social systems*" [NT80, S. 37]. Grundlage solcher Aussagen bildet dabei die Systemtheorie, die die Beschreibung unterschiedlicher Systeme ungeachtet ihrer spezifischen Natur ermöglicht, wie bspw. von technischen und sozialen Systemen, aber auch von Innovationssystemen [Rop09], [Luh87], [Wei17, S. 34], [MPP10, S. 128]. Die Systemtheorie stellt folglich einen Weg dar mit Komplexität umzugehen [WAS19].

Nach ROPOHL, der das strukturelle, das funktionale und das hierarchische Konzept von Systemen in einer Definition vereint, lässt sich ein System grundsätzlich wie folgt beschreiben:

*"Ein System ist das Modell einer Ganzheit, die (a) Beziehungen zwischen Attributen (Inputs, Outputs, Zustände etc.) aufweist, die (b) aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht, und die (c) von ihrer Umgebung bzw. von einem Supersystem abgegrenzt wird"* [Rop09, S. 77].

Ein System weist demnach Elemente auf, die zueinander in Beziehung stehen und sich gegenseitig beeinflussen. Dabei gilt zu beachten, dass neue emergente Eigenschaften durch das Zusammenwirken einzelner Elemente entstehen. Diese emergenten Eigenschaften lassen sich allerdings nicht durch die Summation der Eigenschaften der Einzelelemente erklären, sondern nur bei gemeinsamer Betrachtung. Weiter existiert eine zu bestimmende Systemgrenze, die das System von der Umwelt abgrenzt. Ein System kann jedoch auch als offen verstanden werden, wenn es fähig ist Energie, Materie und Informationen mit der Umwelt auszutauschen [MPP10, S. 129].

Im vorliegenden Beitrag wird anlehnend an die Systemtheorie das STEEP-Modell zur Strukturierung des Unternehmensumfelds, mit welchem das Unternehmen im Austausch steht, herangezogen. Das STEEP-Modell unterteilt dabei das weite Umfeld eines Unternehmens in gesellschaftliche Umwelt (**S**ociety), technologische Umwelt (**T**echnology), wirtschaftliche Umwelt (**E**conomy), ökologische Umwelt (**E**cology) und politische Umwelt (**P**olitical) [Pil07, 86f.]. Durch diese Strukturierung lassen sich Austauschbeziehungen zwischen dem Unternehmen und seinem Umfeld systematisch erfassen. Gleichzeitig dienen die Faktoren als Hilfsmittel um das dynamische, offene soziale System Unternehmen für die Untersuchung handhabbar zu machen und definieren somit die Grenzen des Systems.

## 4 Empirie

Bevor auf die Ergebnisse der Erhebung eingegangen wird, wird zunächst die Fallauswahl begründet und, im Sinne wissenschaftlicher Transparenz, das Vorgehen zur Durchführung und Auswertung der Interviews vorgestellt.

## 4.1 Der Fall der Antriebstechnologie

In diesem Unterkapitel wird die aktuelle Situation in der Automobilindustrie beleuchtet, sowie auch die Geeignetheit des Falls als Untersuchungsgegenstand in aller Kürze erörtert.

### Herausforderungen der Branche

Mit einem Gesamtumsatzvolumen von 435,3 Milliarden Euro in 2019 und mit 833.000 direkten beschäftigten Personen gehört die Automobilindustrie zu den wichtigsten Industriezweigen Deutschlands [GTA20-ol, S. 6], [BMW20a-ol]. Die weltweiten Ausgaben der deutschen Automobilhersteller für Forschung und Entwicklung lagen dabei allein im Jahr 2018 bei insgesamt 44,6 Milliarden Euro, was in etwa einem Drittel aller globalen F&E-Ausgaben in der Industrie entspricht [GTA20-ol, S. 8], [BFH+18, S. 9]. Die Industrie als Ganzes ist allerdings einem fundamentalen Wandel ausgesetzt, beginnend mit dem Vertrauensverlust der Kunden, u.a. als Reaktion auf das Diesel-Gate, über ausgeübten Konkurrenzdruck asiatischer Märkte und das Eintreten neuer Wettbewerber, bis hin zu disruptiven Megatrends<sup>2</sup>, die nicht nur den Mobilitätssektor nachhaltig verändern werden [KPM20-ol, S. 17], [McK19-ol, S. 6].

Hinzu kommt die politisch auferlegte CO<sup>2</sup>-Reduktion im Transportmittelsektor zur Bekämpfung bzw. Verlangsamung des Klimawandels, die gleichermaßen Druck auf Automobilbauer und Zulieferer ausübt. Dabei steht vor allem die Zulieferlandschaft mit seinen klein- und mittelständischen Unternehmen in Folge der Elektrifizierung des Antriebstrangs, aufgrund obsolet werdender Geschäftsmodelle und Produkte, unter enormem Handlungsdruck [Del20-ol, S. 3]. Neben all diesen treibenden Faktoren, beschleunigen zuletzt auch Liquiditätseingänge, sowie ausbleibende Investitionen in Innovationen und zukunftsfähige Geschäftsfelder aufgrund der aktuellen Corona-Pandemie den langfristigen Strukturwandel der Branche [BMW20c-ol], [BMW20b-ol, S. 2], [BMW20a-ol, S. 11].

### Begründung des Fallbeispiels

Im Fall der Antriebstechnologie sind unterschiedliche Systemzustände des Gesamtsystems denkbar (bspw. Wasserstoffwirtschaft), wobei der Zustand in der Vergangenheit zunehmend von der Technologie und dem damit einhergehenden *dominant design* bestimmt wurde [UA75]. Die Durchsetzung eines neuen Zustands wird von Investitionen, Politik und dem Wettbewerb vorangetrieben, wobei die Wettbewerber untereinander, sowie auch die komplexe vertikale Wertschöpfungskette der Automobilindustrie auf diese Treiber reagieren. Gepaart mit dem Wissen um den Verlauf von Technologien, wird ab einem gewissen Punkt eine revolutionäre Veränderung ausgelöst, die zu einem nicht-linearen Wandel des Systems führt. Wegen der Manifestation neuer Abhängigkeiten (bspw. Infrastruktur, Sektorkopplung) ist ein neu erreichter Zustand nur begrenzt unumkehrbar.

---

<sup>2</sup> Trends werden bspw. von Innovationen ausgelöst und haben Auswirkungen auf die Gesellschaft als Ganzes. Die Geschwindigkeit des Wandels wird dabei je nach Perspektive als vergleichsweise schnell oder langsam wahrgenommen. Sie lassen sich anhand ihrer Dauer, Ausmaß, Evolutionspfad oder Struktur analysieren und sind nicht von einzelnen Akteuren in ihrer Wirkrichtung und Intensität steuerbar. Ein Megatrend zeichnet sich dadurch aus, dass er über Generationen hinweg wirkt und komplexe Beziehungen zwischen einer Vielzahl an Faktoren beschreibt [SS11, S. 293].

## 4.2 Vorgehen zur Datenerhebung und Auswertung

Der Leitfaden (vgl. Tabelle 1) zur Interviewdurchführung wurde theoriegeleitet entwickelt. Die Zuordnung der Leitfragen zu den Annahmen der Theorie des Punctuated Equilibriums lässt sich dabei wie folgt darlegen:

- Tipping point löst nicht-linearen Wandel aus: Leitfrage 1
- Feedback des Systems ist treibender Mechanismus: Leitfrage 5
- Begrenzte Unumkehrbarkeit nach Überschreiten eines Tipping points: Leitfragen 2, 4, 10
- Kontextabhängigkeit (intern, extern, zeitlich): Leitfragen 2, 4
- Tipping point als Punctuation: Leitfragen 8, 9, 10
- Umgang im Unternehmen mit Tipping points (subjektive Einschätzung): Leitfragen 3, 6, 7, 10

*Tabelle 1: Interviewleitfaden*

|  |
|--|
| <p><b>Verlauf, Dynamiken, Einflussfaktoren und Entstehungsbedingungen (Tipping point und Prozess):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wie beschreiben Sie den Verlauf, wie es dazu kam?</li> <li>2. Warum hat es sich so entwickelt?</li> <li>3. Wer oder was war maßgeblich an der von Ihnen beschriebenen Entwicklung beteiligt?</li> <li>4. Wäre diese Entwicklung jederzeit möglich gewesen?</li> <li>5. Was waren Auslöser der Entwicklung?</li> </ol> |
| <p><b>Verhaltensmuster im Team / Abteilung / Konzern:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Was ist für Sie unternehmenstypisch / abteilungstypisch an der Entwicklung?</li> <li>7. Gibt es Situationen, wo sie sagen würden, dass Ihr Unternehmen / Ihre Abteilung / Ihr Team immer gleich reagiert?</li> </ol>   |
| <p><b>Reflexion (Tipping point als Ereignis):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Gab es Anzeichen, im Sinne von Frühwarnsignalen, die aus Ihrer Sicht eine solche Entwicklung im Rückblick abschätzbar gemacht hätten?</li> <li>9. Worin sehen Sie "Lehren" oder "Lessons learned" für die Zukunft?</li> <li>10. Sehen Sie in Zukunft - die nächsten 5 / 15 / 25 Jahre - diesbezüglich eine Änderung?</li> </ol>  |

Die Auswahl der Interviewpartnerinnen Interviewpartnern erfolgte gezielt, wobei die Personen zwei Kriterien erfüllen mussten. Erstens sollten sie Berufserfahrung von zehn bis 20 Jahren aufweisen, aufgrund langer Technologiezyklen in der Automobilindustrie. Zweitens sollten sie über das notwendige, technologische Know-how verfügen, dass zur Untersuchung des Falls notwendig ist. Um diesen Kriterien gerecht zu werden, wurden Führungskräfte eines OEMs aus dem Bereich Forschung und Entwicklung als Interviewpartnerinnen und Interviewpartner gewählt, die sowohl das geforderte Maß an Berufserfahrung, als auch eine entsprechende technologische und wissenschaftliche Ausbildung aufwiesen. Die Expertinnen und Experten wurden so ausgewählt, dass die notwendige Bandbreite an Antriebsarten (Verbrenner, Batterie, Alternative Antriebe und Kraftstoffe, wie bspw. Brennstoffzelle und Wasserstoff) und auch damit verbundene Themen (Digitale Innovationen und Mobilitätslösungen) abgedeckt sind.

Nach der Durchführung der Interviews<sup>3</sup> werden diese nach KUCKARTZ transkribiert und mittels einer **qualitativen, zusammenfassenden Inhaltsanalyse** mit **induktiver Kategorienbildung** ausgewertet [Kuc16, S. 166ff.], [Kai14, S. 145], [MF14, S. 544], [May00, S. 3].<sup>4</sup> Die Auswertung der Transkripte folgt dabei keiner spezifischen Reihenfolge. Aufgrund der Fülle und Breite der durch die Interviews gesammelten Informationen, werden inhaltstragende Passagen, die ein Selektionskriterium (vgl. Tabelle 2) erfüllen, vor der induktiven Kategorienbildung zusätzlich paraphrasiert, um das Datenmaterial hinsichtlich geäußerter Wirkbeziehungen weiter zu verdichten.

Die externen Selektionskriterien ergeben sich aus der theoretischen Überlegung, dass Unternehmen offene soziale Systeme sind, die sich in ein Umfeld betten. Das Kriterium **Wettbewerb und Innovationsdynamik** wird in Anlehnung an PORTER'S Five Forces zur Erfassung der Einflüsse, die das nahe Umfeld auf das Verhalten eines Unternehmens nimmt, ergänzt [Por91, S. 100]. Die internen Selektionskriterien dienen dem Erfassen der Aussagen der Befragten zu im Unternehmen existierenden Denk- und Verhaltensweisen.

*Tabelle 2: Übersicht der Selektionskriterien*

| <b>Externe Kriterien (Unternehmensumwelt)</b>    |   |
|--|---|
| <b>Selektionskriterium</b>                       | <b>Beschreibung</b>   |
| Sozio-kulturelle Einflussfaktoren (incl. Kunden) | Aussagen zu gesellschaftlichen Einflüssen                           |
| Technologische Einflussfaktoren                  | Aussagen zu den Eigenschaften der Technologieoptionen des Antriebs  |
| Ökonomische Einflussfaktoren                     | Aussagen zu Faktoren, die die Wirtschaft und Finanzmärkte betreffen |
| Ökologische Einflussfaktoren                     | Aussagen zu Faktoren, die die ökologische Umwelt betreffen          |
| Politische Einflussfaktoren                      | Aussagen zu politischen Rahmenbedingungen und Gesetzgebung          |
| Wettbewerb & Industriedynamik                    | Aussagen zu Wettbewerbern, Zulieferern und Marktdynamiken           |

<sup>3</sup> Die Interviews wurden im Zeitraum vom 04.11.20 bis 15.12.20 per Skype for Business durchgeführt und mit einem Audiorecorder aufgezeichnet. Ein Interview dauerte im Schnitt etwa 66 Minuten. Insgesamt liegt Audiomaterial von rund 264 Minuten vor.

<sup>4</sup> Als Kodiereinheit werden mehrere Wörter mit Sinnzusammenhang festgelegt. Die Kontexteinheit bildet ein Absatz. Die Auswertungseinheit stellt alle Interviewtranskripte dar. Bei einem merklich neuen Gedanken wird ein neuer Absatz eingefügt, da die Antworten auf die Leitfragen teilweise eine Vielzahl an unterschiedlichen Aspekten aufweisen.

| <b>Interne Kriterien (Fortsetzung von Tabelle 2)</b> |  |
|--|--|
| <b>Selektionskriterium</b>                           | <b>Beschreibung</b>  |
| Selbstbild Unternehmen (allgemein)                   | Aussagen zum Unternehmen als Ganzes und zur Unternehmenskultur (bewertend) |
| Handlungen und Entscheidungen                        | Aussagen zum Verhalten von Führungskräften und deren Entscheidungen        |
| Organisationsentwicklung                             | Aussagen zu organisationalen Veränderungsprozessen                         |
| Umgang mit Wandel (spezifisch)                       | Aussagen zum Umgang im Unternehmen mit Herausforderungen                   |
| Lessons Learned                                      | Aussagen zu Verbesserungspotentialen zum Umgang                            |

Die ermittelten Zusammenhänge werden mithilfe einer **qualitativen System Dynamics-Modellierung** visuell aufbereitet, um die zugrundeliegenden kausalen Beziehungen des Verhaltens bei Eintreten eines Tipping points über die Zeit verstehen zu können. Ein System Dynamics-Modell ist deshalb geeignet, da es die Integration von Faktoren auf schlüssige Art und Weise ermöglicht, um so neue Erklärungen, Erkenntnisse und überprüfbare Hypothesen zu erhalten [Ste00], [Goo19, S. 654], [SSB18, S. 660]. System Dynamics-Modelle sind hierbei nur ein Hilfsmittel um

*"soziale und technologische Systemstrukturen, Wechselwirkungen und mögliche Entwicklungspfade [...] identifizieren [zu können]. Dabei ist System Dynamics zunächst keine spezifische Methodik, sondern eine Darstellungsweise, die statt einzelner Aspekte und Zusammenhänge das Gesamtsystem eines Systems abbildet" [Köh16, S. 34].*

### 4.3 Analyseergebnisse

Tabelle 3 zeigt die Verteilung der zugeordneten Absätze zu den Selektionskriterien, die aus der inhaltlichen Überprüfung der einzelnen Absätze der Transkription auf Erfüllung der Selektionskriterien folgt. Quantitativ am meisten Berücksichtigung in den Aussagen der Expertinnen und Experten haben die Selektionskriterien **Handlungen und Entscheidungen** (intern) und **Technologische Einflussfaktoren** (extern) erfahren. Dies kann einerseits auf den spezifischen Untersuchungsfall, sowie auf die grundsätzliche Entscheidungsfindung in etablierten Unternehmen zurückgeführt werden.



Tabelle 3: Verteilung der inhaltstragenden Absätze

| Selektionskriterium |  | Anzahl Absätze |
|---------------------|--|----------------|
| extern              | Sozio-kulturelle Einflussfaktoren (incl. Kunden) | 20             |
|                     | Technologische Einflussfaktoren                  | 37             |
|                     | Ökonomische Einflussfaktoren                     | 3              |
|                     | Ökologische Einflussfaktoren                     | 3              |
|                     | Politische Einflussfaktoren                      | 18             |
|                     | Wettbewerb & Innovationsdynamik                  | 21             |
| intern              | Selbstbild Unternehmen                           | 42             |
|                     | Handlungen und Entscheidungen                    | 72             |
|                     | Organisationsentwicklung                         | 13             |
|                     | Wahrgenommener Umgang mit Wandel                 | 11             |
|                     | Lessons Learned                                  | 9              |

Für die **externen Selektionskriterien** ergeben sich insgesamt 51 Einflussfaktoren, die zu 22 Oberkategorien zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Zuordnung der Oberkategorien zu externen Selektionskriterien

| Externes Selektionskriterium                     | Oberkategorien                                    | Beschreibung der Oberkategorien   |
|--|---|---|
| Sozio-kulturelle Einflussfaktoren (incl. Kunden) | Gesellschaftliche Erwartungen                     | Gesellschaftliche Erwartungen an das Produkt "Auto" und an die Produktfolgenentwicklung vor dem Hintergrund eines gesellschaftlichen Bewusstseins für Klimaschutz & Klimawandel |
|  | Technologieakzeptanz                              | Kundenakzeptanz für neue Technologien und Vertrauensverlust der Kunden in Verbrennungstechnologie   |
|  | Öffentliche Wahrnehmung                           | Wahrnehmung des Unternehmens durch Kunden und Gesellschaft  |
| Technologische Einflussfaktoren                  | Energieträger und Energieversorgung               | Eigenschaften des Energiesektors, der Energieversorgung und der Energieträger   |
|  | Eigenschaften Technologieoptionen                 | Eigenschaften der unterschiedlichen Antriebstechnologieoptionen, wie z.B. Komplexität des Antriebstrangs, Wirkungsgrad, Reifegrad   |
|  | Verfügbarkeit der Technologie                     | Industrialisierungsgrad, Skalierbarkeit und Verfügbarkeit der Technologie   |
|  | Innovationsdynamik & Durchsetzung der Technologie | Offenheitsgrad der Technologiepfade und Veränderungsvolatilität der Technologie   |
| Ökonomische Einflussfaktoren                     | Investitionsverhalten Finanzmärkte                | Zunehmender Einfluss klimapolitischer Ansprüche auf das Verhalten der Investoren  |
|  | Volatilität der Marktdynamiken                    | Veränderungen am Markt  |
| Ökologische Einflussfaktoren                     | Dynamik des Klimasystems                          | Entwicklung des Klimasystems  |
|  | Umweltbelastung                                   | Belastung der Umwelt durch CO <sub>2</sub>  |
|  | Ressourcenverknappung                             | Verknappung lebenswichtiger Ressourcen, wie z.B. Wasser   |
| Politische Einflussfaktoren                      | Verantwortungsgefühl Staat                        | Ausprägung der Verantwortung des Staates für Mobilitätswende  |
|  | Grad der Technologieoffenheit der Politik         | Bandbreite der Förderung und Subventionierung des Staates von unterschiedlichen Antriebsarten   |
|  | Einfluss der Industrie auf Politik                | Einfluss der Industrie auf Politik durch Lobbyismus   |
|  | Klimapolitische Gesetzgebung & Vorgaben           | Grad der Ausprägung des Klimabewusstseins in politischer Agenda   |
|  | Subventionierung neuer Technologien               | Subventionierung von bspw. Wasserstoff und E-Mobilität  |
| Wettbewerb & Innovationsdynamik                  | Gleiche, internationale Spielregeln               | Internationaler Konsens über Technologieentwicklung und Preisniveaugleichheit   |
|  | Wettbewerber & Wettbewerbsdynamik                 | Abhängigkeit der Wettbewerber untereinander und Eintritt von neuen Playern  |
|  | Zulieferer  | Abhängigkeit von Zulieferern und deren Innovationsfähigkeit   |
|  | Industriezyklus                                   | Trägheit der Automobilindustrie mit langen Entwicklungszyklen   |
|  | Sektorkopplung                                    | Potential der Sektorkopplung der Automobilindustrie mit Energiewirtschaft   |

Bei den Aussagen, die sich den **internen Selektionskriterien** zuordnen lassen, hat das Selektionskriterium **Selbstbild Unternehmen** am meisten Berücksichtigung erhalten. Für die internen Selektionskriterien ergeben sich insgesamt 56 Einflussfaktoren, die zu 19 Oberkategorien subsumiert werden (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Zuordnung der Oberkategorien zu internen Selektionskriterien

| Internes Selektionskriterium     | Oberkategorien                                     | Beschreibung der Oberkategorie  |
|----------------------------------|--|---|
| Selbstbild Unternehmen           | Historie   | Historische Entwicklung und Beeinflussung des Innovationsverhaltens   |
|                                  | Innovationsverhalten                               | Entstehung von Innovationen und Vorgehen bei der Entwicklung  |
|                                  | Mindset  | Komponenten des organisationalen Mindsets   |
|                                  | Strategisches Handeln des Managements              | Wahrnehmung über getroffene strategische Entscheidungen des Managements   |
|                                  | Selbstverständnis                                  | Charakteristika des Unternehmens als Ganzes   |
|                                  | Unternehmenskultur                                 | Gemeinsame Werte, Normen und Einstellungen  |
|                                  | Unternehmensorganisation                           | Themenverteilung und Führungsstil   |
| Handlungen und Entscheidungen    | Charakteristika der Führungsebene                  | Visionäres Denken und strategischer Mut   |
|                                  | Strategische Neuausrichtung                        | Technologiefokussierung und Commitment des Management   |
|                                  | Handlungsrahmen und Haftbarkeit des Managements    | Abhängigkeit durch Aufsichtsrat und Länge der "Legislaturperiode" des Managements                                   |
|                                  | Risikoverteilung & Technologieoffenheit            | Beteiligung an Start Ups und Zukauf von Komponenten der Zukunft bzw. Auslagerung von Zukunftsthemen durch Spin Offs |
|                                  | Priorisierung des Kerngeschäfts                    | Priorisierung Kerngeschäft zur Aufrechterhaltung des Investitionsvolumens   |
| Organisationsentwicklung         | Reorganisation Unternehmensstruktur                | Strukturelle Umsortierung von Abteilungen und Neuausrichtung der Aufgabenbereiche                                   |
|                                  | Managemententwicklung und Recruiting               | Verjüngung des Managements durch Buy-Out und intern-gewachsenes Management  |
| Wahrgenommener Umgang mit Wandel | Steuerung und Begleitung des Veränderungsprozesses | Budgetbasierte Projektsteuerung bei Begleitung des Veränderungsprozesses  |
|                                  | Macht-, Bedeutungs- und Ressourcenverlust          | Macht-, Ressourcen- und Bedeutungsverteilungen zwischen den Abteilungen   |
|                                  | Kompetenzverlust                                   | Kompetenz- und Wissensverlust durch Abwanderung bzw. Neuorientierung von Mitarbeitenden                             |
|                                  | Wandlungsfähigkeit                                 | Wandlungsbereitschaft der Mitarbeitenden und der Führung  |
|                                  | Interner Widerstand                                | Zusammenhalt der Mitarbeitenden und Vorbehalte gegenüber alternativen Antriebsarten                                 |

Die 22 Kategorien, die sich aus den inhaltstragenden Passagen zu **Selbstbild Unternehmen** ergeben, lassen sich weiter zu den sieben Oberkategorien *Historie*, *Innovationsverhalten*, *Mindset*, *Strategisches Handeln des Managements*<sup>5</sup>, *Selbstverständnis*, *Unternehmenskultur* und *Unternehmensorganisation* verdichten. Die Aussagen zum Selbstbild des Unternehmens werden bei Vorliegen einer Kausalzusammenhangbeschreibung zu den externen Einflussfaktoren des Gesamtsystems in Beziehung gesetzt. Die entwickelten Kategorien der Kriterien **Handlungen und Entscheidungen**, **Organisationsentwicklung** und **Wahrgenommener Umgang mit Wandel** dienen als Grundlage zur Beschreibung der Bewältigungsstrategien im Kontext eines Tipping points. Die beiden im folgenden vorgestellten Reaktionsstrategien - sowie das

<sup>5</sup> Da hier eine subjektive Reflexion des strategischen Handelns durch die Befragten stattfindet, werden diese Aussagen nicht dem Selektionskriterium Handlungen und Entscheidungen zugeordnet, welches nach möglichst objektiven Aussagen strebt.

danach aufgezeigte Gesamtsystem - basieren auf den gewonnenen Erkenntnissen der empirisch erhobenen Daten und werden durch eigene Darstellungen visuell aufbereitet.

Die in Bild 2 illustrierte, ausgleichende Reaktionsstrategie lässt sich bei inkrementeller Veränderung der Umwelt aus den analysierten Interviewaussagen identifizieren. Ausgleichend ist sie deshalb, da über die Auslagerung neuer, risikoreicher Zukunftsthemen in Form von Spin Offs eine Abnahme der Unsicherheit des Umfeld mit Zeitverzögerung einhergeht. Dabei kommt es aber nicht zu nennenswerten Veränderungen, die dazu führen würden, dass sich das Unternehmen bereits zu diesem Zeitpunkt transformiert. Bedingende Einflüsse sind hier interne Hemmnisse in Form von begrenzten Freiheitsgraden beim Treffen von Entscheidungen, oder ressourcenzehrenden Organisationsstrukturen aufgrund der Größe des Unternehmens.

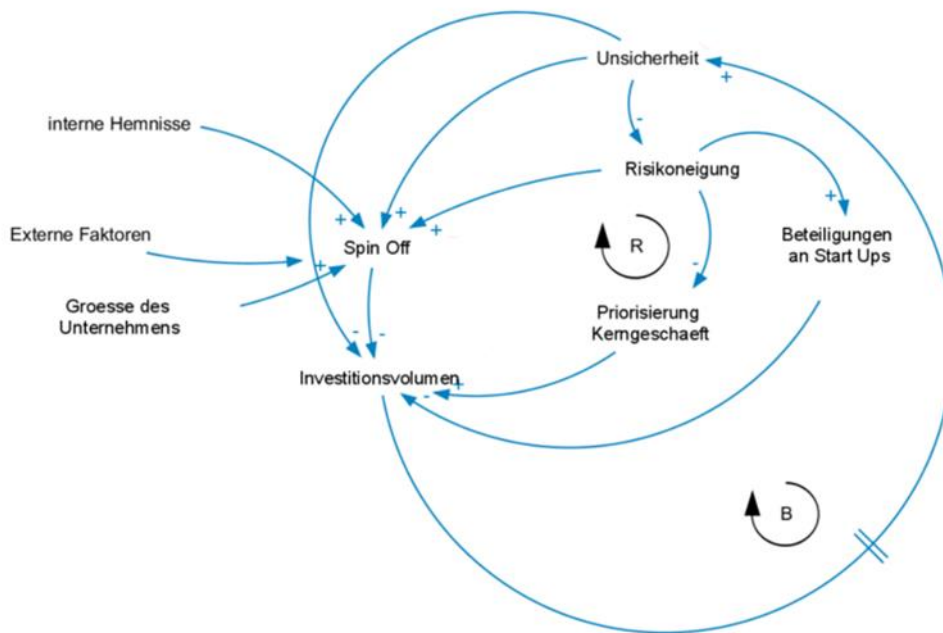


Bild 2: Ausgleichende Reaktionsstrategie

Anders als bei der ausgleichenden Reaktionsstrategie erfordert die in Bild 3 aufgezeigte Reaktionsstrategie ein radikales Handeln nach Überschreiten eines Tipping points. Die Verhaltensweise setzt dabei einerseits darauf, Wandel über organisationale Umstrukturierung zu erreichen und andererseits auf Unterstützung dieses Prozesses durch das Hinzuziehen externer, junger Managementkräfte. Besonders hervorzuheben ist hierbei, dass eine zu große Technologieoffenheit die Wandlungsfähigkeit der Mitarbeiterschaft negativ beeinflusst, da eine fehlende Fokussierung bei der Mitarbeiterschaft als Zeichen für ein "Weiter-so" gedeutet würde. Ein weiteres, interessantes Spannungsverhältnis entsteht im Zusammenspiel von Unternehmenskultur, Korpsgeist und dem Wandel der Führungskultur. Eine strategische Neuorientierung des Unternehmens tangiert zudem noch weitere Subsysteme, wie das der Gesellschaft (Öffentliche Wahrnehmung) und das der Wettbewerber und der Industriedynamik.

Als zentral für den Sprung von einer ausgleichenden zu einer radikalen Reaktionsstrategie, wird im vorliegenden Fall das Commitment des Managements zu einem strategischen Ziel, sowie strategischer Mut und visionäres Denken der zentralen Führungsebene angesehen.



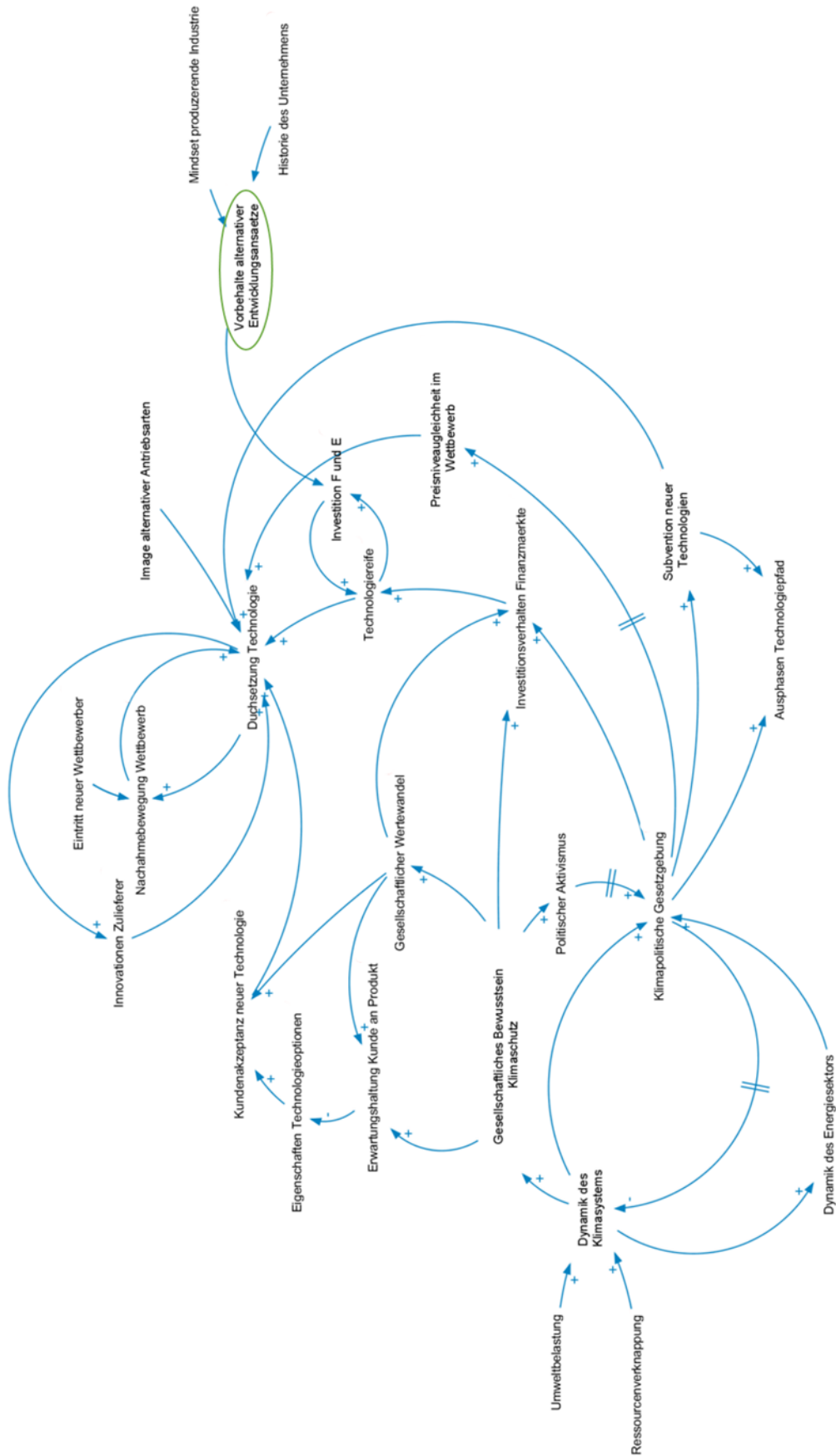
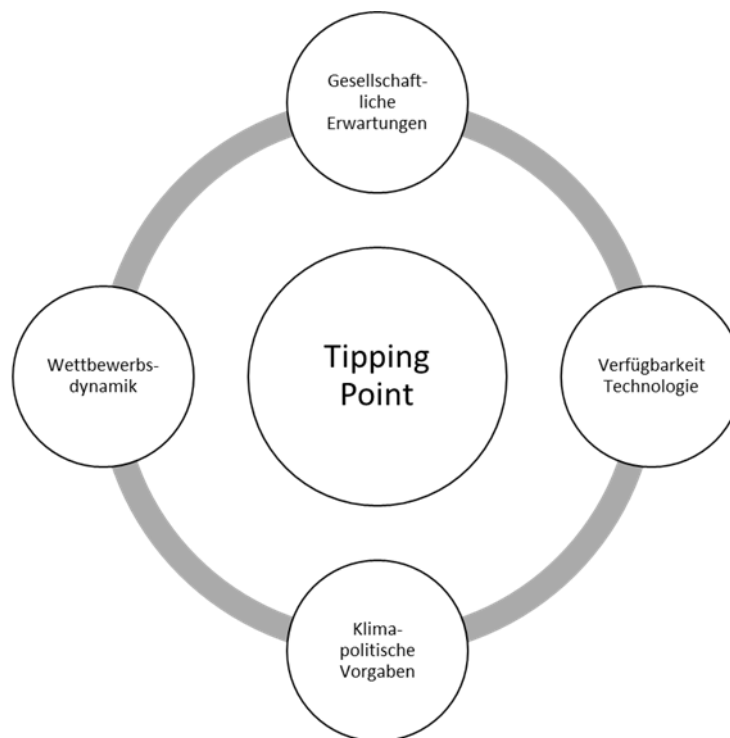


Bild 4: Übersicht der Variablen und Wirkzusammenhänge des Gesamtsystems

Der Theorie des Punctuated Equilibrium folgend, ergibt sich in diesem Fall ein Spannungsfeld, das letztendlich den nötigen Handlungsdruck aufbaut, sodass es zu einem Tipping point kommt. Bild 5 zeigt das Spannungsfeld der Einflussfaktoren, die aus der Analyse resultieren und die Entstehung eines Tipping points auslösen können. Diese Faktoren sind deshalb tragend, da jedem Einzelnen eine spezifische Systemdynamik zugrunde liegt. Aufgrund der unterschiedlichen Systemdynamiken der zugrundeliegenden Teilsysteme der Faktoren, die sich bei gemeinsamer Betrachtung aufgrund emergenter Systemeigenschaften nicht einfach zu einer Gesamtsystemdynamik akkumulieren lassen, bleibt der Zeitpunkt des Tippings nur schwer vorausschaubar. Als starker Treiber, der im vorliegenden Fall zur Veränderung der Systemdynamik in jedem dieser vier Faktoren beigetragen hat, kann das Diesel-Gate in Form eines internen Systemschocks angesehen werden.



*Bild 5: Spannungsfeld der Entstehung eines Tipping points in der Automobilindustrie*

## 5 Bedeutung für die Methoden und Strategien der Strategischen Vorausschau

Die für die Entstehung von Tipping points tragenden Einflussfaktoren sollten, gemäß dem Prozessphasenverständnis nach HORTON, gezielt mit den Methoden der Strategischen Vorausschau erfasst und interpretiert werden, sowie daran anschließend geeignete Reaktionsstrategien abgeleitet werden [Hor99]. Das illustrierte Spannungsfeld kann dabei als gute Ausgangsbasis zur Entwicklung eines Indikatorensystems dienen. Ebenfalls kann es als Heuristik zur Reflexion und Revision bereits existierender unternehmensinterner Indikatorensysteme verwendet werden, da es den Blick auf eine Metaebene hebt und dadurch die Aufmerksamkeit auf die wesentlichen Entstehungsbedingungen richtet.

Zudem implizieren die Ergebnisse, gesellschaftliche Entwicklungen und Erwartungen ebenso in den organisationalen Vorausschauaktivitäten zu berücksichtigen, wie den Markt mit seinen Wettbewerbern und der Technologie. So sollte bspw. das bewährte Framework der foresight-basierten Technologie Roadmap um die Betrachtung zukünftiger gesellschaftlicher Erwartungen explizit erweitert werden. Um aufkommende, neue klimapolitische Vorgaben frühzeitig antizipieren zu können, empfiehlt es sich z.B. die Potenziale von Künstlicher Intelligenz und Big Data zu nutzen, um so mit der Komplexität, die solchen politischen Entscheidungen zugrunde liegt, umgehen zu können. Ebenso unterstreichen die Ergebnisse zum Umgang mit Tipping Points, dass Organisationen zukünftig ihre Vorausschau-Aktivitäten im Bereich *open foresight*, also der organisationsübergreifenden, kollektiven Auseinandersetzung mit möglichen Zukunftsentwicklungen, vertiefen sollten [GRR+20].

Zuletzt bedarf es dem Loslassen und Ablegen eines historisch genährten Mindsets, um Tipping points frühzeitig erkennen zu können. Dem Bedarf es, da ein Tipping point letztlich auch das Ventil einer rapiden Vergegenwärtigung neuer Werte sein kann, auf denen zukünftige gesellschaftliche Erwartungen basieren. Kontinuierliche Vorausschau-Aktivitäten bieten hier das Potential, eingefahrene Denkwege zu verlassen und Entscheidungen unter einem geringeren Einfluss von kognitiven Biases treffen zu können [WH19].

## 6 Resümee

Im Beitrag konnte gezeigt werden, dass die herangezogenen Theorien als Grundlage zur Erforschung von Tipping points und dem Umgang von Unternehmen geeignet sind. Anhand der Vielzahl an gesammelten Einflussfaktoren wird die Komplexität der Thematik explizit deutlich. Die Causal-Loop-Diagramme, mit ihren Systemzusammenhängen und den beiden Reaktionsstrategien des Unternehmens, sollten mittels Einzel- oder Gruppendiskussion validiert, sowie besonders verstärkende Rückkopplungsschleifen, in den Diagrammen identifiziert werden. Es konnten durch die Illustration der Bewältigungsstrategien zudem Verhaltensmuster des Unternehmens herausgearbeitet werden. Dabei konnte aufgezeigt werden, welche Denkmuster die dargestellten Verhaltensmuster bedingen.

### Literatur

- [BD15] BROHMANN, B.; DAVID, M.: Tipping Point Konzeptionen im Kontext eines nachhaltigen gesellschaftlichen Wandels. Dessau-Roßlau, 2015
- [BFH+18] BORMANN, R.; FINK, P.; HOLZAPFEL, H.; RAMMLER, S.; SAUTER-SERVAES, T.; TIEMANN, H.; WASCHKE, T.; WEIRAUCH, B.: The future of the German automotive industry – Transformation by disaster or by design? WISO Diskurs, 2018
- [BHL+11] BLUHM, D. J.; HARMAN, W.; LEE, T. W.; MITCHELL, T. R.: Qualitative Research in Management: A Decade of Progress. *Journal of Management Studies*, (48)8, 2011, S. 1866–1891
- [BM09] BOGNER, A.; MENZ, W.: Das theoriegenerierende Experteninterview – Erkenntnisinteresse, Wissensformen, Interaktion. In: Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (Hrsg.): *Das Experteninterview*. 3. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2009
- [BMW20a-01] BMWI: Automobilindustrie – Branchenfokus. Unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>, Letzter Zugriff: 22. Januar 2021

- [BMW20b-ol] BMWI: Bericht über den Transformationsdialog Automobilindustrie. Unter: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/transformationsdialog-automobilindustrie-bericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/transformationsdialog-automobilindustrie-bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=4), Letzter Zugriff: 22. Januar 2021
- [BMW20c-ol] BMWI: "Transformationsdialog Automobilindustrie" legt Handlungsempfehlungen vor. Unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/11/20201104-transformationsdialog-automobilindustrie-legt-handlungsempfehlungen-vor.html>
- [CFS+09] CHRISTIANSON, M. K.; FARKAS, M. T.; SUTCLIFFE, K. M.; WEICK, K. E.: Learning Through Rare Events: Significant Interruptions at the Baltimore & Ohio Railroad Museum. *Organization Science*, (20)5, 2009, S. 846–860
- [Del20-ol] DELOITTE: Automotive Supplier Transformation Strategies – A dynamic view. Unter: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumer-industrial-products/automotive-supplier-transformation-strategies\\_deloitte.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumer-industrial-products/automotive-supplier-transformation-strategies_deloitte.pdf), Letzter Zugriff: 21. Januar 2021
- [DGB15] DOMINGUEZ CC, M.; GALÁN-GONZÁLEZ, J. L.; BARROSO, C.: Patterns of strategic change. *Journal of Organizational Change Management*, (28)3, 2015, S. 411–431
- [DWS12] DWIVEDI, Y.K.; WADE, M.R.; SCHNEBERGER, S.L. (HRSG.): *Information Systems Theory – Explaining and Predicting Our Digital Society*. Band 28, Springer New York, New York, NY, 2012
- [EG72] ELDREDGE, N.; GOULD, S. J.: Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. In: Schopf, T. J. M. (Hrsg.): *Models in Paleobiology*. Freeman, Cooper and Company, San Francisco, 1972, S. 82–115
- [Fli09] FLICK, U.: *An Introduction to Qualitative Research*. 4. Auflage, Sage Publications, Los Angeles, 2009
- [Ger91] GERSICK, C. J. G.: Revolutionary Change Theories: A Multilevel Exploration of the Punctuated Equilibrium Paradigm. *Academy of Management Review*, (16)1, 1991, S. 10–36
- [GL04] GLÄSER, J.; LAUDEL, G.: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2004
- [Gla00] GLADWELL, M.: *The tipping point – How little things can make a big difference*. Little Brown & Company, New York, 2000
- [Goo19] GOOYERT, V. DE: Developing dynamic organizational theories; three system dynamics based research strategies. *Quality & Quantity*, (53)2, 2019, S. 653–666
- [GRR+20] GORDON, A. V.; RAMIC, M.; ROHRBECK, R.; SPANIOL, M. J.: 50 Years of corporate and organizational foresight: Looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*, (154), 2020, S. 1–14
- [GTA20-ol] GTAI: The Automotive Industry in Germany. Unter: [https://www.gtai.de/resource/blob/64100/07f5613dd96b786a118a106788e3b988/20200812\\_IO\\_Automotive\\_Web\(1\).pdf](https://www.gtai.de/resource/blob/64100/07f5613dd96b786a118a106788e3b988/20200812_IO_Automotive_Web(1).pdf), Letzter Zugriff: 20. Januar 2021
- [Hor99] HORTON, A.: A simple guide to successful foresight. *Foresight*, (1)1, 1999, S. 5–9
- [Kai14] KAISER, R.: *Qualitative Experteninterviews – Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014
- [KM03-ol] KIM, W. C.; MAUBORGNE, R.: Tipping Point Leadership. Unter: <https://hbr.org/2003/04/tipping-point-leadership>, 1. Februar 2021
- [Köh16] KÖHLER, J.: Kurzportrait quantitative Methoden I: System Dynamics. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): *Strategische Vorausschau in der Politikberatung – Beiträge und Diskussionsergebnisse eines UBA-Fachgesprächs*. Dessau-Roßlau, 2016, S. 34–36
- [KPM20-ol] KPMG: Global Automotive Executive Survey 2020. Unter: [https://hub.kpmg.de/gaes-2020-executive-summary?utm\\_campaign=GAES%202020%20Executive%20Summary&utm\\_source=AEM](https://hub.kpmg.de/gaes-2020-executive-summary?utm_campaign=GAES%202020%20Executive%20Summary&utm_source=AEM), Letzter Zugriff: 21. Januar 2021



- [Kru07] KRUMMAKER, S.: Wandlungskompetenz von Führungskräften – Konstrukterschließung, Modelentwicklung und empirische Überprüfung. Information - Organisation - Produktion, DUV Deutscher Universitäts-Verlag, s.l., 2007
- [Kuc16] KUCKARTZ, U.: Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. Auflage, Beltz Juventa, Weinheim und Basel, 2016
- [Luh87] LUHMANN, N.: Soziale Systeme – Grundriß einer Allgemeinen Theorie. Suhrkamp Verlag, Berlin, 1987
- [May00] MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, (1)2, 2000
- [McK19-ol] MCKINSEY&COMPANY: Race 2050 - A Vision for the European Automotive Industry. Unter: [https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2019/2019-01-08%20race%202050/report\\_race2050\\_a%20vision%20for%20the%20european%20automotive%20industry.pdf](https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2019/2019-01-08%20race%202050/report_race2050_a%20vision%20for%20the%20european%20automotive%20industry.pdf), Letzter Zugriff: 21. Januar 2021
- [MF14] MAYRING, P.; FRENZL, T.: Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014, S. 543–556
- [MHB+18] MILKOREIT, M.; HODBOD, J.; BAGGIO, J.; BENESSAIAH, K.; CALDERÓN-CONTRERAS, R.; DONGES, J. F.; MATHIAS, J.-D.; ROCHA, J. C.; SCHOON, M.; WERNERS, S. E.: Defining tipping points for social-ecological systems scholarship—an interdisciplinary literature review. Environmental Research Letters, (13)3, 2018, S. 1–12
- [MPP10] MELE, C.; PELS, J.; POLESE, F.: A Brief Review of Systems Theories and Their Managerial Applications. Service Science, (2)1-2, 2010, S. 126–135
- [NT80] NADLER, D. A.; TUSHMAN, M. L.: A Model for Diagnosing Organizational Behavior. Organizational Dynamics, (9)2, 1980, S. 35–51
- [Pil07] PILLKAHN, U.: Trends und Szenarien als Werkzeuge der Strategieentwicklung – Wie Sie die unternehmerische und gesellschaftliche Zukunft planen und gestalten. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2007
- [Por91] PORTER, M. E.: Towards a dynamic theory of strategy. Strategic Management Journal, (12), 1991, S. 95–117
- [Rop09] ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik. 3. Auflage, Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe, 2009
- [RT94] ROMANELLI, E.; TUSHMAN, M. L.: Organizational transformation as punctuated equilibrium: An empirical test. Academy of Management Journal, (37)5, 1994, S. 1141–1166
- [Rus11] RUSSELL-WALLING, E.: 50 Schlüsselideen Management. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011
- [Spe20-ol] SPEKTRUM: Lexikon der Mathematik - Bifurkation. Unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/mathematik/bifurkation/1116>, Letzter Zugriff: 30. Januar 2021
- [SS11] SARITAS, O.; SMITH, J. E.: The Big Picture – trends, drivers, wild cards, discontinuities and weak signals. Futures, (43)3, 2011, S. 292–312
- [SSB18] SCHWEIGER, S.; STOUTEN, H.; BLEIJENBERGH, I. L.: A System Dynamics Model of Resistance to Organizational Change: The Role of Participatory Strategies. Systems Research and Behavioral Science, (35)6, 2018, S. 658–674
- [Ste00] STERMAN, J.: Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin McGraw-Hill, Boston, 2000
- [TR85] TUSHMAN, M. L.; ROMANELLI, E.: Organizational evolution: A metamorphosis model of convergence and reorientation. Research in Organizational Behavior, (7)171-222, 1985

- [UA75] UTTEBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J.: A Dynamic Model of Process and Product Innovation. OMEGA The International Journal of Management Science, (3)6, 1975, S. 639–656
- [Uot18] UOTILA, J.: Punctuated equilibrium or ambidexterity: dynamics of incremental and radical organizational change over time. Industrial and Corporate Change, (27)1, 2018, S. 131–148
- [WAS19] WEISSENBERGER-EIBL, M.; ALMEIDA, A.; SEUS, F.: A Systems Thinking Approach to Corporate Strategy Development. Systems, (7)1, 2019, S. 16
- [Wei17] WEISSENBERGER-EIBL, M. A.: Innovationsforschung - ein systemischer Ansatz – Merkmale, Methoden und Herausforderungen. Denkströme, 17, 2017, S. 33–56
- [WH19] WEISSENBERGER-EIBL, M. A.; HUBER, T.: Das Potenzial der Strategischen Vorausschau zur Reduktion kognitiver Verzerrungen. Der Betriebswirt, (60)3, 2019, S. 19–22
- [Yin03] YIN, R.: Case study research: Design and methods. 3. Auflage, Sage Publications, CA, 2003

## Autoren

**Tamara Huber, M.Sc.**, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit den Schwerpunkten Strategie und Innovation am KIT und an der Aalto University in Finnland. Sie ist seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Innovations- und TechnologieManagement (iTm) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). In ihrer Forschung beschäftigt sie sich neben der Ergründung von Tipping points mit den Methoden und Strategien der Strategischen Vorausschau, sowie der Forschung zu Verhaltensmustern von Unternehmen.

**Univ.-Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl**, Institutsleiterin des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI und Inhaberin des Lehrstuhls Innovations- und TechnologieManagement (iTm) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Sie arbeitet zu Entstehungsbedingungen von Innovationen und deren Auswirkungen. Themen ihrer Forschung sind das Management von Innovationen und Technologien, die Strategische Vorausschau, Unternehmensnetzwerke sowie Wissensmanagement. Wiederholt wurde sie als eine der 100 einflussreichsten Frauen der deutschen Wirtschaft ausgezeichnet. Die studierte Bekleidungsingenieurin sowie Betriebswirtschaftlerin promovierte und habilitierte sich an der Technischen Universität München. In Wirtschaft und Politik ist sie eine geschätzte Expertin in den Fokusthemen Digitalisierung, Innovation, Nachhaltigkeit und Zukunftsforschung.



## **Session VI**



# **Der Technologie- und Innovations-Roadmap-Prozess im Graphen-Flagship: Innovation Interface Investigation**

***Dr. Henning Döscher***

***Dr. Thomas Schmaltz***

***Dr. Thomas Reiß***

***Dr. Axel Thielmann***

*Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI*

*Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe*

*Tel. +49 (0) 721 / 68 09 359, Fax. +49 (0) 721 / 68 09 315*

*E-Mail: [henning.doescher@isi.fraunhofer.de](mailto:henning.doescher@isi.fraunhofer.de)*

## **Zusammenfassung**

Das Graphen-Flagship-Projekt ist eine der größten Forschungsinitiativen der EU. Ein Konsortium aus über 150 Partnern aus Industrie und Wissenschaft erkundet hier Graphen und andere neuartige 2D-Materialien und deren Anwendungen. Seit 2014 treibt das Fraunhofer ISI in diesem Kontext einen übergreifenden Roadmap-Prozess voran. Ausgehend von einer Bewertung der technologischen und Marktpotentiale für das umfassende Anwendungsportfolio hat sich der Fokus unserer Arbeit zuletzt hin zur konkreten Erkundung besonders aussichtsreicher Anwendungspfade für 2D-Materialien verschoben (sog. Fokus-Analysen) [DR21]. Der potentielle Mehrwert von Graphen kann hier zumeist nur durch eine detaillierte Analyse gesamter Wertschöpfungsketten und den darin zentralen Interaktionen zwischen den einzelnen Wertschöpfungsstufen realisiert werden. Die dafür notwendigen Interaktionen nehmen künftige Lieferbeziehungen vorweg, die wir mit einem wertschöpfungsorientierten Roadmap-Ansatz unter Beteiligung von industriellen Schlüsselakteuren aufklären.

Seit 2017 konnten wir 12 Fokus-Analysen durchführen, deren Ergebnisse sowohl dem Projekt-Konsortium als auch den beteiligten Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Forschung als Informationsbasis zur Strategieentwicklung dienen. Die Themen reichen dabei von Graphen als Elektrodenmaterial für Li-Ionen-Batterien in der Elektromobilität über 5G-taugliche optische Netzwerktechnologien bis hin zu neuartigen Elastomerkompositen oder neuronalen Implantaten. Eine übergeordnete Roadmap aggregiert dabei unsere Rückschlüsse zum Status und den Aussichten für die Kommerzialisierung von Graphen und die Industrialisierung der Materialherstellung [DSN+21]. Aktuell stehen unter anderem das Potential von Graphen für die Wasserstoffwirtschaft (in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren) auf der Agenda der Roadmap.

## **Schlüsselworte**

Technologie- und Innovations-Roadmap, Graphen und verwandte 2D Materialien, Material-Innovation-Systeme

# **The technology and innovation roadmap process of the Graphene Flagship Project: Innovation Interface Investigation**

## **Abstract**

The Graphene Flagship Project is one of the EU's largest research initiatives. A consortium of over 150 partners from industry and science is exploring graphene and other novel 2D materials and their applications. Since 2014, Fraunhofer ISI has been driving forward an overarching roadmap process in this context. Starting from an evaluation of the technological and market potentials for the comprehensive application portfolio, the focus of our work has recently shifted to the concrete exploration of particularly promising application paths for 2D materials (so-called focus analyses) [DR21]. The potentially added value of graphene can mostly only be realized through a chain of nested integration steps across different sectors. The interactions required for that anticipate future supply relationships, which we elucidate with a value chain-centric roadmap approach involving key industrial players.

Since 2017, we have completed 12 focus analyses, the results of which serve both the project consortium and the participating experts from industry and research as an information base for strategy development. The topics range from graphene as an electrode material for lithium-ion batteries in electromobility and 5G-capable optical network technologies, to novel elastomer composites and neural implants. An overarching roadmap aggregates our conclusions on the status and prospects for the commercialization of graphene and the industrialization of material production [DSN+21]. Current topics on the roadmap agenda include the potential of graphene for a future hydrogen economy (in fuel cells and electrolyzers).

## **Keywords**

Technology and innovation roadmap, Graphene and related 2D materials, materials innovation system

## 1 Einführung: Die Roadmap im Graphen-Flagship

Die praktische Isolierung von Graphen im Jahr 2004 löste enorme Erwartungen in Bezug auf wissenschaftliche Entdeckungen, technologische Anwendungsmöglichkeiten und potentiellen wirtschaftlichen Wert aus [NGM+04]. Eigenschaften, die zuvor nur in theoretischen Konzepten existierten, ließen sich plötzlich realisieren [Wal47]. Das lang anhaltende Wachstum sowohl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen als auch der Patentanmeldungen, die auf Graphen und verwandten 2D-Materialien basieren, zeugt von einer erheblichen Dynamik, die manchmal als Hype angesehen wird [Bar19]. Natürlich braucht die breite Diffusion eines neuartigen Materials in diverse Endanwendungen eine beträchtliche Zeitspanne [RHF19]. Die derzeitigen Marktentwicklungen scheinen hinter den ursprünglichen kurzfristigeren Erwartungen zurückzubleiben.

Roadmaps bieten einen Mechanismus, um die Voraussicht von Schlüsselexpertinnen und -experten zu bündeln und somit der größeren Gemeinschaft potentieller Interessenvertreter eine Orientierung zu geben. Die evolutionäre Entwicklung des Technologie- und Innovations-Roadmap (TIR)-Prozesses für Graphen ist eng mit dem europäischen Graphen-Flagship verwoben. Beide haben ihre Wurzeln in den frühen 2010er Jahren, als führende Vertreter der europäischen Materialforschung zu 2D-Materialien zusammenkamen, um den Hype nach dem Physik-Nobelpreis 2010 in eine längerfristige Forschungs- und Entwicklungsagenda zu verwandeln [GN10-ol]. Im Jahr 2011 erhielten sie eine Vorbereitungsförderung für den damals neuen Flagship-Mechanismus der EU [Cor20-ol]. Bis 2012 hatten sie ihre gemeinsamen Visionen in einer wissenschaftlichen und technologischen („science and technology“ – S&T) Roadmap zusammengefasst [Cor20-ol]. Sie bildete die Grundlage sowohl für den Graphene Flagship-Antrag und die Veröffentlichung der S&T-Roadmap 2015 [Cor12], [FBF+15].

Das Graphen-Flagship begann seine Arbeit im Jahr 2013 und gab eine kompetitive Ausschreibung heraus, die u. a. die Entwicklung und Implementierung eines Mechanismus für regelmäßige Roadmap-Updates beinhaltete [Gra13]. Basierend auf unserem erfolgreichen Angebot trat das Fraunhofer ISI 2014 dem Projektkonsortium bei. Seither treiben wir den Technologie- und Innovations-Roadmap-Prozess (TIR) des Graphen-Flagship unter besonderer Berücksichtigung von Markt- und Innovationsperspektiven voran. Die TIR soll den europäischen Akteuren Orientierung bei der Entwicklung von Produkten auf Basis von Graphen, verwandten (2D-)Materialien und hybriden Systemen („graphene and related materials“ – GRM) bieten. Dabei soll die ganze Kette von der relevanten Grundlagenforschung über die Herstellung von Materialien und Bauteilen bis zur Systemintegration berücksichtigt werden. Die Zielgruppen der TIR umfassen somit insbesondere: (a) interne Akteure aus dem Konsortium des Graphen-Flagship; (b) externe Wissenschaftler; und (c) die Industrie – die dabei unterstützt werden sollen, die Potentiale von GRM für zukünftige Anwendungen zu erkennen. In diesem Sinne aggregiert die Graphen TIR eine gemeinsame Sichtweise auf GRM und bietet eine Anleitung für die Graphen-Forschung in Richtung Marktanforderungen. Insbesondere bietet die TIR strategische Leitlinien sowohl für das Graphen-Flagship als auch für die industrielle Nutzung von GRM.



Die Innovationsforschung unterscheidet zwischen "technology push" und "market pull" Perspektiven, die im Wesentlichen als Angebot und Nachfrage nach neuer Technologie beschrieben werden können [Sch07]. Oft interagieren beide Seiten nur zufällig, obwohl ihr Zusammenspiel einen entscheidenden Erfolgsfaktor darstellt, der die Innovationswirkung bestimmt. Unser Fusionsansatz beabsichtigt, diese Lücke zu schließen und somit die durch GRM ermöglichte oder verbesserte Technologieentwicklung mit dem Bedarf des industriellen Marktes abzustimmen. Nach einer umfassenden Bewertung des gesamten Portfolios möglicher GRM-Anwendungen (nach technologischen und Marktpotentialen), galt es unseren Blickwinkel deutlich zu erweitern, um eine höhere Analysetiefe zu erreichen. In der Praxis kann sich die entscheidende Lücke zwischen "technology push" und "market pull" entlang bestehender oder potentieller Wertschöpfungsketten mehrfach wiederholen.

Einzelne Unternehmen spezialisieren sich oft auf einen bestimmten Wertschöpfungsschritt, selbst in vertikal integrierten Konzernen werden häufig entsprechende Untereinheiten gebildet. Wenn neuartige Materialien und Technologien auftauchen, können Start-ups und Universitätsausgründungen die ersten Akteure auf frühen Märkten sein. Auf einer abstrakten Ebene teilen alle kommerziellen Akteure von bereits bestehenden und neu entstehenden Wertschöpfungsketten den Wunsch, ihr eigenes Geschäft voranzutreiben. Insbesondere versuchen sie in der Regel ihre Produktion so zu optimieren, dass sie ihren nachgelagerten Kunden einen höheren Wert bieten können. Vorgelagerte Innovationen wecken in der Regel nur dann Interesse, wenn sie fortschrittliche Produkte und/oder Kostensenkungen ermöglichen.

GRM bieten selten einen direkten wirtschaftlichen Wert aus sich selbst, aber sie sind ein vielversprechender Faktor für neuartige oder fortschrittliche Sekundärtechnologien, die sich auf praktisch jeden Wirtschaftssektor auswirken könnten. Auf dem Weg dorthin zerfällt die entscheidende Lücke zwischen Angebot und Nachfrage nach neuartiger Technologie, wie sie in unserem Fusionsansatz visualisiert wird, im Wesentlichen in eine Vielzahl spezifischerer Replikate, die strukturierende Elemente für potentielle zukünftige Wertschöpfungsketten bilden können, die durch GRM ermöglicht werden. Diese Reihe von Lücken zwischen Technologieangebot und -nachfrage umfasst explizit die Umsetzung von (a) GRM-Grundlagenforschung (zur Entdeckung und Synthese von Materialien) in eine kommerziell nachhaltige Produktion, (b) angewandte GRM-Forschung (in spezifischen Anwendungsfeldern) in die Massenproduktion, aber auch (c) Forschung und Entwicklung bei allen weiteren nachgelagerten Integrationen in wünschenswerte (Vor-)Produkte. Unabhängig von ihrer Position entlang der Wertschöpfungskette sehen sich typische industrielle Stakeholder genau mit zwei dieser Lücken konfrontiert. Sie alle hoffen, ein für ihre nachgelagerten Kunden relevantes Angebot an technologisch verbesserten Produkten zu schaffen und benötigen daher möglicherweise selbst technologisch verbesserte Angebote.

Die Fähigkeit, dem Endkunden einen erhöhten Wert zu liefern, wird das Schicksal jeder denkbaren Wertschöpfungskette bestimmen. Letztlich werden die Auswirkungen von GRM auf Wirtschaft und Gesellschaft sich erst über viele Jahre und meist mittelbar einstellen. Wir haben das Konzept der Innovations-Schnittstellen-Untersuchung („Innovation Interface Investigation“ – 3I) entwickelt und implementiert, um schon heute tiefgreifende Einblicke in den aktuellen Status und die künftige Diffusion GRM-basierter Innovationen gewinnen zu können. Unsere 3I-Analysen fokussieren immer auf ganz bestimmte Anwendungen von GRM und deren

potentielle Nutzung in bestimmten nachgelagerten Branchen. Einzelne Ergebnisse beleuchten daher ausschließlich die ausgewählte Innovationskette. Zusammengenommen nähert sich das stetig wachsende Ensemble unserer Fokusstudien dem Gesamtstatus und den Perspektiven GRM-gestützter Innovationen an.

## 2 Konzeption: Innovation Interface Investigation

Das Ziel, GRM-gestützte Innovationen tiefergehend zu analysieren, führte uns schnell dazu, unseren Fusionsansatz in Richtung der Erfassung potentieller zukünftiger Wertschöpfungsketten zu verfeinern, ohne bereits über geeignete Konzepte und Methoden zu verfügen. Das Feld auf Basis von GRM ermöglichter Innovationen zeichnet sich durch eine Reihe untereinander verknüpfter Herausforderungen aus [DR21]:

- **Ausmaß:** GRM versprechen einen enormen Anwendungsbereich, der zumindest potentiell praktisch fast alle Technologiebereiche und Sektoren der Wirtschaft in der einen oder anderen Form beeinflussen kann (oder ggf. auch nicht).
- **Spezifität:** Diese Wege können sich jedoch grundlegend voneinander unterscheiden. Schon das Material Graphen<sup>1</sup> selbst tritt in einer Bandbreite verschiedener Formen und Gestalten auf, wobei die Eignung stark vom Anwendungskontext abhängt [DSN+21]. Daher sind auch selbst Qualitätsmaßstäbe schwer universell zu definieren.
- **Emergenz:** Als Wirtschaftsfaktor steckt GRM noch in den Kinderschuhen. Entscheidende Elemente wie die Versorgungsinfrastruktur, eine industrielle Wissensbasis oder Unternehmensnetzwerke sind kaum vorhanden oder beginnen sich gerade erst zu entwickeln.

Wir haben das 3I-Konzept entwickelt, um diese Herausforderungen zu überwinden und tiefgreifende Erkenntnisse über GRM-fähige Innovationen abzuleiten [DR21]. Es basiert auf der systematischen Synthese potentieller künftiger Wertschöpfungsstrukturen von der Herstellung von Graphen-basierten Materialien über deren Integration in komplexeren Komponenten und Systemen bis hin zu wettbewerbsfähigen Endprodukten [DR21]. Wir beginnen mit einer kurzen Einbettung des Konzepts in den Kontext der Innovationsforschung, bevor wir seine wesentlichen Bausteine vorstellen.

### 2.1 Einbettung im Kontext der Innovationsforschung

Unsere Forschung im Rahmen der TIR des Graphen-Flagship ist in den theoretischen Rahmen von Innovationssystemen (IS) eingebettet [Lun85]. Dieser zielte ursprünglich darauf ab, ein Verständnis für Innovationskapazitäten auf regionaler oder nationaler Ebene zu entwickeln. Allerdings überspannen technologische Innovationssysteme (TIS) oft sowohl geografische als auch sektorale Grenzen [HSN+07]. Aufgrund der grundlegenden Natur von Materialinnovationen können GRM selbst wiederum mehrere traditionelle TIS-Grenzen überspannen. Diffusionsprozesse und damit die Sichtbarkeit ihrer Auswirkungen können mehrere Jahrzehnte dauern

---

<sup>1</sup> Nicht in seiner grundsätzlichen Definition als einzelne perfekte Monolage, sondern in vorhandenen oder denkbaren Formen der Materialversorgung, die gemeinhin mit dem Begriff Graphen assoziiert werden.

[RHF19]. Historisch gesehen können wir ähnliche, übergreifende Materialinnovationssysteme (MIS) erkennen, die durch das Aufkommen neuartiger Materialien (bzw. Fähigkeiten der Verarbeitung; wie etwa Stahl, Silizium, Kunststoffe) ausgelöst wurden. Falls sich GRM in Zukunft auch nur annähernd so einflussreich erweisen werden, kratzen unsere Analysen des Anwendungsportfolios vielleicht nur an der Oberfläche [DR21].

Das tatsächliche Ausmaß des GRM-Innovationssystems wird wohl noch auf Jahre hinaus strittig bleiben. Versuche, die Gesamtheit eines solchen (potentiell) umfassenden MIS in den frühesten Stadien seiner Entstehung zu untersuchen, sind möglicherweise an eher abstrakte und makroskopische Ebenen gebunden. Im Gegensatz dazu ist es das Ziel des TIR-Prozesses, die Dynamik der GRM-basierten Innovationen schon heute zu erforschen (und potentiell zu fördern). Im Sinne von multi-level perspektive (MLP) können wir auch meso- und mikroskopische Dimensionen unseres Anwendungsbereichs auflösen [Gee02]. Makroskopisch gesehen könnte die Nische der GRM schließlich in das eher abstrakte Regime der allgemeinen Werkstoffe eintreten. In der Praxis wird ein solcher langfristige Prozess aus zahlreichen Interaktionen auf der Ebene spezifischer GRM-Anwendungen oder sogar Endproduktkategorien bestehen.

Zum Beispiel besetzen GRM eine Nische im Feld der Leitfähigkeitsadditive für Batterieelektroden, wo sie ggf. das heute von Leitrußen besetzte Regime ergänzen könnten. In ähnlicher Weise besetzen neuartige Batteriekonzepte eine Nische im Regime der aktuellen Lithium-Ionen-Technologie, oder die Elektromobilität gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Im Prinzip stellt jede Ebene ein (fast) eigenständiges TIS dar. Allerdings bestimmen (Sub-)TIS-Interaktionen die Dynamik des übergreifenden Innovationsprozesses. Im Rückblick haben MIS (wie Stahl, Silizium, Kunststoffe) großen Einfluss auf unsere gesamte Gesellschaft und die meisten ihrer Subsysteme ausgeübt. In der frühen Antizipation treiben neuartige MIS oft große Hype-Zyklen an. Letztlich entscheidet jedoch die für zukünftige Endkunden erzielbare Wertschöpfung über die tatsächliche Relevanz eine MIS.

Grundsätzlich können wir argumentieren, dass die Entdeckung von GRM die Entstehung eines neuen MIS ausgelöst hat, das sich derzeit noch in den frühesten Stadien seiner Entwicklung befindet. Daher existiert dieses MIS lediglich als ein Konstrukt auf einer Meta-Ebene und besteht aus einer wachsenden Anzahl nur mittelbar verknüpften TIS (bzw. überschneidet sich mit diesen). Insbesondere entfaltet die primäre Innovation (GRM als Material) ihre gesamte Wirkung durch ihren Einfluss auf sekundäre und tertiäre Innovationen in nachfolgenden TIS.

Hier gewinnt die Überlegung, Innovation "sowohl als individuellen als auch als kollektiven Akt" zu betrachten, daher besondere Relevanz. Praktisch jede denkbare GRM-gestützte Innovation erfordert die Entstehung oder Transformation komplexer, sektorübergreifender Wertschöpfungsnetzwerke [Edq01]. Die für das entstehende MIS relevante Beurteilung einzelner Akteure (Unternehmer, Innovatoren) bezieht sich jedoch hauptsächlich auf ihre eigene Position in gegenwärtigen oder etwaigen zukünftigen Wertschöpfungsketten (die spezifische Ausprägungen des umfassenden MIS darstellen).

In etablierten TIS entwickeln sich vertikale Wissensaustauschmechanismen entlang etablierter Anbieter-Nachfrager-Beziehungen, die sich oft in bilateralen, durch strikte Geheimhaltung geschützten gemeinsamen Entwicklungsprojekten manifestieren. Wertschöpfungskettenorientierte Forschung und Entwicklung ist somit in reifen Industrien gängige Praxis. Im Gegensatz

dazu fehlt es neuartigen Nischentechnologien oft nicht nur an kritischer Masse und Eigendynamik, sondern auch an etablierten Schnittstellen zu potentiellen Wertschöpfungspartnern auf vor- und nachgelagerter Ebene. Wir betrachten dieses Ungleichgewicht als einen der treibenden Faktoren dafür, dass "alle Arten von evolutionären Verbesserungen" auf der Regimeebene oft die Alternativen auf der Nischenebene überflügeln und stabilisieren damit die empirische Beobachtung, dass "technologischer Fortschritt oft entlang bestimmter Bahnen verläuft" [Kem94].

## 2.2 Das Konzept der Innovationskette

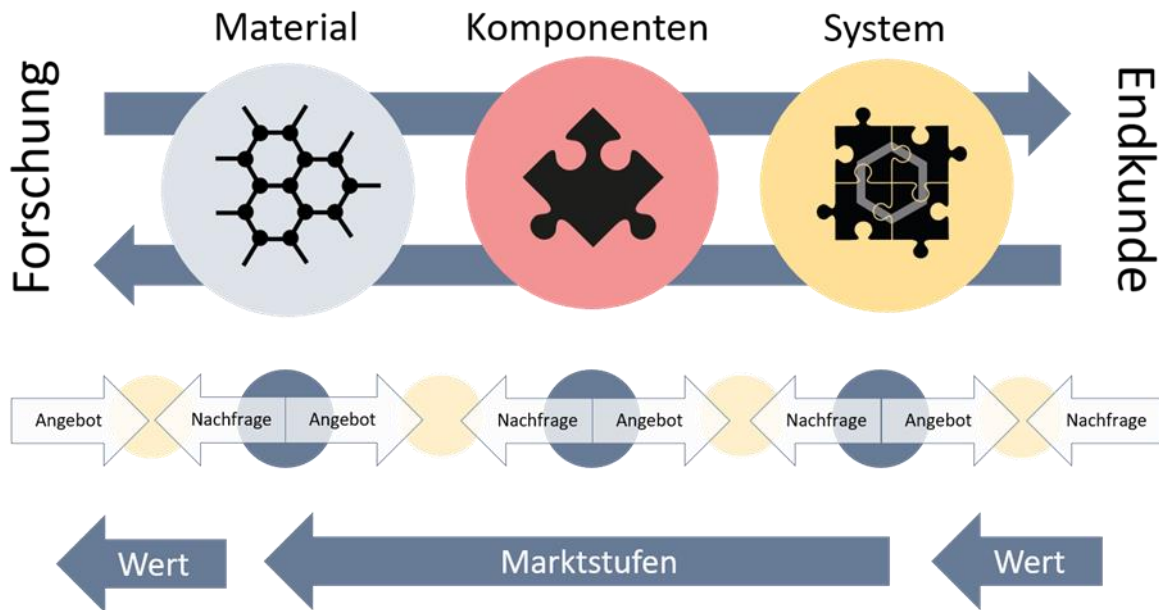
Ziel unserer TIR-Arbeit ist es jedoch, die durch GRM ermöglichte Innovationsdynamik zu analysieren und ggf. zu fördern. Der emergente Status dieses MIS impliziert natürlich, dass denkbare zukünftige Wertschöpfungsketten heute bestenfalls einen ungünstigen Nischenstatus erreichen. Oft existieren sie schlichtweg noch gar nicht. Natürlich kann es sein, dass viele GRM-Anwendungen konventionellen oder alternativen Lösungen nicht überlegen sind und daher letztlich aus technischen Gründen scheitern. In anderen Fällen aber kann die Trägheit des konventionellen Technologieregimes die Diffusion von günstigen, durch GRM ermöglichte Lösungen unterdrücken oder zumindest verzögern.

Daher drücken wir unsere Zielsetzung als Identifikation und Bewertung potentieller zukünftiger Wertschöpfungsketten aus. Im Idealfall können unsere Untersuchungen sogar entscheidende Austauschprozesse anregen und so zur Milderung inhärenter Nischennachteile beitragen. Der Erfolg unseres Ansatzes basiert auf der zweckorientierten Konstruktion von Innovationsketten als hypothetischem Pendant zu heute schon real existierenden Wertschöpfungsketten (vgl. Bild 1). Sie bestehen aus einzelnen Innovationssphären, die die wichtigsten Ebenen der potentiellen Wertschöpfungskette nachbilden. Dazwischen befindet sich jeweils eine hypothetische Marktebene, die zukünftige Angebots-Nachfrage-Beziehungen zwischen benachbarten Innovationssphären als Innovationsschnittstellen vorwegnimmt.

Per Definition existiert eine solche Innovationskette heute noch gar nicht, im Gegensatz zu vielen potentiellen Akteuren (sowohl in Bezug auf die Wirtschaftseinheiten als auch auf einzelne Expertinnen und Experten). Wir ordnen einzelne Akteure Innovationsbereichen zu, die einen gewissen Satz relevanten Wissens teilen, der ihrer Position entlang der antizipierten Lieferkette entspricht. Oftmals überschneiden sich die einzelnen Innovationssphären mit spezifischen TIS, die bereits heute existieren. Daher finden horizontale Interaktionen zwischen Akteuren aus einer bestimmten Innovationssphäre oft schon heute recht häufig statt (auf Konferenzen oder Messen, in Branchenverbänden oder gemeinsamen Forschungsprojekten usw.).

Idealerweise bilden nicht beliebige Mitglieder des relevanten TIS eine Innovationssphäre, sondern die (oft winzige) Teilmenge, die sich am ehesten mit dem entstehenden GRM-MIS überschneidet. Letztlich erfolgt die Konstruktion der Innovations-Sphären ausschließlich zum Zwecke des Aufbaus der jeweils zu untersuchenden Innovationskette. Entsprechend können sie aus mehreren Sub-Sphären bestehen, insbesondere dann, wenn mehrere Wertschöpfungsschritte innerhalb typischer Industrieunternehmen koexistieren oder eine besondere Nähe zueinander aufweisen. Sowohl Umfang als auch Volumen von Innovationssphären können je nach Reifegrad, vertikaler Integration, Marktgröße und ähnlichen Merkmalen des zugrundeliegenden TIS stark variieren. Schließlich bleibt die Abgrenzung von Innovationssphären immer dynamisch im

Kontext ihrer Nutzung. Sphären aus verschiedenen Innovationsketten können sich überlappen, zerteilen oder verschmelzen, um ihren jeweiligen Zweck bestmöglich zu erfüllen.



*Bild 1: Abstrahierte Struktur von Innovationsketten, modelliert als künftige Wertschöpfungskette. Adaptiert nach [DR21].*

Während Vorläufer von Innovationssphären meist schon heute existieren, bleiben wesentliche Elemente der Innovationskette hypothetisch. Insbesondere der vertikale Austausch (zwischen benachbarten Innovationssphären) erfolgt meist nur rein zufällig (wenn überhaupt). Relevantes Wissen ist zwar vorhanden, bleibt aber verstreut oder isoliert. Seine Verbreitung hängt oft von persönlichen Interessen und herausragenden Personen ab. Wir beschreiben alle denkbaren Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Innovationssphären als Schnittstellen der Innovation (bzw. Innovation Interfaces). Deren Ausbildung kann Lücken zwischen Angebot und Nachfrage bzgl. einer neuartigen Technologie überbrücken, was den Weg für die Marktausbildung und somit die Diffusion der zugrundeliegenden Innovation ebnet.

Somit replizieren Schnittstellen der Innovation die Funktion etablierter Nachfrage-Angebot-Beziehungen in reifen Wertschöpfungsketten. Letztere erweisen sich oft als Katalysatoren für Innovationen oder als Vektor für deren Verbreitung. Geschäftspartner in einer Lieferkette engagieren sich häufig in bilateralen Forschungs- und Entwicklungsprojekten. In der Regel zielen diese auf eher inkrementelle Innovationen zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen innerhalb umfangreicher Wertschöpfungsnetzwerke ab. Daher ist der Schutz dieser Partnerschaften durch strenge Geheimhaltungsklauseln gängige Praxis. Da wir die Logik der Innovationsketten nach bestehenden Wertschöpfungsketten modelliert haben, können wir unsere Terminologie leicht übersetzen. Die Schnittstellen der Innovation sind im Regime reifer Wertschöpfungsnetzwerken hoch formalisiert und intransparent für Außenstehende ausgeprägt, während sie im Bereich der Nischentechnologien häufig nur durch eher zufällige Begegnungen entstehen. Dieses Kräfteverhältnis mag auch ein wesentlicher Faktor sein, der inkrementelle Innovation begünstigt.

Wir nutzen das Konzept der Innovationsketten, um das entstehende GRM-MIS bereits in einer frühen Phase seiner Entwicklung zu untersuchen. Wir können nur über seine zukünftigen Auswirkungen in ihrer Gesamtheit<sup>2</sup> spekulieren, aber unser 3I-Konzept ermöglicht es uns, spezifische Innovationsketten als exemplarische Ausprägungen dieses in der Entstehung befindlichen MIS zu analysieren – und ggf. den inhärenten Nischennachteil (etabliert vs. kaum existent) ein Stück weit abzumildern: Starke Anreize (zur Erlangung oder Aufrechterhaltung von Wettbewerbsvorteilen) erzwingen effektiv die Undurchsichtigkeit der etablierten Innovationsschnittstellen. Im Gegensatz dazu können wir ein viel früheres Innovationsstadium anvisieren, lange bevor sich das Thema im Kernbereich der Akteure befindet und der Antrieb zum Schutz geistigen Eigentums die offene Diskussion zwischen den Beteiligten stark behindert.

Betrachtet man den Umfang und den Aufwand der bestehenden Innovations- und Qualifizierungszyklen der einzelnen beteiligten Industrien, so liegt die großvolumige Anwendung der angestrebten GRM-Innovationen typischerweise mindestens 5-10 Jahre in der Zukunft, oft sogar noch weit darüber hinaus. Insbesondere die Endanwendungen bewegen sich meist im Bereich sehr niedriger Technologie-Readiness-Level. Daher bleiben diese Themen weitgehend durch Hype-Zyklen, wissenschaftliche Forschung und öffentliche Förderinitiativen sowie die Neugier und Skepsis innerhalb der indirekt beteiligten Innovationssphären bestimmt. Mit anderen Worten: Für die entscheidenden Innovationsakteure (und potentiellen Stakeholder der zukünftigen Lieferkette) steht noch nicht allzu viel auf dem Spiel, so dass sie in der Regel weit weniger Restriktionen ausgesetzt sind und sich offen auf Diskussionen einlassen können.

Hier beleuchten unsere 3I-Fokus-Analysen also nicht nur die entstehenden Schnittstellen der Innovation, sondern fördern auch deren Ausprägung. Sie zielen explizit darauf ab, einen offenen und kritischen Austausch zwischen Schlüsselexpertinnen und -experten mit unterschiedlichsten Perspektiven entlang der anvisierten Innovationskette anzuregen. Unser Team sammelt und verbreitet relevantes Wissen über die üblichen Peergroups hinaus. Im Idealfall ersetzen unsere Ergebnisse vage Spekulationen durch ausgewogene Konsenserwartungen und tragen so zur Milderung inhärenter Nischennachteile bei.

### 3 Methodik und Implementierung

In der Praxis bestehen 3I-Fokusanalysen aus einer Abfolge von vier aufeinanderfolgenden Untersuchungsschritten, die auf die Identifizierung und Auswahl eines bestimmten GRM-Anwendungsbereichs für eine eingehende Untersuchung folgen [DR21]. Unser Team entwirft und verfeinert zunächst die zu untersuchende Innovationskette, bevor wir in einen intensiven Konsultationsprozess mit Stakeholdern eintreten. Schließlich versammeln wir eine Auswahl von Schlüsselexpertinnen und -experten zu einem interaktiven 3I-Fokus-Workshop, wo wir mit

---

<sup>2</sup> Während viele Visionen für die GRM-Technologie vielleicht nie Wirklichkeit werden, können die langfristigen Auswirkungen immer noch jenseits unseres Verständnisses liegen. Für den Fall, dass GRM eines Tages so einflussreich wird wie das Silizium-MIS heute, kann unsere Perspektive darauf immer noch so ungenau sein wie eine Vision der 1960er Jahre für die heutige Informationstechnologie. Beachten Sie, dass letztere eine ziemlich direkte Folge des Aufkommens der Siliziumtechnologie ab den 1960er Jahren darstellt, aber auch deren bisher unvorhergesehene Auswirkungen auf verschiedene TIS (einschließlich bereits existierender und neu gebildeter) einschließt.

ihnen eine explorative Innovations-Roadmap über alle relevanten Innovationssphären und -schnittstellen hinweg entwickeln. Dann aggregieren wir die gesammelten Ergebnisse in einem Roadmap-Report, der von den Workshop-Teilnehmenden und einem erweiterten Expertenpool validiert wird.

### 3.1 Konzeptions-Phase

Unsere Fokus-Untersuchungen bauen auf früheren TIR-Ergebnissen auf, die die gesamte Breite denkbarer GRM-Anwendungen betrachteten [DR21]. Im Gegensatz dazu fokussieren wir nun gezielt einzelne Technologiefelder, um den damit verbundenen Innovationskontext umfassend aufzulösen. Dazu betrachten wir den gesamten Wertschöpfungsprozess bis hin zum Endprodukt, aber auch die aktuell auf dem Markt verfügbaren Lösungen, deren erwarteten Entwicklungspfade sowie anderer denkbare Alternativen. Über klassisches Desk Research hinaus besuchen wir oft wissenschaftliche Konferenzen und Messen und binden einen Schlüsselakteur als Berater frühzeitig in eine spezifische 3I-Kampagne ein. Die Auswahl eines relevanten Endprodukts für die spezifische GRM-Anwendung ermöglicht es uns, die angedachte Lieferkette bis zur Produktion von GRM als (potentiell) relevanten Wertschöpfungsschritt zurückzuverfolgen. Üblicherweise umfasst die Innovationskette mehrere Wertschöpfungsstufen von der Bereitstellung relevanter GRM über die spezifischen GRM-Anwendungen und relevante Integrationschritte (zu Komponenten und Systemen) bis hin zur Herstellung von wettbewerbsfähigen Endprodukten. Das Ergebnis der Konzeptionsphase stellt einen Entwurf für die relevantesten Stakeholdergruppen dar, die in den folgenden Schritten als Innovationssphären fungieren werden. Gleichzeitig erreichen die Forscherinnen und Forscher ein gewisses Maß an technischer Kompetenz entlang der betrachteten Innovationskette, die als wesentliche Voraussetzung für alle weiteren Schritte dient.

### 3.2 Konsultations-Phase

Für die weitere Ausarbeitung der Innovationskette setzen wir dann auf eine umfangreiche Strategie zur Konsultation der relevanten Schlüsselexpertinnen und -experten. Hier ist unsere Rolle vergleichbar mit der eines ehrlichen Maklers, dem Expertinnen und Experten sowohl persönliche Meinungen als auch vertrauliche Informationen anvertrauen können. Generell (und oft explizit) sichern wir unseren Gesprächspartnern ein hohes Maß an Vertraulichkeit, angelehnt an die Chatham House Rule zu [Cha20-01]. Wir begegnen ihnen auf einer qualifizierten Augenhöhe<sup>3</sup> und erfragen oft gezielt ihre Einsichten und Meinungen zu kontroversen Themen im Feld. Aufgrund der hochspezialisierten (und oft spekulativen) Natur des Themas ist die Basis relevanter Expertinnen und Experten in der Regel extrem klein. Jeder Einzelne kann aufgrund seiner unterschiedlichen Position in der Innovationskette eine sehr unterschiedliche Perspektive

---

<sup>3</sup> Natürlich können wir nie das Niveau der Expertise und Erfahrung von Expertinnen und Experten innerhalb des spezifischen Innovationsbereichs erreichen, in dem sie tätig sind. Unser spezifisches Wissen liegt in der Innovationskette. Da die Innovationsschnittstellen in der Regel bestenfalls vorgelagert sind, können wir oft relevante Einblicke in die Situation der vor- und nachgelagerten Innovationsbereiche geben. So führen wir in der Regel Gespräche von gegenseitigem Interesse und bilateralen Informationsaustausch, ganz im Gegensatz zu üblichen Interview-Settings.

und Wissensbasis mitbringen. Auf Basis von Fachliteratur, Patenten und Marktstudien identifizieren wir erste Schlüsselakteure und erweitern unseren Expertenpool iterativ durch Empfehlungen. Im weiteren Verlauf der Fokus-Analyse liefert eine zunehmende Empfehlungshäufigkeit von bereits bekannten Expertinnen und Experten ein Indiz für eine gute Abdeckung der Innovationskette, gerade wenn die Empfehlungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln zusammenlaufen. Ziele des Konsultationsprozesses umfassen die Vertiefung und Validierung der gewonnenen Erkenntnisse zum jeweiligen Anwendungsbereich, die Prüfung und Verfeinerung der Innovationssphären, die kritische Diskussion der Chancen und Defizite der anvisierten Technologie sowie die Verbreitung von Informationen zur laufenden 3I-Initiative. Insbesondere dienen die Konsultationen aber auch als Vorauswahlmechanismus, um besonders profilierte Expertinnen und Experten für den abschließenden Roadmap-Workshop zu identifizieren und auszuwählen. Zu den Ergebnissen der Konsultationsphase gehört auch eine vorläufige Zusammenfassung der inhaltlichen Ergebnisse, die wir mit den bestätigten Teilnehmenden teilen, um sie bei der Vorbereitung auf den Workshop zu unterstützen und um uns eine erste Validierung unserer Ergebnisse zu ermöglichen.

### 3.3 3I Workshop

Das 3I-Workshop-Konzept bietet einen aktiven, partizipativen Rahmen aus moderierten Gruppendiskussionen. Das Konzept stützt sich (i) auf die komplementäre Expertise der Teilnehmenden, die im Grunde alle wichtigen Aspekte der angestrebten Wertschöpfungskette repräsentieren, (ii) auf eine offene Diskussionsatmosphäre, die durch entsprechende Vertraulichkeitsvereinbarungen sichergestellt wird (in Analogie zur Chatham House Rule) und

(iii) auf eine angemessene Gruppengröße [Cha20-ol]. Die sorgfältige Auswahl der Teilnehmenden (auf Basis der persönlichen Konsultationen) stellt daher eine kritische Voraussetzung für den Erfolg eines 3I-Workshops dar. Explizite Ziele des Workshops sind (a) die Identifikation des Ist-Zustandes und der zu erwartenden Entwicklungen der einzelnen Schlüsselbranchen entlang der Innovationskette, (b) die Definition und kritische Diskussion gemeinsamer Kennzahlen entlang der Innovationskette und (c) die technologische, wirtschaftliche und zeitliche Abstimmung der Entwicklungsperspektiven im Rahmen einer konkreten Innovations-Roadmap. Implizite Ziele sind der Austausch von Informationen und Perspektiven entlang der angestrebten Innovationskette (einschließlich Vernetzungsmöglichkeiten), um Kooperationspotentiale und schließlich Marktvorteile für die beteiligten Unternehmen und die europäische Wirtschaft im Allgemeinen aufzudecken.

Typischerweise versammelt ein 3I-Fokus-Workshop eine sorgfältig ausgewogene Auswahl von etwa 20 Schlüsselexpertinnen und -experten, deren kollektive Perspektiven die gesamte Innovationskette abdecken. Jede Einzelperspektive deckt in der Regel Kernaspekte einer einzelnen Innovationssphäre ab, seltener sind sie bereits an einer der identifizierten Innovationsschnittstellen aktiv, oder repräsentieren übergreifende Aspekte (wie z. B. Regulierung, Standardisierung, Fördergeber, Investoren, Politik etc.) Die Agenda des Workshops gliedert sich in drei größere Schritte, die durch interaktive Diskussionen ausgestaltet werden.



### 3.3.1 Innovationssphären: Input/Output-Analyse

In einer ersten Runde parallel stattfindender Gruppendiskussionen wird jede Innovationssphäre (vgl. Bild 1) zunächst separat analysiert, wobei der Fokus auf dem aktuellen Stand der jeweiligen Branche liegt. Das Format berücksichtigt explizit die für die Gruppe relevanten Input- und Outputfaktoren. Zu diesem Zweck teilt sich das Workshop-Forum in drei Gruppen auf, denen die Teilnehmenden entsprechend ihrer Expertise und Perspektive zugeordnet werden. Natürlich ist es wichtig, durch eine sorgfältige Auswahl der Teilnehmer:innen im Vorfeld eine ausgewogene Verteilung über die gesamte Innovationskette zu erreichen.

In der Praxis kann die Zuordnung von Personen zu Gruppen entweder durch freie Wahl der Teilnehmenden oder durch eine Vorab-Zuordnung durch die Moderatorinnen und Moderatoren (z. B. durch subtile Markierungen auf Namensschildern) auf Basis der bisherigen Eindrücke aus dem Beratungsprozess erfolgen. Unsere 3I-Prinzipien gewährleisten ein stringentes Design der Innovationskette und eine entsprechende Einladung von Expertinnen und Experten. Die Gruppenzusammensetzung sollte also im Wesentlichen nicht vom Zuweisungsprozess abhängen – wir haben mit beiden Ansätzen gleich gute Erfahrungen gemacht. Im Idealfall kann die Selbstzuweisung die Identifikation der Expertinnen und Experten mit ihrer Gruppe erhöhen. Die Teilnehmenden schätzen jedoch oft klare Anweisungen, wenn sie mit dem noch ungewohnten 3I-Format konfrontiert werden. In jedem Fall kann die Vorab-Zuweisung von Expertinnen und Experten die Workshop-Agenda etwas straffen, was der Maximierung der Workshop-Ergebnisse innerhalb eines streng begrenzten Zeitrahmens zugutekommt.

Wir weisen jeder Diskussionsgruppe immer mindestens ein Mitglied unseres Teams zur aktiven Moderation zu. Die Moderatorinnen und Moderatoren haben in der Regel während der Konsultationsphase umfangreiches fachspezifisches Wissen und persönliche Interaktionserfahrungen mit den beteiligten Expertinnen und Experten gesammelt, die es ihnen ermöglichen, die Diskussion effektiv zu steuern. Wir regen die Teilnehmenden an, zentrale Aspekte der Diskussion zu dokumentieren (auf Haftnotizen) und diese im I/O-Kontext (auf einer entsprechend vorstrukturierten Metaplanwand) einzuordnen [DR21]. Die Gruppe vereint dabei die Perspektiven aus Sicht einer Wertschöpfungsstufe. Ziel der Diskussion ist ein gemeinsames Verständnis zu etablieren und zu dokumentieren.

Inhaltlich werden der aktuelle Status und kurzfristige Erwartungen im Sinne von Input- und Output-Faktoren (I/O) fokussiert. Aus technischer Perspektive schaffen die Unternehmen Werte, indem sie physische Vorprodukte und andere Produktionsfaktoren in höherwertige Produkte wandeln. Es gilt also gegenwärtige und geplante Marktinteraktionen der Stakeholder sowohl mit vorgelagerten Lieferanten als auch mit nachgelagerten Auftraggebern und Kunden darzustellen. Aus ökonomischer Sicht werden auch die Rahmenbedingungen betrachtet, in denen die Unternehmen agieren, sowie die Kundengruppen und Märkte, die sie ansprechen. Hier können die relevanten Faktoren stark variieren, von regulatorischen Bedingungen über den Zugang zu Kapitalmärkten, Produktimages und Wahrnehmungen in den Medien etc. Im Laufe der Diskussionen bestimmt jede Gruppe einen Sprecher aus ihrer Mitte für eine kurze Präsentation der Ergebnisse im Workshop-Plenum.

### 3.3.2 Schnittstellen der Innovation: SWOT-Analyse

Eine Runde von parallelen Gruppendiskussionen knüpft dann an die vorherigen Ergebnisse in einer neuen Konstellation an, die die kritischen Innovationsschnittstellen zwischen den Sphären (vgl. Bild 1) adressiert. Das Format adressiert insbesondere die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT), die mit der gemeinsamen Technologie- und Produktentwicklung verbunden sind. Zu diesem Zweck teilt sich das Workshop-Forum in zwei neue Gruppen auf. Im Wesentlichen erreichen wir diese Konstellation durch die Zusammenführung benachbarter Innovationsbereiche. Dies erfordert natürlich eine Aufspaltung der Innovationssphären in mittleren Positionen, die entweder durch Selbstzuordnung oder vorherige Festlegung gelöst werden kann<sup>4</sup>.

Langfristig werden sich entwickelnde Angebot- und Nachfrage-Beziehungen die Innovationsschnittstelle formalisieren und den Rahmen für regelmäßige Interaktionen zwischen den Akteuren bilden. Zum gegebenen Zeitpunkt jedoch schafft unser Workshop eine einzigartige Gelegenheit für Expertinnen und Experten, ihre Erwartungen und Visionen mit denen ihrer potentiellen Lieferanten oder Kunden abzugleichen. Typischerweise bitten wir die Expertinnen und Experten, zunächst interne Faktoren zu fokussieren, die die beteiligten Innovationssphären kontrollieren oder zumindest beeinflussen können. Dazu gehören immer auch Alleinstellungsmerkmale (USP) denkbarer Technologien und für deren gemeinsame Entwicklung relevante Leistungskennzahlen (KPI). Themen sind in der Regel auch Kosten, Qualität, Leistung etc. von neuartigen Technologien, Produkten oder Dienstleistungen. Später lenken die Moderatoren die Diskussion auf externe Faktoren, die die Rahmenbedingungen für die Stakeholder bestimmen (falls diese nicht automatisch in der Diskussion zur Sprache kommen). Auch hier bitten wir die Expertinnen und Experten, die Schlüsselemente der Diskussion im SWOT-Rahmen ihrer Innovationsschnittstelle zu dokumentieren (auf einer entsprechend vorstrukturierten Metaplanwand) [DR21]. Wir betrachten die Diskussion der Innovationsschnittstelle als ein entscheidendes Kernstück unseres Workshops. Daher widmen wir jeder Gruppe in der Regel zwei Moderatoren, reservieren einen wesentlichen Teil der Workshop-Zeit und erlauben den Expertinnen und Experten oft, in den Pausen die Gruppe zu wechseln, falls sie sich auf beiden Seiten engagieren wollen. Auch hier endet die Sitzung mit kurzen Ergebnispräsentationen im Plenum durch ausgewählte Vertreter der jeweiligen Gruppe.

### 3.3.3 Explorative Innovations-Roadmap

In einem abschließenden Schritt setzen wir explorative Roadmapping-Techniken ein, um wichtige Ergebnisse auf einer Zeitachse einzuordnen. Es gibt mehrere Optionen, um die Übertragung von Schlüsselinhalt aus früheren Sitzungen zu erleichtern:

---

<sup>4</sup> In der Regel arbeiten wir mit genau drei Innovationssphären zu jedem Thema (vgl. Bild 1). Reale Wertschöpfungsketten weisen jedoch oft eine höhere Anzahl an Zulieferschritten auf, die idealerweise mit einer gleichen Anzahl an Innovationssphären modelliert werden. In der Praxis fügen wir diese je nach Kontext als Unterstruktur von umfassenderen Innovationssphären zusammen, um den praktischen Anforderungen unserer aktuellen 3I-Implementierung zu entsprechen. Natürlich sind mit leichten Modifikationen auch modifizierte 3I-Formate und -Prozesse mit einer anderen Anzahl an Sphären denkbar.

- Initiiert durch die Moderatorinnen und Moderatoren (dabei Beratung durch das Plenum einfordernd).
- Individuell durch die Expertinnen und Experten (selbstorganisiert, hochgradig parallelisiert, Moderatorinnen und Moderatoren bieten auf Anfrage Unterstützung an).
- Gruppenarbeit (für jeden Innovationsbereich, aktiv moderiert).
- Plenarformat (direkte Zusammenführung der Ergebnisdiskussion).

Wir haben mit allen oben genannten Ansätzen (einschließlich Kombinationen daraus) gute Erfahrungen gemacht. Die Moderatorinnen und Moderatoren sind in der Regel auf verschiedene Optionen vorbereitet und entscheiden vor Ort angesichts von Gruppendynamik, Timing und Besonderheiten des Themas. In jedem Fall schließt der Workshop mit einer Plenardiskussion, die die Abstimmung und Interaktion über die Schnittstellen der Innovation hinweg fokussiert.

Das grundsätzliche Roadmap-Design umfasst den Zeitstrahl auf der horizontalen Achse, auf dem mit Jahreszahlen grob kurz-, mittel- und langfristige Zeithorizonte abgesteckt werden [DR21]. Die vertikale Achse unterteilt sich entlang des betrachteten Wertschöpfungsprozesses (als Abfolge der Innovationssphären). Hier wird angesichts eines gemeinsam abgesteckten Erfolgsszenarios von den Akteuren sukzessive die künftige Wertschöpfungskette aufgebaut. Insbesondere werden Zielwerte für KPIs, zu erreichende Meilensteine und potentielle Engpässe für die Entwicklung aus den einzelnen Gruppen thematisiert, anhand dieser dann gemeinsame Ziele abgesteckt und für die Interaktion (in Lieferbeziehungen) besonders relevante KPI identifiziert.

### 3.3.4 Dokumentations-Phase

Abschließend fasst unser Team die wesentlichen Ergebnisse, die während der 3I-Kampagne erzielt wurden, in einem umfassenden Bericht zusammen. Ein Entwurf wird unter den am Workshop Teilnehmenden und einem erweiterten Expertenpool (gebildet aus qualifizierten Expertinnen und Experten, die der Einladung zum Workshop nicht folgen konnten) verteilt, mit der Bitte um Feedback und zur Validierung der Ergebnisse. Die endgültige Version des Roadmap-Fokusberichts richtet sich primär an die beteiligten Expertinnen und Experten. In regelmäßigen Abständen dienen die aggregierten Ergebnisse (Roadmap-Fokusberichte, umfassende Meta-Analysen und ergänzende Innovationsforschung zu GRM) dem Graphen-Flagship-Konsortium und seiner Führung bei Planungs- und Entscheidungsprozessen. Selektive Inhalte werden für die Veröffentlichung weiter verfeinert, primär im neu etablierten Format von Graphene Roadmap Briefs [DR21], [DSN+21].

## 4 Themen und Ergebnisse

Der Entwicklung des 3I-Ansatzes ging eine umfassende Untersuchung aller bis dato vorgeschlagenen Anwendungsbereiche für Graphen und anderen 2D-Materialien bzgl. der Kriterien des inhärenten technologischen Potentials sowie der Marktaussichten (insb. aus europäischer Perspektive) voraus [DR21]. Diese diente besonders am Anfang als Basis für die Auswahl der Themen. Tabelle 1 bietet eine grobe Übersicht über die bislang abgeschlossenen 3I-Studien anhand ihrer Originaltitel (engl.). Die detaillierten Roadmap-Berichte stehen bis auf Weiteres

nur innerhalb des Projektkonsortiums zur Verfügung, werden aber sukzessive in Form von Roadmap-Briefs [DR21], [DSN+21] publiziert.

*Tabelle 1: Übersicht über die bislang abgeschlossenen 3I-Fokus-Studien im Rahmen des Graphene Flagship Projects.*

| Nr. | Titel der 3I-Fokusanalyse (engl.)   | Workshop   |
|-----|---|------------|
| 1   | Graphene-enhanced supercapacitors: Application perspectives within forklifts                | 04.07.2017 |
| 2   | Anti-corrosion by graphene: Industrial application perspectives                             | 24.10.2017 |
| 3   | Graphene-enhanced electrode materials for Lithium-Ion Batteries                             | 28.11.2017 |
| 4   | Graphene-based materials for next-generation neural interfaces                              | 25.01.2018 |
| 5   | Graphene and related 2D materials for novel perovskite solar cells                          | 27.11.2018 |
| 6   | Integrated graphene-based photonics for data communication                                  | 29.11.2018 |
| 7   | Graphene-enhanced water desalination, purification, and wastewater treatment                | 15.05.2019 |
| 8   | Graphene-based non-invasive diagnostic biosensors   | 22.05.2019 |
| 9   | Graphene-Elastomer Composites: Will success in niches trigger volume markets?               | 09.10.2019 |
| 10  | Graphene and related 2D materials in microelectronics and spintronics: Starting point MRAM? | 30.10.2019 |
| 11  | Graphene in MEMS, sensors, and actuators  | 25.02.2021 |
| 12  | Graphene application in antimicrobial surfaces  | 14.07.2021 |

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die erstmalige experimentelle Herstellung von Graphen lieferte den Startschuss zur Ausbildung eines neuen Material-Innovation-Systems. Auch wenn längst nicht alle anfänglichen Erwartungen an das neue "Wundermaterial" erfüllt werden, entpuppt sich GRM als ein hochdynamischer Innovationsbereich, der auch heute noch weitgehend von wissenschaftlichen Entdeckungen getrieben wird und innovative Lösungen über ein extrem breites Spektrum von Anwendungen verspricht [DR21]. Wir haben einen neuen Roadmap-Ansatz entwickelt, der auf die Untersuchung zukünftiger Wertschöpfungsketten, wie sie ggf. durch GRM ermöglicht werden, abzielt, lange bevor sich die tatsächlichen Lieferketten etablieren. Unsere Analysen konzentrieren sich auf das Anwendungspotential von GRM zur Lösung industrieller und gesellschaftlicher Herausforderungen – und potentielle Pfade diese zu heben.

Das von uns entwickelte 3I-Konzept erweist sich als vielseitig anpassbar an die breite Vielfalt von GRM-Anwendungen, die in unterschiedlichste Innovationskontexte eingebettet sind. Es liefert damit auch erste Indizien, um den tatsächlichen Umfang aber auch Auswirkungen des

neue entstehenden GRM-Innovationssysteme vorherzusagen. Vor allem dient es aber auch als Werkzeug zur Ausbildung entscheidender Schnittstellen der Innovation, die den Industrialisierungsprozess entscheidend vorantreiben können. Wir erkennen ein hohes Potential, 3I-Konzepte auf andere technologieintensive Innovationsbereiche anzuwenden und die zugrundeliegenden Mechanismen zu übernehmen, um deren Komplexität zu bewältigen.

Seit 2017 haben wir inzwischen zwölf 3I-Studien abgeschlossen, die jeweils eine spezifische Innovationskette auf Basis von GRM eingehend beleuchten. Für sich betrachtet, beleuchtet eine einzelne 3I-Studie immer nur eine einzige aus unüberschaubar vielen potentiellen Wertschöpfungsketten, die von GRM profitieren können oder damit erst denkbar werden. In jedem Fall zeigt sie den Weg einer innovativen GRM-Anwendung bis hin zur Wertsteigerung bestimmter Endprodukte auf. Gemeinsam betrachtet bilden unsere Ergebnisse jedoch die gesamte Vielfalt von GRM-Anwendungen immer besser ab. Insbesondere versuchen wir durch geschickte Auswahl der Themen eine gewisse Triangulation zwischen Innovationskontexten zu ermöglichen. Obwohl die Ergebnisse sehr spezifisch für die jeweils untersuchte Innovationskette sind, sehen wir uns zunehmend in der Lage, ihre Gültigkeit für ähnliche Fälle oder das gesamte GRM-Innovationssystem abzuleiten.

Wir werden das Spektrum der 3I-Studien in den kommenden Jahren weiter mit neuen Themen ergänzen, aber auch ausgewählte 3I-Themen wieder aufgreifen, um deren Fortschritte zu analysieren und die Fokus-Analyse-Strategie durch weitere Methoden zu ergänzen. Zudem etablieren wir mit den Graphene Roadmap Briefs [DR21], [DSN+21] ein Format zur sukzessiven Publikation der inhaltlichen Ergebnisse.

## Literatur

- [Bar19] BARKAN, T.: Graphene: the hype versus commercial reality. *Nature nanotechnology*, (14)10, 2019, S. 904–906
- [Cha20-ol] CHATHAM HOUSE: Chatham House Rule. Unter: <https://www.chathamhouse.org/chatham-house-rule>, Letzter Zugriff: 24. Juli 2020
- [Cor20-ol] CORDIS: Coordination Action for Graphene-Driven Revolutions in ICT and Beyond | GRAPHENE-CA Project | FP7 | CORDIS | European Commission. Unter: <https://cordis.europa.eu/project/id/284558>, Letzter Zugriff: 28. Juli 2020
- [Cor12] CORDIS: 001-DeliverableD63.pdf. Unter: <https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/8/284558/080/deliverables/001-DeliverableD63.pdf>
- [DR21] DÖSCHER, H.; REISS, T.: Graphene Roadmap Briefs (No. 1): Innovation interfaces of the Graphene Flagship. *2D Materials - IOPscience*, 2021
- [DSN+21] DÖSCHER, H.; SCHMALTZ, T.; NEEF, C.; REISS, T.: Graphene Roadmap Briefs (No. 2): Industrialization status and prospects 2020. *2D Materials - IOPscience*, 2021
- [Edq01] EDQUIST: DRUID's Nelson-Winter conference (2001). Aalborg, Denmark, 2001
- [FBF+15] FERRARI, A. C.; BONACCORSO, F.; FAL'KO, V.; NOVOSELOV, K. S.; ROCHE, S.; BØGGILD, P.; BORINI, S.; KOPPENS, F. H. L.; PALERMO, V.; PUGNO, N.; GARRIDO, J. A.; SORDAN, R.; BIANCO, A.; BALLERINI, L.; PRATO, M.; LIDORIKIS, E.; KIVIOJA, J.; MARINELLI, C.; RYHÄNEN, T.; MORPURGO, A.; COLEMAN, J. N.; NICOLOSI, V.; COLOMBO, L.; FERT, A.; GARCIA-HERNANDEZ, M.; BACHTOLD, A.; SCHNEIDER, G. F.; GUINEA, F.; DEKKER, C.; BARBONE, M.; SUN, Z.; GALIOTIS, C.; GRIGORENKO, A. N.; KONSTANTATOS, G.; KIS, A.; KATSNELSON, M.; VANDERSYPEN, L.; LOISEAU, A.; MORANDI, V.; NEUMAIER, D.; TRESSI, E.; PELLEGRINI, V.; POLINI, M.; TREDICUCCI, A.; WILLIAMS, G. M.; HONG, B. H.; AHN, J.-H.; KIM, J. M.; ZIRATH, H.; VAN WEES,

- B. J.; VAN DER ZANT, H.; OCCHIPINTI, L.; DI MATTEO, A.; KINLOCH, I. A.; SEYLLER, T.; QUESNEL, E.; FENG, X.; TEO, K.; RUPESINGHE, N.; HAKONEN, P.; NEIL, S. R. T.; TANNOCK, Q.; LÖFWANDER, T.; KINARET, J.: Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems. *Nanoscale*, (7)11, 2015, S. 4598–4810
- [Gee02] GEELS, F. W.: Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, (31)8, 2002, S. 1257–1274
- [GN10-ol] GEIM, A.; NOVOSELOV, K.: The Nobel Prize in Physics 2010. Unter: <https://www.nobel-prize.org/prizes/physics/2010/summary/>, Letzter Zugriff: 28. Juli 2020
- [Gra13] GRAPHENE CALL DOCUMENT: Graphene Call Document. Unter: [http://www.graphene-call.esf.org/fileadmin/ressources\\_conferences/GrapheneCall/user\\_ressources/Files/Call\\_Documents/604391\\_GRAPHENE\\_Call\\_Document\\_Final.pdf](http://www.graphene-call.esf.org/fileadmin/ressources_conferences/GrapheneCall/user_ressources/Files/Call_Documents/604391_GRAPHENE_Call_Document_Final.pdf)
- [HSN+07] HEKKERT, M. P.; SUURS, R.; NEGRO, S. O.; KUHLMANN, S.; SMITS, R.: Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, (74)4, 2007, S. 413–432
- [Kem94] KEMP, R.: Technology and the transition to environmental sustainability: The problem of technological regime shifts. *Futures*, (26)10, 1994, S. 1023–1046
- [Lun85] LUNDVALL, B.-Å.: Product innovation and user-producer interaction. Serie om industriel udvikling Band 31, Aalborg Univ. Press, Aalborg, 1985
- [NGM+04] NOVOSELOV, K. S.; GEIM, A. K.; MOROZOV, S. V.; JIANG, D.; ZHANG, Y.; DUBONOS, S. V.; GRIGORIEVA, I. V.; FIRSOV, A. A.: Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science* (New York, N.Y.), (306)5696, 2004, S. 666–669
- [RHF19] REISS, T.; HJELT, K.; FERRARI, A. C.: Graphene is on track to deliver on its promises. *Nature nanotechnology*, (14), 2019, S. 907–910
- [Sch07] SCHMOCH, U.: Double-boom cycles and the comeback of science-push and market-pull. *Research Policy*, (36)7, 2007, S. 1000–1015
- [Wal47] WALLACE, P. R.: The Band Theory of Graphite. *Physical Review*, (71)9, 1947, S. 622–634

## Autoren

**Dr. Henning Döscher** ist Senior Researcher und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Er hat Physik und Wirtschaftsinformatik an der TU Clausthal studiert und dabei Forschungsaufenthalte an der UW Madison (WI, USA), an der NCSU Raleigh (NC, USA) und an der Cairo University (Ägypten) absolviert. Er promovierte an der Humboldt-Universität zu Berlin und am Helmholtz-Zentrum Berlin, bevor er an der TU Ilmenau ein Marie Curie International Outgoing Fellowship der Europäischen Union einwarb. Es führte ihn ans National Renewable Energy Laboratory (CO, USA) und die Philipps-Universität Marburg. Seit 2017 betreibt er Innovationssystemanalysen im Bereich neuer Materialien und Technologien am Fraunhofer ISI.

**Dr. Thomas Schmaltz** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Er studierte Werkstoffwissenschaften an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg und am Imperial College London. Nach seiner Promotion in den Werkstoffwissenschaften an der FAU folgte ein Postdoktorat an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) in der Schweiz im Rahmen eines Feodor Lynen-Forschungsstipendiums der Alexander von Humboldt-Stiftung. Seit 2018 beschäftigt er

sich mit der Analyse und Betrachtung aktueller und zukünftiger Entwicklungen in den Bereichen neue Materialien, Mikroelektronik, Batterietechnologien, Wasserstofftechnologien und Quantentechnologien am Fraunhofer ISI.

**Dr. Thomas Reiß** ist Senior Scientist und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Studium der Biologie und Chemie an der Universität Freiburg, Staatsexamen 1980, Promotion zum Dr. rer. nat. Universität Freiburg 1983. 1983-1986: Wissenschaftlicher Angestellter der Universität Freiburg am Institut für Biologie II, Molekularbiologie der Pflanzen. 1986-1987: Gastwissenschaftler (DFG-Stipendium) am DOE Plant Research Laboratory, Michigan State University, East Lansing, USA. Seit 1987 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. 1993-1995: Mitglied des Leitungsgremiums der Abteilung "Technischer und Industrieller Wandel". 1996-2004: Leiter der Abteilung "Innovationen in der Biotechnologie". Von 2005 bis 2020 Leiter des Competence Centers Neue Technologien. Von August 2006 bis März 2007: stellvertretender Direktor des Fraunhofer ISI.

**Dr. Axel Thielmann** ist Senior Scientist und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Er studierte Physik an der Friedrich-Alexander Universität (FAU) Nürnberg-Erlangen und der Universidad de Cantabria in Santander, Spanien (Diplom in Physik 2001). Von 2002 bis 2005 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Nanotechnologie (INT) des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) und der Universität Karlsruhe TH (Promotion zum Dr. rer. nat. 2005). Von 2005 bis 2006 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Center for Functional Nanostructures (CFN) und an der Universität Karlsruhe TH, von 2006 bis 2007 arbeitete er als Patentingenieur in der Patentanwaltskanzlei Dr. Gassner & Partner in Erlangen. Seit März 2007 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Fraunhofer ISI. Koordination der Nanotechnologie-Aktivitäten am Fraunhofer ISI. 2010-2020 war er stellvertretender Leiter des Competence Centers Neue Technologien, welches er seit 2021 leitet. Seit 2016 ist er Leiter des Geschäftsfelds Industrielle Technologien.

# **Ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements**

***Dr. Ulrich Hutschek***

*TIM Consulting*

*Hohnerstraße 25, 70469 Stuttgart*

*E-Mail: ulrich.hutschek@tim-consulting.de*

***Kai Ellermann, M.Sc.***

***Lennard Haarmann, M.Sc.***

*Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM*

*Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn*

*E-Mail: {kai.ellermann/lennard.haarmann}@iem.fraunhofer.de*

## **Zusammenfassung**

Die Technologiesprünge der jüngeren Vergangenheit machen das systematische Auswerten großer Datenmengen zu einer wettbewerbskritischen Kompetenz. Insbesondere die Fortschritte in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen ermöglichen neue Werkzeuge, die auch die unternehmerische Produkt- und Technologieplanung in den kommenden Jahren revolutionieren werden. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die aktuellen Entwicklungen im Bereich dieser sogenannten Smart-Data-Tools zu strukturieren. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen einer empirischen Studie Interviews mit Managern auf Anwenderseite und auf Software-Anbieterseite geführt. Anschließend wurde eine Übersicht von am Markt verfügbaren Smart-Data-Tools zur Unterstützung der Produkt- und Technologieplanung erstellt sowie ein theoriegeleitetes Framework zur Einordnung der Ergebnisse erarbeitet. Smart-Data-Tools erfüllen demnach verschiedene komplexitätsstrukturierende Funktionen. Die Studie lässt erwarten, dass die Relevanz von Smart-Data-Tools in den kommenden Jahren zunehmen wird. Dies wird starke Implikationen auf das funktionale Profil der Produkt- und Technologieplanung haben.

## **Schlüsselworte**

Smart-Data-Tools, Software, Frühe Phase (FFE), Künstliche Intelligenz (KI), Technologiemanagement, Innovationsmanagement



# **A framework for smart data tools in the fuzzy front-end of the technology and innovation management**

## **Abstract**

The technological leaps of the recent past have made the systematic evaluation of large amounts of data a competence that is critical for competition. In particular, advances in the fields of artificial intelligence and machine learning have enabled new tools that will also revolutionize corporate product and technology planning in the coming years. The aim of this paper is to structure the current developments in the field of these so-called smart data tools. For this purpose, interviews with managers on the user side and on the software provider side were conducted within the framework of an empirical study, an overview of smart data tools available on the market for supporting product and technology planning was compiled, and a theory-based framework for classifying the results was developed. Accordingly, smart data tools fulfill various complexity-structuring functions. The study suggests that the relevance of smart data tools will increase in the coming years. This will have strong implications for the functional profile of product and technology planning.

## **Keywords**

Smart data tools, software, fuzzy front-end (FFE), artificial intelligence (AI), technology management, innovation management

## 1 Einleitung

Muster in Daten für einen Erkenntnisgewinn zu nutzen, ist nicht neu – die Ursache des Cholera-Ausbruchs 1854 in London beispielsweise wurde im Trinkwasser festgestellt, nachdem Krankheits-Cluster um bestimmte Brunnen gefunden wurden [RU11]. Erst die Technologiesprünge der jüngeren Vergangenheit aber machen das systematische Auswerten großer Datenmengen zu einer wettbewerbskritischen Kompetenz [IL20]: Insbesondere die Fortschritte in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen haben neue Werkzeuge ermöglicht, die auch die unternehmerische Produkt- und Technologieplanung in den kommenden Jahren revolutionieren werden – Smart-Data-Tools. Dabei handelt es sich um Softwarelösungen, die verschiedene Datenquellen zusammenführen, korrelieren und analysieren, um Entscheidungsprozesse zu fundieren [Iaf15].

Die große Relevanz von Smart-Data-Tools für die frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements (TIM) resultiert aus deren Unterschieden zu nachgelagerten Phasen der Produktentwicklung: Der Fokus der frühen Phasen liegt auf der Exploration neuer Möglichkeiten, Wertangebote zu differenzieren und Kundenbedürfnisse zu adressieren [KAB+02], [Mar91], [Tee98]. In diesem Zusammenhang müssen Entscheidungen bezüglich der Allokation von Ressourcen getroffen werden, obwohl die Ergebnis-Planbarkeit einer hohen Unsicherheit unterliegt [KAB+02].

Hier setzen Smart-Data-Tools an. Durch ihre komplexitätsstrukturierenden Ansätze können sie zu einer Senkung der für die frühen Phasen typischen Unsicherheiten und dem damit verbundenen erhöhten Ressourcenaufwand beitragen. Sie basieren auf dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI). KI beschreibt die Eigenschaft eines technischen Systems, intelligente und menschenähnliche Verhaltensweisen zu zeigen [Bit17-ol].

Die zugrundeliegenden Algorithmen werden auch als intelligente, selbstlernende Algorithmen bezeichnet und unterscheiden sich kategorisch von regelbasierten Algorithmen: Letztere erhalten Anweisungen und verfolgen ein Ziel lediglich auf Basis der vom Menschen vorab erstellten Regeln, z.B. zur Abbildung einfacher Expertensysteme. Intelligente Algorithmen hingegen stellen, basierend auf einer ausreichend großen Datenmenge, eigene Regeln zur Erreichung eines Ziels auf [Fry18]. Eine weitere gängige Unterscheidung im Bereich der Forschung ist die zwischen schwacher KI und starker KI [Ibm20-ol].

Während KI bereits in vielen Unternehmensbereichen eine Schlüsseltechnologie darstellt, beginnt sie zunehmend auch die Art und Weise zu verändern, wie Innovationen entstehen und Produkte entwickelt werden [FB19]. KI ermöglicht es, Aufgaben mit bislang großem Systematisierungsaufwand zu vereinfachen und effizienter zu gestalten [KMW+19]. Sie kann dabei unterstützen, die immer schneller steigende Anzahl an oft kurzlebigen Informationen und Innovationsimpulsen aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Quellen schneller als bisher zu erfassen, zu strukturieren, zu filtern, zu analysieren und für das eigene Unternehmen nutzbar zu machen. Durch den KI-Einsatz ergibt sich somit das Potential Kundenbedarfe, technologische und marktseitige Entwicklungen sowie die sich daraus ergebenden Opportunitäten besser zu erkennen.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Smart-Data-Tools zu strukturieren. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen einer empirischen Studie (a) Interviews mit Managern auf Anwenderseite und (b) auf Software-Anbieterseite geführt, (c) eine Übersicht von am Markt verfügbaren Smart-Data-Tools zur Unterstützung der Produkt- und Technologieplanung erstellt sowie (d) ein theoriegeleitetes Framework zur Einordnung der Ergebnisse erarbeitet.

## 1.1 Aktuelle Herausforderungen in den frühen TIM-Phasen

Im Zuge der Framework-Erstellung wurden Interviews mit Vertretern von neun Industrieunternehmen geführt mit dem Ziel, aktuelle Herausforderungen in den frühen TIM-Phasen zu identifizieren. Bei den Interviewpartnern handelte es sich jeweils um für TIM verantwortliche Personen, u.a. CTOs, Innovationsmanager und Foresighting-Manager.

Demnach gibt es in produzierenden Unternehmen eine wachsende Anzahl an KI-Anwendungen: So werden KI-Technologien von Unternehmen bereits heute in den Bereichen Produktion und Marketing oder auch im Service eingesetzt. Weitere Einsatzgebiete stellen beispielweise operative und strategische Planungstätigkeiten dar [SBW18]. Bisher existiert jedoch lediglich ein geringes Maß an Erfahrungswissen bezüglich des Einsatzes von KI-Technologien im TIM [HWP+21], [FB19].

Der Technologieverantwortliche eines großen Maschinenbau-Unternehmens beschreibt im Interview beispielsweise, dass er nicht sicher sei, ob alle für die valide Bewertung neuer Produktideen nötigen Informationen genutzt würden. Ähnliches beschreibt der Foresight-Manager eines weiteren Maschinenbau-Unternehmens. Für seine Funktion seien sowohl technologische als auch marktbezogene und politische Entwicklungen relevant. Diese könnten aber aufgrund der unüberschaubaren Menge an zur Verfügung stehenden Informationen und der einhergehenden Komplexität kaum adäquat erfasst und für das eigene Unternehmen bewertet werden. Folgende weitere aktuelle Herausforderungen wurden in den Gesprächen genannt:

- **Wachsende Anzahl von Datenquellen:** Die Anzahl der relevanten Datenquellen stellt nicht zuletzt die IT vieler Unternehmen vor große Probleme. Den Überblick zu behalten und Daten verschiedener Quellen sinnvoll zusammenzuführen wird dabei zunehmend schwieriger. Gleichzeitig führen Datenschutzbestimmungen zu Restriktionen bezüglich Zugänglichkeit und Nutzung dieser Daten.
- **Datenkomplexität:** Auch die Datenkomplexität wächst stetig bzw. die Wirkzusammenhänge sind schwerer nachzuvollziehen. Beispielsweise spielen neue Datenformate wie bspw. Sprach- und Videodaten (z.B. Social Media) eine immer größere Rolle.
- **Lebenszyklusbeschleunigung:** Die Notwendigkeit, neue Marktleistungen in immer kürzeren Abständen dem Kunden anbieten zu können, ist an sich nicht neu. Im Kontext der oben genannten Datenproblematik bekommt sie jedoch neues Gewicht, bzw. die Herausforderungen der Datennutzung und der Produktentwicklung bedingen sich gegenseitig.
- **Exploration:** Viele Branchen verzeichnen einen Trend zu wachsenden Ökosystemen mit neuen Marktteilnehmern und neuen Geschäftsmodellen. Vor diesem Hintergrund wird das Beobachten und Bewerten von Entwicklungen jenseits der aktuellen Kernkompetenzen für

viele Unternehmen wichtiger, um Substitutionsgefahren frühzeitig zu erkennen. Gleichzeitig beschleunigt sich auch das Wachstum neuer Explorationsobjekte – es existiert eine nahezu unüberschaubare Menge an relevanten Umfeldentwicklung, die es für das eigene Unternehmen einzuordnen gilt. Somit wird es auch immer schwieriger, neue Technologien und mögliche Wertangebote hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und ihres Potentials zu bewerten.

In Summe lässt sich festhalten, dass es deutlich schwieriger und komplexer zu werden scheint, relevante Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, richtig einzuschätzen sowie die richtigen Entscheidungen in einem möglichst schlanken Prozess daten- und faktenbasiert abzuleiten.

## 2 Smart-Data-Tool-Framework

Das hier vorgestellte Smart-Data-Tool-Framework wurde mit dem Ziel entwickelt, Unternehmen bei der Bewältigung der oben genannten Herausforderung zu unterstützen. Das Framework besteht aus den drei Analyseebenen „Anwendungsebene“, „Funktionsebene“ sowie „Tool-ebene“, die im Folgenden vorgestellt werden.

### 2.1 Anwendungsebene: Die frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements

Die Anwendungsebene betrachtet das Technologiemanagement sowie das Innovationsmanagement integrativ. Beiden Disziplinen ist gemein, dass technologie- und marktseitige Veränderungen identifiziert werden müssen, um diese anschließend für das eigene Unternehmen einzuordnen [WSH+11], [NAW+19].

Das Technologiemanagement umfasst Aktivitäten zu Früherkennung, Bewertung, Planung, Entwicklung, Verwertung, und Schutz von Technologien [SKM11]. In diesem Zusammenhang dient die Technologiefrüherkennung dazu, technologierelevante Informationen zu sammeln, aufzubereiten und zu bewerten. Daraus werden Impulse für potentielle zukünftige Innovationen abgeleitet. Dieser Prozessschritt ist somit Teil der Potentialfindung und dient als Input für die Ideengenerierung im Innovationsprozess [NAR+20].

Der gesamte Innovationsprozess erstreckt sich von der Potentialfindung über Ideengenerierung, -bewertung, Konzeption und Entwicklung bis hin zu Markteinführung und Verbreitung [GDE+19]. Im Kontext des KI-Einsatzes sind insbesondere die frühen Phasen – Potentialfindung sowie Ideengenerierung und -bewertung – von hoher Relevanz. Ursächlich dafür ist der überwiegend explorative Charakter dieser Phasen. Damit einher geht eine geringe Planbarkeit und ein hohes Maß an Unsicherheit bezüglich unternehmerischer Entscheidungen [Hut17]. KI adressiert diese Problematik. Durch die Fähigkeit der Verknüpfung und Auswertung komplexer Daten wird eine signifikante Verbesserung der Entscheidungssicherheit erreicht, womit die Ressourcenallokation vereinfacht und notwendige Ressourcenaufwände reduziert werden

Vor diesem Hintergrund fokussiert die Analyse der Smart-Data-Tools insbesondere auf die frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements. Konkret werden folgende Aktivitäten betrachtet:

- **Suchfeld- & Szenarientwicklung:** Die Aktivitäten dieser ersten Phase umfassen die Identifikation und das Abstecken von relevanten Suchfeldern für technologische Entwicklungen sowie für Innovationspotentiale im Kontext der Unternehmensausrichtung. Suchfelder haben dabei eine hohe Bedeutung für die Ausrichtung zukünftiger Nutzenversprechen und die damit einhergehenden strategischen Entscheidungen. Szenarien stellen diesbezüglich mögliche zukünftige Situationen dar, die sich unter der Annahme der Entwicklung verschiedener Rahmenbedingungen antizipieren lassen.
- **Technologie-Früherkennung:** Die Aktivitäten der Technologie-Früherkennung umfassen die systematische Identifikation relevanter technologischer Entwicklungen im Unternehmensumfeld (z.B. Patente) sowie die Analyse ihrer Potentiale.
- **Trendanalyse:** Die Trendanalyse dient der Erkennung von sich abzeichnenden Markttrends und komplexen gesellschaftlichen Entwicklungen. So sollen mögliche Auswirkungen für die Geschäftstätigkeit von Unternehmen aufgedeckt und entsprechende Handlungsoptionen entwickelt werden.
- **Analyse von Kundenbedarfen & -nachfrage:** Für erfolgreiche Innovationen ist die genaue Kenntnis der Kundenbedarfe und des potentiellen Kaufinteresses essenziell. Die Erhebung und Auswertung von entsprechenden Daten (z. B. Social-Media-Diskussionen) und die Analyse von Kundenrezensionen bieten ein erhebliches Potential für die Entwicklung neuer Marktleistungen.
- **Ideengenerierung und -sammlung:** Diese Phase umfasst den kreativen Problemlösungsprozess sowie Sammlung und Visualisierung neuer Ideen (z.B. Ideen-Clustering).
- **Bewertung, Auswahl & Entscheidung:** Die Bewertung identifizierter Technologien und Innovationsimpulse dient der Ableitung fundierter Informationen für die Entscheidungsfindung. Basierend auf Kontextinformationen können z.B. Innovationsprojekte angestoßen oder die Auswahl von Technologielieferanten forciert werden.

## 2.2 Funktionsebene: KI-Technologien

Die Künstliche Intelligenz gilt heute gemeinhin als Schlüsseltechnologie. Gleichwohl beschreibt dieser Begriff keine spezifische Technologie. Unter dem KI-Begriff werden vielmehr verschiedene Methoden, Verfahren und Technologien zusammengefasst, die der KI zugeordnet werden. Diese entfalten ihr Potential wiederum nur durch weitere Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit wie beispielsweise der umfänglichen Verfügbarkeit von Daten als Grundlage für KI-Anwendungen sowie der zunehmenden technologischen Leistungsfähigkeit von Prozessoren.

Bei den Methoden, Verfahren und Technologien der KI ist eine überschneidungsfreie Abgrenzung oft nicht möglich, da diese z.T. auch aufeinander aufbauen. So weisen bspw. statistische Verfahren zur Analyse der Bedeutung von Texten sowohl Aspekte von Natural Language Processing, Semantischen Technologien als auch Machine Learning auf. Es existiert eine Vielzahl an Ansätzen zur Abgrenzung und Strukturierung von KI-Technologien, die sich insbesondere hinsichtlich ihrer Komplexität unterscheiden. Beispiele hierfür sind das Periodic Table of AI nach HAMMOND oder auch die Unterscheidung von KI-Technologien in verhaltensorientierte und rationale Ansätze nach SEIFERT et al. [Bit18-ol], [SBW18].

Das Modell von SEIFERT et al. dient dem vorliegenden Beitrag als Grundlage und basiert auf der Definition von KI-Technologien nach RUSSEL und NORVIG [RN20], [SBW18]. Nach dieser Definition sind unter KI-Technologien jene Methoden und Verfahren zu verstehen, die es technischen Systemen ermöglichen, ihre Umwelt wahrzunehmen, das Wahrgenommene zu verarbeiten, und selbstständig Probleme zu lösen. Darüber hinaus sind sie in der Lage Entscheidungen zu treffen, zu handeln und aus den Konsequenzen dieser Entscheidungen und Handlungen zu lernen. Basierend auf dieser Definition lassen sich nach SEIFERT ET AL. insgesamt sieben KI-Technologien unterscheiden [SBW18]:

- **Semantische Technologien:** Diese Kategorie umfasst Technologien, die die Bedeutung von Informationen berücksichtigen können und somit Zusammenhänge zwischen Fakten, Ereignissen, Konzepten sowie übergeordneten Klassen erkennen können. Diese werden mithilfe von Relationen und Funktionen miteinander verknüpft oder mittels statistischer Verfahren aus großen Datenmengen abgeleitet. Die semantische Wissensrepräsentation ermöglicht für z.B. gesuchte Begriffe den Kontext der Suche zu erfassen. Es werden insbesondere Ontologien und sogenannte knowledge graphs zur Wissensrepräsentation verwendet.
- **Natural Language Processing:** Natural Language Processing (NLP) umfasst das Verstehen und Interpretieren der natürlichen Sprache. Entsprechende Technologien haben das Ziel, Aspekte der gesprochenen oder geschriebenen Sprache nachzubilden und deren Bedeutung innerhalb eines konkreten Kontextes zu erkennen. Beispielhafte Anwendungen sind das Verstehen von in natürlicher Sprache geschriebenen/gesprochenen Texten sowie das Simulieren menschlicher Interaktionen.
- **Kognitive Modellierung:** Kognitive Modelle streben die Abbildung der Arbeitsweise der menschlichen Kognition und der zugrundeliegenden Prozesse an. Dies beinhaltet z.B. logisches Denken und entsprechendes Schlussfolgern. Die software- und hardwareseitige Umsetzung dieser kognitiven Modelle ermöglicht die Simulation des menschlichen Problemlösungsverhaltens, welches aktuellen KI-Technologien häufig (noch) überlegen ist.
- **Computer Vision:** Bei Computer Vision handelt es sich um das maschinelle Erkennen von Objekten in Bildern oder Videos. Aufgrund der großen Datenmengen stellt das Erkennen charakteristischer Merkmale, sogenannter Features (z.B. Ecken oder Kanten), eine große Herausforderung dar. Zur Verarbeitung dieser großen Datenmengen finden im Bereich der Computer Vision u.a. neuronale Netze<sup>1</sup> ihren Einsatz.
- **Machine Learning:** Maschinelles Lernen (ML) beschreibt Verfahren und Algorithmen, die Zusammenhänge erkennen und Verhaltensweisen erlernen können, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Grundlage ist ein Lern- bzw. Trainingsvorgang anhand von Referenzdaten. Es wird zwischen überwachten und unüberwachten Lernverfahren sowie dem sogenannten Reinforcement Learning unterschieden. Auf Basis von Machine Learning können insbesondere Mustererkennungs- und Klassifikationsaufgaben abgebildet werden.

---

<sup>1</sup> Neuronale Netze stellen eine Klasse von Algorithmen dar, die der Struktur des menschlichen Gehirns nachempfunden sind. Die so modellierten Neuronen (Knoten) ermöglichen es, komplexe Aufgaben zu lösen und Muster in unstrukturierten Daten zu erkennen. Neuronale Netze können das erlernte Lösungsverhalten wiederum auf unbekannte Daten anwenden.

- **Action Planning und Optimierung:** Die Aktionsplanung und Optimierung beschreibt die Automatisierung und Optimierung einer Abfolge von Routinevorgängen. Basierend auf einer Wissensbasis wird die Erreichung eines bestimmten Ziels erlernt. Diese Technologie wird beispielsweise eingesetzt, um Prozessschritte zu optimieren oder Routen zu planen.
- **Neuromorphic Computing:** Ziel des Neuromorphic Computing ist es, eine Hardwarearchitektur nach dem Vorbild des Gehirns bzw. Neuronaler Netze zu schaffen. Diese sind auf die speziellen Berechnungen von künstlichen Neuronalen Netzen optimiert und sind daher effizienter als gewöhnliche Computerarchitekturen. Somit können Aufgaben bspw. aus Computer Vision oder Speech Recognition mit höherer Rechenleistung bei gleichzeitig geringerem Energieverbrauch durchgeführt werden.

### 2.3 Tool-Ebene: Smart-Data-Tools

Das Nutzenversprechen der Künstlichen Intelligenz für das Technologie- und Innovationsmanagement ist immens. Der Erschließung dieser Nutzenpotentiale widmet sich eine Reihe kommerzieller Software-Lösungen. Diese Smart-Data-Tools setzen das domänenspezifische Wissen aus dem TIM in Form erster KI-basierter Use-Cases, wie z.B. der KI-gestützten Erkennung schwacher Signale oder KI-gestützten Patentanalysen, um [MG20].

Die folgenden Smart-Data-Tools, welche sich für einen Einsatz in den frühen TIM-Phasen eignen, wurden durch eine Marktrecherche identifiziert. Hierbei wurden relevante Suchbegriffe aus dem TIM (z.B. Technologie-Scouting, Trendanalyse etc.) sowie softwarespezifische Begriffe (z.B. Software, Tool oder Plattform) berücksichtigt. Anschließend wurden jene Tools ausgewählt, die bereits heute mit dem Einsatz von KI auf sich aufmerksam machen. Es konnten insgesamt 14 Tool-Anbieter identifiziert werden, die sowohl eine funktions- als auch eine anwendungsseitige Passung aufwiesen und die somit in die Analyse einbezogen wurden (vgl. Bild 1).

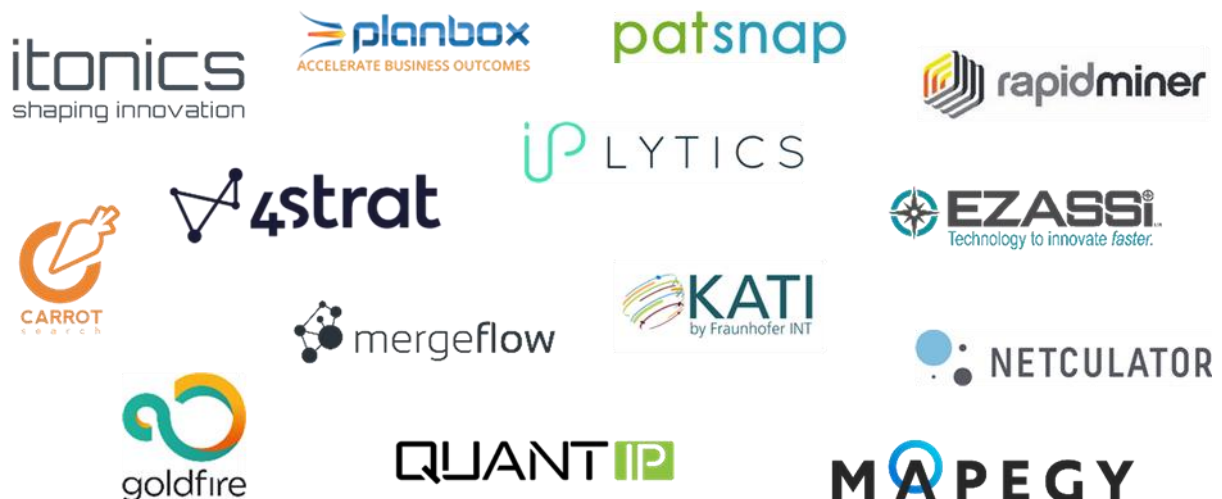


Bild 1: Übersicht über die analysierte Smart-Data-Tool-Landschaft

## 2.4 Framework

Wie oben beschrieben und hergeleitet, soll das Framework Analyse, Strukturierung und Darstellung aktueller Entwicklungen im Bereich der Smart-Data-Tools in den frühen TIM-Phasen unterstützten bzw. ermöglichen. Es setzt sich zusammen aus den Ebenen Anwendungsebene, Funktionsebene und Tool-Ebene, deren Verknüpfung durch das Framework ermöglicht wird (vgl. Bild 2).

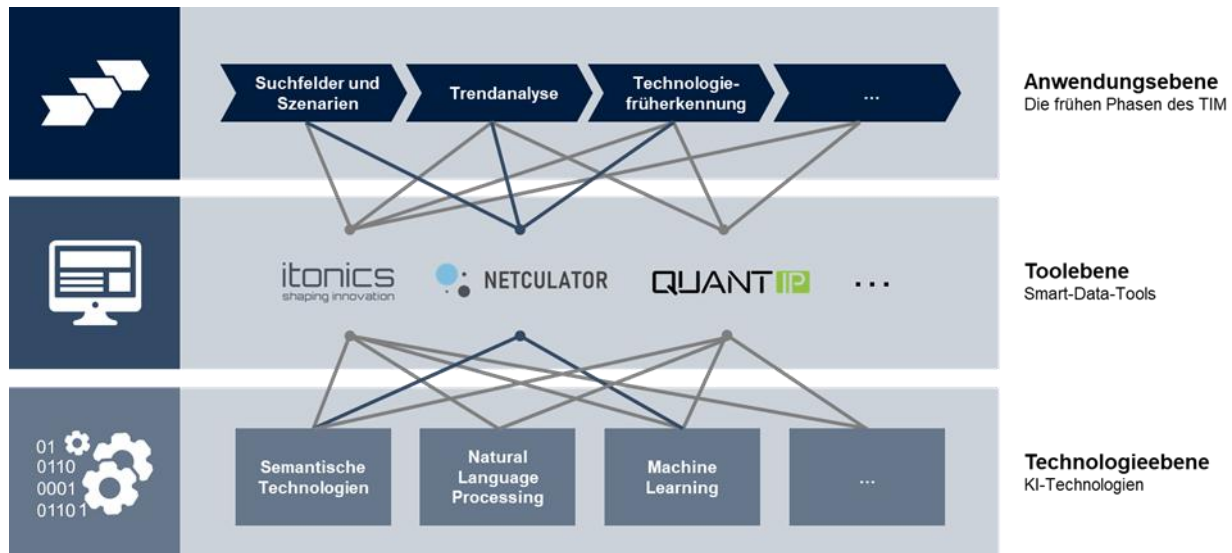


Bild 2: Framework

Die Prozessschritte des Technologie- und Innovationsmanagements sowie deren zugehörige Aktivitäten bilden die Anwendungsebene. Diese schafft einen Bezug zu den Smart-Data-Tools und die den Tools zu Grunde liegenden KI-Technologien. Die verschiedenen KI-Technologien repräsentieren die Technologieebene und stellen Methoden, Verfahren und Technologien zur Unterstützung der genannten TIM-Aktivitäten bereit. Software-Lösungen, dargestellt in der Tool-Ebene, fungieren als verbindendes Element zwischen den Herausforderungen und entsprechenden Lösungsansätzen. Sie sind Werkzeuge, die KI-Technologien im spezifischen Kontext des TIM nutzbar machen.

## 3 Smart-Data-Tools für die frühen TIM-Phasen in der Praxis: Status quo, Erfolgsfaktoren, zukünftige Entwicklungen

Im folgenden Kapitel werden zunächst auf Basis des entwickelten Frameworks die 14 ausgewählten Tools analysiert, um den Status quo bezüglich prozessualer Abdeckung sowie technologischer Konfiguration zu identifizieren. Außerdem werden anhand des Vier-Ebenen-Modells von GAUSEMEIER und PLASS Erfolgsfaktoren für den Tool-Einsatz abgeleitet [GP14]. Zuletzt werden auf Basis der Anbieter-Interviews wahrscheinliche zukünftige Tool-Entwicklungen aufgezeigt.



### 3.1 Status quo: Framework-gestützte Tool-Analyse

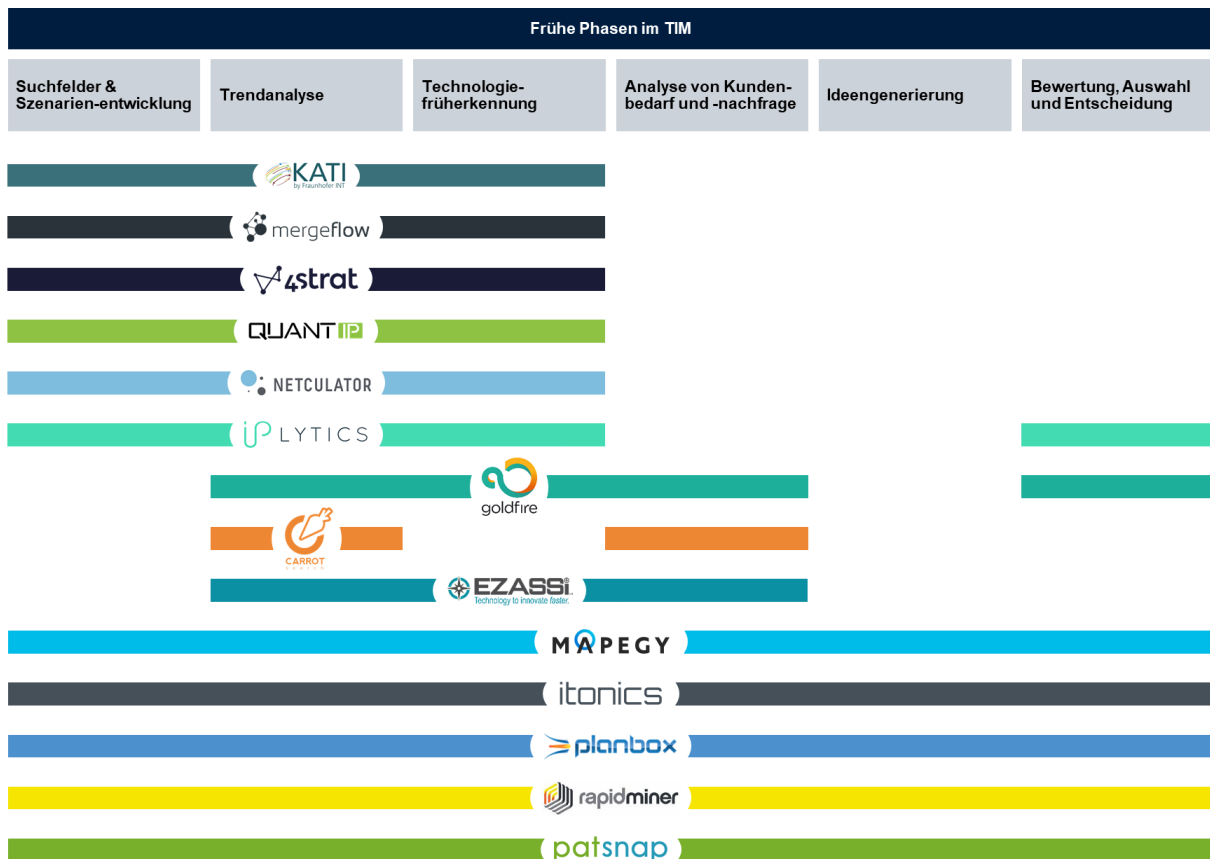
Bezüglich der prozessualen Abdeckung der frühen TIM-Phasen zeichnen sich bis auf wenige Ausnahmen zwei Typen von Smart-Data-Tools ab<sup>2</sup> (vgl. Bild 3):

- 1) **Foresighting-Tools:** Sechs der untersuchten 14 Tools decken die drei TIM-Phasen „Suchfelder & Szenarienentwicklung“, „Trendanalyse“ sowie „Technologie-Früherkennung“ ab. Bei diesen Tools handelt es sich demnach Softwarelösungen, die sich auf das Identifizieren und Analysieren abstrakter bzw. komplexer (typischerweise technologiebezogener) Informationen fokussieren.
- 2) **„All-in-one Lösung“:** Bei fünf der 14 Tools handelt es sich um Softwarelösungen mit sogenanntem Suite-Charakter, die je nach Konfiguration den gesamten Frühphasenprozess abbilden und unterstützen können. Neben den oben genannten werden auch die Phasen „Analyse von Kundenbedarf und -nachfrage“, „Ideengenerierung“ sowie „Bewertung, Auswahl und Entscheidung“ abgedeckt. Neben dem Handling technologiebezogener Informationen werden auch markt-, kunden- und objektbezogene Informationen (z.B. Ideen) betrachtet und entsprechende Evaluationsansätze integriert.

Auch wenn der Einsatz von KI in den frühen Phasen des TIM zunimmt, steht deren Einsatz im Gegensatz zu vielen anderen Unternehmensbereichen noch am Anfang. Laut FÜLLER und BILGRAM hat sich noch keine der aktuellen KI-Technologien als dominante bzw. wegweisende Lösung herauskristallisiert [FB19]. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des vorliegenden Beitrags analysiert, welche KI-Technologien in welchen TIM-Phasen eingesetzt werden.

---

<sup>2</sup> Bei dem hier dargestellten Status quo bezüglich prozessualer Abdeckung sowie technologischer Konfiguration handelt es sich aufgrund des schnelllebigen Softwaremarktes um eine Momentaufnahme, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.



*Bild 3: Durch die untersuchten Smart-Data-Tools adressierte TIM-Phasen*

Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser Analyse dargestellt. Die Auswertung der Interviews mit den Anbietern der Smart-Data-Tools zeigt, welche KI-Technologien eingesetzt werden, um Anwendungen in den frühen TIM-Phasen abzubilden. Dabei dient das Framework aus Abschnitt 2.4 als Bezugsrahmen, um die KI-Technologien und die einzelnen TIM-Phasen in Relation zu bringen. Ergebnis der Analyse ist die in Bild 4 dargestellte Heatmap. Sie gibt Aufschluss über die Zuordnung und lässt folgende Kernaussagen über den heutigen Einsatz von KI-Technologien in Smart-Data-Tools für die frühen TIM-Phasen zu:

- Semantische Technologien sowie Machine Learning sind aktuell die vorherrschenden Technologien. Sie kommen insbesondere in den ersten drei TIM-Phasen zum Einsatz. So können Zusammenhänge und Muster in großen Datenmengen erkannt werden, beispielsweise in Patent-, Startup- oder Publikationsdatenbanken.
- Natural Language Processing unterstützt hauptsächlich bei der weiteren inhaltlichen Analyse von semantisch vorstrukturierten Daten. Im Zusammenspiel der KI-Technologien ist es so möglich, individuelle Suchfelder zu analysieren, die Erstellung von Szenarien zu fundieren sowie Trends und technologische Entwicklungen effizient aus der Vielzahl der zu Verfügung stehenden Daten zu identifizieren. Dabei greift ein Teil der Smart-Data-Tools auch auf Aspekte der Kognitiven Modellierung zurück.

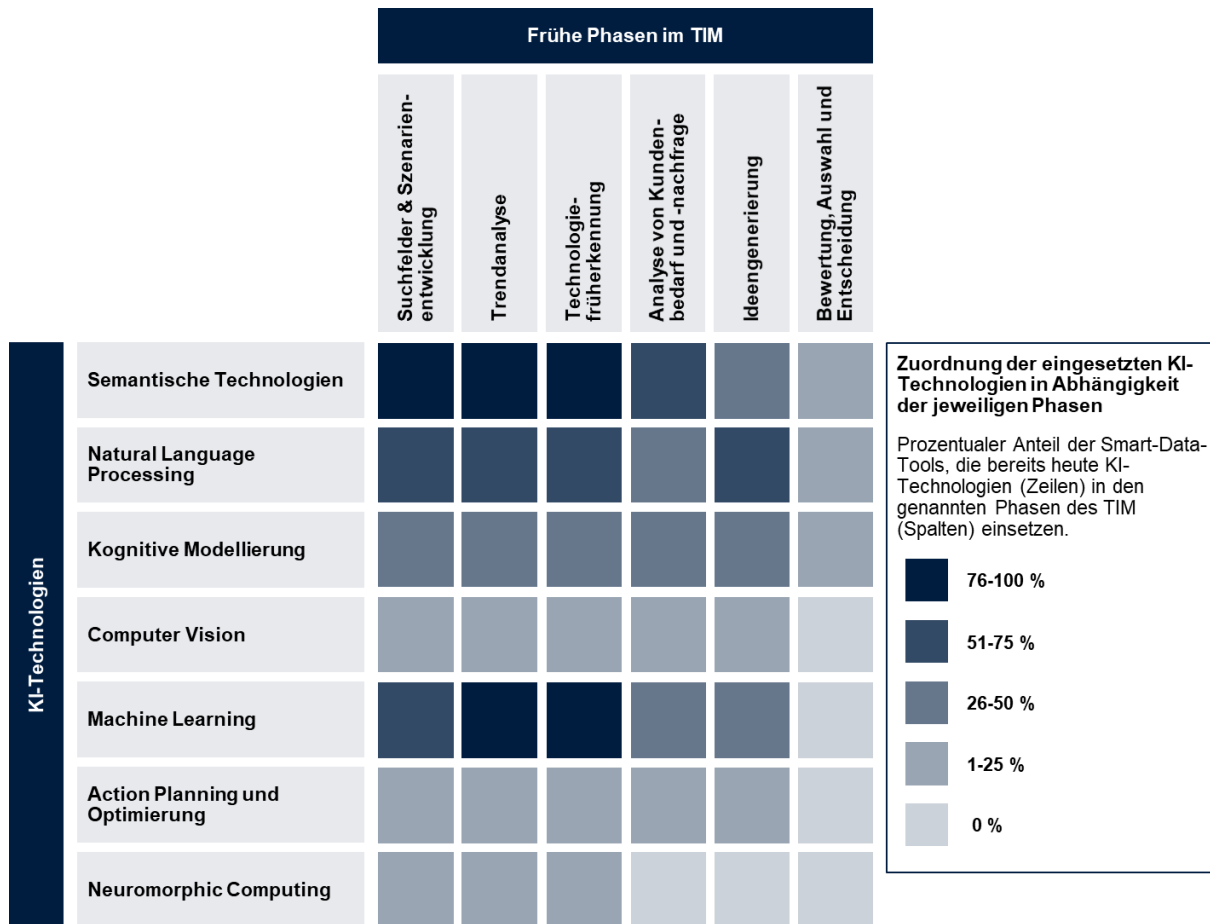


Bild 4: Framework-gestützte Status-quo-Analyse aktueller Smart-Data-Tools

- Kundenbedarfsanalyse, Ideengenerierung sowie Ideenbewertung und -auswahl werden bislang nur vereinzelt von Tool-Anbietern adressiert. Im Bereich der Kundenanalyse werden dabei vorwiegend Semantische Technologien eingesetzt, bei der Ideengenerierung liegt der Fokus auf NLP.
- Über alle Phasen hinweg kommen Action Planning und Optimierung sowie Neuromorphic Computing bisher kaum zur Anwendung: Erstere KI-Technologie kommt dabei vermehrt in anderen Anwendungs- bzw. Unternehmensbereichen zum Einsatz. Auch die Automatisierung ganzer Prozessschritte sowie komplexer Abläufe wird im TIM heute noch nicht umgesetzt.
- Computer Vision, also die Nutzung von Bilddaten für das Technologie- und Innovationsmanagement wird aktuell noch sehr wenig in den Tools eingesetzt. Die Verwendung von Bilddaten wird aber laut den Aussagen einiger Tool-Anbieter in Zukunft an Relevanz für den TIM-Bereich gewinnen.

### 3.2 Heutige Anwenderunternehmen und deren Branchen

Der Einsatz von KI bietet Unternehmen die Möglichkeit zur Effizienzsteigerung durch Automatisierung. Insbesondere informationsgenerierende, manuell aufwändige Tätigkeiten im TIM-Prozess wie Recherchen und Analysen zu Märkten, Kunden und Technologien lassen sich so

optimieren [CNF+17], [DR18], [BM17]. Die Automatisierung ermöglicht hier eine Entkopplung von der Arbeitszeit, welche die Grenzkosten pro Suche signifikant verringert werden [CSH19], [FB19]. Darüber hinaus resultieren Effektivitätssteigerungen aus der Fähigkeit von KI, neue Zusammenhänge durch die Verknüpfung und Auswertung multipler Datenquellen zu erkennen, die der menschlichen Kognition nur schwer oder gar nicht zugänglich sind [DR18], [CSH19]. Folglich erscheint für kleine und mittlere Unternehmen das Nutzenversprechen von KI besonders hoch und der Einsatz erfolgsversprechend. Während große Unternehmen zum Teil in der Lage sind, durch umfangreiche Mitarbeiter-Ressourcen, kostenintensives Outsourcing oder umfangreiche Prozesse auf die heutigen Herausforderungen in den frühen TIM-Phasen zu reagieren, steht diese Option KMU aufgrund stark begrenzter Ressourcen in der Regel nicht zur Verfügung. Trotzdem zeigen die Unternehmensprofile der Anwenderunternehmen von Smart-Data-Tools folgendes: Auch wenn KMU bereits vereinzelt sich auf den Einsatz von Smart-Data-Tools bauen, werden diese in der Regel von großen Unternehmen (>10.000 Mitarbeiter) eingesetzt. Mögliche Gründe hierfür sind Investitionskosten oder auch der geringe Stellenwert des TIM in kleineren Unternehmen. Neben der Größe der Anwenderunternehmen wurden darüber hinaus Informationen über deren Branchenzugehörigkeit erhoben. Die zugehörige Ergebnisse sind in Bild 5 dargestellt.

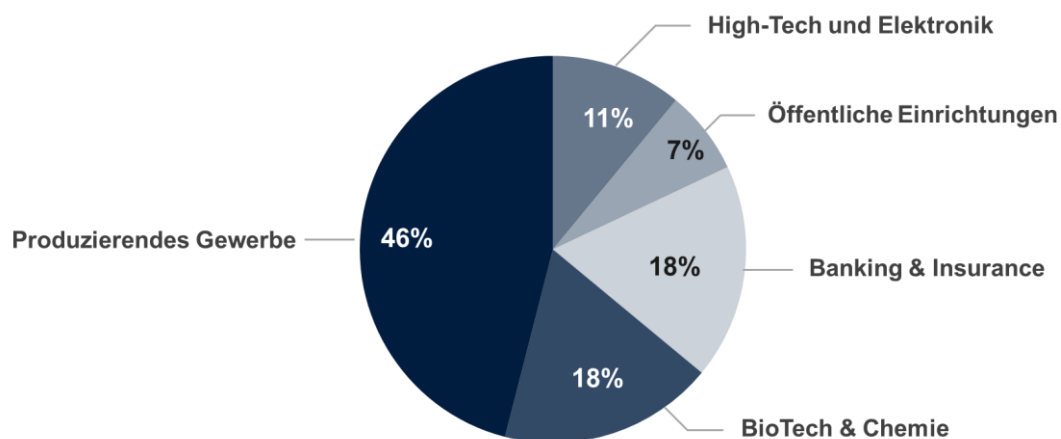


Bild 5: Übersicht der Branchenzugehörigkeit der Anwenderunternehmen

Es zeigt sich, dass insbesondere das produzierende Gewerbe (Automobilbranche, Luftfahrtbranche, Maschinen- und Anlagenbau, etc.) bereits auf den Einsatz dieser Tools baut. Darauf folgen Biotech & Chemie sowie Banking und Insurance. Unternehmen der Branche High-Tech und Elektronik machen einen geringeren Anteil der Anwender aus. Auch für Öffentliche Einrichtungen (Bundeswehr, Ministerien, etc.) kann der Einsatz von Smart-Data-Tools von großem Wert sein.

### 3.3 Erfolgsfaktoren für den Tool-Einsatz

Der Einsatz von Smart-Data-Tools in den frühen TIM-Phasen stellt Unternehmen vor zwei wesentliche Herausforderungen – die Auswahl der Smart-Data-Tools sowie deren Integration in das Unternehmen. Das wachsende Angebot birgt für Unternehmen das Problem, unter der Vielzahl an Möglichkeiten die für die eigenen Einsatzzwecke optimale zu identifizieren. Das entscheidende Kriterium bei der Software-Auswahl stellen dabei die adressierten Phasen im TIM

dar. Die Smart-Data-Tools bieten zum Teil die tiefgehende Unterstützung einzelner Aktivitäten (beispielsweise bei der Analyse von Patenten oder wissenschaftlichen Publikationen) oder unterstützen mehrere Phasen. Neben unternehmensindividuellen Voraussetzungen, wie bspw. den zur Verfügung stehenden Ressourcen, stellen funktionale Kriterien, wie z.B. die Integrierbarkeit verschiedener Datenquellen oder der Speicherort der Daten mögliche Merkmale zur Differenzierung des Angebots dar.

Hierbei zeigt sich, dass die Schnittstellenthematik zu externen Datenquellen (z.B. Patentdatenbanken, Publikationsdaten) und internen Datenquellen (z.B. Vertriebsdaten, Forschung und Entwicklung) sowie zu weiteren Tools des bestehenden Software-Ökosystems in Unternehmen immer wichtiger werden. Darüber hinaus sollen eine intuitive Bedienoberfläche sowie Features zur Unterstützung der Nutzer (Hilfefunktionen und Video-Tutorials) eine angenehme Bedienbarkeit der Software-Lösung sicherstellen. Bei der Visualisierung von Ergebnissen sind kaum Grenzen gesetzt. So bieten fast alle analysierten Tools Portfolios, Radare, Weltkarten, Netz-Diagramme, Clustering, Steckbriefe und Heatmaps an.

Im Anschluss an die Auswahl des optimalen Smart-Data-Tools, gilt es dieses in das Unternehmen zu integrieren. Einen Orientierungsrahmen zur Erschließung der Potentiale von Smart-Data-Tools und deren Integration in das Unternehmen liefert das Vier-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER und PLASS (vgl. Bild 5) [GP14]. Das Modell umfasst die Ebenen Vorausschau, Strategie, Prozess, und IT-Systeme. Da es sich beim TIM auch um ein soziotechnisches Gesamtsystem handelt, das soziale, organisationale und technische Aspekte umfasst, wird darüber hinaus die Rolle des Menschen im Modell miteinbezogen.

Da es sich bei Smart-Data-Tools um IT-Systeme handelt, sind zunächst mögliche Auswirkungen auf weitere IT-Systeme zu beachten. Die technische Integration in die bestehende IT-Infrastruktur ist dabei die geringste Hürde. Grund hierfür ist, dass Smart-Data-Tools typischerweise als Cloud-Lösungen mit einfachem Browser-Zugang und Software-as-a-Service (SaaS) angeboten werden. Um Unternehmensdaten und bestehendes Unternehmenswissen jedoch effektiv zu nutzen, ist eine Einbettung in das IT-Ökosystem mithilfe geeigneter Schnittstellen erforderlich.

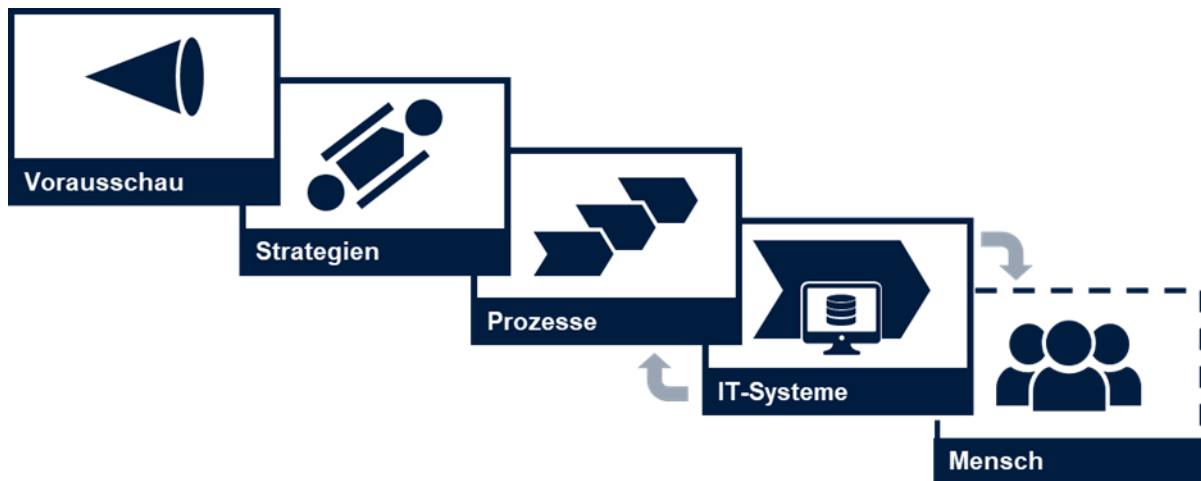


Bild 6: Vier-Ebenen-Modell zur Zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung in Anlehnung an GAUSEMEIER und PLASS [GP14]

Verglichen mit der technischen, ist der prozessualen Integration größere Bedeutung beizumessen: Findet eine Einbettung in bestehende Prozesse nicht statt, bleibt der Einsatz der Smart-Data-Tools wirkungslos. Eine effiziente Entscheidungsfindung und einfache Kommunikation der Ergebnisse werden erschwert. Unternehmen benötigen die sogenannte *absorptive capacity*, also die Fähigkeit, neue Lösungsansätze aufzunehmen und zu nutzen [CL90], [ZG02].

Laut Tool-Anbietern liegen weitere Herausforderung in der nicht klar definierten Zielsetzung und der unklaren Erwartungshaltung für den Einsatz von Software-Lösungen. Neben Ängsten bezüglich möglicher Veränderungen im Unternehmen existieren bei Anwendern oftmals Hürden in Hinblick auf notwendige Kompetenzen zur effektiven Arbeit mit Smart-Data-Tools. Sie benötigen die Fähigkeit Daten zu bewerten und im Sachzusammenhang zu interpretieren (Data Literacy), um die entscheidenden Erkenntnisse aus den Daten abzuleiten [RRS+15]. In diesem Zusammenhang ist eine enge Verzahnung von Methodenexperten und Fachexperten anzuraten.

### 3.4 Zukünftige Entwicklungen

Im Rahmen der Interviews mit den Smart-Data-Tool-Anbietern wurden diese zu den wesentlichen Entwicklungen in den kommenden 3 bis 5 Jahren gefragt. Demnach zeichnen sich insbesondere eine stärkere Verknüpfung der einbezogenen Daten, eine tiefgreifende Integration der Tools in die Unternehmensprozesse, zunehmend datenbasierte Entscheidungen sowie der Einsatz neuer Datentypen ab. Konkret wurden folgende Punkte als wahrscheinliche zukünftige Entwicklungen genannt:

- **Verknüpfung verschiedener Daten:** Eine wesentliche Entwicklung für die Zukunft ist die bessere Verknüpfung von Daten („Linked Data“) sowie die Verknüpfung mehrerer Datentypen untereinander. Geeignete Schnittstellen sind eine Voraussetzung, um die optimale Verknüpfung mit anderen Software-Lösungen im IT-Ökosystem zu gewährleisten.
- **Tiefgreifende Integration von Smart-Data-Tools in die Unternehmensprozesse:** Tools im Front-End werden sich immer mehr in Unternehmensprozesse integrieren, um

Entscheidungen schneller und transparenter zu treffen. Einen wesentlich Einfluss wird die Industrialisierung von KI haben.

- **Zunehmend datenbasierte Entscheidungen:** In Zukunft werden Unternehmen auch strategische Fragestellungen stärker datenbasiert und (teil-)automatisiert bearbeiten. Hierfür wesentliche Voraussetzungen sind Verständlichkeit, Transparenz und Erklärbarkeit der Ergebnisse. Die derzeit aufkommenden sogenannten No-Code-Plattformen ermöglichen zentrale Entwicklungsschritte in diese Richtung, indem sich durch die intuitivere Usability der adressierbare Anwenderkreis deutlich vergrößert und nicht mehr nur auf Datenanalysten beschränkt.
- **Neue Datentypen für die Produkt- und Technologieplanung:** Bereits heute schon werden die unterschiedlichsten Daten für Erkenntnisse im Front-End eingesetzt. Audio- und Video-Formate werden in Zukunft wichtiger. Hier zeigt sich jedoch in jüngster Vergangenheit, dass auch das Daten manipuliert werden können: die Sicherstellung der Datenqualität und somit auch des Vertrauens in Daten ist wichtiger denn je.

## 4 Resümee

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen TIM-Phasen vorgestellt und gezeigt, dass Smart-Data-Tools bereits heute für die frühen TIM-Phasen eine wertvolle Unterstützung darstellen und weiter an Relevanz gewinnen werden. Sie befähigen Unternehmen zur Steigerung von Effizienz und Effektivität des Technologie- und Innovationsmanagements.

Nichtsdestotrotz wird das Potential der Künstlichen Intelligenz, in den frühen TIM-Phasen noch nicht vollumfänglich ausgeschöpft. Die Gegenüberstellung von KI-Technologien mit den frühen Phasen des TIM zeigt, dass heutige Smart-Data-Tools schwerpunktmäßig auf den Einsatz von Semantische Technologien, Natural Language Processing und Machine Learning setzen. Vielversprechende Technologien wie beispielsweise Computer Vision sind in diesem Kontext noch wenig erforscht. Es ergibt sich das Potential Wissen aus Bild- und Videodaten zu generieren.

Bei der Auswahl eines Smart-Data-Tools sollten geeignete Kriterien verwendet und unternehmensindividuelle Voraussetzungen berücksichtigt werden. Erfolgskritischer Faktor ist die Integration der Smart-Data-Tools durch rahmengebende Prozesse. Bei der Anwendung von Smart-Data-Tools zeigt sich, dass die Kompetenz mit Daten zu arbeiten und diese zu interpretieren (Data Literacy) stetig an Bedeutung gewinnt.

Das heutige technologische Potential lässt eine erste Unterstützung bestehender Aktivitäten in den frühen TIM-Phasen zu – eine weitreichende Automatisierung ist in näherer Zukunft jedoch nicht zu erwarten. Dies liegt unter anderem auch daran, dass das Vertrauen in KI-Technologien noch nicht ausreicht, um bereits heute Entscheidungen vollständig der KI zu überlassen.

Dies bestätigen auch die Anwender-Interviews. Hier konnten sich die wenigsten Gesprächspartner vorstellen, KI-Tools bei strategischen Entscheidungen über das Strukturieren komplexer Sachverhalte hinaus zu nutzen. So wird es bei der Weiterentwicklung von KI-Lösungen

denn auch eine der großen Herausforderungen sein, die Ausarbeitung von Aufgabenbeschreibungen so zu gestalten, dass KI-Tools diese nachweislich im intendierten Sinne durchführen [Rus19].

## Literatur

- [Bit17-ol] BITKOM: Künstliche Intelligenz. Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung. 2017. Unter: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz-Wirtschaftliche-Bedeutung-gesellschaftliche-Herausforderungen-menschliche-Verantwortung.html>. Letzter Zugriff: 30. April 2021
- [Bit18-ol] BITKOM: Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz. Ein Navigationssystem für Entscheider. 2018. Unter: <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Digitalisierung-gestalten-mit-dem-Periodensystem-der-Kuenstlichen-Intelligenz>. Letzter zugriff: 30. April 2021
- [BM17] BRYNJOLFSSON, E.; MITCHELL, T.: What Can Machine Learning Do? – Workforce mplications. Science, Vol. 358, No. 6370, American Association For The Advancement Of Science, Washington D.C., 2017
- [CHS19] COCKBURN, I. M.; HENDERSON, R.; STERN, S.: The Impact Of Artificial Intelligence On Innovation – An Exploratory Analysis. In: Agrawal, A.; Gans, J.; Goldfarb, A. (Eds.): The Economics Of Artificial Intelligence – An Agenda. University Of Chicago Press, Chicago, 2019
- [CL90] COHEN, W. M. & LEVINTHAL, D. A.: Absorptive Capacity. A new Perspective on Learning and Innovation. Administrative Science Quarterly, 35 (1), 1990, 128–152.
- [CNF+17] CHRISTENSEN, K., NORSKOV, S.; FREDERIKSEN, L.; SCHOLDERER, J.: In Search of New Product Ideas – Identifying Ideas in Online Communities by Machine Learning and Text Mining. Creativity and innovation management, Vol. 26, Issue 1, p. 17-30, 2017
- [DR18] DAVENPORT, T. H.; RONANKI, R.: Artificial Intelligence For The Real World. Harvard Business Review, Vol. 96, No. 1, Harvard Business Publishing, Brighton, 2018
- [FB19] FÜLLER, J. & BILGRAM, V.: Wie Künstliche Intelligenz und Algorithmen das Innovieren revolutionieren. Wissenschaftliche Studie zum Einfluss von KI auf das Innovationsmanagement. HYVE, 2019
- [Fry18] FRY, H.: Hello World. Being Human in the Age of Algorithms, WW Norton & Company, 2018
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J., DUMITRESCU, R., ECHTERFELD, J., PFÄNDER, T., STEFFEN, D. & THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen. Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. München: Carl Hanser, 2019
- [GP14] GAUSEMEIER, J. & PLASS, C.: Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen, München: Carl Hanser, 2014
- [HE18] HUESIG, S. & ENDRES, H.: Exploring the digital innovation process: The role of functionality for the adoption of innovation management software by innovation managers. European Journal of Innovation Management 22 (2), 2018, 302-314
- [Hut17] HUTSCHEK, U.: Innovationswettbewerbe als Ansatz zur Identifikation unternehmerischer Gelegenheiten auf Basis bestehender Technologien: Eine empirische Analyse. Dissertation. Friedrichshafen: Zeppelin Universität, 2017
- [HWP+21] HAEFNER N., WINCENT, J., PARIDA, V. & GASSMANN, O.: Artificial intelligence and innovation management: A review, framework, and research agenda. Technological Forecasting & Social change, 162 (2021), 2021, 120392
- [Iaf15] IAFRATE, F.: From big data to smart data. New York: John Wiley & Sons, 2015
- [Ibm20-ol] IBM: Strong AI, 2020. Über: <https://www.ibm.com/cloud/learn/strong-ai>. Letzter Zugriff: 30. April 2021



- [IL20] IANSITI, M. & LAKHANI, K. R.: *Competing in the age of AI: strategy and leadership when algorithms and networks run the world*. Boston: Harvard Business Press, 2020
- [KAB+02] KOEN, P. A., AJAMIAN, G. M., BOYCE, S., CLAMEN, A., FISHER, E., FOUNTOULAKIS, S., JOHNSON, A., PURI, P. & SEIBERT, S.: *Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques*. In P. Belliveau, A. Griffin & S. Somermeyer (Hrsg.), *The PDMA Toolbook for New Product Development* (1), 5–35. New York: John Wiley & Sons, 2002
- [KMW+19] KÖLBL, L., MÜHLROTH, C., WISER, F., GROTTKE, M. & DURST, C.: *Big Data im Innovationsmanagement: Wie Machine Learning die Suche nach Trends und Technologien revolutioniert*. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 56(5), 2019, 900-913.
- [Mar91] MARCH, J. G.: *Exploration and Exploitation in Organizational Learning*. *Organization Science*, 2 (1), 1991, 71–87.
- [MG20] MÜHLROTH, C.; GROTTKE, M.: *Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies*, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2020, 1-18.
- [NAR+20] NIEWÖHNER, N., ASMAR, L., RÖLTGEN, D., KÜHN, A. & DUMITRESCU, R.: *The impact of the 4th industrial revolution on the design fields of innovation management*. In 30th CIRP Design on Design. Pretoria: CIRP Design. 5.-8. Mai 2020
- [NAW+19] NIEWÖHNER, N., ASMAR, L., WORTMANN, F., RÖLTGEN, D., KÜHN, A. & DUMITRESCU, R.: *Design fields of agile innovation management in small and medium sized companies*. In 29th CIRP Design on Design. Povo de Varzim: CIRP Design. 8.-10. Mai 2019
- [RN20] RUSSELL, S. & NORVIG, P.: *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4. Aufl.). London: Pearson, 2020
- [RRS+15] RIDSDALE, C., ROTHWELL, J., SMIT, M., ALI-HASSAN, H., BLIEMEL, M., IRVINE, D., KELLEY, D., MATWIN, S. & WUETHERICK, B.: *Strategies and best practices for data literacy education: Knowledge synthesis report*. Dalhousie University, 2015
- [RU11] RAJARAMAN, A., AND ULLMAN, J. D.: *Mining of massive datasets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011
- [Rus19] RUSSELL, S.: *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control*. London: Penguin, 2019
- [SKM11] SCHUH, G., KLAPPERT, S. & MOLL, T.: *Ordnungsrahmen Technologiemanagement*. In Schuh, G. & Klappert, S. (Hrsg.). *Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management* 2, 11-32. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011
- [SBW18] SEIFERT, I. & BÜRGER, M. & WANGLER, L. & CHRISTMANN-BUDIAN, S. & ROHDE, M. & GABRIEL, P. & ZINKE, G.: *Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland*. Begleitforschung PAiCE, 2018
- [Tee98] TEECE, D. J.: *Capturing Value from Knowledge Assets. the New Economy, Markets for Know-How, and Intangible Assets*. *California Management Review*, 40 (3), 55–79, 1998
- [WSH+11] WELLENSIEK, M., SCHUH, G., HACKER, P. A., SAXLER, J.: *Technologiefrüherkennung*. In Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.), *Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management* 2. 89-170. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011
- [ZG02] ZAHRA, S. A. & GEORGE, G.: *Absorptive Capacity: A Review Reconceptualization, and Extension*. *Academy of Management Review*, 27 (2), 2002, 185–203

## Autoren

**Dr. Dipl.-Ing. Ulrich Hutschek** ist Senior Expert Technology Strategy & Foresight bei TIM Consulting in Stuttgart. Er berät Unternehmen zu Fragen des explorativen Technologiemanagements und forscht an der Schnittstelle von Innovation, Technologie und Entrepreneurship. Nach dem Studium des Technologiemanagements an der Universität Stuttgart promovierte er

an der Zeppelin Universität in Friedrichshafen und leitete das EFTEK – Zentrum Technologiemanagement, eine Kooperation der Zeppelin Universität und des Fraunhofer IAO in Stuttgart. Außerdem war er Leiter des Bodenseezentrums Innovation 4.0 an der HTWG Konstanz und Leiter des Innovationsmanagements der Wagner Group in Markdorf.

**Kai Ellermann, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Produktentstehung am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in Paderborn. In der Gruppe Innovationsmanagement erforscht er den Einsatz von KI im Technologie- und Innovationsmanagement und leitet Projekte im Bereich Technologiefrüherkennung und -management. Zuvor studierte er Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn.

**Lennard Haarmann, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn. Am Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Innovationsmanagement. Schwerpunkte seiner Forschungsarbeiten bilden Strategien, Methoden und Werkzeuge für die Erschließung von digitalen Innovationspotentialen. Sein Fokus liegt dabei auf der Erschließung von Innovationspotentialen durch Corporate-Startup-Kollaborationen.



## **Plenum III**



# **Warum sich die Lithium-Ionen-Batterietechnologie so erfolgreich entwickeln konnte und warum die Brennstofftechnologie das nicht konnte**

**Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer**

*Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik,  
RWTH Aachen, „Energiesysteme der Zukunft (ESYS)“, acatech*

*Jägerstrasse 17/19, 52066 Aachen*

*Tel. +49 (0) 241 / 80 96 977*

*E-Mail: sr@isea.rwth-aachen.de*

## **Zusammenfassung**

Die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterietechnologie in den 30 Jahren seit ihrer Markteinführung 1991 ist eine technologische Erfolgsgeschichte, die wesentliche Teile der Energiewende erst ermöglicht. Dazu trägt auch bei, dass die Kosten pro kWh auf ein Dreißigstel gegenüber dem Zeitpunkt der Markteinführung reduziert werden konnten.

Gleichzeitig ist es der Brennstoffzelle, in deren Entwicklung bereits wesentlich länger hohe Summen seitens des Staates und der Industrie investiert worden sind, bis heute nicht gelungen, einen Marktdurchbruch zu erreichen. Was waren aber die Faktoren, die zu dieser sehr unterschiedlichen Entwicklung geführt haben? Lithium-Ionen-Batterien hatten von Beginn einen direkten technischen Vorteil gegenüber den bestehenden Batterietechnologien. Mit einer etwa doppelten so hohen Energiedichte konnten tragbare Geräte aus dem Consumerbereich wie z.B. Walkmans, Videokameras, tragbare Computer und dann vermehrt Mobiltelefone schlagartig doppelte Laufzeiten erreichen. Dafür waren die Nutzenden bereit, hohe Preise zu bezahlen. Vom Markteintritt an gab es also Absatzmärkte, in denen die neue Technologie subventionsfrei und mit Gewinn verkauft werden konnte. Von da aus konnte die Technologie wachsen und durch Economy-of-Scale und weitere Technologieentwicklung die Kosten weiter senken und damit weitere Märkte erschließen. Brennstoffzellen fehlt im Prinzip bis heute diese „Killerapplikation“, in der sich für die Nutzer alleine durch den Einsatz von Brennstoffzellen eine erhebliche Nutzensteigerung erreichen lässt. Entsprechend fehlt die Kostensenkung durch Economy-of-Scale und damit die sich selber entwickelnden Märkte. Aus der Industriegeschichte ist aber auch erklärlich, warum die kommerzielle Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie nahezu vollständig in Asien abgelaufen ist. Dies ist sehr eng mit der Verlagerung der Produktion von Unterhaltungselektronik bereits in den 1970iger/ und 1980er Jahre verbunden.

## **Schlüsselworte**

Lithium-Ionen-Batterie, Brennstoffzelle, Innovationsfaktoren, Industriegeschichte

# **Why lithium-ion battery technology was able to develop so successfully and why combustible technology could not**

## **Abstract**

The development of lithium-ion battery technology in the 30 years since its market launch in 1991 is a technological success story that has made essential parts of the energy transition possible. It also contributes to the fact that the costs per kWh have been reduced to one-thirtieth compared to the time of market introduction.

At the same time, the fuel cell, in whose development large sums of money have been invested by the state and industry for much longer, has not yet succeeded in achieving a market breakthrough. But what were the factors that led to this very different development? Lithium-ion batteries had a direct technical advantage over existing battery technologies right from the start. With a somewhat doubled energy density, portable devices from the consumer sector such as walkmans, video cameras, portable computers and then increasingly mobile phones could suddenly achieve twice the runtimes. Users were prepared to pay high prices for this. From the moment of market entry, there were markets in which the new technology could be sold without subsidies and at a profit. From then on, the technology could grow and, through economy-of-scale and further technology development, further reduce costs and thus open up additional markets. In principle, fuel cells still lack this "killer application", in which a considerable increase in benefit can be achieved for the user through the use of fuel cells alone. Accordingly, the cost reduction through economy-of-scale and thus the self-developing markets are missing. However, industrial history also explains why the commercial development of the lithium-ion battery has taken place almost entirely in Asia. This is very closely linked to the relocation of consumer electronics production as early as the 1970s and 1980s.

## **Keywords**

Lithium-ion battery, fuel cell, innovation factors, industry history

## 1 Warum die kommerzielle Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie zunächst fast ausschließlich in Japan und Korea stattfand

„Lithium-Ionen-Batterie“ ist der Überbegriff zu einer Klasse von wiederaufladbaren Batterien, bei denen die eigentliche Ladungsspeicherung durch Wanderung von Lithium-Ionen von der negativen zur positiven Elektrode während der Entladung und entsprechend bei der Aufladung im umgekehrter Richtung erfolgt. In einer modernen Lithium-Ionen-Batterien macht das Gewicht des Lithiums rund drei Prozent des Gesamtgewichts der Batteriezellen aus. Als Elektrodenmaterialien kommen auf der positiven Elektrode verschiedene Metall-Oxide oder -Phosphate zum Einsatz, die je nach Eigenschaft unterschiedliche Mengen an Nickel, Kobalt, Mangan, Aluminium oder Eisen enthalten. Auf der negativen Elektrode wird Graphit, Graphit mit Silizium oder reines Lithiummetall verwendet. Der Elektrolyt ist entweder eine organische Flüssigkeit oder kann auch ein polymerer oder keramischer Festkörper sein. Im letzteren Fall spricht man von „Festkörperbatterie“. Es gibt heute eine große Bandbreite von Lithium-Ionen-Batterien mit sehr unterschiedlicher Eigenschaften, die durch die Wahl der Materialien und den geometrischen Aufbau der Zelle bestimmt werden können. Das reicht z.B. von Zellen, die auf höchste Energiedichten eingestellt werden und z.B. in Smartphones zum Einsatz kommen, über Batterien für Elektrofahrzeuge, die z.B. auch für eine Ladung in 15 Minuten optimiert werden können, bis hin zu absoluten Hochleistungsbatterien, bei denen die Ladung und Entladung im Bereich von einer Minute erfolgen kann. Allerdings lassen sich nicht alle gewünschten positiven Eigenschaften in einer Zelle vereinen. Hier müssen Prioritäten gesetzt und Kompromisse bzgl. der Eigenschaften eingegangen werden.

Lithium-Ionen-Batterien sind allen anderen kommerziell verfügbaren Batterietechnologien in Bezug auf die Energiedichten und Wirkungsgrade weit überlegen. Es können sehr gute Lebensdauern und Leistungsfähigkeiten, die an SuperCaps heranreichen, erzielt werden. Bislang galt aber auch, dass die Kosten höher sind als bei anderen Batterietechnologien. Der enorme Fortschritt in der Entwicklung und der Economy-of-Scale haben aber inzwischen dazu geführt, dass die Kosten von Lithium-Ionen-Batteriezellen von rund 3.000 US\$/kWh bei der Markteinführung durch Sony im Jahr 1991 auf heute rund 100 US\$/kWh für Großeinkäufe der Fahrzeughersteller gefallen sind. Tesla kündigt eine weitere Halbierung der Kosten in den kommenden fünf Jahren an.

Dadurch sind Lithium-Ionen-Batterien die dominierende Technologie in allen mobilen Endgeräten geworden, in denen die Batterien fest verbaut werden. Plug-in Hybrid- und batterieelektrische Fahrzeuge werden aktuell ebenfalls quasi ausnahmslos mit Lithium-Ionen-Batterien entwickelt und angeboten. Im stationären Bereich werden Großspeicher zur Netzstabilisierung oder Heimspeicher im Zusammenhang mit eigenen Photovoltaikanlagen ebenfalls weitergehend mit Lithium-Ionen-Batterien aufgebaut. Der Bereich der Flurförderzeuge (u.a. Gabelstapler), Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) und 12- oder 24 Volt Starterbatterien wird dagegen weiter von Blei-Batterien verschiedener Bauart dominiert.

Eine der am häufigsten im Umfeld zukünftiger Antriebstechnologien für Fahrzeuge gestellte Frage ist: „Warum haben wir in Deutschland die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie verschlafen und müssen diese daher aktuell bei asiatischen Firmen einkaufen und jetzt mit viel



Aufwand und Mühe versuchen, die Lücke zu schließen?“ Dabei ließe sich „Deutschland“ auch durch „Europa“ oder „USA“ ersetzen.

In der Tat ist es Fakt, dass der Markt für Lithium-Ionen-Batterien derzeit nahezu ausschließlich durch asiatischen Firmen, namentlich aus Japan, Korea und China, bedient wird, auch wenn diese inzwischen fast alle auch Produktionsstätten an europäischen Standorten haben.

Während die Grundlagen der Lithium-Ionen-Batterien durchaus noch europäischen und amerikanischen Wissenschaftlern gelegt worden sind, erfolgt die Kommerzialisierung der Technologie zunächst in Japan und dann in Korea. Die Verleihung des Nobelpreises für Chemie für die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie im Jahr 2019 an John B. Goodenough (geboren in Jena, wissenschaftlich tätig in den USA), M. Stanley Whittingham (geboren und promoviert in Großbritannien, wissenschaftlich tätig in den USA) und Akira Yoshino (geboren in Japan, wissenschaftlich tätig in der Industrie mit zusätzlichem Lehrstuhl in Japan) unterstreicht dies. Chinesische Firmen treten erst später in den Markt ein. Warum haben aber z.B. keine europäischen Firmen Produkte entwickelt und kommerzialisiert?

Der eigentliche industriepolitische Grund liegt in der weitgehenden Aufgabe des Segments der Unterhaltungselektronik und auch der Kompaktkameras in Deutschland und in Europa bereits in den 1970er Jahren. Die Wertschöpfung wurde allgemein als relativ gering angesehen und große technologische Entwicklungen wurden nicht vorausgesehen. So bringt z.B. Sony 1979 den ersten Walkman auf dem Markt und verkauft bis 2004 nach eigenen Angaben 335 Millionen Walkmen [UD19-ol]. Im Jahr 1984 folgte der erste Discman der dann im Laufe der Jahre auch CDs mit Musik im MP3-Format abspielen konnte. Panasonic brachte 1985 einen VHS-Camcorder auf dem Markt [PAN21-ol] und Samsung 1987 den weltweit kleinsten und leichtesten 4mm-Videorecorder [SAM21-ol]. Aus dieser Aufzählung wird deutlich, woher die Motivation für eine neue Generation von wiederaufladbaren Batterien ursprünglich kam: Es waren die Konzerne der Unterhaltungselektronik, die für ihre tragbaren Geräte leichtere Batterien mit längerer Laufzeit brauchten, um ihre Produkte attraktiv zu gestalten. Entsprechend kam Sony 1991 als erstes Unternehmen mit einer Lithium-Ionen-Batterien in der heutigen Grundtechnologie auf den Markt und verbaut diese in der Hi8-Videokamera CCD TR 1. Der Marktpreis bei Markteinführung wird heute mit ungefähr 3.000 US\$/kWh angegeben. Entsprechend kann auch hier die Strategie, die auch heute bei Innovationen meist verwendet wird, gesehen werden: Die Markteinführung erfolgt über ein teures Gerät im Oberklassensegment, bei dem einerseits die Batterie keinen zu hohen Anteil an den Gesamtkosten hat und wo andererseits die Preissensibilität der Kunden nicht zu hoch ist.

Die vor dem Markteintritt der chinesischen Firmen dominierenden Unternehmen im Bereich der Lithium-Ionen-Batterien sind folgerichtig Elektronikkonzerne gewesen, wobei einige der Unternehmen stark diversifiziert sind und auch Tochterunternehmen aus der Chemiebranche beinhalten. Dazu gehören neben Sony auch Sanyo und Panasonic (die später fusionieren) aus Japan sowie Samsung und LG aus Korea. Aber auch die späteren Generationen tragbarer Geräte wie MP3-Player oder dann auch Handys und Smartphones stammen überwiegend aus asiatischer Produktion. Allen ist gemein, dass eine leistungsfähige Batterie bzw. eine lange Gerätelebensdauer bei gleichzeitig leichtem und volumetrisch kleinem Design ein wesentliches Verkaufsargument ist. Entsprechend wird die Batterieentwicklung vorangetrieben. Eine Nutzung im

Fahrzeubereich ist in den 1990er Jahren noch nicht anzusehen. Der Interkalationsprozess<sup>1</sup> der Ionen in den Elektrodenmaterialien galt als langsam und damit wurden keine hohen Strom- bzw. Leistungsraten erwartet.

Die intensive Auseinandersetzung der deutschen Automobilindustrie mit der Lithium-Ionen-Batterie beginnt um 2006/2007 und im Prinzip ist das Konjunkturprogrammen der Bundesregierung in Folge der Weltwirtschaftskrise, ausgelöst durch die Pleite der Lehman Brothers Bank 2008, die Initialzündung für die ernsthafte Beschäftigung mit dem Thema Elektromobilität auf Basis von Lithium-Ionen-Batterien. In der Folge werden auch signifikante Mittel in die Hochschulen und Forschungseinrichtungen gegeben, um in Deutschland verlorenes Know-how im Bereich Elektrochemie wieder aufzubauen. Mindestens für weitere 10 Jahre galt die Batterie dann aber weiter als eine Komponente, die von den Fahrzeugherstellern zugekauft wird und bei der die Ertragsmarge als zu gering eingeschätzt wurde, um für europäische Unternehmen attraktiv zu sein. Erst mit den seit 2018 immer wieder nach oben korrigierten Marktanteilen von Elektrofahrzeugen an der Gesamtheit der in 2030 verkauften PKW auf nunmehr 80% wuchs die Erkenntnis zu mehreren Aspekten: Die Batterie macht einen sehr signifikanten Anteil an den Herstellkosten der Fahrzeuge aus und wenn die Batterie nur ein Zukaufteil ist, dann fallen bei den Fahrzeugherstellern eine große Zahl von Arbeitsplätzen weg. Außerdem können die Batterien heute mit einer großen Zahl von technischen Ausprägungen gebaut werden. Intelligente Betriebsstrategien bis zum Handel der Batteriekapazität am Strommarkt während Standphasen eröffnen ein großes Potential zur Unterscheidung vom Wettbewerb und Einnahmepotentiale auch über den Verkauf der Fahrzeuge hinaus. Weiterhin ist gerade in den letzten beiden Jahren deutlich geworden, wie risikoreich eine vollständige Abhängigkeit bei einer zentralen Komponente der Fahrzeuge von Zulieferern ist. Internationale Krisen wie die Corona-Pandemie, Handelskriege und Knappheiten bei den Transportkapazitäten haben den Unternehmen vor Augen geführt, wie gefährlich es für das eigene Geschäft sein kann, wenn sie über keine direkte Kontrolle über Batteriefertigungskapazitäten verfügen. Daher arbeiten eine Reihe von Fahrzeugherstellern jetzt intensiv – in der Regel mit Partnern – am Aufbau einer eigenen Batterie-zellfertigung. Alleine VW hat den Bau von 6 Gigafabriken in Europa mit einer Gesamtfertigungskapazität von 240 GWh/Jahr bis 2030 angekündigt.

Erfolgreiche Batteriechemie und Batteriefertigung basiert aber zu guten Teilen auf Erfahrungswissen. Da sind die asiatischen Unternehmen, die mittlerweile über bis zu 30 Jahren Erfahrung verfügen, weit voraus. Sie verfügen auch über sehr große Entwicklungsabteilungen, in denen bereits die Technologie der nächsten und der übernächsten Generation intensiv beforscht werden. Auch dieses Know-how muss bei uns noch weiter aufgebaut werden.

---

<sup>1</sup> Dabei bleiben die Elektrodenmaterialien in ihre Struktur im Wesentlichen unverändert und die Lithium-Ionen bzw. Atome werden an Zwischengitterplätzen eingebaut.

## **2 Warum die Lithium-Ionen-Batterien ein großer kommerzieller Erfolg wurde und die Brennstoffzelle noch immer darauf wartet**

### **2.1 Eine kurze (unvollständige) Geschichte der Entwicklung von Technologien und Märkten von Brennstoffzellen**

Die Entwicklung der Brennstoffzelle (BZ) geht auf Christian Friedrich Schönbein (1838) und Sir William Robert Grove (ab 1839) zurück. Sie konnten zeigen, dass durch Wasserstoff- und Sauerstoffgas an zwei getrennten Elektroden in einer gemeinsamen wässrigen Lösung eine Spannung aufgebaut werden kann. Schon zu Beginn der 1840er Jahre konnte gezeigt werden, dass durch platiniierte Folienstreifen eine deutlich bessere katalytische Wirkung erzielt werden kann. Bis in die 1950er Jahre hinein wurden verschiedene Grundlagen- und Entwicklungsarbeiten an Brennstoffzellen durchgeführt. Dazu gehören auch schon früh Festelektrolyt-Hochtemperaturbrennstoffzellen. Francis Thomas Bacon arbeitete seit Ende der 1930er Jahre an einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle mit alkalischem Elektrolyt und konnte 1959 nach rund 20 Jahren Entwicklungsarbeit ein System mit einer Leistung von bis zu 5 kW vorstellen. Damit konnte gezeigt werden, dass ein System aus Brennstoffzellen und Wasserstoffdrucktanks den damaligen Batterietechnologien bei längerer Nutzungsdauer überlegen ist. 1959 wurde mit einem Traktor auch das erste brennstoffzellenbetriebene Fahrzeug und 1966 das erste Brennstoffzellenauto von General Motors als Demonstrationsprojekte vorgestellt. Parallel wurden Brennstoffzellen (Polymerelektrolytmembran (PEM) BZ und Alkalische BZ) für die Raumfahrtprogramme Gemini, Apollo und Space Shuttle durch die NASA entwickelt. Die Kosten spielten dabei im Wesentlichen keine Rolle und daher gab es darauf aufbauend auch keine zivilen erdgebundenen kommerziellen Anwendungen, die bedient werden konnten. Das kanadische Unternehmen Ballard Power Systems entwickelte ab 1983 PEM-Brennstoffzellen zunächst für das kanadische Militär und später dann auch in Zusammenarbeit mit der Daimler AG für Straßenfahrzeuge. Daraus resultiert der 1994 vorgestellte auf einem Mercedes-Benz Transporter basierende NECAR 1. Aus der Kooperation, zu der später auch Ford stieß, entstanden dann die weiteren Demonstratoren NECAR 2, 3 und 4. Dabei wies der NECAR 4 1999 bei Betankung mit flüssigem Wasserstoff eine Reichweite von 450 km auf. In der Folge produzierte Daimler für verschiedene Demonstrationsprojekte z.B. Fahrzeuge der B-Klasse mit Brennstoffzellen und stattete auch Stadtbusses mit Brennstoffzellen aus.

Daneben haben auch eine Reihe anderer Fahrzeug- und Brennstoffzellenhersteller mit der Technologie und der Umsetzung in Fahrzeugen gearbeitet. Hyundai, Toyota und Honda bieten seit einigen Jahren jeweils ein Brennstoffzellenmodell am Markt an. Laut einer Studie des ZSW lag der weltweite Bestand an Brennstoffzellenfahrzeugen Ende 2020 bei etwa 28.000 bei einem Zuwachs von rund 9.000 BZ-Fahrzeugen pro Jahr 2020 [ZSW21-ol]. Danach liegt der Bestand in Deutschland bei rund 1016 Fahrzeugen mit 382 Neuzulassungen im Jahr 2020. Dafür standen bis Juni 2021 in Deutschland 92 Wasserstofftankstellen bereit [STA21-ol]. Verschiedene Quellen beziffern die Kosten von Wasserstofftankstellen auf Werte zwischen einer und zwei Millionen Euro. Die Bundesregierung gewährt für Brennstoffzellenfahrzeuge ebenso wie für batterieelektrische Fahrzeuge einen Zuschuss von 6000 Euro bei einem Fahrzeugpreis bis 40.000 Euro und bei höheren Preisen 5000 Euro [Baf20-ol]. Die Zahl der weltweit zugelassenen batterie-

elektrischen Fahrzeuge wird vom ZSW in der gleichen Studie mit 10,9 Millionen Fahrzeugen angegeben.

Parallel wurden aber auch Brennstoffzellenentwicklungen in anderen Bereichen vorangetrieben. In verschiedenen militärischen Anwendungen kommen sie zum Einsatz, wobei die Ausstattung von nicht-nuklearen U-Booten durch die Howaldtswerke-Deutsche Werft Kiel (HDW) im Jahr 2003 vielleicht die spektakulärste Anwendung war. Im ersten Jahrzehnt der 2000er Jahren wurden von vielen Elektronikkonzernen Entwicklungsprojekte für den Einsatz von Brennstoffzellen in Geräten der Unterhaltungselektronik bis zum Laptop durchgeführt. Zu einer erfolgreichen kommerziellen Anwendung ist es dabei nicht gekommen. Erfolgreich am Markt etablieren konnte sich dagegen das im Jahr 2000 gegründete Unternehmen SFC Energy AG (heutiger Name). Das Unternehmen agiert erfolgreich mit überwiegend Direktmethanolbrennstoffzellen in den Märkten Freizeit, Camping, Industrie, Verteidigung und Sicherheit in Anwendungen, die eine hohe Versorgungszuverlässigkeit ohne Anschluss an das Stromnetz benötigen. Nach eigenen Angaben konnten bislang rund 50.000 Brennstoffzellensysteme verkauft werden [SFC21-ol].

Eine wichtige Entwicklungslinie sind auch Brennstoffzellensysteme für die Hausenergieversorgung, die beginnend in den 1990er Jahren massiv z.B. in Japan, Deutschland und Großbritannien von staatlicher Seite bis hin zu Demonstrations- und Markteinführungsprogrammen unterstützt worden sind. Dabei konnte insbesondere in Japan in Folge der Abschaltung vieler AKW nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima bis Ende 2015 auch ein Markt von 120.000 erdgasbetriebenen Hochtemperaturbrennstoffzellen mit staatlicher Unterstützung etabliert werden. Ein Förderprogramm des BMWi und der KfW hat in Deutschland bis Juni 2020 zu einer Installation von bis zu 13.000 Kraft-Wärme-Brennstoffzellenheizungen geführt [HAU20-ol]. Die KfW fördert Brennstoffzellenheizungssysteme seit dem 01.07.2021 mit bis zu 40% der förderfähigen Kosten, maximal aber 34.300 Euro bei einem 5 kW-System [KfW21-ol]. Die aktuellen Brennstoffzellenheizungssysteme werden überwiegend mit Erdgas betrieben, könnten aber bei Umstellung der Gasversorgung auf Wasserstoff auch mit diesem betrieben werden.

## **2.2 Wo liegen die Unterschiede im Markterfolg von Brennstoffzellen und Lithium-Ionen-Batterien?**

Obwohl Brennstoffzellen schon wesentlich länger Gegenstand von Forschung und Entwicklung als Lithium-Ionen-Batterien sind, haben sich bislang die Märkte sehr unterschiedlich entwickelt. So wird der weltweite Umsatz mit Lithium-Ionen-Batterien für das Jahr 2020 von Grand View Research mit 53,6 Milliarden US\$ angegeben [GVR21-ol]. Dagegen schätzt BlueWeave Consulting den Umsatz mit Brennstoffzellen ebenfalls für das Jahr 2020 auf 264,2 Millionen US\$ [BWC21-ol] und damit ungefähr auf 0,5% des Umsatzes mit Lithium-Ionen-Batterien. Dabei hatte z.B. die Marktforschungsfirma Pike Research 2010 den Markt für Brennstoffzellen kumulativ von 2010 bis 2020 im PKW-Bereich auf 2,8 Millionen PKW bei einem Marktvolumen für die Brennstoffzellen von 23,9 Milliarden US\$ prognostiziert [VB10-ol].

Woher kommen also diese sehr unterschiedlichen Entwicklungen in Märkten, die teilweise von beiden Technologien bedient werden? Die folgenden Aspekte sind der Versuch einer Annäherung an die komplexen Gründe.

Brennstoffzellen konnten im jeweiligen Entwicklungsstand aus Kundensicht keinen technischen Vorteil gegenüber dem State-of-the-Art liefern. Ausnahme sind die netzfernen Stromversorgungen von U-Boot über Campingfahrzeuge bis hin zu Mess- und Überwachungs- oder Telekommunikationseinrichtungen ohne Anschluss an das Stromnetz. Bei letzterem hat sich sicher ein Wettbewerb mit Photovoltaik-Batteriesystemen ergeben, die durch die erheblichen Preissenkungen bei PV-Modulen das Marktwachstum der Brennstoffzellen eingebremst haben dürften. Es ist heute mit überdimensionierten PV-Generatoren und Batterien ebenfalls möglich, eine sehr hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Im Gegensatz zu den Brennstoffzellensystemen, brauchen diese aber keine Zuführung von Treibstoff und sind technisch wesentlich weniger komplex. Aber überall wo es das Bedürfnis nach höchster Versorgungszuverlässigkeit und 100%iger standortunabhängiger Verfügbarkeit ergibt, sind z.B. die Direktmethanolbrennstoffzellen mit ihrem einfachen Handling des Brennstoffs, geringem Wartungsaufwand und der lokalen Emissionsfreiheit trotz geringer Wirkungsgrade eine gegenüber traditionell verwendeten Benzin- oder Dieseleinheiten wirtschaftlich und technisch überlegene Lösung. Im gleichen Marktsegment hat sich vor allem auch die Photovoltaik in den 1980er und 1990er zu einer ausgereiften Technologie entwickelt und erhebliche Kostensenkungen realisiert, bevor sich die großen Massenmärkte der netzgekoppelten Photovoltaikanlagen entwickeln konnten.

Im Anwendungsbereich Konsumerelektronik inkl. Handy & Smartphones oder Laptops und Tablets wurden gerade Anfang der 2000er Jahre große Hoffnungen auf den Einsatz von Brennstoffzellen vor allem im Premiumsegment für längere Laufzeiten geschürt, wobei aber die damaligen Marktprognosen immer schon daran gekrankt haben, dass die für Brennstoffzellen in fünf bis zehn Jahre erwarteten technischen Eigenschaften und Kostenziele mit einem schon zum Zeitpunkt der Prognosen nicht mehr aktuellen Stand der Batterietechnologie verglichen worden sind. Die Lithium-Ionen-Batterietechnologie hat sich nach ihrer Markteinführung 1991 extrem dynamisch entwickelt und damit den Einsatz von Brennstoffzellen in diesen Anwendungen aus Sicht der Nutzer schlicht unnötig gemacht. Die Lithium-Ionen-Batterien konnten erfolgreich in den Markt eintreten, weil mit ihrer Markteinführung aus Nutzersicht rund eine Verdopplung der Gerätelaufzeiten gegenüber den bis dahin üblichen Nickel-Cadmium- und Nickel-Metall-Hydrid-Batterien erzielt werden konnte. Für diesen „Unique Selling Point“ waren die Nutzer bereit, deutlich mehr zu bezahlen. Die Laufzeiten hätten Brennstoffzellen auch liefern können, aber deren Preis war aufgrund der kleinen Stückzahlen viel höher. Dazu kommen die Nachteile der wesentlich größeren Wärmeentwicklung und dem Ausgasen von Wasserdampf. Das konnte den Vorteil der schnelleren Aufladung z.B. mittels einer Methanolampulle nicht kompensieren. Aus Sicht der Lithium-Ionen-Batterien wirkt dann die sehr starke Nachfrage nach mobilen Geräten der Unterhaltungselektronik, der Kommunikation (Handy und Smartphones) und der mobilen Rechner (Laptops und Tablets) und die damit insgesamt stark steigende Nachfrage nach wiederaufladbaren Batterien sehr stimulierend für den Absatz und die Motivation zu weiteren technologischen Innovationen. Entsprechend konnten die Absätze sehr schnell gesteigert werden und jenseits der staatlichen Förderung konnten und haben die Firmen, die Lithium-Ionen-Batterien entwickelt haben, viele hundert Millionen Euro pro Jahr in die Forschung und Entwicklung gesteckt. Das führte zu einer weiteren Verbesserung der Technologie bei gleichzeitiger Senkung der Kosten und Preise. Damit konnten weitere Marktsegmente erschlossen werden. Die Entwicklung von sehr leistungsfähigen Akkus eröffnete den Markt für Werkzeugmaschinen wie akkubetriebene Bohrmaschinen und damit wurde auch die Entwicklungslinie in

Richtung von Fahrzeugbatterien eröffnet. Im ersten Jahrzehnt nach Markteinführung der Lithium-Ionen-Batterien war das noch nicht abzusehen, da die Technologie zunächst für nicht hochstromfähig gehalten wurde. Verbunden mit den technologiebedingt höheren Sicherheitsrisiken im Vergleich zu Blei-, NiCd- oder NiMH-Batterien waren Elektrofahrzeuge bis dahin kein Thema gewesen. Aber die verbesserten technischen Eigenschaften verbunden mit den weiter sinkenden Kosten eröffneten dann die Märkte für akkubetriebene Gartengeräte und mit Beginn der 2010er Jahre dann auch für stationäre Batterien im direkten Wettbewerb mit den in diesem Segment traditionell dominierenden Bleibatterien. So waren im Segment der Hausspeichersysteme in Verbindung mit Photovoltaikanlagen in Deutschland 2013 noch zwei Drittel der neu installierten Systeme mit Bleibatterien ausgestattet und schon fünf Jahre später hatten die Lithium-Ionen-Batterien einen Marktanteil von 98%. Parallel wurden dann in den 2010er Jahren die ersten Kleinserien von Elektrofahrzeugen aufgelegt und mit Tesla auch ein wegweisendes Unternehmen für das Segment der Elektromobilität aktiv im Markt. Aber bis vor wenigen Jahren wurden Technologie und Produktionsvolumen noch im Wesentlichen von den non-Automotive Märkten getrieben. So hat Tesla in den ersten Jahren im Wesentlichen Zellen aus dem Bereich der Consumerprodukte, namentlich Laptopzellen, verwendet und diese in großer Zahl intelligent miteinander verschaltet und ins Fahrzeug integriert. In einem fließenden Übergang konnte dann das Segment der Elektro-PKW ausgebaut werden, weil die Kosten der Batterien inzwischen so stark gesunken waren und die technischen Eigenschaften der Lithium-Ionen-Batterien in Bezug auf Lebensdauer, Sicherheit oder Lade- und Entladeleistung so gut geworden waren, dass vor allem zunächst im Oberklassensegment wettbewerbsfähige Elektrofahrzeuge angeboten werden konnten. Da gleichzeitig der Druck auf die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gerade auch im Fahrzeugbereich gestiegen war, stellten die batterieelektrischen Fahrzeuge eine realistische Option für die Fahrzeughersteller zur Senkung ihres Flottenverbrauchs da.

Der Erfolg der Lithium-Ionen-Batterien ist also vor allem darauf zurückzuführen, dass mit Markteinführung bereits ein technisches Feature, hier die Energiedichte, angeboten werden konnte, das aus Sicht der Nutzer eine Sprunginnovation gewesen ist. Weiterentwicklungen wie Cobalt-freie oder Festkörperbatterien werden dagegen aus Sicht der Nutzer keine direkt sichtbaren Sprünge im Leistungsspektrum bieten. Entsprechend wird es viel schwieriger, solche Innovationen gegen den etablierten Stand der Technik, für den auch die gesamten Liefer- und Produktionsketten aufgebaut sind, in den Markt zu bekommen.

Brennstoffzellen haben – abgesehen von einigen Marktsegmenten im Bereich der netzfernen Stromversorgungen – diesen Vorteil eines Sprungs im Nutzen für die Anwender nicht gehabt. Entsprechend hat sich eine sich selbst tragende Industrie nur in sehr geringem Umfang entwickelt. Die Absatzzahlen sind weit hinter den Prognosen zurückgeblieben und entsprechend fehlte auch das Geld und die Felderfahrung aus dem täglichen Geschäft für die Weiterentwicklung und die Erschließung weiterer Kostensenkungspotentiale.

In Bezug auf den PKW-Markt wird sich die Entwicklung auch aller Voraussicht weiter so darstellen: Die Reichweite der besten Brennstoffzellenfahrzeuge ist nicht besser, als die der besten batterieelektrischen Fahrzeuge. Fahreigenschaften und Beschleunigungsleistungen hängen auch in Brennstoffzellenfahrzeugen eher an einer Leistungsbatterie als direkt an der Brennstoff-

zelle. Die Brennstoffzellen zusammen mit den Druckgaswasserstofftanks sind zwar wesentlich leichter, aber das Volumen weist bei 700 bar Druck kaum noch Vorteile gegenüber den Lithium-Ionen-Batterien auf. Während aber die Batterien sehr effektiv in den Unterboden der Fahrzeuge integriert werden können, müssen die wesentlichen unförmigeren zylindrischen Drucktanks in Bereichen der Fahrzeuge untergebracht werden, in denen sie in direkter Nutzungskonkurrenz zum Innen- oder Kofferraum stehen. Den Gewichtsvorteil spüren dagegen die Nutzer nur wenig, da alle Elektrofahrzeuge aus dem Stand heraus bereits ein hohes Drehmoment haben und die Beschleunigungswerte denen von Verbrennungsfahrzeugen deutlich überlegen sind. Gleichzeitig werden zumindest für Oberklassewagen Schnellladetechniken entwickelt, die beim aktuellen Stand der Technik zu einer Nachladung von Strom für 100 km Reichweite in etwa vier Minuten führen werden. Dazu kommen erhebliche Vorteile beim Design von batterieelektrischen Fahrzeugen, die vor allem auch positive Auswirkungen auf den Luftwiderstand haben, weil auf einen Kühlergrill weitgehend verzichtet werden kann und kein zentrales Aggregat mehr unter der „Motorhaube“ untergebracht werden muss. Mercedes hat z.B. ein Konzeptfahrzeug angekündigt, das bei typischer Autobahnfahrt bei einem Fahrzeug im Segment der S-Klasse den Energieverbrauch auf 10 kWh/100km gegenüber heute nahezu halbieren soll. Brennstoffzellenfahrzeuge werden nicht die gleichen Freiheitsgrade im Design haben.

Zudem werden durch die aktuelle Fokussierung der Fahrzeughersteller auf die batterieelektrischen Fahrzeuge Pfadabhängigkeiten in Bezug auf die Entwicklung, Kostensenkungen und Installation von Produktionskapazitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette geschaffen, die es der Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen z.B. gegen Ende des Jahrzehnts sehr schwer machen werden. Denn es bleibt dabei: Die Brennstoffzellenfahrzeuge werden gegenüber dem dann etablierten Stand der Technik der batterieelektrischen Fahrzeuge inkl. einer bis dahin sehr gut ausgebauten Ladeinfrastruktur aus Nutzersicht nur geringe „Unique Selling Points“ bieten.

Komplizierter ist das Segment der Heizungssysteme mit Kraft-Wärme-Kopplung für die Brennstoffzellentechnik. Ölheizungen dürfen nach aktuellem Stand ab 2025 nicht mehr neu installiert werden, für Erdgasheizungen müsste eine entsprechende Richtlinie bei Betrachtung der Emissionssenkungsziele ebenfalls sehr bald erfolgen. Die Frage wird dann sein, ob die Wärmeversorgung der Wohnungen und Häusern dann eher über Nahwärmenetze oder Wärmepumpen erfolgen wird. Klar ist auf jeden Fall, dass durch energetische Sanierung der Altbaubestand erheblich energieeffizienter werden wird. Je geringer der jährliche Energiebedarf ist, um so unwirtschaftlicher wird es aber, eine teure Kraft-Wärme-Kopplungsheizung verbunden mit einer doppelten Netzinfrastruktur für Strom und Gas weiter zu betreiben. Das wäre aber die Voraussetzung für den Einsatz von Brennstoffzellenheizungen. In großen Wohnanlagen ist so ein Einsatz sicher noch denkbar, für Einzelhäuser dürfte es dagegen wirtschaftlich schwierig werden. Batteriespeicher spielen im Segment der Heizungssysteme keine Rolle. Energiespeicher werden hier wesentlich günstiger und effizienter als Niedertemperaturwärmespeicher mit Wasser ausgeführt.

### 3 Zusammenfassung

Bei der Vorstellung neuer Technologien ist immer wieder zu beobachten, dass die Analyse bzgl. der Wettbewerbstechnologien entweder bewusst oder durch Unwissenheit von groben Mängeln gekennzeichnet ist. Für die neue Technologie werden optimistische Kosten- und Leistungsparameter angenommen, die in den kommenden Jahren erreicht werden sollen. Gleichzeitig wird den vorhandenen Wettbewerbstechnologien oftmals ein Verharren beim Stand der Technik unterstellt. Dabei stellt sich fast immer heraus, dass eine bestehende Technologie, sobald sie durch neue Technologien unter Druck gerät, sehr schnell Kosten- und Preissenkungen realisieren kann und dass der Innovationsdruck auch in Bezug auf die technischen Eigenschaften eine Weiterentwicklung befördert. Entsprechend kommt eine neue Technologie nur in den Markt, wenn sie zum Zeitpunkt, zu dem sie für den Markteintritt bereit ist, den Nutzern eine Sprunginnovation bietet, die zu einer spürbaren Verbesserung im Nutzungsprofil führt. Gleichzeitig müssen nahezu alle anderen technischen Eigenschaften zumindest in etwa gleich gut im Vergleich zur vorhandenen Technologie sein. Grund dafür ist, dass eine neue Technologie zu Beginn in vielen Fällen noch nicht günstiger als die vorhandene Technologie ist. Es fehlt der Economy-of-Scale, der erst durch den Markthochlauf erreicht werden kann. Der Erfolg einer Markteinführung hängt also zentral davon ab, dass es zumindest einen Nischenmarkt gibt, in dem eine neue Technologie die bestehende Technologie in zumindest einer für den Nutzer relevanten Eigenschaft aussticht. Das kann dann der Ausgangspunkt für den Ausbau von Produktions- und Entwicklungskapazitäten sein, die auch eine Senkung der Kosten nach sich ziehen werden. Vielleicht sind das für Brennstoffzellen im Mobilitätsbereich die Segmente der Langstrecken-LKW oder Züge auf nicht elektrifizierten Strecken. Es ist aber schon jetzt klar, dass die Kosten- und Nutzungsvorteile gegenüber batterieelektrischen Alternativen nicht dem Kriterium einer Sprunginnovation entsprechen. Entsprechend müssen sich die Brennstoffzellen/Wasserstoffsysteme auf dem um mindestens eine Größenordnung kleineren Markt gegenüber der aus dem PKW-Bereich stark getriebene und querfinanzierten Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batterietechnologie behaupten.

#### Literatur

- [Baf21-ol] BAFA: Mehr Geld für Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge. Unter: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/Energie/2020\\_02\\_emob\\_neue\\_richtline.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/Energie/2020_02_emob_neue_richtline.html), Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [BWC21-ol] BLUEWEAVE CONSULTING: Global Fuel Cells Market, By Type, By Application, By End-Use, By Region – Trend Analysis, Competitive Market Share & Forecast, 2017-2027. Unter: <https://www.blueweaveconsulting.com/report/global-fuel-cells-market>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [GVR21-ol] GRANDVIEW RESEARCH: Lithium-ion Battery Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (LCO, LFP, NCA, LMO, LTO, Lithium Nickel Manganese Cobalt), by Application, by Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028. Unter: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lithium-ion-battery-market>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [HAU20-ol] HAUSTEC: Brennstoffzellenheizung: Jährliche Wachstumsraten von über 50 Prozent. Unter: <https://www.haustec.de/heizung/waermeerzeugung/brennstoffzellenheizung-jaehrliche-wachstumsraten-von-ueber-50-prozent>, Letzter Zugriff: 18.10.2021



- [KfW21-ol] KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU: Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle. Unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Zuschuss-Brennstoffzelle-\(433\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Zuschuss-Brennstoffzelle-(433)/), Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [PAN21-ol] PANASONIC: Innovationen der 80er: Panasonic präsentiert zahlreiche Entwicklungen. Unter: <https://www.experience.panasonic.de/news/innovationen-der-80er>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [SAM21-ol] SAMSUNG: Geschichte der Firma Samsung. Unter: <https://www.tonerpartner.de/geschichte-firma-samsung/>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [SFC21-ol] SFC ENERGY AG: Weltweit führendes Unternehmen für mobile und netzferne Energielösungen. Unter: <https://www.sfc.com/sfc-energy/>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [STA21-ol] STATISTA: Anzahl der Wasserstofftankstellen in Deutschland von 2018 bis 2021. Unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/820836/umfrage/anzahl-der-wasserstofftankstellen-in-deutschland/>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [UD19-ol] UDISCOVER-MUSIC: Zeitsprung: Ab 1. 7.1979 verändert der Walkman die Musikwelt. Unter: <https://www.udiscover-music.de/popkultur/zeitsprung-erster-walkman-japan>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [VB10-ol] VENTUREBEAT: Pike Research: 2.8M fuel-cell vehicles will hit the road by 2020. Unter: <https://venturebeat.com/2010/02/23/pike-research-2-8m-fuel-cell-vehicles-will-hit-the-road-by-2020/>, Letzter Zugriff: 18.10.2021
- [ZSW21-ol] ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRTTEMBERG (ZSW): Elektroautos: Bestand steigt weltweit auf 10,9 Millionen. Unter: <https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/elektroautos-bestand-steigt-weltweit-auf-109-millionen.html>, Letzter Zugriff: 18.10.2021

## Autor

**Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer** ist Professor für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik und beschäftigt sich seit bald 30 Jahren mit der Speicherung elektrischer Energie in stationären und mobilen Anwendungen.

## **Plenum IV**



# **Wie können Wirtschaft und Wissenschaft erfolgreich kooperieren? Das Projektbeispiel „Vision Pi“ von Fraunhofer-Instituten im Rahmen des #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch der BMW Group 2020**

***Dr. phil. Mirjam Storim***

*BMW Group*

*Petuelring 130, 80788 München*

*Tel. +49 (0) 89 / 38 25 28 28*

*E-Mail: mirjam.storim@bmwgroup.com*

***Sebastian Stegmüller***

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO*

*Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart*

*Tel. +49 (0) 711 / 97 02 320*

*E-Mail: sebastian.stegmueller@iao.fraunhofer.de*

***Franziska Braun***

*Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT*

*der Universität Stuttgart*

*Allmandring 35, 70569 Stuttgart*

*Tel. +49 (0) 152 / 28 83 52 65*

*E-Mail: franziska.braun@iat.uni-stuttgart.de*

## **Zusammenfassung**

Kooperationen mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im In- und Ausland haben für die BMW Group seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert. Akademische Institutionen werden als Partner für die Technologie- und Innovationsentwicklung, als Ort für Aus- und Weiterbildung ebenso wie als neutrale Plattform zur Diskussion gesellschaftlicher Herausforderungen besonders geschätzt. Umgekehrt schätzen auch Wissenschaftspartner wie die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihren Instituten die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft: schließlich kann es hier um die Verwertbarkeit von Ideen gehen, um den Praxischeck, ohne den jede Innovation nur Invention bleibt. Dieser Aspekt ist dabei wesentlicher Kern der sogenannten angewandten Forschung, wie sie insbesondere die Fraunhofer-Gesellschaft als institutionalisierte Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung lebt [Neu17]. Beide Seiten – Unternehmen wie Wissenschaft – sehen einen großen Wert in der partnerschaftlichen Zusammenarbeit auf Augenhöhe, über die Systemgrenzen von Wirtschaft und Wissenschaft hinweg, um gemeinsam vielversprechende, neuartige Innovationen und entsprechend Wissensgrundlagen für die Welt von morgen schaffen zu können.

Im Jahr 2020 betrat die BMW Group jenseits erprobter Formate in Form von bilateraler Auftragsforschung, Forschungsförderprojekten, Zusammenarbeit bei Weiterbildungsangeboten

oder auch Stiftungsprofessuren gemeinsam mit einigen akademischen Partnern Neuland in der Kooperation: Mit dem #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch ermutigte sie junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an ausgewählten Top-Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit, ihre Visionen und Ideen einer nachhaltigen, individuellen Premium-Mobilität zu entwickeln und zu präsentieren. Die Ausschreibung war für die drei Finalistenteams mit einem Preisgeld sowie einer Reihe von Fachgesprächen mit Vertretern aus dem BMW AG Vorstand und Management verbunden. Für die BMW Group ging es insbesondere darum, Einblicke in Mobilitätsvorstellungen von morgen zu gewinnen, die junge Generation einzubinden bei der Ideenentwicklung für eine neue, nachhaltige Mobilität der Zukunft sowie Innovationen in Zusammenarbeit mit den Partnern der Wissenschaftswelt zu fördern. Eines der Finalistenteams wiederum – genannt „Vision Pi“, zusammengesetzt aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der sechs Fraunhofer Institute IAO, ICT, IST sowie IFAM, IWU, WKI – präsentierte ein visionäres Konzept, das zugleich mit Blick auf das Jahr 2040 technologisch, aber auch ökonomisch als Produkt umsetzbar sein sollte. Neben technischen Aspekten und Zukunftsprognosen wurden dabei auch wirtschaftswissenschaftliche und kundenorientierte Fragestellungen berücksichtigt, was eine hohe Interdisziplinarität und Ganzheitlichkeit von Teamzusammensetzung und Konzept bedingte.

Der Beitrag schildert einleitend die Motivation der BMW Group hinter ihren Hochschulkoooperationen und arbeitet anschließend die Besonderheit des Formates #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch heraus. In einem zweiten Schritt gibt der Beitrag einen detaillierten Einblick in das Konzept und die Vorgehensweise des Fraunhofer-Teams „Vision Pi“. Dabei wird auch beleuchtet, welchen Herausforderungen sich beide Seiten – Unternehmen wie Hochschule bzw. außeruniversitäre Forschungseinrichtung – zu stellen hatten und inwiefern ein Format wie dieses für zukünftige Kooperationen wegweisend sein kann.

### **Schlüsselworte**

Hochschulkoooperationen Industrie, BMW Group, Fraunhofer Gesellschaft, Innovationstransfer, Technologietransfer, Mobilität der Zukunft, gesellschaftliche Verantwortung, Interdisziplinarität.

# **How can business and science cooperate successfully? The "Vision Pi" project example from Fraunhofer institutes as part of the BMW Group 2020 #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch**

## **Abstract**

For many years, cooperation between BMW and Universities as well as non-University research institutions has been of major importance to the BMW Group on national and international levels. Academic institutions are particularly valued as partners for technology and innovation development, as places for education and training, and as neutral platforms for discussing social challenges. In addition, scientific partners such as, the Fraunhofer-Gesellschaft research institute also holds high appreciation to having cooperation with the industry. After all, it's about the practical verification of the ideas' usability. Otherwise, every innovation remains just an invention. This aspect is the essential core of so-called "applied research" as practiced by the Fraunhofer-Gesellschaft as an institutionalized bridge between basic research and industrial application [Neu17]. Both sides – Industry and Academia and science - see great value in cooperating as partners on equal footing across the system boundaries of business and science to jointly create promising innovations and corresponding knowledge bases for the world of tomorrow.

In 2020, the BMW Group entered new territory in cooperating with several academic partners beyond the tried and tested formats of bilateral contract research, research funding projects, collaboration on further education courses or even endowed professorships. With the #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch, it encouraged young scientists at selected top universities and non-university research institutions worldwide to develop and present their visions and ideas for sustainable, individual premium mobility. The competition offered the three finalist teams prize money and a series of expert discussions with representatives from the BMW AG Board of Executives and Management. For the BMW Group, the focus was to gain insights into the mobility ideas of tomorrow, to involve the next generation in the development of ideas for a new sustainable mobility for the future, and to promote innovations in cooperation with partners from the world of science. One of the finalist teams - called "Vision Pi", composed of scientists from the six Fraunhofer Institutes (IAO, ICT, IST as well as IFAM, IWU, WKI) - presented a visionary concept of a product that should be technologically as well as economically feasible in the year 2040. In addition to technical aspects and future forecasts, economic and customer-oriented questions were also taken into account. This required a high degree of interdisciplinary and holistic team composition and concept.

The article begins by describing the BMW Group's motivation behind its university collaborations and then elaborates on the special features of the #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch format. The article goes on to give a detailed insight into the concept and the approach of the Fraunhofer team "Vision Pi". It also highlights the challenges that both sides - company and university or non-university research institution - had to face and the extent which a format like this can be groundbreaking for future collaborations.

## **Keywords**

University cooperation with industry, BMW Group, Fraunhofer Gesellschaft, innovation transfer, technology transfer, mobility of the future, social responsibility, interdisciplinarity.

## 1 Warum kooperieren?

*„We live in times of steadily increasing pace, where product life cycles become shorter and shorter, where knowledge and skills become outdated quickly and where disruptive innovations are revolutionizing whole industry branches in only a few years. In these time, innovative companies cannot anymore rely solely on in-house resources but must work together with external partners to stay competitive. Universities are power-houses of innovation where new technologies are developed, new trends are formed and fresh talents are educated. Partnerships between universities and corporations are thus a fundamental driver of economic progress and an important catalyst for finding solutions to our societal problems.“ [FR18].*

Kooperationen mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im In- und Ausland besitzen für Technologieunternehmen wie die BMW Group seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert. Die oben zitierte Zusammenfassung des Wissenschaftlers LARS FRØLUND und des Unternehmensvertreters MAX RIEDEL, Herausgeber des Bandes „Strategic Industry-University Partnerships“, bringt zwei zentrale Motive für die Unternehmensseite prägnant auf den Punkt: Unternehmen suchen in der akademischen Welt nach Partnern für die Technologie- und Innovationsentwicklung, und sie brauchen Hochschulen als Ort für Aus- und Weiterbildung ihrer bestehenden oder zukünftigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. In der Zusammenarbeit gehen Unternehmen nicht nur auf die klassische Alma Mater mit ihren Fakultäten, akkreditierten Studiengängen und formalen Abschlüssen zu. Sie erweitern ihre Perspektive zunehmend auf das gesamte akademische Ökosystem, inklusive der Startup- und Venturing-Aktivitäten, die rund um Hochschulen geschehen. Die Benchmarking-Studie zur „Entrepreneurship Performance deutscher Hochschulen“ von Vertretern der TU München gemeinsam mit Blockrocket hat vor kurzem die Zahlen der Gründungen im Hochschulbereich vergleichend dargestellt und damit die Bedeutung des Ökosystems eindrucksvoll unterstrichen [WAU+21-ol].

Ein drittes Motiv wird von den beiden oben genannten Buchherausgebern mit dem Hinweis auf „our societal problems“ nur am Rande genannt, ist jedoch für Unternehmen als Teil der Gesellschaft von großer Bedeutung: Hochschulen sind frei, und stellen als neutraler, erkenntnisorientierter Ort eine besonders wertvolle Plattform zur Diskussion gesellschaftlicher Herausforderungen im Kontext von Technologieinnovationen und -folgenabschätzungen dar.

Die Automobilindustrie – dies muss man einschränkend zur Prägnanz des obigen Zitats einräumen – ist sich schon lange sehr wohl bewusst, dass sie allein mit „in-house Ressourcen“ nicht wettbewerbsfähig sein und bleiben kann. Ein Fahrzeug besteht heute aus etwa 20.000 Teilen, und nicht jedes Teil kann in Entwicklung und Produktion gleich gut in Eigenleistung erbracht werden. Aus diesem Grund werden etwa siebenzig Prozent der Wertschöpfung durch Lieferanten erbracht, die verbleibenden dreißig Prozent liegen beim Automobilbauer selbst. Richtig aber ist, dass sich die Art und Weise der Kooperationen mit den Innovationssprüngen stetig verändert. Gerade in der Entwicklungsarbeit erhalten Kooperationen seit Jahren eine wachsende Bedeutung, und diese Kooperationen – ob mit Forschungspartnern der Hochschulen, mit Startups



oder mit zunehmend nicht automobilerfahrenen Lieferanten – setzen aufgrund der Spezialisierung und Komplexität der Anforderungen immer häufiger schon sehr früh im Forschungs- und Vorentwicklungsprozess an. Dies erfordert Mut und Offenheit auf beiden Seiten. Neben bewährte Formen der Kooperation treten neue Formen. Das internationale Format #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch, durchgeführt im Jahr 2020 von der BMW Group mit einer Reihe ausgewählter akademischer Partner und Thema dieses Beitrags, ist ein gutes Beispiel dafür.

Werfen wir einen Blick auf die andere Seite der Partnerschaft: Aus Sicht der Wissenschaft sind Kooperationen mit Industrieunternehmen eine wichtige Basis, um den Schritt von der Grundlagenforschung zur Anwendungsorientierung gehen zu können. Gerade im Kontext industrieller Veränderungen produktionsorientierter Volkswirtschaften hin zu Ökonomien, die ihre Basis in Informationen, Wissen und Serviceorientierung sehen, verändert sich das klassische Innovieren massiv: im Fokus steht immer weniger die pure Erfindung sowie das Hervorbringen physischer Produkte und immer stärker das Schaffen eines umfangreichen Wirkgeflechts, das auch Aspekte wie Prozessabläufe, Kommunikationskanäle und Interaktionen mit den Kunden beinhalten und bedenken muss [Bro09, S.7]. Um Inventionen in einem entsprechenden Kontext erforschen und schließlich zu marktfähigen Innovationen ausbilden zu können, müssen die Akteure der Wissenschaft folglich enger mit den industriellen Akteuren zusammenarbeiten, um Zugang zu benötigten marktorientierten Informationen zu erhalten. Der Innovations- und Designforscher TIM BROWN sieht drei Schlüsselkriterien für die Gestaltung einer erfolgversprechenden Idee: „Feasibility“ beschreibt die Überprüfung dessen, was funktional umsetzbar ist, und umfasst insofern auch die klassischen Innovationstätigkeiten der Wissenschaft. Dieses Kriterium ergänzt Brown um „Viability“ – die Frage, inwiefern die Idee Teil eines Geschäftsmodells werden kann – sowie „Desirability“ – die Frage der Sinnhaftigkeit aus Kundensicht. Aus seiner Sicht müssen diese drei Aspekte in einem harmonischen Gleichgewicht betrachtet werden [Bro09, S.17 f.]. Die ganzheitliche Beachtung der drei Aspekte ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für das zielgerichtete Schaffen komplexer Systeminnovationen, wie sie für die Automobilwirtschaft typisch sind. So können Wissenschaftler mit industriellen Akteuren innovieren:

a) **Viability:** Innovationen entstehen aus einem Wertversprechen heraus.

Zu Orientierung dessen, wofür ein Geschäftsmodell im Kontext einer Transformation steht und inwiefern es evolutionär angepasst werden kann, bietet eine klare Kundenorientierung und ein deutliches Wertversprechen von Unternehmen einen großen Vorteil für die Wissenschaft. Firmen mit einer eindeutigen Positionierung, die definiert, wie ein Mehrwert geschaffen wird, sind deutlich erfolgreicher als andere [SB20, S. 22 f.]. CLAYTON CHRISTENSEN führt in diesem Zusammenhang den Begriff des „Purpose Brands“ ein, der solche Firmen und Marken beschreibt, die ihre Entwicklung an einem klaren Zielkunden-Verständnis und Wertversprechen orientieren. Dabei fokussieren sich solche Firmen auf die eigentlichen Zwecke, die die Zielkunden durch die Produkte im Blick haben, und lösen sich weitestgehend vom eigentlichen Wettbewerb und dem Streben zu einer Differenzierung durch technologische Innovationen. Nicht selten führt dies dazu, dass diese sogenannten „Purpose Brands“ ganze Industriestrukturen und Grundlagen des gängigen Wettbewerbs verändern [CHD+16, 142 f.]. Gerade in Hinblick auf die Automobilwirtschaft und die zunehmende Nachhaltigkeitsdiskussion stellt sich dabei die Frage, inwiefern bestehende Marktmechanismen noch Bestand haben werden und welche Mar-

kenwerte den zukünftigen Wettbewerb bestimmen und dort zur Differenzierung beitragen können. Eine Orientierung an diesem Werteversprechen, an diesem Zweck, den der Kunde im Blick hat, kann dabei eine wichtige Hilfe sein, die jedoch nur beim Innovieren von innen heraus – im Unternehmen selbst – angewandt werden kann. Markenneutralen Akteuren aus der gemeinnützigen Forschung fehlt dieser innere Kompass. Um Innovationsprojekte im Kontext entsprechender Markttransformationen ganzheitlich reflektieren zu können, ist aus Sicht der Wissenschaft somit eine enge Zusammenarbeit mit Firmen mit starken Marken und einer starken Positionierung unerlässlich. Mit dem Ziel nicht nur klassische technologische Verbesserungsansätze im Rahmen gegebener Wettbewerbsprinzipien hervorzubringen, sondern existenzfähige Innovationen.

b) Feasibility: Innovationen müssen als Teil von Ökosystemen gestaltet werden.

Die reine technologische Optimierung von Fahrzeugen wird zukünftig nicht ausreichend sein, um Kunden zufriedenzustellen. Das Fahrzeug muss vielmehr im Kontext eines Ökosystems gedacht und entwickelt werden, um den Kunden einen wirklichen zusätzlichen Nutzen gegenüber dem Bekannten und dem Niveau des Wettbewerbs bereitzustellen. Durch die schnell vorschreitende Digitalisierung entstehen kontinuierlich neue, vernetzte Services in und um das Fahrzeug herum. Kooperationen mit weiteren Akteuren auch außerhalb der Industriegrenzen sowie entsprechende technologische und informationstechnische Schnittstellen werden nötig, die bei Innovationstätigkeiten beachtet werden müssen. Als Teil eines solchen Ökosystems ist das Fahrzeug nicht mehr zwingend ein Produkt, das verkauft wird, sondern zusätzlich ein Enabler für weiterreichende Geschäftsmodelle [BWH+20]. Die grundlegenden Ertrags- und Geschäftsmodelle eines industriellen Anwenders bieten dabei eine wichtige Orientierung für das Innovieren, müssen aber im Kontext möglicher Ökosysteme überprüft werden.

c) Desirability: Innovationen erfordern eine Fokussierung auf Nutzungsmotive.

CHRISTENSEN stellt die besondere Bedeutung und transformative Kraft seiner sogenannten „Purpose Brands“ in den Kontext einer konsequenten Beachtung der „Jobs-2-be-Done“-Theorie. Dabei weist er darauf hin, dass solche Organisationen, die sich darauf fokussieren dasselbe Produkt besser und besser zu machen, oftmals den eigentlich wirkungsvollsten Zusammenhang übersehen: Welche Erlebnisse und Wirkungen versuchen Kunden eigentlich mit dem Kauf oder der Nutzung eines spezifischen Produktes zu erzielen [CHD+16, S. 139]? Die klassische nutzerorientierte Forschung kann dabei zwar Erkenntnisse zur Verbesserung von konkreten Produkten liefern, das lösungsorientierte Innovieren benötigt hingegen das Verständnis für eine Zielgruppe einer Firma oder eines Produktes, deren eigentliche Kaufmotive es herauszufinden, zu adressieren und in einer zielgruppengerechten Gestaltung zu kommunizieren gilt. Gemäß dem Designleitsatz „Form follows function“ sowie der zehn Thesen für gutes Design, ist die formale Ausgestaltung eines Produktes in den Grundzügen definierbar, jedoch nicht in Gänze spezifiziert, wobei die Kongruenz von Kundenprofil und Produktprofil bisher keine messbare Größe darstellt. Zur zielgruppenorientierten Erforschung und Gestaltung von Innovationen stellen Kooperationen mit Unternehmen somit eine wichtige Untersuchungsbasis für die Wissenschaft bereit.

Die drei geschilderten Schlüsselkriterien sind marktspezifisch anzuwenden, was ein rein technologisch getriebenes Innovieren, wie es oftmals von Akteuren der Wissenschaft vorangetrieben wird, zunehmend erschwert. Diese Beobachtung steht dabei in enger Verwandtschaft mit dem Trend eines „Downstream-Shifts“ unserer Ökonomien, bei dem sich diese eher an nachgelagerten, kundennahen Wettbewerbsaktivitäten denn an den klassisch relevanten vorgelagerten Wettbewerbsstärken wie Produktionsprozessen oder technologischen Innovationen orientieren [DN13, 10 ff.]. Es wird offensichtlich, dass das zielorientierte Erforschen und Hervorbringen potentieller Innovationen aus Sicht der Wissenschaft bei einer gleichgewichtigen Betrachtung aller drei Aspekte und davon abgeleiteter Thesen ein interdisziplinäres Zusammenspiel aus Ingenieurwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und der Designtheorie bedürfen. Auch können die für ein downstream-gerichtetes Innovieren notwendigen Informationen und Annahmen über zu adressierende Märkte und Kunden vor allem über die Kooperation mit industriellen Partnern erreicht werden, die dabei die Leitplanken für ein Innovationsprojekt vorgeben.

## **2 Wie kooperieren? Bewährtes verbessern, Neues wagen.**

Wenn Wirtschaft und Wissenschaft kooperieren, werden grundsätzlich System- und Kultur­grenzen überschritten – Projekte zwischen Unternehmen und akademischen Institutionen sind eben keine Lieferantenbeziehungen im üblichen Sinn. Dies ist der Grund, warum gemeinsame Projekte der Partner Unternehmen und Wissenschaft so interessant aber auch herausfordernd sind. Blicken wir beispielsweise auf die sogenannte Auftragsforschung: in diesem Fall schließen Unternehmen und wissenschaftliches Institut einen Entwicklungsvertrag, der den zu entwickelnden Umfang präzisiert, Meilensteine und angestrebte Zwischenergebnisse definiert und klare Regelungen zu geistigem Eigentum, Haftung etc. enthält. Die Form der Kooperation ist hier präzise und damit relativ eng. Einige Kernforschungsthemen lassen sich so vorantreiben – aber große Sprünge mit Blick auf die oben geschilderten Eigenschaften Viability, Feasibility, Desirability eher nicht, was beide Seiten auf ihre Weise mitunter bedauern. Ein anderes Beispiel sind Lehrstühle, die für bestimmte Themen von Unternehmen an Hochschulen gestiftet werden: in diesem Fall geht es meist um neue Herausforderungen mit weitem Zeithorizont, die Vordenken ebenso wie Kompetenzaufbau benötigen. Das Unternehmen stiftet den Rahmen dafür, dass Themen entwickelt werden und, damit einhergehend, Talente ausgebildet und gefördert werden können. Diese Variante der Kooperation ist deutlich freier, führt aber gelegentlich dazu, dass der Kontakt zwischen Hochschule und Stifter nicht so intensiv ist, wie es die Innovation vielleicht erfordern würde. Es ist wichtig, dass beide Seiten Erwartungsmanagement betreiben und sich klarmachen, was unter welchen Bedingungen der jeweiligen Kooperation überhaupt erreichbar ist.

Kultur und Zielsetzungen beider Partner können nicht identisch sein: wo die akademische Seite zunächst die Entwicklung der Idee an sich anstrebt, interessiert sich das Unternehmen in erster Linie für die Industrialisierung. Beide Denk- und Arbeitsbewegungen sind heute in vielen bewährten Formaten deutlich integrierter als dies früher der Fall war, eben weil durch die Verschiedenheit der Perspektiven Innovation entstehen kann. Insofern ist es auch nicht verwunderlich, dass neue Kooperationsformate zwischen Wirtschaft und Wissenschaft hinzutreten, die

das Potential aus dieser besonderen Zusammenarbeit noch besser zu heben versuchen. Sie alle erfordern Mut, der anderen Seite offen zu begegnen – insbesondere auch auf Innovationsfeldern, in denen man als Unternehmen ebenso wie als Wissenschaftspartner selbst seine eigene, größte Kernkompetenz vermutet.

Die BMW Group hatte sich für ihre Plattform #NEXTGen 2020 vor allem eines vorgenommen: sie wollte durch Konzeption, Formate, Gespräche deutlich machen, dass die Themen Mobilität und Automobile tief verankert in der Gesellschaft sind und sein müssen. Das Unternehmen wollte Gesicht zeigen, Verantwortung übernehmen und kundenzentriert Innovationen umsetzen. Mit diesem Anspruch ging die Plattform selbst weit über das hinaus, was üblicherweise beim Marketing zu Hause ist, und setzte ein Signal für Außen ebenso wie Innen. Die Botschaft war und ist: wir haben Mut zur Offenheit, wir hören zu, wir sind Teil der Gesellschaft.

Vor dem Hintergrund dieses Anspruchs bot es sich an, auch für die Kooperation des Unternehmens mit wissenschaftlichen Institutionen ein neues Format zu testen. Unter der Überschrift #NEXTGen Moving Tomorrow Pitch ermutigte die BMW Group junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an ausgewählten Top-Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit, ihre Visionen und Ideen einer nachhaltigen, individuellen Premium-Mobilität der Zukunft mit Blick auf das Jahr 2040 zu entwickeln und zu präsentieren. Die Ausschreibung war für die drei Finalistenteams mit einem Preisgeld sowie intensiven Gesprächen mit Vertretern aus dem BMW AG Vorstand und Management verbunden. Für die BMW Group ging es insbesondere darum, Einblicke in Mobilitätsvorstellungen von morgen zu gewinnen, die „Next Generation“ einzubinden bei der Ideengense für eine neue Premium-Mobilität sowie Innovationen in Zusammenarbeit mit den Partnern der Wissenschaftswelt zu fördern.

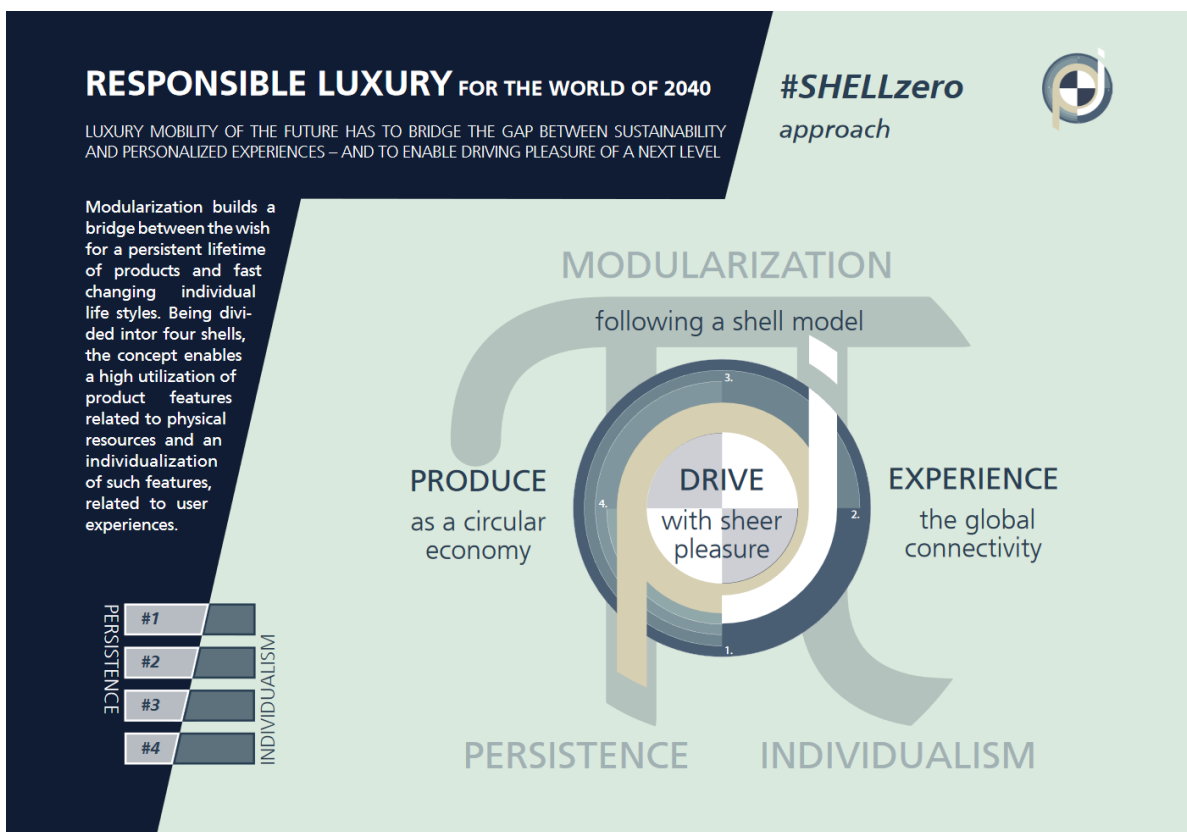


Bild 1: Shell zero - approach: Responsible Luxury for the world of 2040

Eines der Finalistenteams wiederum – genannt „Vision Pi“, zusammengesetzt aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der sechs Fraunhofer Institute IAO, ICT, IST sowie IFAM, IWU, WKI – versuchte dabei den Spagat, ein einerseits möglichst visionäres Konzept zu präsentieren, das andererseits unter dem Wissen der industriellen Prozesse bis zum Zielzeitraum 2040 technologisch, aber auch ökonomisch als Produkt umsetzbar wäre. Neben technischen Aspekten und Zukunftsprognosen mussten dabei auch wirtschaftswissenschaftliche und kundenorientierte Fragestellungen berücksichtigt werden, was eine hohe Interdisziplinarität und Ganzheitlichkeit von Teamzusammensetzung und Konzept bedingte.

Innerhalb von drei Monaten entwickelte das aus sechs Projektinstituten zusammengesetzte Team „Vision Pi“ im Rahmen eines deutschlandweiten kooperativen Prozesses ein Konzept für individuelle Premium-Mobilität im Jahr 2040 [FG20]. Der Name „Vision Pi“ spielt dabei mit Bezug auf die Kreiskonstante Pi darauf an, dass das Konzept im Rahmen eines Schalenmodells in verschiedene System-Kreise mit unterschiedlichen Lebensdauern und Personalisierungsgraden unterteilt wurde. Die Orientierung am Unternehmen BMW mit seinem Claim „Freude am Fahren“ war dabei ein wesentlicher Aspekt und Hilfestellung für die Konzepterstellung.

a) Viability: Innovationen entstehen aus einem Werteversprechen heraus.

Als äußerste Schale wurde zunächst das Mobilitätssystem als solches beschrieben, das sich nach Auffassung des Projektteams und auf Basis prognostizierender Akzeptanzstudien bis 2040 als vielfältiges Ökosystem geteilt genutzter Verkehrsträger entwickeln kann [AF20], [SWK+19], [BS19]. Individualmobilität und persönlicher Fahrzeugbesitz werden in dieser Zukunft zwar nach wie vor eine Rolle spielen, in Hinblick auf die Innovationsvorausschau und insbesondere im Kontext der Nachhaltigkeitsdebatte stellt sich für das Team jedoch die Frage, wie entsprechende Konzepte zukunftsweisend dargestellt werden können. Viele wissenschaftlich geprägte Konzepte bedienen daher eher utilitaristische Zukunfts-Visionen, bei denen visionäre Automobile primär die Aufgabe eines effizienten Transports erfüllen. Durch die Fokussierung auf BMW als Premium-Hersteller ließ sich der Fokus so schärfen, dass im Sharing-Modell eine gewisse Privatsphäre sowie die sprichwörtliche „Freude am Fahren“ gegeben sein musste.

Für das Wissenschaftlerteam war diese Positionierung der Marke BMW äußerst hilfreich und bot einen klaren Fokus für die weitere Entwicklung.

## SHARED MOBILITY MEETS PRIVATE SPACE

MOSTLY PRIVATELY OWNED PASSENGER CELLS CAN BE LINKED TO A HUGE VARIETY OF TOTALLY DIFFERENT KINDS OF MOBILITY MODULES THAT ARE OWNED BY MOBILITY PROVIDERS

The separation of the passenger module from the mobility modules will allow a trip related choice of transport modes and an optimized utilization of the mobility systems. At the same time, the journey can be enjoyed from the inside of a personal mobility module or as a virtual experience that connects the whole world.

PERSISTENCE

INDIVIDUALISM

### #SHELLone

mobility modules

#### USERS' MOBILITY PREFERENCES

Share of users who presume a relevance as mass market / niche market in 2040:

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| <b>Autonomous Driving:</b> | 52.2% / 37.7% |
| <b>Urban Air Mobility:</b> | 28.6% / 50.4% |
| <b>Hyperloop:</b>          | 41.2% / 42.8% |
| <b>Virtual Mobility:</b>   | 51.8% / 36.1% |

- Source: Global user survey from Fraunhofer IAO on mobility trends
- 2.220 participants from GER, USA, KOR
- Collection period: October 2019

#### VIRTUAL MOBILITY

- Smart windows allow VR simulations
- Cells can also be linked to houses if not used for mobility issues
- Cells will become a part of future architecture and worldwide lifestyle

Virtual Mobility at home

Bild 2: Shell one – mobility modules: Shared mobility meets private space

b) Feasibility: Innovationen müssen als Teil von Ökosystemen gestaltet werden.

Als Lösung des scheinbaren Widerspruchs aus geteilter, effizienter Nutzung von Mobilitätsressourcen einerseits sowie Privatsphäre und Premiumanspruch andererseits wurde als zweite Konzeptshale die AllCell konzipiert: eine privat besessene Fahrgastzelle, die an verschiedene Verkehrsträger andocken und durch ein modulares Konzept flexibel ausgestattet oder modernisiert werden kann. Somit kann das traditionelle Geschäftsmodell, der Vertrieb individueller Fahrzeuge, mit neuen lösungsorientierten Facetten eines modernen Mobilitätsanbieters evolutionär erweitert werden. Dabei kann die Zelle selbst als langlebige Grundstruktur sowohl im Innenraum als auch bezüglich Antriebs- und Mobilitätssystemen fortwährend modernisiert und Up-to-Date betrieben werden. Hinsichtlich beider Richtungen zeigt sich die Notwendigkeit Innovationen zunehmend als Teil von Ökosystemen zu verstehen und entsprechende Schnittstellen vorzusehen, um eine symbiotische Integration in dieselben zu ermöglichen. Dabei soll die AllCell nicht nur für physische Mobilität genutzt werden, sondern durch Andocken an Gebäudestrukturen auch als technisch-innovativer und persönlich Raum für das Erleben zukünftiger, virtueller Mobilität eingesetzt werden.

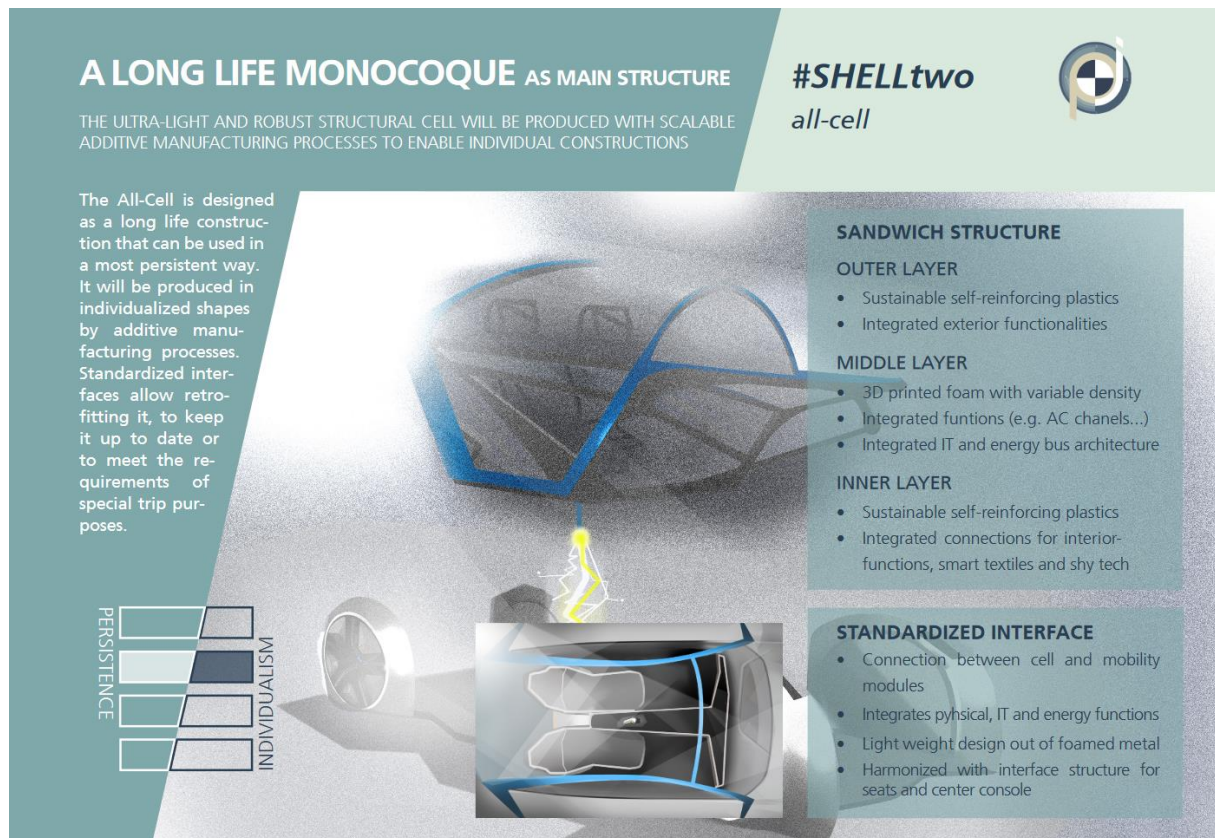


Bild 3: Shell two – all-cell: A long life monocoque as main structure

c) Desirability: Innovationen bedingen eine Fokussierung auf Nutzungsmotive.

Gerade mit Bezug auf die dritte Schale, das modulare smarte Interieur, zeigt sich die dritte These modernen Innovierens: die Orientierung des Produktes an konkreten Zielgruppen und derer Anforderungen an die gewünschten Nutzungsweisen. In Hinblick auf die Zielgruppe von Premiumfahrzeugen zeigt sich dabei, dass diese oft sowohl intensiv geschäftlich als auch privat benutzt werden, wobei die Nutzenden die Fahrzeuge vorwiegend als primäre Mobilitätsform verwenden. Die Fahrzeuge müssen somit verschiedenen Nutzungszwecke erfüllen, wobei erste prognostizierende Studien darauf hinweisen, dass gerade beim zukünftigen automatisierten Fahren der Fahrkontext einen hohen Einfluss auf das gewünschte Innenraumerlebnis und entsprechend Ausstattungen und Medienangebote hat [KM20]. Die smarten Funktionen des Vision Pi Interieurs erlauben dabei adaptive Anpassungen während der Fahrt, wohingegen durch die Modularisierung der Ausstattung auch Trip- oder saisonal spezifische Innenraumkonfigurationen ermöglicht. Das private Fahrerlebnis wird somit nutzungssensitiv verbessert, wobei die AllCell der Nutzung geteilter Ressourcen des Mobilitätssystems ermöglicht!

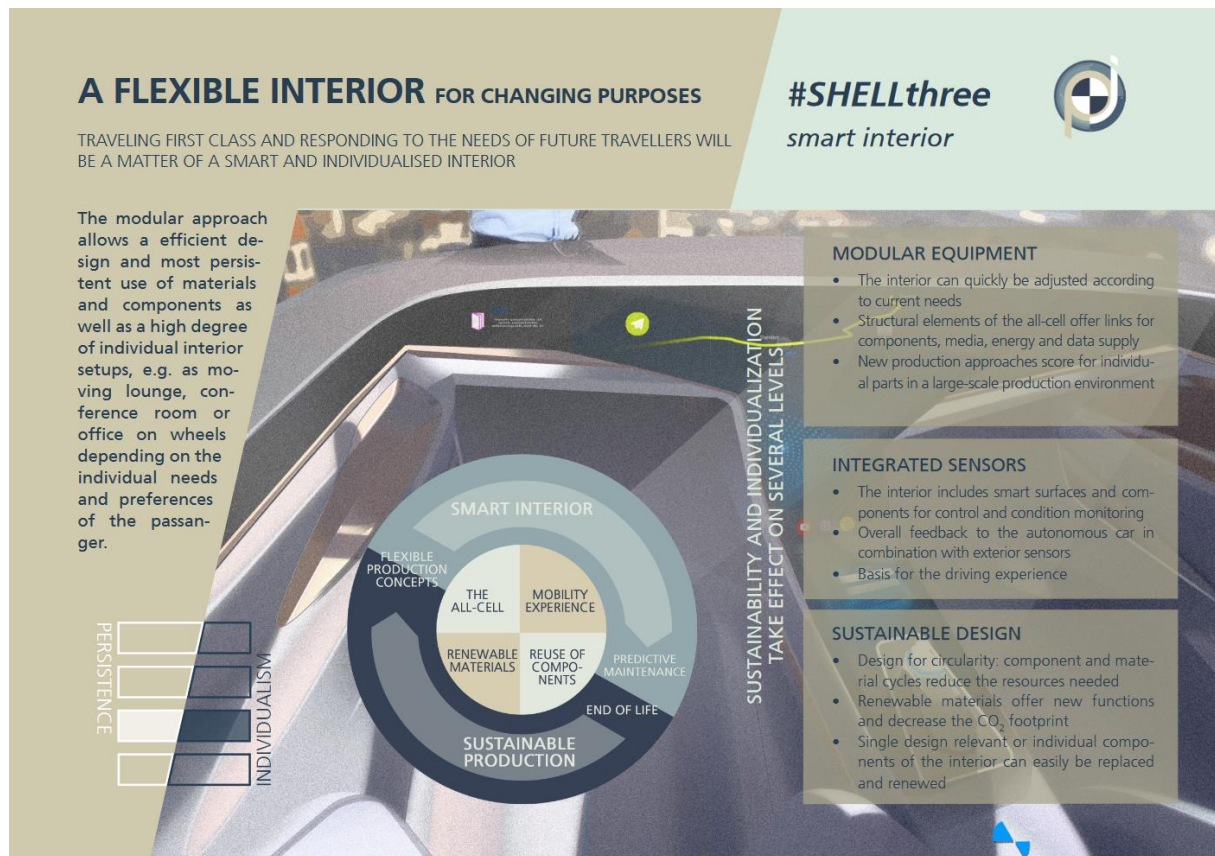


Bild 4: Shell three – smart interior: A flexible interior for changing purposes

Das Zusammenspiel aller drei Thesen und deren Anwendung auf die Gestaltung technischer Innovationen zeigt sich vor allem auch in Bezug auf die vierte Konzeptshale: Die iExperience. Ausgehend vom Claim „Freude am Fahren“ stellte sich die klare Aufgabe auch in einer automatisierten Welt das Selbersteuern der Fahrzeuge noch möglich sein soll. In Anlehnung an den bekannten iDrive-Controller von BMW wurde daher die nächste Evolutionsstufe, der iExperience-Controller als eine Art zentraler Steuerknüppel konzipiert. Er ermöglicht sowohl das filigrane Steuern eines Fahrzeugs als auch mittels Eingabe einfacher intuitiver Befehle die abstrakte Bedingung von alternativen Mobilitäts-Modulen, wie bspw. Autobahn-Shutteln oder Flugtaxi-Modulen, sowie die Navigation durch virtuelle Welten. Der Controller stellt somit die zentrale Schnittstelle für die Bedingung der verscheiden Facetten des dem Konzept zugrundeliegenden Mobilitätsystems aus Schale 1 dar. Dabei ist der Controller bewusst als physischer Steuerknüppel ausgelegt, der durch die zentrale Positionierung jederzeit, auch aus Sesseln in Ruheposition erreicht werden kann. Dieser Aspekt bedient wiederum die dritte These: im Rahmen von Experimenten des Mobility Innovation Labs am Fraunhofer IAO zeigte sich etwa, dass insbesondere die Nutzer von Premiumfahrzeugen auch im automatisierten Fahrmodus das Gefühl der physischen Kontrolle über ihr Fahrzeugen haben wollen, ein joystick-ähnlicher Aufbau wurde dabei als besonders geeignet wahrgenommen. Nicht zuletzt ermöglicht der iExperience-Controller das schnelle Eingreifen in automatisierte Fahrmodi oder auch den kompletten Wechsel zum Selbersteuern, so die Situation darauf Lust macht: Freude am Fahren!




## EXPERIENCE THE FUTURE FROM THE DRIVER'S SEAT

DIGITAL APPLICATIONS AND VIRTUAL REALITY WILL ENABLE INDIVIDUAL AND CONTEXT AWARE SETTINGS FOR A UNIQUE EXPERIENCE OF PHYSICAL AND VIRTUAL MOBILITY

The option for virtual mobility will reduce the amount of trips to those that are really necessary and those who let you experience sheer driving pleasure of the next level. As ultimate pleasure, the iExperience allows manual driving in a fully-automated world, user and context specific personalized by smart applications.

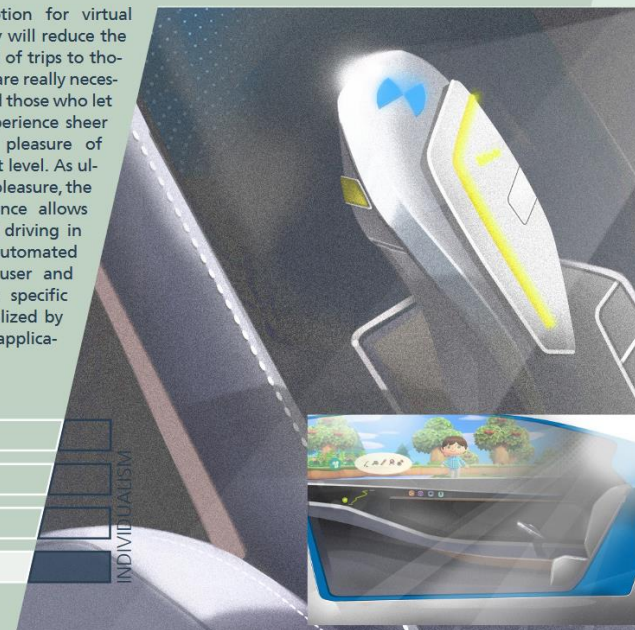
## #SHELLfour

### iExperience



PERSISTENCE

INDIVIDUALISM



**STEERING THROUGH THE REAL WORLD**

Inspiration Helicopter Joystick

- The Sixth Level of Automation enables real steering, supervised by the automated functions
- The iExperience can control the (automated) mobility modules in an abstract but also direct way
- Allows 3D movements of Flying Cabs
- Driving behavior will be set up by personal preferences

**NAVIGATING THROUGH VR WORLDS**

Inspiration 3D CAD controller

- The windows become displays, the cell a digital VR cockpit
- The iExperience allows multidimensional control with user individual logic
- Enables virtual mobility and phantastic entertainment experiences
- Enables user individual 360°communication or office-features

Bild 5: Shell four – iExperience: Experience the future from the driver's seat

### 3 Zusammenfassung

Wie im Beitrag herausgearbeitet, können durch die Orientierung an einer formulierten Firmenfragestellung wissenschaftliche Konzeptvisionen im Sinne der verschiedenen Aspekte einer modernen Innovation ganzheitlich reflektiert und daran ausgerichtet werden. Dies ermöglicht den Wissenschaftspartnern insbesondere auch neuartige und downstream-orientierte Systeminnovationen durchdenken und gestalten zu können. Grundsätzlich zu klären bleibt dabei, wie entsprechende Kooperationen organisatorisch und vertraglich sinnvoll auszugestalten sind. So wollen und dürfen die Wissenschafts-Akteure ihre Ideen und Ergebnisse der eigenen kreativen Wissensarbeit außerhalb der Auftragsforschung nicht exklusiv für einzelne Firmen aufbereiten und bereitstellen, auf der anderen Seite wird genau diese Exklusivität benötigt, wenn ein Unternehmen eingebunden ist und gegebenenfalls firmenrelevantes Wissen bereitstellt.

Die gewählte Art eines öffentlichen Konzeptwettbewerbs erweist sich dabei für ein Projekt mit entsprechend visionärem Horizont als geeignetes Mittel: So wurden die Konzepte der Finalisten des Wettbewerbes im Rahmen eines öffentlichen Medienevents im Internet präsentiert und können auch im Nachhinein als Referenzprojekt publik gemacht und unbewilligten vorgestellt werden. Die gewählte Einreichungsform einer visualisierten Präsentation sowie eines kurzen Image-Filmes führten dabei zu einer abstrahierten, aber auch plakativen Zusammenführung und Darstellung der wissenschaftlichen Ansätze, die den Unternehmensvertretern eine geeignete Basis zur Inspiration oder auch Diskussion der Arbeitsergebnisse bereitstellt. Die Ausrichtung

des Wettbewerbes an einer ambitionierten Zielsetzung - ein visionäres, nachhaltiges und holistisches Gesamtkonzept für die Mobilität im Jahr 2040 zu entwickeln - zeigt sich dabei als geeignete Orientierungshilfe, die den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern eine klare unternehmensorientierte Hilfestellung gab, ohne weitere vertrauliche Information zur Bewältigung der Aufgabe zur Verfügung stellen zu müssen.

Für das Unternehmen war es eindrucksvoll zu sehen, welche zusätzliche interdisziplinäre Kraft Wissenschaftsinstitutionen entfalten können, wenn ein Thema ausreichend breit in Form der hier geschilderten Ausschreibung gestellt wird und nach einem Gesamtkonzept und weniger nach Detailoptimierungen gefragt wird. Die in den Konzepten präsentierte Mischung von technologischen Überlegungen, Kundenbedürfnissen, Design und urbaner Vision hat einen perspektivenreichen Einblick in die Mobilitätsbedürfnisse der jungen Generation von morgen gegeben – und genau darum ging es hier.

## Literatur

- [AF20] ALBERT, F.; WERNER, M.: Akzeptanzstudie Mobility Trends - Internationaler Vergleich der Nutzerakzeptanz hinsichtlich neuer Mobilitätstrends, Stuttgart: Fraunhofer IAO 2020, <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-622153.html>, Letzter Zugriff: 14. September 2021
- [Bro09] BROWN, T.: Change by design - how design thinking transforms organizations and inspires innovations, New York: HarperCollins Publishers 2009
- [BS19] BRAUN, F.; STEGMÜLLER, S.: Akzeptanzstudie FlyingCab. Urban Air Mobility aus Sicht der Nutzer, Stuttgart: Fraunhofer IAO 2020, <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-605969.html>, Letzter Zugriff: 14. September 2021
- [BWH+20] BLOCK, L.; WERNER, M.; HERMANN, F.; STEGMÜLLER, S.: Disruption in Vehicle Development - Systems Thinking is Key to Success. In: ATZelectronics worldwide, Ausgabe 5/2020. Wiesbaden Springer Fachmedien 2020, abgerufen am 14.09.2021 unter <https://www.springerprofessional.de/disruption-in-vehicle-development-systems-thinking-is-key-to-suc/17963710>, Letzter Zugriff: 14.09.2021
- [CHD+16] CHRISTENSEN, C.; HALL, T.; DILLON, K.; DUNCAN, D.S.: Competing against luck. New York: Harper Collins Publishers 2016
- [Daw13] DAWAR, N.: Tilt - Shifting your strategy from products to customers. Boston: Harvard Business School Publishing 2013
- [FR18] FRØLUND, L.; RIEDEL, M.: Introduction. In: DIESS. (Hrsg.): Strategic Industry-University Partnerships. Success-Factors from Innovative Companies. London et. al.: Elsevier 2018
- [Neu17] NEUGEBAUER, R.: Die Fraunhofer-Mission. In: Ressourceneffizienz. Springer Vieweg 2017, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52889-1>, S.1
- [SWK+19] STEGMÜLLER, S.; WERNER, M.; KERN, M.; BIRZLE-HADER, B.; GÖTZ, K.; STEIN, M.: Akzeptanzstudie ROBOCAB - Autonome Mobilitätskonzepte aus Sicht der Nutzer, Stuttgart: Fraunhofer IAO 2019, <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-531897.html>, Letzter Zugriff: 14. September 2021
- [WAU+21-ol] WELPE, I.; ABDEL-MASSIH, M.; UHLERMANN, K.; BIELMEIER, S.; HORVATH, B.; HEIDEGGER, L.: Benchmarking der Entrepreneurship Performance deutscher Hochschulen, <https://www.entrepreneurshipranking.com/wp-content/uploads/2021/08/Benchmarking-der-Entrepreneurship-Performance-Deutscher-Hochschulen-FINAL.pdf>, Letzter Zugriff: 25. August 2021

## Autoren

**Dr. phil. Mirjam Storim** arbeitete – nach einem Studium der Geistes- und Sozialwissenschaften in Freiburg, Ioannina (Griechenland), München und Promotion zur Dr. phil. – als Strategieberaterin bei Mercer Management Consulting und als stellvertretende Geschäftsführerin der Eberhard von Kuenheim Stiftung der BMW AG, bevor sie bei der BMW Group verschiedene Führungsfunktionen in der Personal-, Konzern- und Produktionsstrategie innehatte. Daneben arbeitete sie freiberuflich als Beraterin für Corporate Strategy and Identity. Seit 2020 leitet sie die Abteilung „Innovationsstrategie und Strategische Ressourcenallokation“ der BMW Group in München. Sie ist Kuratorin des Fraunhofer Instituts für Innovations- und Systemforschung in Karlsruhe und Expertein der EU-Kommission für das European Innovation Council.

**Sebastian Stegmüller** arbeitete nach seinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens am KIT mit den Schwerpunkten Fahrzeugtechnik, Innovationen und Unternehmensstrategie als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAT der Universität Stuttgart und am Frauenforen IAO im gemeinsamen Forschungsteam Mobility Innovation, das er von 2018 bis 2021 auch als Abteilungsleiter führte. In dieser Zeit leitete er unter anderem das Innovationsnetzwerk „FutureCar“, ein vorwettbewerbliches Kooperationsformat von Firmen der Automobilindustrie und Fraunhofer-Instituten, und etablierte das Mobility Innovation Lab als Platz für kreative Wissensarbeit im Kontext der automobilen Transformation. Heute leitet er als Institutsdirektor den Forschungsbereich für Mobilitäts- und Innovationssysteme am Fraunhofer IAO. Seine persönlichen wissenschaftlichen Arbeiten fokussiert er auf die Frage, wie strategiekonforme lösungsorientierte Produkte im Sinne der hybriden Wertschöpfung frühphasig ganzheitlich konzipiert und bewertet werden können.

**Franziska Braun** arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin mit Fokussierung auf Strategic Design im Kooperationssteam Mobility Innovation des IAT der Universität Stuttgart und des Fraunhofer IAO und beschäftigt sich dort mit der Strategie- und Zielgruppen-konformen Gestaltung innovativer (Mobilitäts-)Produkte. Zuvor absolvierte sie ihren Bachelor in Industrial Design an der Fachschule Osnabrück sowie den Master in strategischer Gestaltung an der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd. Im Mobility Innovation Lab koordiniert sie die studentischen Arbeitskräfte im Themenfeld Design und war im Rahmen der Erstellung des Wettbewerbes Vision Pi für die visuelle und mediale Umsetzung und Darstellung der Projektergebnisse verantwortlich. Im Rahmen ihrer Promotion beschäftigt sie sich mit der Frage inwiefern Gestaltungs-Merkmale und -Empfehlungen für technisch-komplexe Innovationen mit Fokus auf potentielle spätere Zielgruppen möglichst frühzeitig wertorientiert und risikominimierend festgelegt werden können.

## **Session VII**



# **Methodische Prognose zukünftiger vernetzter Mobilitätslösungen**

**Prof. Dr.-Ing. Marcus Seifert**

**Jan Niklas Busch, M.Sc.**

*Institut für Produktion und Logistik, Hochschule Osnabrück*

*Caprivistraße 30a, 49076 Osnabrück*

*Tel. +49 (0) 541 / 96 93 –853 / -351*

*E-Mail: {m.seifert/j.eyers}@hs-osnabrueck.de*

**Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn**

**Christina Tsioglou, M.Sc.**

*OFFIS, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg*

*Escherweg 2, 26121 Oldenburg*

*Tel. +49 (0) 441 / 97 22 -294 / -469*

*E-Mail: {hahn/christina.tsioglou}@offis.de*

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor**

**Petia Krasteva, M. Eng. A.**

*Institut für Konstruktionstechnik, Technische Universität Braunschweig*

*Hermann-Blenk-Straße 42, 38108 Braunschweig*

*Tel. +49 (0) 531 / 39 166 -671 / -678*

*E-Mail: {t.vietor/p.krasteva}@tu-braunschweig.de*

**Prof. Dr.-Ing. Katharina Seifert**

**Dr. rer. nat. Nadine Fritz-Drobeck**

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Verkehrssystemtechnik*

*Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig*

*Tel. +49 (0) 531 / 29 53 -400 / -866*

*E-Mail: {katharina.seifert/nadine.fritz}@dlr.de*

## **Zusammenfassung**

Mit dem Fortschreiten der Digitalisierung und der Entwicklung neuer innovativer Technologien verändern sich bekannte Strukturen, sowie Bedürfnisse und Anforderungen an unterschiedliche Systeme und Bereiche. Dies findet sich unter anderem auch im Mobilitätssektor wieder. Beispielsweise steigt das Interesse an einer elektronischen Geschäftsabwicklung sowie an einer schnellen und flexiblen Belieferung des Einzelhandels und des Endverbrauchers. Diese Veränderungen beeinflussen somit stark die Entwicklungen der Logistikindustrie, das Verkehrsaufkommen und der Luftqualität. Aber wie könnte die Zukunft der Logistik 2030 aussehen? Welche Einflussfaktoren bestimmen diese Vision? Und wie können diese Erwartungen bei der heutigen Produktplanung und -entwicklung unterstützen? Um diese Fragen zu beantworten, wurden ausgehend auf Methoden der Zukunftsforschung, unterschiedlichen Einflüsse analysiert

und Szenarien entwickelt. Anschließend wurde eine Anforderungserhebung basierend auf diesen Zukunftsszenarien vorgenommen. Die dadurch erhaltenen Anforderungen können bei der Entwicklung technischer Systeme, Software sowie bei der Implementierung unterstützen und neu entstehende und benötigte Dienste aufzeigen. Im Folgenden wird das Vorgehen sowie ein Auszug aus dem Ergebniskatalog vorgestellt.

### **Schlüsselworte**

Zukunftsszenarien, Digitalisierung, Mobilitätssysteme

# **Methodological forecasts of future networked mobility solutions**

## **Abstract**

With the progress of digitalisation and the development of new innovative technologies, known structures as well as needs and requirements for different systems and areas are changing. This is also reflected in the mobility sector. For example, there is increasing interest in e-business and fast and flexible delivery to retailers and customers. These changes thus strongly influence developments in the logistics industry, traffic volumes and air quality. But what might the future of logistics look like in 2030? What influencing factors determine this vision? And how can these expectations support today's product planning and development? In order to answer these questions, different influences were analysed and scenarios developed, based on methods of futurology. Subsequently, a requirements survey was conducted based on these future scenarios. The resulting requirements can support the development of technical systems, software and implementation and identify newly emerging and required services. The procedure and an excerpt from the catalogue of results are presented below.

## **Keywords**

Future scenarios, digitalisation, mobility systems





## 1 Einleitung

Durch die stetig ansteigende Beförderungsleistung sowohl im Güter- als auch im Personentransport steigen die Be- und Auslastungen der Transportwege [Sta19]. Um den Anstieg des Verkehrs bewältigen zu können, müssen die einzelnen Verkehrsträger im Stande sein, ihre Systemvorteile optimal nutzen können. Dies kann mit einer starken Vernetzung der Mobilitätsträger system- und disziplinübergreifend, die sich aus den Möglichkeiten von neuen Technologien sowie der Digitalisierung ergeben, realisiert werden [Bun18-ol]. Durch diese Innovationen verändern sich jedoch unter anderem die Mobilitätsabläufe, Bedürfnisse und Angebote innerhalb des Mobilitätssystems, die bei der Entwicklung von zukünftigen vernetzten Mobilitätslösungen zu berücksichtigen sind [CK20]. Daher ergeben sich insbesondere die Fragestellungen:

- Welche Entwicklungen, insbesondere im Bereich Logistik, können in der Zukunft erwartet werden?
- Wie beeinflussen diverse Einflussfaktoren eine mögliche Zukunftsvision des Mobilitätssystems?
- Wie können die neuen Anforderungen an die zukünftigen Mobilitätslösungen aus den Erwartungen abgeleitet werden, um die Produktplanung und -entwicklung heute zu unterstützen?

Technologische Fortschritte im Bereich der Digitalisierung bergen hier die entscheidenden Potentiale. So können Prozesse effizienter gestaltet, Daten leichter erfasst und Ausfallzeiten besser verhindert werden. Als Grundlage der Forschung dient die Szenariotechnik, die als Instrument zur Abbildung eines potentiellen Zukunftsraumes des Mobilitätssystems genutzt werden kann sowie Ansätze aus der Produktplanung und -entwicklung zum Thema Anforderungsermittlung. Ziel hierbei ist die Erarbeitung einer geeigneten Methodik zur schnellen Identifikation von Entwicklungspfaden und Ableitung der damit verbundenen Anforderungen. Die Methodik wird im Rahmen des Forschungsprojekts „Zukunftslabor Mobilität“ erarbeitet und soll eine zielgerichtete Technologieentwicklung im Bereich der Anwendungsdemonstratoren ermöglichen. Darüber hinaus sind die Ergebnisse als Ergänzung zu bestehenden Forschungsarbeiten, wie etwa der „acatech Studie Neue autoMobilität II“ gedacht [Lem19].

Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über bekannte Ansätze zur Modellierung von Zukunftsszenarien gegeben. Anschließend wird das verwendete methodische Vorgehen erläutert und einen Auszug aus der Zukunftsforschung am Anwendungsbeispiel „Vernetzte Mobilität in der Logistik“ vorgestellt.

## 2 Methodischer Rahmen für die Prognose der Entwicklung zukünftiger Mobilitätssysteme

Nachfolgend wird zunächst das Verständnis von Mobilität als ein komplexes System eingeführt. Danach wird ein Überblick über die methodischen Ansätze zur Modellierung zukünftiger Mobilität gegeben.

## 2.1 Mobilität als ein komplexes System

Die Mobilität wird je nach Disziplin zwischen räumlich-zeitlicher, sozialer, informationeller oder virtueller Mobilität unterschieden [ZZ10]. Wird diese als System betrachtet, ist sie vielschichtig, hoch dynamisch und komplex. Aufgrund unterschiedlicher Einflussfaktoren ist das System einem ständigen Wandel unterzogen. Es besteht aus den Menschen mit ihren beruflichen und privaten Mobilitätsbedürfnissen sowie ihren Einstellungen, Vorstellungen, Befindlichkeiten und Werten. Zum System zählen auch Privat- und Dienstfahrzeuge sowie öffentliche Verkehrsangebote. Das Mobilitätssystem kann daher von vielfältigen Faktoren wie der räumlichen Bevölkerungsverteilung nach Stadt und Land, privaten und gewerblichen Mobilitätsbedürfnissen der Menschen, neuen Technologien und Umweltzielen beeinflusst werden. Die Art und Anzahl der Einflussfaktoren werden im Rahmen verschiedener Arbeiten aus der Wissenschaft und Wirtschaft erhoben und analysiert [Lem19], [GGH16]. Eine weitere wesentliche Systemkomponente bildet die IT-Infrastruktur und die Quellen der Mittelaufbringung (Unternehmen, öffentliche Hand, Mitarbeitende).

Im Mittelpunkt des Mobilitätssystems stehen die Grundbedürfnisse des Menschen nach Mobilität beziehungsweise Beweglichkeit. Um heute Mobilität zu ermöglichen, bedarf es zum einen verschiedener Mobilitätsträger (Fahrrad, Kfz, Zug, Schiff, Flugzeug, LKW) und zum anderen Infrastruktur (Straße, Schiene, Häfen, Flughäfen, Leiteinrichtungen etc.), die die nötige Basis für die einzelnen Mobilitätsträger bildet. Darüber hinaus sind Anforderungen zur Verkehrssteuerung sowie die Energie für den Betrieb der Infrastruktur und der einzelnen Mobilitätsträger (Benzin, Diesel, Erdgas, elektrischen Strom, Wasserstoff) zu berücksichtigen [KKV21].

Ein komplexes Mobilitätssystem kann daher als System of Systems (SoS) bezeichnet werden, d.h. ein System aus einer Menge interagierender Systeme, von denen jedes einzelne System in sich selbst als System analysiert wird. Die SoS haben drei relevante Charakteristika: Jedes System ist unabhängig, die individuellen Systeme der Menge sind unabhängig organisiert, und die Systemkombination liefert Ergebnisse, die von einzelnen Systemen nicht erreicht werden [ABY+18].

Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt in der Untersuchung der zukünftigen Entwicklung in der Logistik. Dazu wurden unterschiedliche Faktoren, wie die Digitalisierung und soziale Aspekte der Mobilität analysiert und beschrieben. Darauf aufbauend wurden Aussagen zur Gestaltung von sozialen, ökologischen und ökonomischen Interaktionen, der Daseinsfürsorge und Teilhabe unterschiedlicher Mobilitätsformen unter den sich wandelnden gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen generiert.

## 2.2 Methodische Ansätze zur Projektion von Zukunftsentwicklungen

Die Literaturrecherche im Bereich Zukunftsforschung zeigt eine Vielzahl von Ansätzen und Methoden zur Erstellung von Zukunftsszenarien beziehungsweise Zukunftsbildern inklusive der Entwicklungspfade, die zu der zukünftigen Situation führen. Grundsätzlich wird zwischen quantitativen und qualitativen Szenarien unterschieden, die mithilfe modellbasierter Methoden oder intuitiver Verfahren systematisch abgeleitet werden [KG08].

Die modellbasierten Methoden, wie beispielsweise die Trend- und Zeitreihenanalyse, das Index- oder das Box-Jenkins-Verfahren, beruhen auf Modellen, die mathematisch beschrieben werden. Das Ziel ist eine Prognose von künftigen Entwicklungen eines bestimmten Einflussfaktors auf Basis von Vergangenheitswerten zu schaffen. Die Entwicklung des Bevölkerungsalters als exemplarischer Einflussfaktor wird mit Hilfe historischer Datenanalysen bestimmt. Aus der Datenanalyse wird anschließend eine Zukunftsprognose des weiteren Entwicklungsweges abgeleitet. Es ist jedoch festzuhalten, dass Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren nicht oder nur eingeschränkt im komplexen System berücksichtigt werden können [Hüt86].

Die intuitiven Verfahren, wie das Brainstorming, die Delphi-Technik oder die Methoden der intuitiven Konfrontation, sind auf das Wissen und die Erfahrungen von Experten angewiesen. Basierend auf dem thematischen Schwerpunkt werden Personengruppen ausgewählt und in Interviews oder Gesprächen befragt, sodass die Ergebnisse systematisch nachgearbeitet werden können. Ziel dieser Methode ist es, eine Vielzahl von Meinungen und die Häufigkeit der Nennung von Positionen zu erhalten, damit eine umfassende Zukunftsanalyse entstehen kann. Diese Methode ermöglicht eine intuitive Erhebung und Analyse der Einflussfaktoren sowie eine Einschätzung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen im System [Ste97], [KG08].

Komplexe Systeme (wie beispielsweise das Mobilitätssystem) mit Rückkopplungen werden mittels spieltheoretischer Untersuchungen bereits seit 1928 erforscht [Neu28]. Norbert Wiener, Stafford Beer, Jay Wright Forrester und Dennis L. Meadows, um nur einige zu nennen, haben seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts die Erkenntnis um sozioökonomische und technische systemdynamische Wechselwirkungen vorangetrieben [Wie48], [Bee66], [For71], [MMR+72]. In diesem Zusammenhang entstanden später die ersten Arbeiten zur Szenariotechnik als qualitatives modellgestütztes Zukunftsanalyse-Werkzeug [Seg76]. Dieser Ansatz wurde 1991 von Ute Hélène von Reibnitz eingeführt [Rei92]. Jürgen Gausemeier, Alexander Fink, wie auch viele andere, haben die Methode weiterentwickelt und unter dem Begriff des Szenario-Managements in den Folgejahren im deutschsprachigen Raum etabliert [GFS96], [FS06].

Die Autorinnen und Autoren bauen auf die Szenariotechnik nach Gausemeier auf und wenden parallel Ansätze des intuitiven Verfahrens, der Modellierung und Simulation, sowie der Anforderungsermittlung, die im Folgenden erläutert werden, an [GFS96]. Insbesondere wird das gesamte Mobilitätssystem von unterschiedlichen Verkehrsträgern über deren Vernetzung und Infrastruktur, bis hin zu Systemanforderungen und neue Geschäftsmodelle berücksichtigt. Dies ermöglicht die Entwicklung von systemübergreifenden vernetzten Mobilitätslösungen.

### **3 Methodisches Vorgehen zur Prognose zukünftiger vernetzter Mobilitätslösungen**

Die Grundlage der Szenariotechnik sind Schlüsselfaktoren sowie zugehörige Projektionen für eine Abbildung eines Zukunftsraums. Dazu werden konsistente Cluster identifiziert. Damit ist es unter anderem möglich sowohl ein möglichst positives Extremszenario (bestmögliche Zukunft), als auch ein möglichst negatives Extremszenario (schlechtmöglichste Zukunft) beschreiben zu können. Neben den beiden Extremen wird auch ein sogenanntes Trendszenario

aufgestellt, welches mit großer Wahrscheinlichkeit eintritt, wenn keine unerwarteten Störereignisse, wie beispielsweise eine Pandemie oder eine Umweltkatastrophe auftreten. Dies lässt sich in einem Szenario-Trichter (vgl. Bild 1) darstellen.

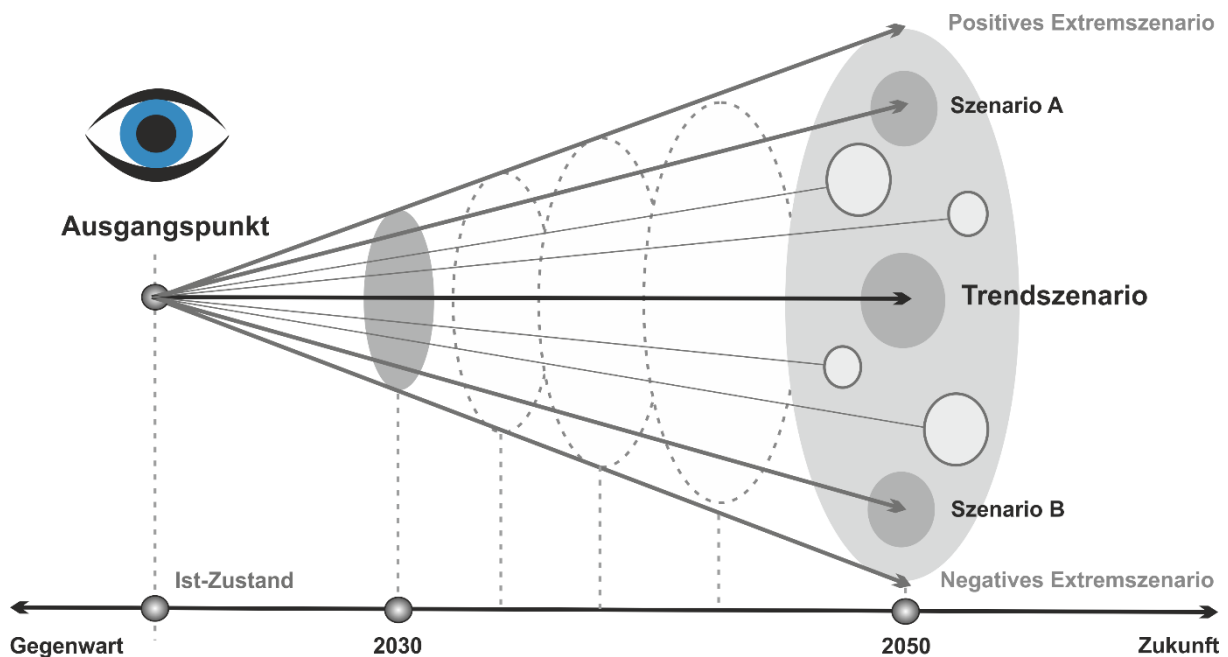


Bild 1: Szenario-Trichter (Grafik in Anlehnung an [AB 99])

Im Szenario-Trichter beschreibt die engste Stelle den Ist-Zustand (auch Ausgangspunkt). Je weiter der Blick in die Zukunft erfolgt, desto größer werden nicht vorhersehbare Entwicklungen und Einflüsse. Dies wird durch den zunehmenden Durchmesser des Trichters ausgedrückt. Bei der Anwendung dieser Methodik werden im Forschungsprojekt „Zukunftslabor Mobilität“ zwei Zeithorizonte in der Zukunft betrachtet: Das Jahr 2030 und eine Zukunftsvision 2050+. Beide Zeithorizonte sollen die Mobilität der Zukunft in Deutschland beleuchten. Dabei werden insbesondere die Themenschwerpunkte „private und öffentliche Nutzung von Mobilitätsträgern“ sowie „Vernetzung der Mobilitätsträger im Seeschiff-Hinterland-Verkehr“ betrachtet.

Bei der Betrachtung der zukünftigen Mobilität dient die Szenariotechnik als eine Grundlage, die mittels Experten- und Stakeholdereinbindung, der Bedarfsanalyse der zukünftigen Mobilitätsnutzer ergänzt beziehungsweise abgeglichen wird. Zusätzlich werden Anforderungen und Handlungsempfehlungen für ein vernetztes Mobilitätssystem mit einer gesunden Mobilität („Healthy Mobility“) abgeleitet, das heißt die Bündelung von sauberer Luft, leise Verkehre, aber auch eine aktive, sichere und inklusive Mobilität mit leistungsfähiger Personenbeförderung und Gütertransporte, eine erhöhte Lebensraumqualität, sowie eine möglichst gleichwertige Versorgung mit Mobilitätsdiensten.

Das folgende zeigt die aktuelle Vorgehensweise im Forschungsprojekt „Zukunftslabor Mobilität“, um Szenarien zu erstellen und Anforderungen an die zukünftigen vernetzten Mobilitätslösungen zu ermitteln.

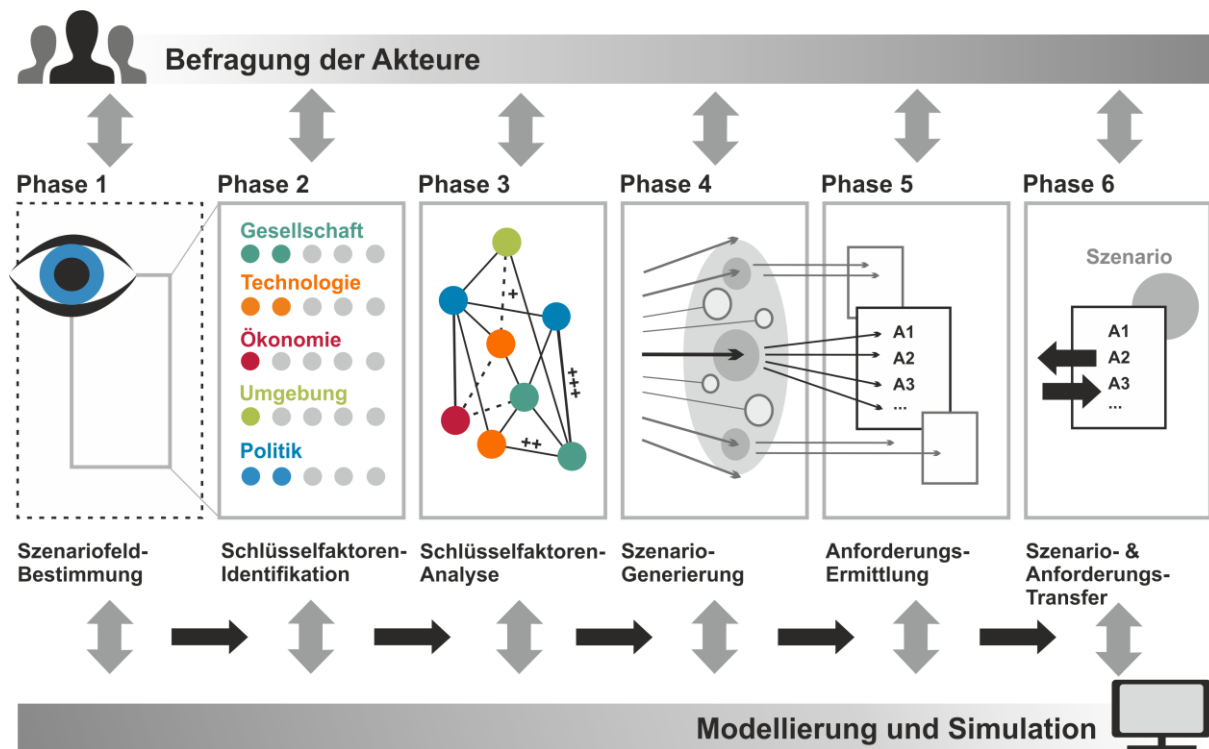


Bild 2: Methodisches Vorgehen zur Modellierung zukünftiger vernetzter Mobilität

Das methodische Vorgehen gliedert sich in sechs Hauptphasen, die aufeinander aufbauen und die anhand von Akteursbefragungen sowie Modellierung und Simulationen durchgehend in jeder Phase interdisziplinär vervollständigt werden.

### Phase 1: Szenariofeld-Bestimmung

Die Szenariofeld-Bestimmung dient als explorative Eingrenzung des Betrachtungsraums innerhalb des Mobilitätssystems. Ziel ist die Definition von Betrachtungsgrenzen sowie thematischer Untersuchungsschwerpunkte. Im Rahmen der Forschungsarbeiten werden hierzu zwei Schwerpunkte für die Bereiche Logistik/Industrie/Intermodalität und die private/öffentliche Mobilitätsnutzung festgelegt. Für beide Themenschwerpunkte ist eine hohe Anzahl von Einflussfaktoren aus den Bereichen der Gesellschaft, der Technologie, der Wirtschaft, der Umwelt sowie der Politik analysiert worden, um die Szenariofelder möglichst vollständig zu beschreiben.

Das folgende zeigt alle fünf Themenschwerpunkte der Einflussfaktoren und deren Analyse der Wirkzusammenhänge.

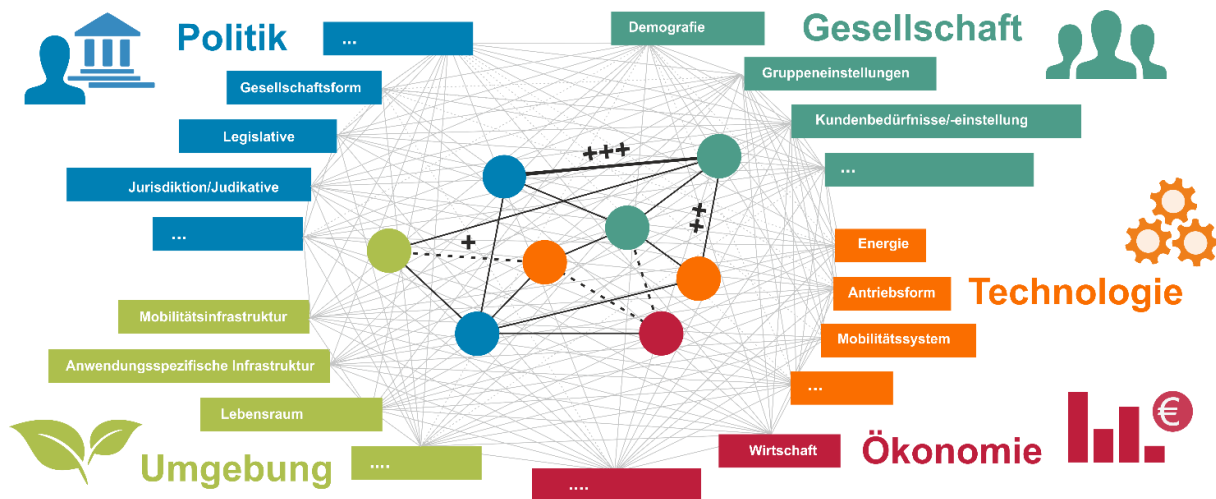


Bild 3: Einflussfaktoren, Zusammenhänge und Wechselwirkungen

Nach aufwändiger Analyse sind mehr als 400 Einflussfaktoren identifiziert und systematisch in einem Einflussfaktorenkatalog aufbereitet worden. Der Einflussfaktorenkatalog ist offen gestaltet, sodass je nach Anforderungsprofil möglicher Produkte, Dienstleistungen oder ähnliche Ergänzungen hinzugefügt werden können.

### Phase 2: Schlüsselfaktoren-Identifikation

Um die große Anzahl an Einflussfaktoren, die sich in ihrer Relevanz unterscheiden, verarbeiten zu können, wurden in der zweiten Phase die wesentlichen Faktoren, die Schlüsselfaktoren, aus dem Einflussfaktorenkatalog ermittelt. Die Auswahl bestimmter Faktoren dienen der Reduktion der Komplexität und sorgen für eine Verdichtung der Szenarien. Dazu wurde eine Analyse unter Berücksichtigung der Vernetzung und Relevanz durchgeführt. Dabei ergibt sich die Relevanz und die Vernetzung aus dem Produkt der Aktiv- und Passivsumme. Die Aktivsumme eines Faktors beschreibt dabei die Wirkungsstärke eines Faktors auf die anderen. Im Unterschied dazu beschreibt die Passivsumme wie stark ein Faktor von den anderen Faktoren beeinflusst wird [FS16]. Auf Basis dessen werden die Schlüsselfaktoren ausgewählt.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Schlüsselfaktoren weiter untersucht und mögliche Dimensionen ermittelt, sowie mögliche zukünftige Zustände der Faktoren mit Hilfe von Zukunftsprojektionen beschrieben.

### Phase 3: Schlüsselfaktoren-Analyse

Basierend auf den ermittelten Schlüsselfaktoren inklusive der zugehörigen Projektionen und einer Bewertungsskala von 1 bis 5, ist anschließend eine Konsistenzanalyse durchgeführt worden. Hierbei wird geprüft, ob eine Widerspruchsfreiheit, also eine Konsistenz, zwischen den Projektionen hergestellt werden kann. Für die Bewertung wurde eine Konsistenzmatrix erstellt, in der die Projektionen paarweise beurteilt wurden. Die Wertung 5 erfolgte, wenn zwei Projektionen zusammen in der Zukunft vorkommen können und sich gegenseitig unterstützen. Das andere Ende der Skala beschreibt eine Inkonsistenz. Dies bedeutet, dass sich zwei Projektionen vollkommen ausschließen [FS16].

#### Phase 4: Szenario-Generierung

Aus den Ergebnissen der mathematischen Kombinationen der verschiedenen Faktorenausprägungen entstehen spezielle Zukunftsszenarien. Dabei werden die unterschiedlichen Ausprägungen der Projektionen generisch in einem morphologischen Kasten ermittelt und durch die Forschungsexperten des Zukunftslabors zusammengefasst.

#### Phase 5: Anforderungsermittlung

Basierend auf den entstehenden Szenarien werden Anforderungen abgeleitet, die als Handlungsempfehlungen zur Verwirklichung des entsprechenden Szenarios dienen. Wie in Bild 4 dargestellt, erfolgt die Anforderungsermittlung auf Grundlage der szenariospezifischen Ausprägungen der Projektionen.

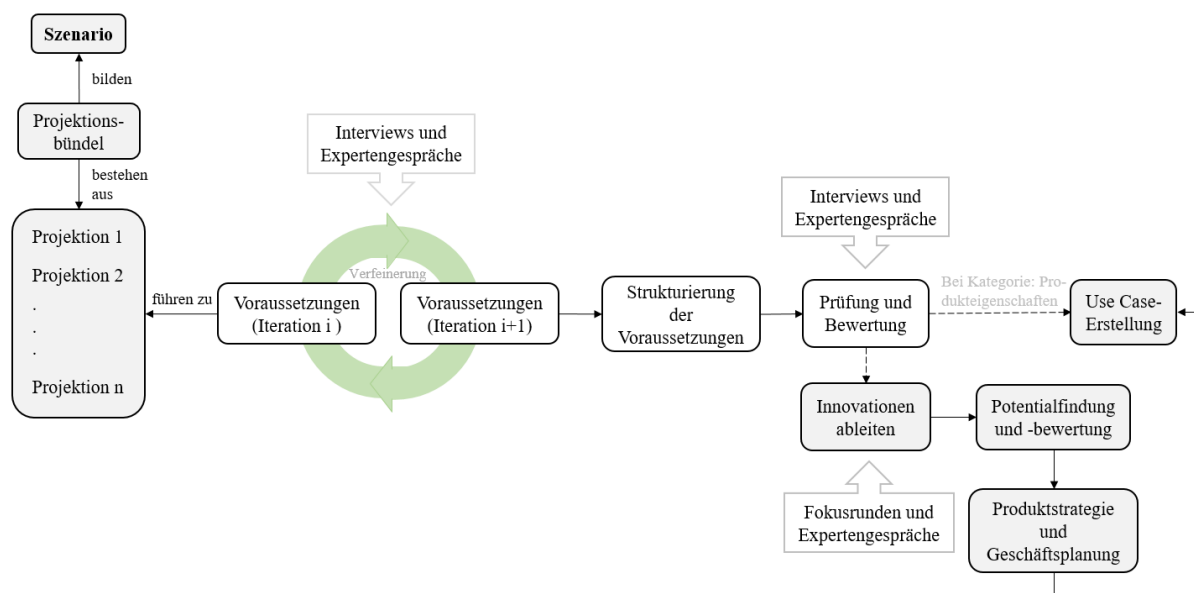


Bild 4: Methodische Vorgehensweise bei der Anforderungsermittlung

Dabei werden beispielsweise mögliche Lebensphasen und Lebenssituationen bestimmter Technologien aus den Szenarien analysiert und als Ergebnis konkrete Zielanforderungen iterativ ermittelt und schrittweise konkretisiert. Diese Zielanforderungen beschreiben die Voraussetzungen, die für das Eintreten der Projektionen und somit für die Verwirklichung des Szenarios benötigt werden. Anschließend werden die Voraussetzungen strukturiert, geprüft und bewertet. Die Strukturierung kann dabei zum Beispiel nach Abhängigkeit, Rollenbezug oder Zusammengehörigkeit erfolgen. Für die Prüfung und Bewertung der Zielanforderungen können dagegen Eigenschaften, wie Machbarkeit, Korrektheit, Notwendigkeit, Aufwands- und Anspruchsniveau sowie Nützlichkeit, untersucht werden. Sowohl bei der iterativen Erhebung der Zielanforderungen als auch bei dessen Prüfung und Bewertung stellen Interviews und Expertengespräche nützliche Werkzeuge dar. Der anschließende Anforderungstransfer findet in Phase 6 statt.

Als Ausgangspunkt dieses Prozesses können neben den einzelnen Szenarien auch Visionen genutzt werden. Diese Visionen stellen dabei eine definierte Zukunft dar. Gebildet werden können sie unter anderem indem die Projektionen aus den Szenarien übernommen werden, welche die meisten Vorteile aufweisen.



## **Phase 6: Szenario- und Anforderungstransfer**

Die in Phase 5 generierten Zielanforderungen stellen in Phase 6 die Rahmenbedingung der Innovationsfindung dar. Mit ihnen und dem Einsatz bekannter Kreativitätsmethoden, wie dem Brainstorming und -writing, der Delphi-Methode oder auch der Synektik Technik, können (Produkt- und System-)Innovationen abgeleitet werden, die die Bedingungen und Anforderungen der Zukunft berücksichtigen [FS06]. Anschließend sind die Potentiale der Innovationen zu untersuchen und zu bewerten. Anhand dieser Bewertungen kann eine Auswahl der Ideen getroffen, eine Produktstrategie erstellt und in die Geschäftsplanung übernommen werden. In der Phase der Produktentwicklung können dabei Use-Cases erstellt werden, die das Eintreten der Zukunftsszenarien beschreiben. Der Transfer ermöglicht somit direkt im Produktentwicklungsprozess (PEP) mitzuwirken und Unternehmen von der Produktidee, über die Erstellung bis hin zum Verkauf, so zu unterstützen, dass ihre Produkte sowohl zukunftsweisend sind, als auch die Erwartungen der Kunden befriedigen. Insbesondere im Pre-PEP und den Vorentwicklungsphasen, bzw. den Phasen der Produktdefinition und der Konzeptionsentwicklung der Unternehmen sind Ergebnisse der Szenariotechnik und deren Anforderungen ein wesentliches Schlüsselement für ein erfolgreiches Produkt bzw. auch für den Erfolg des Unternehmens.

Mit Hilfe der Anforderungen, der Projektionen und der Szenario-Beschreibungen werden also im weiteren Forschungsprojekt Technologieentwicklungen, Strategien und Demonstratoren für einen Transfer in die Wirtschaft sowie in die Öffentlichkeit angestoßen. Dabei wird geprüft, welche Chancen und Potentiale und welche Risiken in den einzelnen Szenarien stecken.

### **Befragung der Akteure**

Um die Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer und Betreiber der Mobilitätssysteme, d.h. aller Akteure zu kennen, sind zusätzlich Befragungen und Bedarfsanalysen sowie Experteninterviews und Diskussionsrunden in jeder der beschriebenen Phasen notwendig. Sie bereichern nicht nur die Ermittlung der Einflussfaktoren in Phase 1, die Bestimmung von Schlüsselfaktoren in der zweiten Phase oder die Erstellung der Konsistenzmatrix in Phase 3, sondern sind auch ein großer und wichtiger Baustein zur Modellierung von zukünftigen Mobilitätssystemen. Ihre Wünsche und Mobilitätsentscheidungen, aber auch ihre Akzeptanz und Ablehnung von Technologien, beeinflussen in einem hohen Maß die Zukunft. Sie zeigen nicht nur z.B. ihre priorisierte Wahl der Nutzung der Verkehrsträger in der Zukunft, sondern auch die Gründe für diese Entscheidungen. Im Bereich Logistik werden ihre Bedürfnisse, nach Art des Wareneinkaufs und der Wunsch der Lieferart beziehungsweise Abholung in den Diskussionen deutlich. Auch Probleme und Wechselwirkungen kommen zum Vorschein. Aus diesem Grund hat das Institut für Verkehrssystemtechnik des DLRs eine Reihe von Fokusrunden in Niedersachsen im Jahr 2020 und 2021 durchgeführt. Aus den jeweiligen Fokusrunden entstanden gruppenspezifische Zukunftsbilder. Als Beispiel ist ein Zukunftsbild in dargestellt. Es zeigt die Zukunftsvorstellungen und Wünsche der Unternehmer und Vereine in Niedersachsen im Jahr 2050. Ihre Bedürfnisse fließen in der Analyse und den Bewertungen der Projektionen mit ein. So können sich Unternehmerinnen und Unternehmer zukünftig vorstellen, dass autonome Busshuttle mit zusätzlichen „Paketkapseln“ verknüpft sind und diese sich automatisch an speziellen Paketstationen „abdocken“. Die Lösung „Paketdrohnen“ sehen sie beispielsweise in Großstädten, aufgrund der Lautstärke, Störung des Bodenverkehrs und der Sicherheit nicht. Rettungsdrohnen



ein. Zusätzlich konnten einzelnen Szenarien von autonomen verknüpftem Verkehr detaillierter bewertet und entsprechende Vorgaben entwickelt werden, um kritische Situationen zu vermeiden. Ähnliche Analysen wurden auch im realen Feld durchgeführt, beispielsweise im Testfeld Niedersachsen.



Bild 6: Testfeld Niedersachsen (links) [Copyright „DLR/Bourry“], SUMO (rechts) des DLRs

Ziel des Forschungsprojektes ist es neben der klassischen Ableitung von Handlungsempfehlungen, Wirkungsanalysen, Akteursanalysen und Strategiebewertungen neuartige Anforderungen an zukünftige Produkte, Dienste und Dienstleistungen zu entwickeln, um so die Entwicklung stärker zu unterstützen. Das „Zukunftslabor Mobilität“ schafft somit eine Brücke der Szenariotechnik der Zukunftsforschung zum Systems Engineering. Dabei wurden Methoden aus dem Bereich der Modellierung und Simulation im Themenschwerpunkt „private und öffentliche Nutzung von Mobilitätsträgern“ kontinuierlich angewendet und im Laufe des Forschungsprojektes „Zukunftslabor Mobilität“ auch für die Bearbeitung des zweiten Schwerpunktes genutzt.

#### 4 Anwendungsbeispiel: „Vernetzte Mobilität in der Logistik“

Um die zu Beginn vorgestellten Forschungsfragen beantworten zu können, wurde das methodische Vorgehen aus Abschnitt 3 angewendet. Dabei wurden zunächst Einfluss- und Schlüsselfaktoren identifiziert, Handlungspfade untersucht und anschließend erste Anforderungen abgeleitet. Nachfolgend wird ein Auszug aus der Forschungsarbeit zum Themenschwerpunkt der Logistik und der Seeschiff-Hinterlandanbindung 2030 vorgestellt.

Im Rahmen intensiver Expertengespräche sind aus dem zuvor erarbeiteten Einflussfaktorenkatalog 20 Schlüsselfaktoren für den Bereich der Seeschiff-Hinterlandanbindung 2030 identifiziert worden. Sie umfassen dabei Aspekte aus den Einflussbereichen Politik, Akteure/Gesellschaft, Umgebung, Technologie, Ökonomie und Sonstiges. Hierzu zählen, wie in dargestellt, beispielsweise die „Digitalisierung von Häfen“, die „Daten- und Technologiekopplung von Mobilitätsträgern“, das „Energie- und Ressourcenmanagement“, die „Routenoptimierung“ und die „Akzeptanz von Innovationen“.



*Bild 7: Übersicht der Einflussbereiche und der identifizierten Schlüsselfaktoren*

Jeder der identifizierten Schlüsselfaktoren ist separat in weiteren Expertengesprächen mit Projektionen, also Ausprägungen einer potentiellen Zukunft, erweitert worden, die als Grundlage für die Szenarioableitung genutzt wurden. Tabelle 1 zeigt exemplarisch die zugeordneten Projektionen zweier Schlüsselfaktoren.

*Tabelle 1: Exemplarische Darstellung der Projektionen zu einem Schlüsselfaktor*

| <b>Schlüsselfaktor</b>                               | <b>Projektion</b>   |
|--|---|
| Daten- und Technologiekopplung von Mobilitätsträgern | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Keine automatisierte Daten- und Technologiekopplung zwischen Mobilitätsträgern</li> <li>2. Automatisierter Datenaustausch zwischen Mobilitätsträgern einer Klasse</li> <li>3. Automatisierter intermodaler Datenaustausch mobilitätsträgerübergreifend</li> </ol> |
| Routenoptimierung                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Keine Routenoptimierung</li> <li>2. Manuelle Routenoptimierung</li> <li>3. Teilautomatisierte Routenoptimierung</li> <li>4. Vollautomatisierte Routenoptimierung</li> </ol>   |

Basierend auf der in der Methodik gezeigten Bewertungskriterien ist in erweiterten Expertenrunden eine Analyse und Plausibilitätsprüfung der den Schlüsselfaktoren zugeordneten Projek-

tionen durchgeführt worden. Durch das Clustern ähnlicher Projektionsbündel und deren Analyse konnte eine Empfehlung von sechs Rohszenarien ermittelt werden, bei der die Informationen mit vertretbarem Verlust zusammengefasst werden können. Diese Rohszenarien bestehen dabei jeweils aus einer bestimmten Menge von Projektionsbündeln, die diese beschreiben [FS16]. Um den Zukunftsraum zu durchdringen, wurden die Szenarien ebenfalls nach ihrer Unterscheidbarkeit untersucht und ein Zukunftsraum-Mapping durchgeführt. Dabei werden die gefundenen Projektionsbündel auf einer Ebene mittels einer multidimensionalen Skalierung (MDS) graphisch dargestellt. Ähnliche Szenarien liegen dabei visuell beieinander und umgekehrt unterschiedliche Szenarien weit auseinander. Durch diese Anordnungen können die grundsätzlichen Abweichungen der Szenarien erkannt werden, die auch als Kerndimensionen des Zukunftsraums bezeichnet werden [FS16]. Mit der relativen Positionierung der Projektionsbündel zueinander konnten alle Seiten des Zukunftsraumes abgebildet werden. Daraus kann geschlossen werden, dass bei der Szenariobildung zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten berücksichtigt wurden, was in der Zukunft auftreten könnte. Im Gegensatz dazu würde eine Anordnung an nur zwei Seiten auf ein zu geringes Differenzieren hindeuten [FS16]. Das Ergebnis der Analyse kann in der dargestellten Zukunftslandkarte entnommen werden.

Unter Berücksichtigung aller Achsen des Schlüsselfaktorenportfolios und der Analyse von überschneidenden Achsenlinien konnten drei Kerndimensionen identifiziert werden. Diese beziehen sich auf die Höhe der Akzeptanz von Innovationen, den Grad der Routenoptimierung und auf das Energie- und Ressourcenmanagement. Die auf Grundlage der Rohszenarien entstandenen vollständig ausformulierten Szenarien wurden anschließend ihrer Achsenzugehörigkeit in die Landkarte eingeordnet.

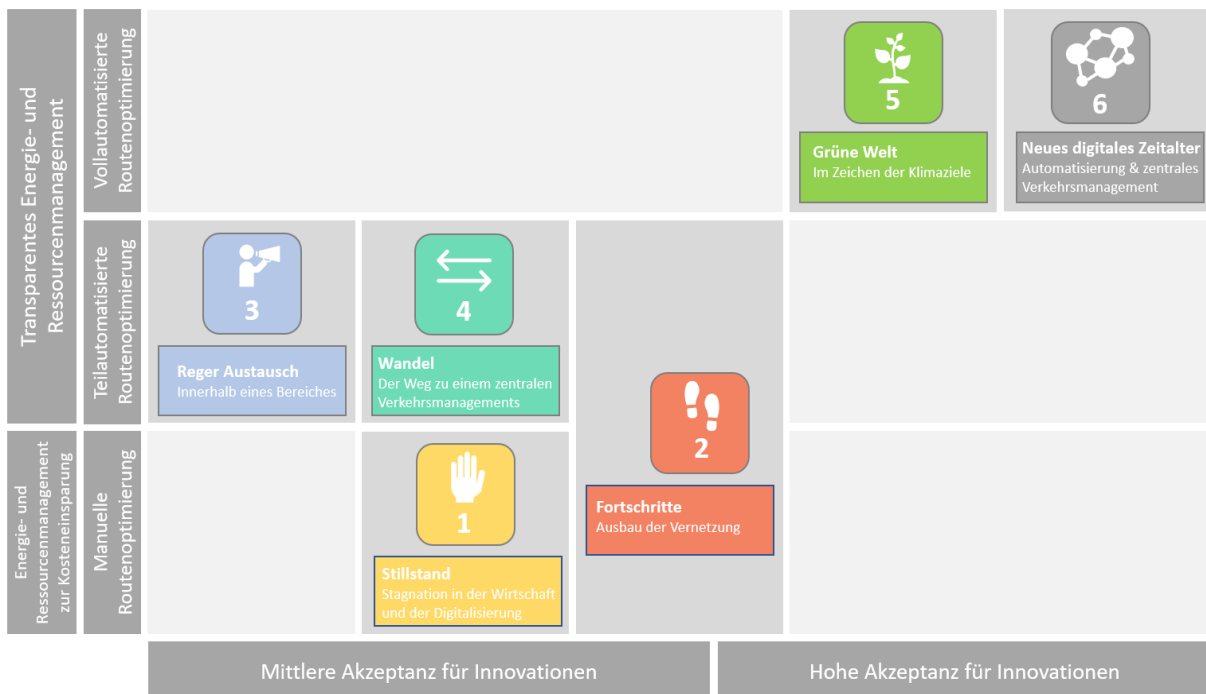


Bild 8: Landkarte der Zukunft

Die Kernaussagen der einzelnen Szenarien sind folgende:

### **Szenario 1: Stillstand – Stagnation in der Wirtschaft und der Digitalisierung**

Neue Technologien werden von Unternehmen zwar in weiten Teilen akzeptiert, jedoch ist, aufgrund einer stagnierenden Digitalisierung und fehlender neuer Technologien, der Fokus hauptsächlich auf einer Weiterentwicklung bereits existierender Technologien gesetzt. Bestehende Ansätze, wie die manuelle Routenoptimierung und das dezentrale Verkehrsmanagement, werden weiterhin stark genutzt. Unternehmen sind im Rahmen der Wirtschaftsstagnation mit Einsparungen beschäftigt und weniger risikofreudig bei Investitionen im Bereich neuer Technologien oder der Digitalisierung. Durch einen politisch geförderten Umstieg von fossilen auf rein alternative Antriebsformen und durch reduzierte Verkehrsströme, ausgelöst durch eine Stagnation der Wirtschaft, hat sich der Klimawandel spürbar verlangsamt. Die Politik ist ausschließlich mit Regulierungen im Bereich der Umweltpolitik beschäftigt und hat die Digitalisierung als Instrument für den Klimaschutz aus den Augen verloren. Alle beteiligten Akteure der Transportkette sind mit Kosteneinsparungen im eigenen Betrieb beschäftigt und sehen Potentiale hierzu insbesondere in den Kosten der Mobilitätsträger und in der Verbesserung des Energie- und Ressourcenmanagements.

### **Szenario 2: Fortschritte - Ausbau der Vernetzung**

Bestehende Technologien werden durch neue Technologien ersetzt, die als Weiterentwicklung zu betrachten sind. Fokus der neuen Technologien ist, insbesondere durch eine steigende Prozessdigitalisierung und -automatisierung, die Effizienz der Unternehmen zu steigern. Mit Hilfe einer starken Zunahme von digitalen Anwendungen in Unternehmen sowie der damit verbundenen Effizienzgewinne, ist auch eine positive Wirtschaftsentwicklung zu beobachten. Durch den politisch geförderten Umstieg auf rein alternative Antriebstechnologien sowie die parallele Förderung und Unterstützung von Unternehmen im Bereich der Digitalisierung wird die Umwelt spürbar entlastet und der Klimawandel verlangsamt. Die Politik nutzt ihren Einfluss auf Unternehmen, um eine schnelle Effizienzsteigerung der Prozesse durch Digitalisierung voranzutreiben. Hierbei wird in erster Linie mit potentiellen Förderungen und Subventionen gearbeitet. Alle Teilnehmer der Transportkette fügen sich dem politischen Willen und setzen Digitalisierungsvorhaben in ihren Unternehmen um. Hierbei ist auch der Wunsch zu übergreifender Kommunikation zwischen den Teilnehmern zu spüren. Diesem wird jedoch nur in geringem Maße nachgegeben.

### **Szenario 3: Reger Austausch – Innerhalb eines Bereiches**

Trotz eher ungünstigen Rahmenbedingungen für die Digitalisierung nimmt diese weiter zu. Parallel wird der Ausbau analoger Informationskanäle gefördert. Da die Wirtschaftsentwicklung nur leicht ansteigt, liegt der Fokus der Unternehmen auf der Reduzierung der Kosten und ein transparentes Energie- und Ressourcenmanagement. Dennoch werden hohe Investitionen im Bereich der privaten Verkehrsinfrastruktur vorgenommen. Ein automatisierter Austausch innerhalb eines Mobilitätsbereiches ist möglich und ermöglicht eine teilautomatisierte Routenoptimierung. Dies versetzt Unternehmen in die Lage ihre Geschäftsmodelle durch neue Dienstleistungen erweitern zu können. Das vorhandene Verkehrsmanagement bildet dabei eine Mischform aus dezentralem und zentralem Ansatz.

#### **Szenario 4: Wandel – Der Weg zu einem zentralen Verkehrsmanagement**

Während die Politik und regulatorische Instanzen zu Treibern der Digitalisierung und des Umweltschutzes werden, hält sich die Akzeptanz von Innovationen zu einem Strukturwandel im Rahmen. Sowohl Unternehmen als auch die öffentliche Hand verstärken ihren Fokus auf rein alternative Antriebsformen und ein transparentes Energie- und Ressourcenmanagement. Ein positiver Effekt durch diese Neuorientierung zeigt sich vor allem in der Verlangsamung des Klimawandels und der Kosteneinsparung in Bezug auf den Betrieb der Mobilitätsträger. Zwar können die Ziele des Pariser Abkommens nicht vollkommen erreicht werden, dennoch reichen die Maßnahmen aus, um den Klimawandel zu verlangsamen. Dazu trägt auch der Wandel des Verkehrsmanagements, insbesondere bezüglich des Schiffsverkehrs, zu einer Mischform aus dezentralem und zentralem Ansatz bei. Allerdings findet noch keine automatisierte Datenkopplung zwischen den Mobilitätsträgern statt. Viel eher werden die traditionellen Informationskanäle, wie etwa die Kommunikation über UKW im Schiffsverkehr, weiterhin genutzt. Dennoch können aufgrund der größeren Abbildungsmöglichkeiten der Verkehrslage und des Verkehrsmanagements die Routenoptimierung teilautomatisiert vorgenommen werden. Durch die Teilautomatisierung kann dieser Vorgang zeitlich und ressourcenbezogen effizienter durchgeführt werden. Dadurch können bessere Ergebnisse bezogen auf die Unterbindung von Leerfahrten, der Planung von Fahrzeiten und der Steigerung der Auslastung erzielt werden. Durch die zunehmende Digitalisierung wird den Unternehmen zusätzlich ermöglicht ihre Geschäftsmodelle durch neue Dienstleistungen zu erweitern.

#### **Szenario 5: Grüne Welt – Im Zeichen der Klimaziele**

Neue Technologien werden im Unternehmen für die Vernetzung der eigenen Mobilitätsträger genutzt und deren Routen damit aufeinander abgestimmt sowie vollautomatisch optimiert und koordiniert. Dies führt auch dazu, dass Unternehmen Innovationen, die mit hohen Investitionen verbunden sind, schnell akzeptieren und diese gerne ausprobieren. Die Wirtschaft entwickelt sich unter Berücksichtigung der internen Digitalisierungsbemühungen von Unternehmen positiv. Der Ausstieg aus der Nutzung von fossilen Kraftstoffen und die Einführung von alternativen Antriebstechnologien sowie die Umsetzung von Digitalisierung, wie im Bereich der Routenoptimierung von LKW oder Schiffen, führt zu einer deutlichen Verlangsamung des Klimawandels. Die Politik schafft dabei günstige Rahmenbedingungen für die fortschreitende Digitalisierung. Trotz der Einflussnahme durch die untergeordneten regulatorischen Instanzen, die einen hohen Einfluss auf Unternehmen ausüben, lassen sich Unternehmen nicht von der offenen Einführung und Erweiterung der digitalen Fähigkeiten abhalten. Alle Akteure der Transportkette sind an einer Zunahme der Digitalisierung interessiert. Jedoch herrscht hierbei keine Einigkeit über die eigenen Unternehmensgrenzen hinaus. Unternehmen legen den Fokus der Bemühungen nur auf die eigenen Verbesserungen und Optimierungen und lassen hier die anderen Akteure außer Acht.

#### **Szenario 6: Neues digitales Zeitalter**

Neueste disruptive Technologien verändern eine Vielzahl von Prozessen in Unternehmen. Die starke Zunahme von Digitalisierung und die damit verbundenen Potentiale werden vollständig ausgeschöpft. Technologien verbinden nicht nur unternehmenseigene Fahrzeuge automatisiert, sondern vernetzen diese über Akteure der Transportkette hinweg. Zusätzlich zur Vernetzung

der Mobilitätsträger wird auch deren Routenverhalten vollautomatisiert und in Echtzeit durchgeführt. Die neuen Digitalisierungspotentiale führen zu einem starken Wirtschaftswachstum und gleichzeitig dazu, dass Unternehmen neue Geschäftsbereiche im Dienstleistungssektor für sich entdecken. Der Ausstieg aus den fossilen Antriebstechnologien und die flächendeckende Einführung alternativer Antriebsformen in Verbindung mit der Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen führt zu einer deutlichen Verlangsamung des Klimawandels. Die Politik und die zugehörigen Verwaltungsinstanzen üben einen großen Einfluss auf Unternehmensentscheidungen aus. Dies äußert sich insbesondere durch günstige Rahmenbedingungen (beispielsweise Förderungen, Subventionen etc.) und durch konkrete und langfristige Zielvorgaben für die Wirtschaft. Alle Akteure der Wertschöpfungskette haben erkannt, dass Rückverfolgbarkeit und Transparenz in den Warenströmen einen essentiellen Vorteil für die eigenen Prozesse und die damit verbundenen Kosten ermöglicht. Nicht zuletzt der Endkunde honoriert höhere Transparenz mit einer höheren Zufriedenheit und gleichzeitig auch einer höheren Bereitschaft zur Übernahme von Mehrkosten.

Während sich die Szenarien eins bis vier überwiegend durch eine mittlere Akzeptanz für Innovationen und eine manuelle oder teilautomatisierte Routenoptimierung auszeichnen, weisen die Szenarien fünf und sechs eine sehr hohe Innovationsakzeptanz sowie eine vollautomatisierte Routenoptimierung mit einem transparenten Energie- und Ressourcenmanagements auf. Auch in der Entwicklungsstärke der Digitalisierung unterscheiden sich die Szenarien. Während die Szenarien zwei und sechs beispielsweise eine sehr starke Zunahme der Digitalisierung aufweisen, stagniert der Digitalisierungsfortschritt im ersten Szenario.

Nachfolgend wird die Anforderungsableitung exemplarisch anhand eines Schlüsselfaktors aus dem Szenario sechs „Neues digitales Zeitalter“ aufgezeigt. Ausgehend von der durchgeführten Analyse zeigt sich in Szenario sechs insbesondere der Schlüsselfaktor „Daten- und Technologiekopplung von Mobilitätsträgern“ mit seiner Projektion „Automatisierter intermodaler und mobilitätsübergreifender Datenaustausch“ als signifikant ausgeprägt im Vergleich zu den anderen Szenarien. Der Projektion folgend haben die weiteren Analysen gezeigt, dass verschiedene Kriterien erfüllt werden müssen, damit dieser Schlüsselfaktor in diesem Szenario tatsächlich eintreten kann.

- 1) Vernetzung der Akteure innerhalb der Transportkette auch über die eigenen Unternehmensgrenzen hinaus
- 2) Entwicklung eines datengestützten, sicheren, transparenten und vertrauenswürdigen Kommunikationskanals (Blockchain in Kombination mit IoT („Internet of Things“))
- 3) Entwicklung einheitlicher Kommunikationsregeln zwischen verschiedenen Mobilitätsträgern (bspw. Schiff, LKW, Zug etc.)

Die Erfüllung der drei Kriterien des Schlüsselfaktors können im nächsten Schritt noch ausführlicher analysiert, bewertet und detaillierter spezifiziert werden. Die drei Kriterien konnten beispielsweise in weiteren Iterationen um folgende Ansätze erweitert und spezifiziert werden:

- 4) Die Akteure und Unternehmen müssen über einen gleichen Stand der Digitalisierung verfügen, um insbesondere eine Kompatibilität von IT-Systemen zu gewährleisten.



- 5) Standards und Normen im Allgemeinen werden unter anderem für die Kommunikation (Kommunikationskanal und -medium) benötigt. Diese müssen sowohl auf nationaler und internationaler Ebene eingeführt werden.
- 6) Die teilnehmenden Akteure müssen eindeutig identifiziert werden können.
- 7) Die Vernetzung der Akteure muss nachvollziehbar und übersichtlich gestaltet werden.
- 8) Eine starke Datensicherheit muss gewährleistet sein. Dazu werden neue Datenschutzrichtlinien benötigt.
- 9) Es müssen Konzepte für die Organisation der Vernetzung vorhanden und ausgearbeitet werden. Insbesondere muss der organisatorische Aufwand gering sein und bleiben.
- 10) Ein geregelter und „uneingeschränkter“ Zugang zu den Daten der Akteure muss ermöglicht werden können.
- 11) Methoden und Konzepte, um transdisziplinäre Zusammenarbeit zu gestalten, werden benötigt. Diese beziehen sich sowohl auf die Mensch-Maschine-Interaktion, Mensch-Mensch-Interaktion und Maschine-Maschine-Interaktion.
- 12) Die Haltungs- und Wartungskosten müssen gering sein (Kosten-Nutzen-Abwägung).
- 13) Eine Unabhängigkeit der Unternehmen trotz Vernetzung muss gewährleistet sein.
- 14) Die Datenübertragung muss reibungslos und verlustfrei funktionieren. Eine hohe Breitbandgeschwindigkeit muss gegeben sein.
- 15) Förderangebote müssen vorhanden sein. Diese müssen insbesondere Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, Angebote zum Ausbau der IT-Infrastruktur sowohl auf Digitalisierungsförderungen umfassen.
- 16) Um eine Unternehmensübergreifende Vernetzung zu ermöglichen, müssen Unternehmen zunächst vernetzt werden. Dazu muss eine Vernetzung innerhalb der Abteilungen und abteilungsübergreifend vorhanden sein.

Anschließend können mit Hilfe von Simulationen und Modellierungen unterschiedliche Technologien untersucht werden und somit erste Ansätze für ein Anforderungsmanagement für die Entwicklung abgeleitet werden. Dazu wird die SUMO Methode zur Überprüfung der abgeleiteten Kriterien aus dem Bereich der öffentlichen und privaten Mobilität auf die Logistik übertragen, sodass hiermit unterschiedliche Technologien simuliert und untersucht werden.

Mit Hilfe der spezifischen Kriterien zu den in den Szenarien stark ausgeprägten Projektionen kann anschließend eine Auswahl bestimmter Technologien durchgeführt werden, die im Projektverlauf weiterentwickelt und erforscht werden. Hiermit wird erreicht, dass sich die Forschung auf bestimmte und vielversprechende Technologien fokussieren kann.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die dargestellte Zukunftslandkarte und die abgeleiteten Szenarien eine deutliche Veränderung der zukünftigen Mobilität und strukturellen Eigenschaften vorhersagen. Hierbei ist insbesondere der Bereich der Vernetzung durch die Prozessdigitalisierung zwischen verschiedenen Mobilitätsträgern, innerhalb einer Transportkette, hervorzuheben. Durch die Ableitung von Anforderungen, der schrittweisen Verfeinerung sowie der Strukturierung und Bewertung dieser, werden Rahmenbedingungen für die Innovationsfin-

dung und -generierung geschaffen. Dies ermöglicht beispielsweise die Entwicklung von Technologien, die den Anforderungen der Zukunft standhalten können und das Eintreten der Zukunftsszenarien ermöglichen. Mit diesem Vorgehen kann somit die Produktplanung und -entwicklung unterstützt werden. Um dies zu verdeutlichen, wurde in Kapitel 4 ein Auszug aus den Ergebnissen des Themenbereichs „Vernetzte Mobilität in der Logistik“ vorgestellt. Basierend auf einem besonders ausgeprägten Schlüsselfaktor eines Szenarios sind Anforderungen beziehungsweise Handlungsempfehlungen abgeleitet worden, die im weiteren Projektverlauf als Basis für die Technologieentwicklung genutzt werden können.

Um das übergeordnete Ziel, einer einheitlichen und übergreifenden Zukunftsvision für das komplexe Mobilitätsgesamtsystem, zu erreichen, wurde begonnen Schlüsselfaktoren, Projektionen und Szenarien für den Bereich der öffentlichen und privaten Mobilität zu bestimmen. In einem weiteren Arbeitsschritt wird aus den beiden entwickelten Schlüsselfaktorenkatalogen eine Schnittmenge ermittelt, die als Grundlage für eine Zukunftsvision genutzt werden kann. Anschließend wird die Zukunftsvision modelliert und beispielsweise in SUMO (Simulation of Urban Mobility) analysiert, um die Ergebnisse zu konkretisieren. So kann beispielsweise eine Verknüpfung des Güterverkehrs mit dem Personenverkehr analysiert werden, um Zeit und Ressourcen zu sparen, besonders im innerstädtischen Bereich. So wird in Zukunft jede Fahrt im Hinblick auf den Energieverbrauch optimiert werden müssen: Durch eine bessere Auslastung, Nutzung des effizientesten Verkehrsträgers und einer stärkeren Integration der Landnutzung beziehungsweise der Verkehrsplanung.

Anschließend an die Entwicklung einer Zukunftsvision wird eine Plausibilitätsprüfung, die mittels Expertengesprächen und Befragungen durchgeführt wird, vorgenommen. Die Ergebnisse der Gespräche werden genutzt, um das entwickelte Szenario und die initial ermittelten Anforderungen zu detaillieren und damit eine verbesserte Basis für die Vernetzung zwischen den Mobilitätsträgern aller Mobilitätsbereiche zu erhalten.

Um die strategische Planung, sowohl in der Forschung, in der Wirtschaft als auch der Politik, für eine klimafreundliche und bedarfsorientierte Mobilität, eine Zukunft mit effizienter Nutzung von Ressourcen, Raum, Fahrzeuge und Infrastruktur zu verbessern, sollten Anforderungen und Handlungsableitungen von Zukunftsszenarien in Produktentwicklungs- und in Produktscheidungsprozessen berücksichtigt werden.

## Danksagung

**Zukunftslabor Mobilität:** gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur unter Fördernummer ZN3493 im Niedersächsischen Vorab der Volkswagen Stiftung und betreut vom Zentrum für digitale Innovationen (ZDIN).

Das „Zukunftslabor Mobilität“ ist Teil des Zentrums für digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN). Die Forschungsschwerpunkte fokussieren sich auf die Bereiche Vernetzung von Systemen, Nutzern und Infrastruktur durch Digitalisierung und folgen hierbei der Leitidee „Vom intelligenten Fahrzeug zur integrierten Mobilität durch Digitalisierung“ [Zen21-ol]. Das Zukunftslabor Mobilität fokussiert anwendungsorientierte Forschungsarbeiten und erforscht aktuell in vier interdisziplinären Feldern – Collaborative Research Fields (CRF) –, welche Potentiale sich durch die Vernetzung von Systemen, Nutzern und Infrastruktur durch Digitalisierung

für die Realisierung umwelt- und sozialverträglicher Mobilitätslösungen ergeben. Erarbeitet werden Zukunftsszenarien und konkrete Anwendungsfälle.

## Literatur

- [ABY+18] ALBERS, A.; BEHRENDT, M.; YAN, S.; MANDEL, C.: System of systems approach for the Description and design of validation environments. International design conference-Design.Dubrovnik, 2018
- [AB99] ALBERS, O.; BROUX, A.: Zukunftswerkstatt und Szenariotechnik. Ein Methodenbuch für Schule und Hochschule. Beltz, 1999
- [Bee66] BEER, S.: Decision and control; the meaning of operational research and management cybernetics. London, New York, Wiley, 1966
- [Bun18-ol] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR: Multimodaler Güterverkehr. Unter: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Gueterverkehr-Logistik/Multimodaler-Gueterverkehr/multimodaler-gueterverkehr.html>
- [CK20] CANZLER, W.; KNIE, A.: Neues Spiel, neues Glück? Mobilität im Wandel. In Brunnengräber, A.; Haas, T. (Hrsg.): Baustelle Elektromobilität. Transcript Verlag, Bielefeld, 2020
- [FS06] FINK, A.; SIEBE, A.: Handbuch Zukunftsmanagement – Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. 1. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2006
- [FS16] FINK, A.; SIEBE, A.: Scenario Management - Von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2016
- [For71] FORRESTER, J. W.: Counterintuitive behavior of social systems. Technology Review, Vol. 73, No.3, S. 52–68, 1971
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. 2. Auflage, Hanser Verlag, München, 1996
- [GG16] GESCHKA, M. S.; GESCHKA, H.: Die Szenariotechnik am Beispiel des Projektes "Zukunft der Mobilität". In: Logistik der Zukunft, S. 363-386, Springer Gabler, Wiesbaden, 2016
- [Hüt86] HÜTTNER, M.: Prognoseverfahren und ihre Anwendung. de Gruyter, Berlin, 1986
- [KG08] KOSOW, H.; GASSNER, R.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien.; IZT-WerkstattBericht Nr. 103, Berlin, 2008
- [KKV21] KRASTEVA, P.; KUSCHMITZ, S.; VIETOR, T.: Impact of digitization on the mobility system. In Bargende, M.; Reuss, H. C.; Wagner, A. (Hrsg.): 21st Internationale Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 309-320, 2021
- [Lem19] LEMMER, K.: Neue autoMobilität II – Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft. acatech Studie, utzverlag, München, 2019
- [Mav21-ol] MAVEN. Unter: <http://www.maven-its.eu>, Letzter Zugriff: 1. Juli 2021
- [MMR+72] MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W.: The Limits to Growth. Universe Books, New York, 1972
- [Neu28] NEUMANN, J. V.: Zur Theorie der Gesellschaftsspiele, Mathematische Annalen, OA, Band 100, Berlin, S. 295–320, 1928
- [Rei92] REIBNITZ, U. v.: Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung, Springer Gabler, Wiesbaden, 1992
- [Seg76] SEGNER, M.: Szenario-Technik: Methodische Darstellung und kritische Analyse. Forschungreihe Systemtechnik, Bericht 8, TU Berlin, 1976
- [Sta19] STATISTISCHES BUNDESAMTS (DESTATIS). Statistisches Jahrbuch 2019 – Deutschland und Internationales. Oktober 2019

- [Ste97] STEINMÜLLER, K.: Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung: Szenarien, Delphi, Technikvorausschau. SFZ-Werkstatt Bericht Nr. 21, Gelsenkirchen, 1997
- [Sum21-ol] SUMO. Unter: <https://sumo.dlr.de/docs/index.html>, Letzter Zugriff: 1. Juli 2021
- [Tes21-ol] TESTFELD NIEDERSACHSEN - Für automatisierte und vernetzte Mobilität. Unter: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/testfeld-niedersachsen-fuer-automatisierte-und-vernetzte-mobilitaet> , Letzter Zugriff: 1. Juli 2021
- [Vit21-ol] VITAL-Verkehrsabhängig Intelligente Steuerung von Lichtsignalanlagen, Unter: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/vital-verkehrsabhaengig-intelligente-steuerung-von-lichtsignalanlagen>, Letzter Zugriff: 1. Juli 2021
- [Wie48] WIENER, N.: Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine. MIT Press, 1948
- [Zen21-ol] ZENTRUM FÜR DIGITALE INNOVATIONEN NIEDERSACHSEN (ZDIN): Zukunftslabor Mobilität. Unter <https://www.zdin.de/zukunftslabore>, Letzter Zugriff: 1. Juli 2021
- [ZZ10] ZIERER, M. H; ZIERER, K.: Zur Zukunft der Mobilität. Eine multiperspektivische Analyse des Verkehrs zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Springer VS, Wiesbaden, 2010

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Marcus Seifert** leitet das Institut für Produktion und Logistik - Logis.Net an der Hochschule Osnabrück und ist Professor für Logistik an der Hochschule Osnabrück. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Digitalisierung von Logistik- und Produktionsprozessen. Seifert ist Mobilitätsberater für die KEAN.

**Jan Niklas Busch, M.Sc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektmanager im Institut für Produktion und Logistik - Logis.Net der Hochschule Osnabrück.

**Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn** leitet die Abteilung Systemanalyse und –optimierung an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Er ist Vorstand am An-Institut OFFIS – Institut für Informatik. Am OFFIS koordiniert er die Forschung zu maritimen Transportsystemen. Seine aktuellen Forschungstätigkeiten sind die Analyse und Gestaltung von zuverlässigen und nachhaltigen Verkehrssystemen als soziotechnisches System.

**Christina Tsioglou, M.Sc.** ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am An-Institut OFFIS – Institut für Informatik der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor** leitet des Instituts für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig. Er ist Sprecher des Vorstands Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) und Mitglied Vorstand Open Hybrid Lab Factory (OHLF).

**Petia Krasteva, M. Eng. A.** ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig, Arbeitsgruppe Integrierte Produktentwicklung.

**Prof. Dr.-Ing. Katharina Seifert** leitet seit 2018 das DLR Institut für Verkehrssystemtechniken an den Standorten Berlin und Braunschweig. Sie ist Ingenieurin und Psychologin mit langjähriger Forschungs- und Entwicklungserfahrung in der Automobilindustrie. Ihre Expertise: Mensch-Maschine-Interaktion in Informations-, Assitenz- und Automatisierungssystemen.

**Dr. rer. nat. Nadine Fritz-Drobeck** ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Strategieentwicklung.



# **Ein Foresight-Prozess zur Gestaltung der öffentlichen Mobilität im ländlichen Raum – methodische Erkenntnisse aus dem Projekt „Mobilität neu Denken“**

***Dr. Fabian Schroth***

***Dr. Moritz Maier***

***Simone Kaiser***

***Prof. Dr. Martina Schraudner***

*Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation (CeRRI)*

*Hardenbergstraße 20, 10623 Berlin*

*Tel. +49 (0) 30 / 68 07 96 -25 / -294 / -22 / -920*

*E-Mail: {fabian.schroth/moritz-julian.maier/simone.kaiser/  
martina.schraudner}@iao.fraunhofer.de*

## **Zusammenfassung**

Der vorliegende Aufsatz zielt darauf ab, das bestehende Foresightinstrumentarium so weiterzuentwickeln, dass es zur Lösung komplexer Herausforderungen, wie der Gestaltung einer neuen Mobilität und der Veränderung von Mobilitätsverhalten beiträgt. Am Beispiel des Projekts »Mobilität neu denken« wurde dazu ein partizipativer, gestaltender Foresightansatz entwickelt, der nicht nur partizipativ Zukünfte als Orientierungsraum formuliert, sondern auch konkrete in der Gegenwart umsetzbare Optionen zur Erreichung dieser Ziele identifiziert. Dazu werden zunächst die theoretischen Hintergründe von gestaltungsorientierten, partizipativen Foresightprozessen sowie deren Herausforderungen dargelegt, bevor der weiterentwickelte Ansatz veranschaulicht und Lösungsansätze herausgestellt werden. Während das Zusammenbringen verschiedener Wissensbestände und das Zusammenbringen von Gegenwartsbezug und Zukunftsorientierung als zentrale Herausforderungen dieses weiterentwickelten Prozesses identifiziert werden können, wird anhand des Projekts „Mobilität neu denken“ aufgezeigt, wie mit Hilfe zeitversetzter Integrationsstufen der verschiedenen Wissensbestände und verschiedener Methoden, diese Herausforderungen begegnet und in ein kollaboratives Lösungsmodell überführt werden können. Das hier entwickelte Instrumentarium bietet somit der öffentlichen Hand sowie anderen Akteuren im Bereich der öffentlichen Mobilität die Möglichkeit, ihre (Investitions-)Entscheidungen für die Zukunft der Mobilität partizipativ und bedarfsorientiert zu treffen.

## **Schlüsselworte**

Gestaltungsorientierter, partizipativer Foresight, regionaler Foresight, Foresight, Kollaboration, ko-kreativer Prozess, Beteiligungsstufen, Kooperation, Mobilitätsverhalten, Mobilität im ländlichen Raum

# **A Foresight Process for the Design of Public Mobility in Rural Areas - Methodological Findings of the Project "Rethinking Mobility"**

## **Abstract**

This paper aims at further exploring the existing foresight instruments in such a way that they contribute to the solution of complex challenges, such as the design of a new mobility and the change of mobility behaviour. Using the example of the project "Mobilität neu denken", a participatory, design-oriented foresight approach was developed, which not only formulates futures as an orientation space, but also identifies concrete options that can be implemented in the present to achieve these goals. To this end, the paper, first, presents theoretical background of design-oriented, participatory foresight processes as well as their challenges before it illustrates the further developed approach and highlights solutions. As central challenges of this further developed process, the paper identifies how to bring together different bodies of knowledge as well as present and future orientation. The project "Rethinking Mobility" is used to show how these challenges can be met and transferred into a collaborative solution model with the help of time-delayed integration stages of the different bodies of knowledge and different methods. The tools developed here thus offer the public sector and other actors in the field of public mobility the opportunity to make their (investment) decisions for the future of mobility in a participatory and demand-oriented manner.

## **Keywords**

Design-oriented, participatory foresight, regional foresight, foresight, collaboration, co-creative process, participation levels, cooperation, mobility behavior, mobility in rural areas

## 1 Einleitung

Bis 2045 will Deutschland klimaneutral sein. Dazu hat sich Deutschland mit dem Pariser Klimaschutzabkommen auf eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad verschrieben. Der Beitrag des Verkehrsektors zum Klimawandel beträgt 20 Prozent, jährlich werden 163,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen [Pre21], [Umw20]. In den neuen Klimaszutzielen wird eine Reduktion der Treibhausgase des Verkehrsektors um 42 Prozent angestrebt [Bun19]. Um dieses Ziel zu erreichen, sind neue technologische Lösungen nötig, aber auch ein verändertes Mobilitätsverhalten.

Eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens ist ein sogenanntes „wicked problem“. Wicked Problems sind Probleme, die sich durch unvollständiges und/oder widersprüchliches Wissen, durch eine Vielzahl an betroffenen Personen und Interessen, durch hohe ökonomische Kosten und durch Wechselwirkungen mit anderen Herausforderungen auszeichnen [RW73]. Eine Veränderung von Mobilitätsverhalten betrifft dabei unter anderen die Nutzerinnen und Nutzer, die Fahrzeughersteller, die öffentliche Verwaltung, den Straßenbau, Start-Ups. Eine zukünftige, klimaschonende Mobilität, ist dabei ebenso eine Frage sozialer Gerechtigkeit. Eine neue Mobilität umfasst somit technologische und soziale Innovationen.

Eine zentrale Stellschraube für eine zukünftige, nachhaltige Mobilität liegt im öffentlichen Nahverkehr und der damit verbundenen Infrastruktur. Noch werden ca. 57% der Wege im motorisierten Individualverkehr zurückgelegt [GGB+19]. Eine attraktive, sichere, bedarfsorientierte und klimaneutrale öffentliche Mobilität kann dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen des Verkehrsektors zu reduzieren [HV15]. Während für den städtischen Raum bereits vielfältige Konzepte entwickelt und ausprobiert werden, um die öffentliche Mobilität zu stärken, sind die Herausforderungen dafür auf dem Land ungleich stärker ausgeprägt.

Wie soll die öffentliche Mobilität in Zukunft im ländlichen Raum aussehen, um dem gesellschaftlichen Ziel der Minderung der Treibhausgasemissionen und dem verbreiteten individuellen Wunsch, sich klimafreundlich zu verhalten, Rechnung zu tragen [Gel21]? Welche infrastrukturellen Angebote sollte eine Kommune bieten, um eine nachhaltige, öffentliche Mobilität zu ermöglichen? In welche Bereiche sollte die öffentliche Hand investieren?

Um diese Fragen zu beantworten, wird im vorliegenden Aufsatz vorgeschlagen, einen partizipativen, gestaltenden Foresight-Ansatz zu nutzen, um für die öffentliche Hand sowie andere Akteure im Bereich der öffentlichen Mobilität im ländlichen Raum ein Konzept zu entwickeln, anhand derer (Investitions-)Entscheidungen getroffen werden können [KGB+18]. Gestaltende Foresight Ansätze eignen sich insofern gut, solche „wicked problems“ zu adressieren, als sie darauf abzielen, ein Ziel für Veränderungen zu entwickeln, neue Akteursnetzwerke aufzubauen, und konkrete Umsetzungstrategien zu entwickeln [HVH+18]. Mit dem dezidierten Blick darauf, wie nicht nur partizipativ Zukünfte als Orientierungsraum entwickelt werden können, sondern auch darauf, wie in einem solchen Prozess konkrete in der Gegenwart umsetzbare Optionen realisiert werden können, entwickelt der vorliegende Aufsatz bestehende Foresight-An-



sätze weiter. Damit zielt der Beitrag darauf ab, ein neues methodische Instrumentarium zu entwickeln, dass zur Lösung komplexer Herausforderungen, wie der Gestaltung einer neuen Mobilität und der Veränderung von Mobilitätsverhalten beiträgt.

In dem diesem Aufsatz zu Grunde liegendem Projekt »Mobilität neu Denken« wurde ein solcher Ansatz entwickelt und in einer ländlichen Region in Bayern angewandt.

Der Aufsatz ist dabei wie folgt aufgebaut. Zunächst werden die Grundzüge eines gestaltungsorientierten Foresight-Ansatzes dargestellt und um eine raumbezogene Dimension erweitert. In einem zweiten Schritt wird der Prozess dargelegt wie er im Projekt »Mobilität neu Denken« entwickelt und getestet wurde. Es werden dabei die zentralen Herausforderungen eines solchen Prozesses sowie die methodischen Limitationen beschrieben. Im letzten Teil wird der Prozess diskutiert.

## **2 Ausgangslage / Stand der Forschung / Theorie**

### **Foresight**

Foresight wird zunehmend als Methode benutzt, um nicht nur mögliche Zukünfte zu identifizieren und somit Denkanstöße zu geben, sondern um die Zukunft zu gestalten. Dabei kommen Foresight-Ansätzen drei Rollen zu: „preconceptualization of change; offering an avenue for the creation of new actor networks; and creation of concrete strategies with a high chance of implementation“ [HVH+18]. Für die Gestaltung von Zukunft und somit auch die Transformation von bestehenden Systemen können Foresight-Ansätze also unterstützen, indem sie eine Vision möglicher Zukünfte darstellen, die Bildung neuer Akteurskonstellationen vorbereiten und konkrete Strategien mit einer hohen Umsetzungswahrscheinlichkeit vorlegen.

### **Gestaltungsorientierter Foresight**

Einen vergleichbaren Ansatz findet sich auch im gestaltungsorientierten Foresight [KGB+18]. Ziel eines gestaltungsorientierten Foresight-Ansatzes ist es, „über die Identifikation wünschbarer Entwicklungen diese Zukünfte aktiv zu *gestalten*“ [KGB+18]. Im Gegensatz zu transformativen Foresight-Ansätzen, die darauf abzielen, grundlegende Strukturen und Systemfunktionen zu ändern, geht es beim gestaltungsorientierten Ansatz eher darum, neue Technologien zu entwickeln und daher Innovationsprozesse auf wünschenswerte Zukünfte auszulegen. Ziel ist es, technisch funktionale, sozial akzeptierte und wirtschaftlich erfolgreiche Lösungen zu entwickeln [Sch17], [KGB+18]. Um der Komplexität und Dynamik kollaborativer Innovationsprozesse Rechnung zu tragen, wie sie nicht zuletzt durch das Modell der Quadruple Helix konzeptionalisiert werden, ist ein gestaltungsorientierter Ansatz partizipativ und bedarfsorientiert angelegt [CBC12]. Das heißt, alle relevanten Stakeholder und Akteure entwickeln in einem kollaborativen Prozess Zukünfte und davon abgeleitete konkrete Handlungsoptionen.

## Herausforderungen bei gestaltungsorientiertem Foresight

Die nicht-organisierte Zivilgesellschaft, das heißt Bürgerinnen und Bürger, werden allerdings bisher selten in Foresight Prozesse einbezogen [JKR10], [KMA+14], [RGW18]<sup>1</sup>. Als Grund dafür werden verschiedene Herausforderungen für die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürger an partizipativen Prozessen in der Literatur diskutiert. So sollen (1) in partizipativen Prozessen *unterschiedliche „Arten“ von Wissen* integriert werden [CBC12]. Um auf Augenhöhe miteinander kommunizieren zu können, sind spezifische Austauschformate notwendig [HKK+15], [GS07]. (2) *Zeitpunkt des Einbezugs*: gemäß des „Collingridge Dilemma“ ist ein frühzeitiger Einbezug forschungsferner Stakeholder von hoher Bedeutung [Col82]. Dann ist die Möglichkeit Technologieentwicklung mitzubestimmen am höchsten. Allerdings ist das Interesse und die Verständlichkeit der Inhalte und Konsequenzen auch am geringsten. (3) *Repräsentativität und Legitimation*: In partizipativen Projekte muss eine Auswahl von Teilnehmenden getroffen werden muss. Diese Auswahl kann das Ergebnis aber stark prägen. Daher ist die Frage des Einbezugs für partizipative Verfahren hochgradig relevant [Van07].

## Regionaler gestaltungsorientierter Foresight

Eine spezifische Ausprägung strategischer Foresight-Prozesse sind regionale Foresight-Ansätze. Dabei werden Handlungsoptionen, relevante Trends, Potentiale und Herausforderungen, technologische Entwicklung und Möglichkeiten identifiziert, um eine kohärente Innovationsstrategie für eine spezifische Region zu erarbeiten [PTA17]. Insbesondere für die Entwicklung regionaler Strategien wie die Regional Smart Specialization Strategy (RIS3) der EU, werden diese Ansätze genutzt [Eur13]. Basierend auf Expertenwissen werden dabei mögliche Entwicklungswege für eine Region aufgezeigt und somit zur Diskussion gebracht. Die Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen erfolgt dabei oft in einem späteren Stadium, d.h. erst bei der Diskussion der Ergebnisse. Um eine RIS3 an den Bedarfen der Bevölkerung zu orientieren, schlagen Schroth et al. einen methodischen Ansatz vor, bei dem zunächst Bedarfe der Bevölkerung erhoben, diese dann zu Zukunftsbilder überführt und in einem dritten Schritt Strategien und Handlungsoptionen abgeleitet werden [SGK20]. Sie übertragen damit den gestaltenden Foresight-Ansatz auf regionale Prozesse. Potentiale und Ressourcen einer Region werden dabei in die Gestaltung von Innovationsstrategien einbezogen, indem Akteure aus lokaler Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in einem ko-kreativen Prozess Bedarfe und Zukunftsbilder entwickeln. Während die Autorinnen und Autoren einen Schwerpunkt auf die Zukunftsbildentwicklung und Bedarfserhebung legen, wird die Weiterentwicklung zu Strategien und konkreten Lösungsansätzen hier nur konzeptionell diskutiert. Ein empirisch geprüft Vorgehen wird hier nicht vorgestellt.

Die diskutierten Ansätze des gestaltenden Foresights, zielen darauf ab, durch partizipativ gestaltete, wünschenswerte Zukünfte Veränderungen in der Gegenwart anzuleiten. Es werden neue Gestaltungsspielräume eröffnet, indem mögliche Zukünfte ko-kreativ erarbeitet werden. Die diskutierten Ansätze liefern im Ergebnis „Impulse und Gestaltungsspielräume“ [KGB+18].

---

<sup>1</sup> Ausnahmen sind u.a. das CIVISTI-Projekt [GPS+12], [SG16] und das Shaping-Future-Projekt [HKB+15], [HSK16].

Unklar bleibt, wie die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen in diese Prozesse integriert werden kann. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Fragen, wie sich ein gestaltungsorientierter, partizipativer Foresight-Prozess umsetzen lässt, der zum einen vielfältige Akteure auf Augenhöhe einbindet und zum zweiten im Ergebnis konkrete Handlungsempfehlungen entwickelt, die zur Realisierung einer wünschenswerten Zukunft beitragen können.

Ein solcher Foresight Prozess wurde im Rahmen des Projekts »Mobilität neu Denken« entwickelt. Er zielt darauf ab, gemeinsam mit Laien und Expertinnen und Experten wünschenswerte und realisierbare Lösungen für die zukünftige öffentliche Mobilität in ländlichen Räumen zu entwickeln. Um die oben diskutierten Herausforderungen von Foresight-Prozessen zu adressieren, ist dieser Foresight-Ansatz so organisiert, dass Bürgerinnen und Bürger in verschiedenen Phasen des Prozesses einbezogen werden, und mit ihrem Alltagswissen immer wieder die Ausgestaltung des Ergebnisses – Zukunftsbild und Maßnahmen – prägen können. Die Bürgerinnen und Bürger werden dabei nicht nur informiert, sondern entwickeln als gleichberechtigte, gestaltende Akteure aktiv Lösungen mit. Gemäß dem Modell der Quadruple Helix organisiert der Prozess dabei die Integration verschiedener Wissensarten von Akteuren aus Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik [CBC12]. Im folgenden Kapitel stellen wir dar, wie der Prozess konkret umgesetzt wurde und welche praktischen und methodischen Herausforderungen sich bei der Umsetzung eines so konzipierten ko-kreativen Gestaltungs-Foresight ergeben.

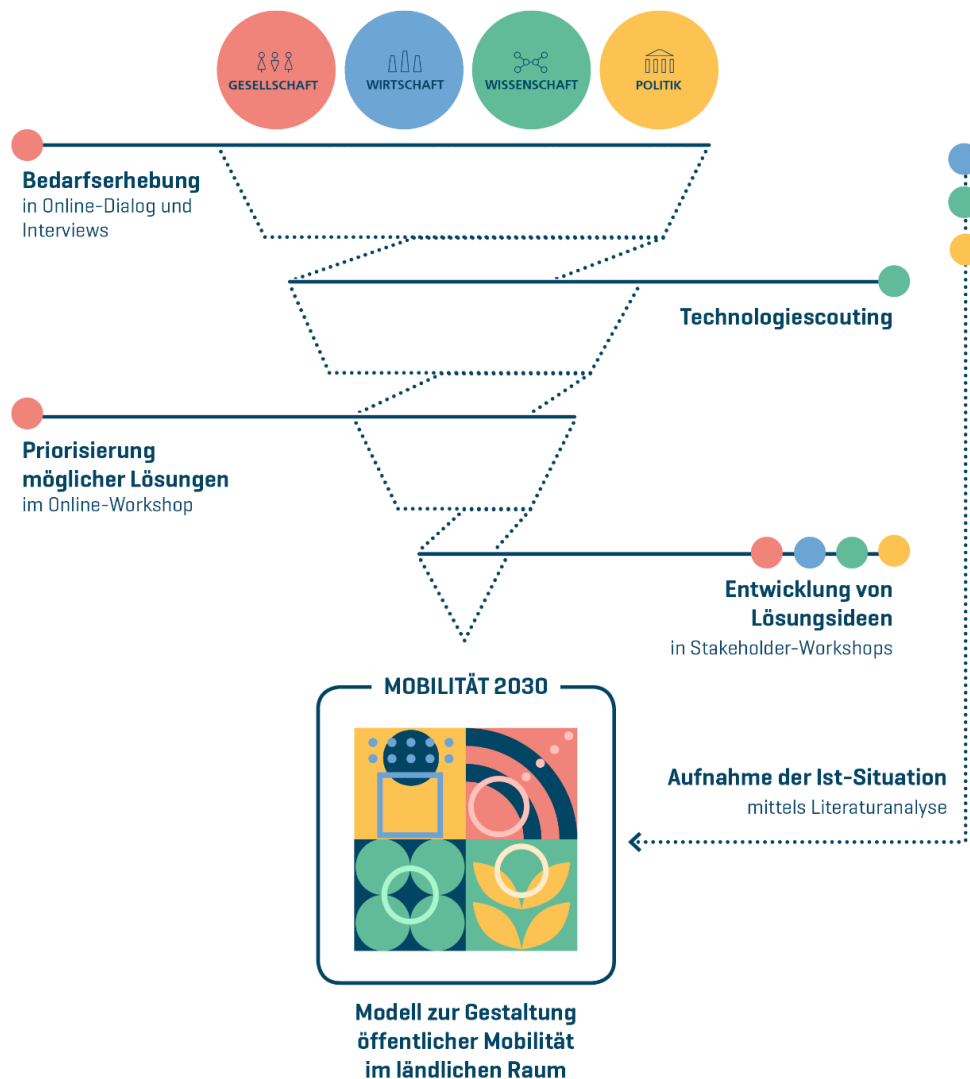
### **3 Partizipative Gestaltung von Zukünften und Handlungsempfehlungen im Bereich der Mobilität – Ergebnisse aus dem Projekt Mobilität neu Denken**

Im Projekt „Mobilität neu denken“ wurde ein gestaltungsorientierter Foresight-Prozess entwickelt, der zwischen Bürgerinnen bzw. Bürgern und Expertinnen bzw. Experten eine partizipative Lösungsgestaltung anregt, bei der technologische und gesellschaftliche Trends zu einem kohärenten, regionalen Zukunftsbild überführt und konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Das Projekt verfolgte diesbezüglich die Ziele:

- einen wissenschaftlich fundierten und übertragbaren ko-kreativen Prozess entwickeln, der einen frühzeitigen Einbezug von Bürgerinnen und Bürgern in Planungsprozesse für Mobilität im ländlichen Raum ermöglicht
- auf Basis dieses Prozesses ein auch auf andere Regionen übertragbares Modell für die Gestaltung öffentlicher Mobilität im ländlichen Raum entwickeln
- am Beispiel der beteiligten Gebietskörperschaften im Bayerischen Wald zeigen, wie dieses bedarfsorientierte Mobilitätsmodell eingesetzt werden kann und daraus konkrete Empfehlungen abgeleitet werden können.

Gefördert wurde das Projekt vom Freistaat Bayern; Wissenschaftliche Partner waren das Fraunhofer CeRRI und Fraunhofer IML und die Akademie der Technikwissenschaften (acatech). Praxispartner waren die Landkreise Regen, Freyung-Grafenau und Passau sowie die Stadt Passau.

Strukturiert wurde das Projekt entlang von sechs aufeinander aufbauenden, iterativen Schritten: (1) Bedarfserhebung, (2) Ist-Analyse, (3) Technologiescouting, (4) Priorisierung von möglichen Lösungen, (5) Entwicklung des Zukunftsbilds »Mobilität 2030«, und (6) Entwicklung eines Modells zur Gestaltung öffentlicher Mobilität und geeigneter Lösungsideen (vgl. Bild 1).



*Bild 1: Gestaltungsorientierter Foresight-Prozess im Projekt "Mobilität neu Denken" zur Erstellung des Zukunftsbilds „Mobilität 2030“ und Ableitung eines Handlungsmodells und Maßnahmen*

Im Ergebnis konnten 21 übergeordnete Bedarfe seitens der Bürgerinnen und Bürgern an eine zukünftige Mobilität ermittelt werden, die durch das Projektteam und unter Mitarbeit der Stakeholder in der Region zum Zukunftsbild: „Mobilität im Bayerischen Wald 2030 – spontan, flexibel und unkompliziert unterwegs auch ohne eigenes Auto“ verdichtet werden konnten. Zur Erreichung des Zukunftsbilds wurde ein Modell zur Gestaltung der öffentlichen Mobilität entwickelt. Dieses Modell umfasst vier Handlungsfelder: „Kunden umfassend informieren“, „Wegketten neu gestalten“, „Verkehrsangebote sektoren- und landkreisübergreifend koordinieren“

sowie „Infrastruktur zukunftsfähig ausbauen“ zugrunde, denen jeweils konkrete Lösungsansätze zugeordnet wurden. Zu jedem Lösungsansatz wurden schließlich für die Untersuchungsregion konkrete Anknüpfungspunkte und Empfehlungen zur Umsetzung entwickelt (vgl. Bild 2). Das Modell beschreibt eine wünschenswerte und mögliche Zukunft für eine öffentliche Mobilität im ländlichen Raum und Lösungen, um diese umzusetzen. Die Basis dafür sind bereits erkennbare technologische und gesellschaftliche Möglichkeiten und Trends, die zueinander in Beziehung gesetzt werden.

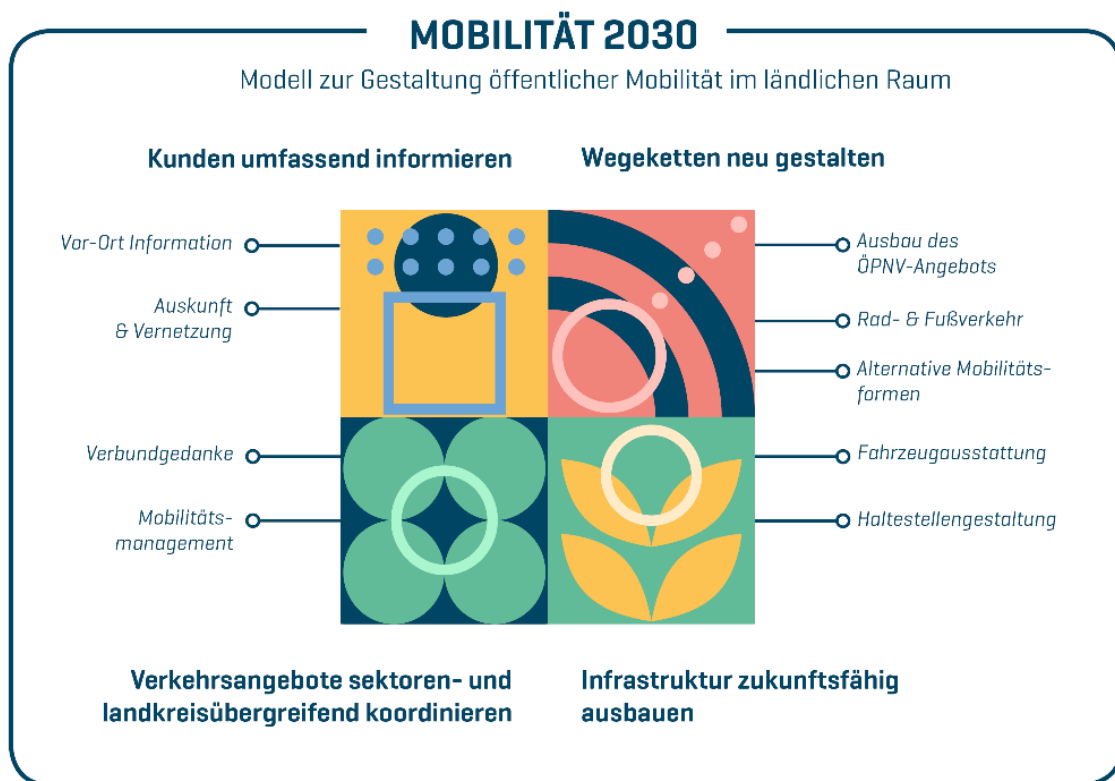


Bild 2: Modell zur Gestaltung öffentlicher Mobilität im ländlichen Raum

Bei der Ausgestaltung des Foresight-Prozesses wurde darauf geachtet, den oben erarbeiteten Herausforderungen zu begegnen. Im Folgenden werden die fünf einzelnen Prozessschritte im Detail anhand dieser Herausforderungen dargestellt

### Bedarfserhebung:

Die Bedarfserhebung wurde über zwei sich ergänzende Teilschritte durchgeführt: ein über zehn Wochen angesetzter Online-Dialog sowie 15 leitfadengestützte Telefoninterviews mit Bürgerinnen und Bürgern aus der Region. Beim Online-Dialog konnten 64 Teilnehmende gewonnen werden. Diese gaben insgesamt 174 Kommentare und 134 Bewertungen ab. Während der Online-Dialog Bürgerinnen und Bürger aus der Region offen zugänglich war, wurde bei den Interviews gezielt versucht, eine möglichst diverse Meinungsheterogenität für die Exploration der Bedarfe herzustellen.

Die Interviews bildeten die Grundlage dafür, aktuelle Wünsche und Bedarfe der Bürgerinnen und Bürger vor Ort anhand ihrer alltäglich gemachten Erfahrungen zu explorieren. Zu diesem

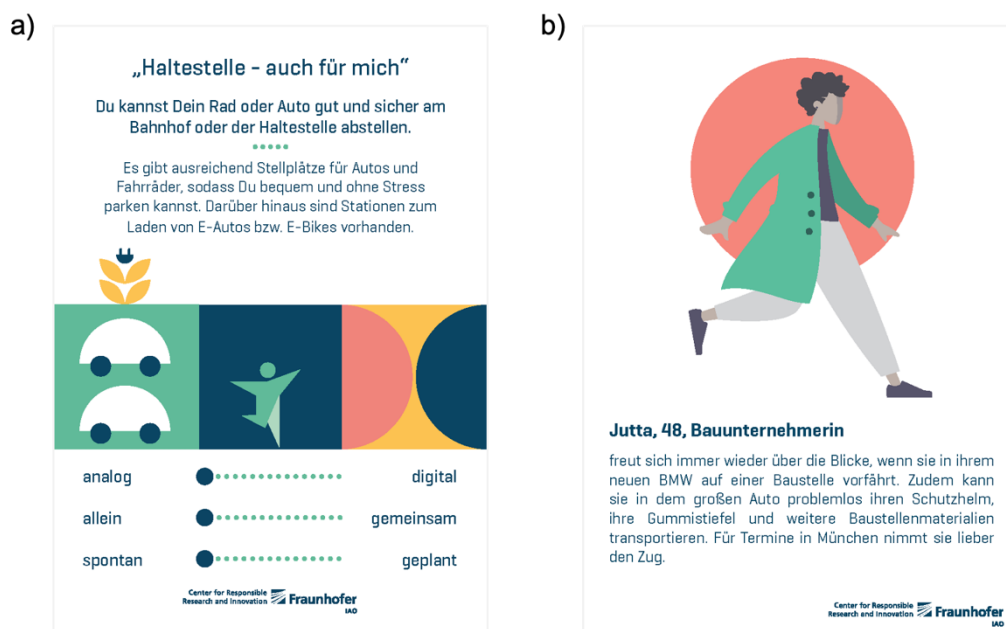
Zweck wurden situationsspezifische sowie an aktuellen Mobilitätstrends orientierte Fragestellungen gewählt. Im Gegensatz dazu legte die Strukturierung des Online-Dialogs an zwölf dafür provokant formulierten Thesen bzw. Fragen zur Zukunft der Mobilität die Grundlage dafür, Bürgerinnen und Bürger mit möglichen Zukünften der Mobilität zu konfrontieren, ihre Einstellungen gegenüber diesen zu erfahren und mögliche Bedarfe abzuleiten.

**Martin**

ID: 120 | 07.04.2020 19:41

Im Jahr 2030 möchte ich das Fahrrad, den Stadtbus, Bus, die Bahn, zu Fuß, Anrufsammeltaxi, Rufbus, Carsharing elektrisch, Mitfahrzentrale oder -bänke, je nach Bedarf was gerade am sinnvollsten ist, nutzen ohne selbst irgendetwas davon zu besitzen.

*Bild 3: Beispiel eines Diskussionsbeitrags eines Teilnehmenden des Online-Dialogs*



*Bild 4: Beispiel einer These aus dem Online-Dialog*

Durch die Anlehnung der formulierten Thesen im Online-Dialog an eine wissenschaftliche Studie zu Zukunftstrends in der Mobilität sowie der Ausrichtung eines Teils des Interview-Leitfadens an aktuellen, regionalen Mobilitätstrends, wurde zudem versucht, Wissen der Expertinnen und Experten in Alltagssprache zu überführen und somit den Wissensbestand der Bürgerinnen und Bürger an dem der Wissenschaft auszurichten [ADA17], [Aca19a], [Aca19b].

### **Ist-Analyse:**

Die Ist-Analyse stellte eine umfassende, literaturbasierte Auswertung der aktuellen mobilitätsbezogenen Situation in der Untersuchungsregion dar. Grundlage bildeten dabei Dokumente wie regionale Nahverkehrspläne oder Gutachten, Verkehrsentwicklungspläne, Strukturdaten oder verschiedene Regionalstatistiken.

Die Ist-Analyse diente als konstante Abgleichmöglichkeit zwischen den formulierten wünschenswerten Zukünften und dem aktuellem Ist-Zustand. Sie wurde durch das Forschungsteam erarbeitet.

### **Technologiescouting:**

Kern des Technologiescouting stellte eine umfassende Desk-Research und anschließende Literaturanalyse bezüglich möglicher technologischer Lösungen für die ermittelten Bedarfe dar. Ergänzt wurden die literaturbasierten Teilschritte durch neun Interviews mit Expertinnen und Experten. Bei der Rekrutierung möglicher Interviewpartnerinnen und -partnern wurde versucht, eine möglichst diverse Wissensexpertise bezüglich regionaler Mobilitätszustände abzubilden: es konnten Expertinnen und Experten aus den Bereichen Verkehr und Mobilität, Tourismus sowie Expertinnen und Experten mit spezifischer verkehrs- und regionaler Expertise berücksichtigt werden.

Während die Ausrichtung der beiden literaturbasierten Arbeitsschritte an potentiellen, zukünftigen Mobilitätslösungen eine Zukunftsorientierung zugrundelegte, stellten die Interviews mit Expertinnen und Experten eine detaillierte Exploration des Status Quo von mobilitätsbezogenen Angeboten in der Region dar und legte einen Schwerpunkt auf mögliche Hürden und Herausforderung bei der Umsetzung von potentiellen Lösungen.

Des Weiteren stand beim Technologiescouting im Fokus, die Bedarfe der Bürgerinnen und Bürgern mit sozialen und technischen Mobilitätslösungen anzureichern und somit eine erste Ausformulierung von konkreten Lösungsideen auf Grundlage der verschiedenen Wissensbestände vorzunehmen. Zu diesem Zwecke wurden vom Projekt-Team 20 Technologiekarten erstellt – diese stellten potentielle Mobilitätslösungen dar, die die verschiedenen Bedarfe adressierten (vgl. Bild 5).

### **Priorisierung möglicher Lösungen im Online-Workshop:**

Im Format eines Online-Workshops wurde im dritten Prozessschritt mithilfe von 22 Bürgerinnen und Bürgern aus der Region eine Ausgestaltung bzw. Priorisierung der zuvor entwickelten Technologiekarten vorgenommen. Bei der Zusammensetzung der Teilnehmenden wurde erneut auf eine möglichst heterogene Gruppenzusammensetzung geachtet. Dafür wurden im Vorfeld Kriterienlisten erstellt, anhand derer die Teilnehmenden eingeladen wurden. Dabei wurden Alter, Familiensituation, Geschlecht, bevorzugte Fortbewegungsart, Einkommensverhältnisse und Wohnsituation berücksichtigt.

Angesichts der durch die Bürgerinnen und Bürger vorgenommenen Priorisierung der Technologiekarten, stand die Spiegelung der bis hierhin entwickelten Lösungen an den aktuellen, gegenwärtigen Bedürfnissen verschiedener Gruppen von Nutzerinnen und Nutzern im Fokus. Die Priorisierung wurde dabei durch die designbasierte Methode der Immersion unterstützt, bei der Bürgerinnen und Bürger dazu angeregt wurden, sich mithilfe von acht verschiedenen Personas in bestimmte Gruppen von Nutzerinnen und Nutzern hineinzusetzen. Diese Personas standen dabei stellvertretend für verschiedene Personengruppen mit spezifischen mobilitätsbezogenen Bedarfen. So gab es beispielsweise Personas in unterschiedlichen familiären Situationen, mit verschiedenen Ansprüchen an Flexibilität in der Mobilität, mit diversen Einkommensverhältnissen, teilweise mit körperlichen Einschränkungen, in unterschiedlichen Altersgruppen,

verschiedenen Wohnsituationen und unterschiedlichem Geschlecht. So gab es beispielsweise die Persona „Jutta“ (vgl. Bild 5), die als Unternehmerin hinsichtlich Flexibilität und Transportmöglichkeiten besondere Anforderungen an die Mobilität hat oder eine weitere Persona, die aufgrund des hohen Alters und damit verbundenen körperlichen Einschränkungen besonders auf kurze Wege und Barrierefreiheit angewiesen ist. Kurze, alltagsnahe Beschreibungen sowie Illustrationen der Personas sollten es den Teilnehmenden erleichtern, sich in die jeweilige Persona hineinzusetzen.

Durch das gewählte Format war es darüber hinaus möglich, mehrere einzeln moderierte Kleingruppen zu bilden - somit war es möglich, die verschiedenen Wissensbestände bezüglich der Bedürfnisse der verschiedenen Gruppen zunächst einzeln zu explorieren und gegenüberzustellen. Die identifizierten Impulse wurden in der Folge vom Projektteam verdichtet und in vier übergeordnete Handlungsfelder für eine zukünftige Mobilität sowie ein holistische Zukunftsbild überführt.

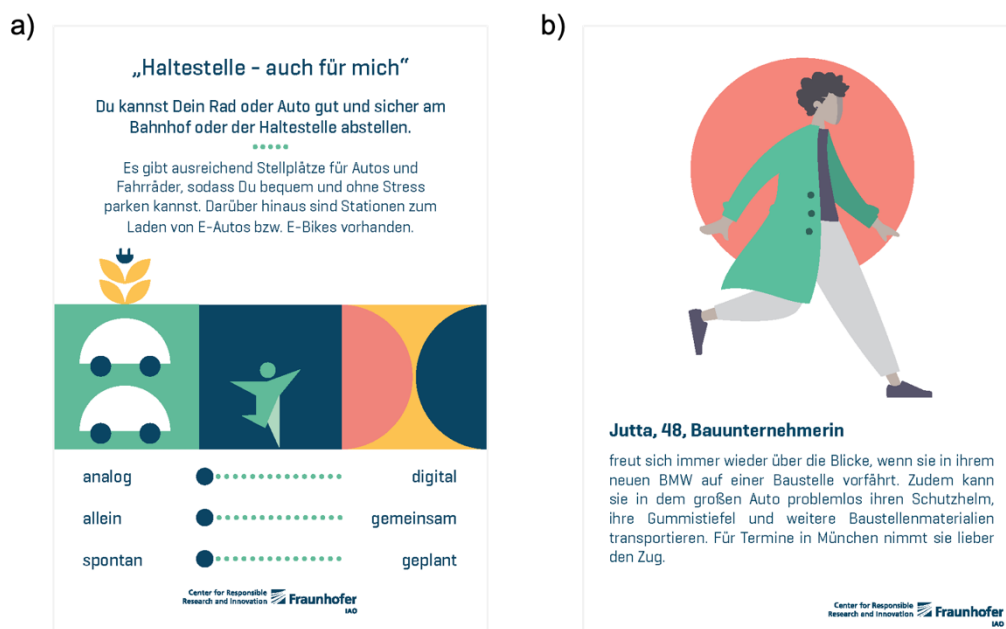


Bild 5: a) Beispiel einer Technologiekarte, b) Beispiel einer Persona

### Erstellung des Zukunftsbilds „Mobilität 2030“

Als erstes Ergebnis des ko-kreativen Prozesses wurde das Zukunftsbild „Mobilität im Bayerischen Wald 2030 – spontan, flexibel und unkompliziert unterwegs auch ohne eigenes Auto“ entwickelt. Es beschreibt, wie Mobilität im Jahr 2030 im Bayerischen Wald aussehen kann und soll. Dazu wurden die erhobenen Bedarfe auf Grundlage allgemeiner gesellschaftlicher und konkreter mobilitätsbezogener Trends extrapoliert und mit den Ergebnissen aus dem Technologiescouting und der priorisierten Lösungen der Bürgerinnen und Bürgern gespiegelt. Somit wurde ein für die Region realisierbares und wünschenswertes Zukunftsbild entwickelt, ein Bild, das eine präferierte und technologisch mögliche Soll-Situation darstellt. Von diesem Zukunftsbild können konkrete Maßnahmen im Hier und Jetzt abgeleitet werden. Um der doppelten Zielsetzung – wünschenswert und realisierbar – gerecht zu werden, wurde wie folgt vorgegangen: zunächst wurden die erhobenen Bedarfe und die priorisierten Technologielösungen durch



das Forschungsteam qualitativ zu vier inhaltlich übergeordneten Handlungsfeldern kondensiert. Zu den Handlungsfeldern wurden zunächst einzelne Szenarien entwickelt, die dann in einen Entwurf eines kohärenten, narrativen Zukunftsbilds zusammengefasst wurden. Im zweiten Schritt wurde diese Narration mit Stakeholdern aus der Region im weiter unten dargestellten Stakeholder-Workshop diskutiert. Die regionalen Stakeholder sollten das Zukunftsbild ergänzen, Aspekte daraus bewerten und kommentieren. Es ging dabei vor allem darum, was aus Sicht derjenigen, die in der Region aktiv an der Mobilität der Zukunft arbeiten, an diesem Zukunftsbild besonders wichtig ist, welche Aspekte umsetzbar wären und welche Hürden es dabei geben könnte. Im letzten Schritt wurden die Anmerkungen und Ergänzungen durch das Forschungsteam in das Zukunftsbild eingearbeitet. Das so entwickelte narrative Zukunftsbild bildet den Rahmen für das Mobilitätsmodell und die Handlungsempfehlungen.

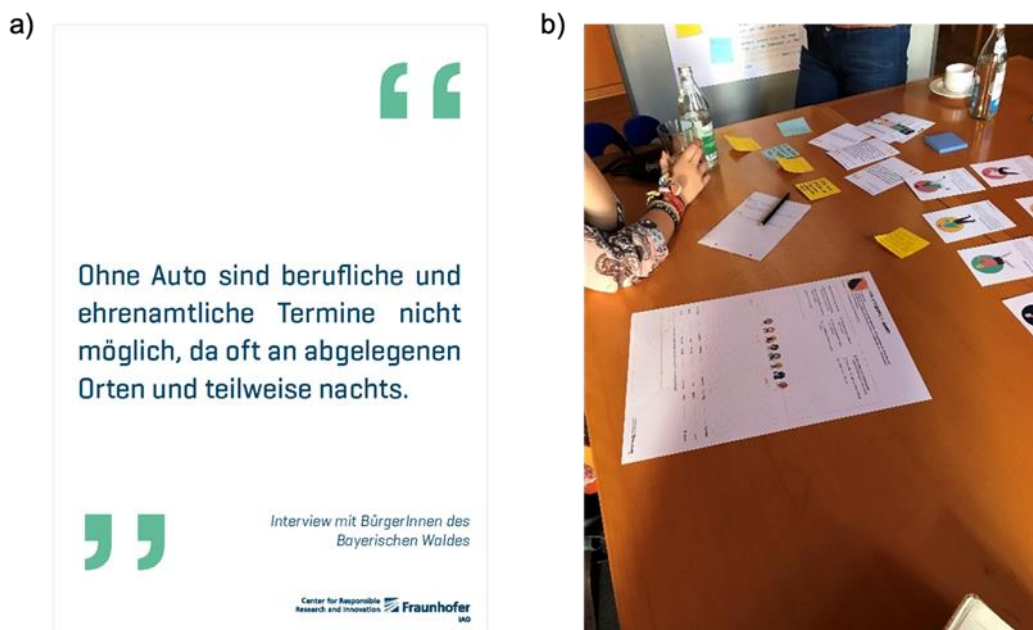


Bild 6: Diskussion und Kommentierung des Zukunftsbilds durch regionale Stakeholder

### Entwicklung von Lösungsideen in Stakeholder-Workshops:

Ziel der zwei Stakeholder-Workshops war es, mithilfe von ausgewählten Stakeholdern konkrete Lösungen für die Bedarfe der Bürgerinnen und Bürger an eine zukünftige Mobilität zu entwickeln. Für ein breites Fachwissen wurde dabei erneut auf eine möglichst heterogene Gruppenzusammensetzung geachtet. Es konnten insgesamt 23 Stakeholder rekrutiert werden. Diese entstammten aus Verwaltung, Wirtschaft, Politik, Gesellschaft und Forschung, wobei diverse Repräsentantinnen und Repräsentanten wie z.B. Klimaschutzbeauftragte, Mitglieder verschiedener Parteien, Repräsentantinnen und Repräsentanten aus der Handwerkskammer oder verschiedenen Bürgerinitiativen gewonnen werden konnten.

Die Lösungsentwicklung in den Stakeholder-Workshops wurde anhand der vier übergeordneten Handlungsfelder für eine zukünftige Mobilität strukturiert. So erfolgte in Kleingruppen eine Spezifizierung möglicher Lösungsideen für jeweils eines der Handlungsfelder. Zur Anregung bzw. zur Immersion wurden den Kleingruppen verschiedene Materialien wie die bereits zuvor verwendeten Personas, die zum jeweiligen Handlungsfeld zugeordneten Technologiekarten sowie jeweils passende Zitate von Bürgerinnen und Bürgern aus dem Schritt der Bedarfserhebung zur Verfügung gestellt. Während durch die Grundlage der Handlungsfelder eine generelle Zukunftsorientierung gegeben war, stand vor allem die Entwicklung konkreter umsetzbarer Lösungen, die zur Realisierung des Zukunftsbildes beitragen können, im Fokus. Zu diesem Zweck wurden zwei verschiedene Templates für die Lösungsentwicklung herangezogen. Das erste Template verfolgte das Ziel, entwickelte Lösungsideen den zugrunde liegenden Bedarfen der Bürgerinnen und Bürgern zuzuordnen und eine Priorisierung bzw. Auswahl einer der Lösungsideen vorzunehmen. Das zweite Template regte durch spezifische Fragen und vorgegebene Arbeitsschritte zur Konkretisierung der ausgewählten Idee an. Somit wurde versucht, verschiedene Perspektiven bei der Lösungsentwicklung mitzudenken, relevante Aspekte miteinzubeziehen und die Lösungsentwicklung zu strukturieren.



*Bild 7: a) Beispiel einer Zitatkarte für die Immersion, b) Entwicklung von konkreten Lösungsideen*

Durch den Einbezug der verschiedenen Stakeholder konnten die bisherigen Wissensbestände erneut um weitere Perspektiven erweitert werden. Auf dieser Grundlage war es im Anschluss an die Stakeholder-Workshops dem Projektteam möglich, neun konkrete Maßnahmen für eine Mobilitätsgestaltung zu verdichten und diese mit realisierbaren Handlungsempfehlungen anzureichern.

## 4 Diskussion

Ziel des vorliegenden Beitrags war es, die Weiterentwicklung eines gestaltungsorientierten, partizipativen Foresight zur Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen für die Gegenwart zur Erreichung eines partizipativ bestimmten Zukunftsbildes zu beschreiben [KGB+18], [HVH+18]. Damit wird insbesondere auf die Bedeutung eingegangen, die Foresight-Prozesse zur Entwicklung implementierbarer Lösungen haben können. Hebinck et al. sehen in der „creation of concrete strategies with a high chance of implementation“ eine zentrale Rolle solcher Prozesse [HVH+18].

Bei der Weiterentwicklung dieses Ansatzes wurden zwei zentrale Herausforderungen identifiziert: Zum einen die Frage, wie die vielfältigen Wissensarten der Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft gleichberechtigt einbezogen und zum anderen die Frage, wie Zukunftsorientierung und Gegenwartsbezug sichergestellt werden können.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen wurde der Prozess dabei so ausgestaltet, dass Personen mit unterschiedlichen Erfahrungen zusammenarbeiten konnten, um unterschiedliche „Arten“ von Wissen in Austausch zu bringen. Zu Beginn wurden dabei insbesondere Bürgerinnen und Bürger in den Prozess einbezogen, im späteren Verlauf dann Repräsentantinnen und Repräsentanten von Organisationen aus den Bereichen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.

Weiterhin wurden technologische und soziale Zukunftsthemen durch u.a. Zukunftsthesen und Mobilitätskarten allgemein verständlich und optisch ansprechend aufbereitet und somit auch für Laien verständlich dargeboten, sodass ein früher Einbezug von Bürgerinnen und Bürgern möglich wurde. Zuletzt wurde bei den Beteiligungsformaten durch gezielte Einladung und Bewerbung darauf abgezielt, heterogene und umfassende Sichtweisen zu erheben, um die Legitimität der Ergebnisse zu steigern, auch wenn sie keine Repräsentativität haben. Hierbei wurden mit Hilfe des Modells der Quadruple Helix verschiedene Wissensbereiche identifiziert, die mit Hilfe detaillierter Kriterien weiter ausgearbeitet wurden.

Bei der Umsetzung des Ansatzes im Projekt »Mobilität neu Denken« zeigten sich verschiedene Spannungsfelder, in denen ein solcher Prozess changiert.

### **Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbezug und Zukunftsorientierung**

In der praktischen Umsetzung zeigte sich, dass viele der beteiligten Bürgerinnen und Bürgern aber auch Stakeholder stark in der Gegenwart, aktuellen Erfahrungen und erlernten Limitierungen verhaftet sind. Da diese durch die Lebensrealität bei den beteiligten Bürgerinnen und Bürgern oder bei den Stakeholdern häufig auch durch die tägliche berufliche Beschäftigung sehr präsent sind, ist dies nachvollziehbar und kann helfen, potentielle Hindernisse und Risiken für den Foresightprozess frühzeitig aufzudecken und zu berücksichtigen. Ist-Analyse, Personas, fragegestützte Templates zur Projektentwicklung sind Methoden, die diesen Gegenwartsbezug sicherstellen können. Jedoch ist es wichtig, dass in den partizipativen Prozessen nicht zu stark in der Gegenwart gedacht wird und innovativen, neuartigen Ideen ausreichend Platz eingeräumt wird. Aus diesem Grund ist es wichtig, die geäußerten Bedenken ernst zu nehmen und festzuhalten, gleichzeitig sollte durch die Bereitstellung allgemein verständlicher Informationen, inspirierender Materialien und einer chancenorientierten Moderation darauf geachtet werden,

dass innovative, zukunftsorientierte Ideen geäußert und bearbeitet werden. Methodisch war es daher in allen Schritten des ko-kreativen Prozesses nötig, sowohl Inspirationen zu geben, die ein Zukunftsdenken ermöglichen, als auch Fragen und Vorlagen zu bieten, die konkrete Lösungen ermöglichen. Beispielsweise Zukunftsthesen, Trendrecherche und Zukunftsbild(weiter-)entwicklung sind dabei Methoden, die eine Zukunftsorientierung ermöglichen.

Auch die Erwartungen von Auftraggebern und Abnehmern der Foresightergebnisse stehen in einem Spannungsverhältnis zwischen Gegenwartsbezug und Zukunftsorientierung. So wechselten die Erwartungen und Ansprüche der Projektpartner und Stakeholder zwischen diesen beiden Polen.

### **Spannungsfeld zwischen Freiwilligkeit und größtmöglicher Repräsentativität**

Zentraler Bestandteil für die Legitimation der erarbeiteten Ergebnisse ist, dass die Gruppen der Quadrupel Helix (Gesellschaft, Wissenschaft, Wirtschaft & Politik) in größtmöglicher Heterogenität eingebunden sind, da eine vollständige Repräsentativität nicht zu erreichen ist. Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik haben häufig ein berufliches Interesse daran, regionale Entwicklungen mitgestalten zu können und sind daher meist bereit an entsprechenden Beteiligungsformaten teilzunehmen. Auch auf Seiten der Bürgerinnen und Bürger gibt es häufig eine große Bereitschaft an partizipativen Prozessen mitzuwirken, insbesondere, wenn das eigene Lebensumfeld betroffen ist oder spezifische Partikularinteressen bzw. eine spezifische Neugierde bestehen [RM20], [SHS19]. Da man jedoch auf die Freiwilligkeit der Teilnahme angewiesen ist, kommt dem Sampling (=Zusammenstellung der Stichprobe) eine umso größere Bedeutung zu, um die Abweichungen der Untersuchungsstichprobe zur Allgemeinbevölkerung möglichst gering zu halten. Essentiell ist dabei die Unterstützung von Praxispartnern vor Ort in der Untersuchungsregion, da diese über die entsprechenden Kontakte verfügen, um eine möglichst heterogene Gruppe zusammenzustellen.

### **Spannungsfeld zwischen Neutralität und Projektverantwortung**

Um einen ergebnisoffenen Prozess gewährleisten zu können ist es wichtig, dass sich die Projektverantwortlichen neutral verhalten und unterschiedliche Beiträge gleichberechtigt akzeptieren. Dafür ist es von Vorteil, wenn es sich um eine ortsfremde und überparteiliche Institution handelt, die weder wirtschaftlichen noch politischen Interessen unterliegt. Wichtig ist auch, dass jegliche Arbeitsmaterialien, sowie das Material für Ist-Analysen mit größtmöglicher Offenheit und ohne Wertung zusammengestellt wird.

## **5 Fazit**

Mobilität muss sich auch im ländlichen Raum grundlegend transformieren, um die umwelt- und klimapolitischen Ziele zu erfüllen, was den Umbau der Verkehrssysteme, der Verkehrsträger, der Verkehrsorganisation und nicht zuletzt auch eine Verhaltensänderung jedes einzelnen umfasst. Während die Transformation hin zu einer Klima- und umweltfreundlichen Automobilität im vollen Gang ist, ist der Weg zum veränderten Nutzungsverhalten noch nicht klar [Aca19b]. Repräsentative Befragungen wie der Mobilitätsmonitor zeigen, dass 75% der Bevölkerung das

Auto für unverzichtbar halten, hingegen nur 37% Stadt- und Regionalbusse – und das auch nur, wenn sie die Verkehrsmittel zumindest selten nutzen; ca. 57% der Wege werden im motorisierten Individualverkehr zurückgelegt [Aca21], [GBB+19].

Eine Möglichkeit, um mit der Diskrepanz zwischen Mobilitätsverhalten und klimapolitischen Zielen umzugehen, liegt in der Neugestaltung der öffentlichen Mobilität. In diesem Artikel wurde ein Vorgehen dargelegt, wie mit Hilfe eines partizipativen, gestaltungsorientierten Foresightprozesses konkrete Maßnahmen entwickelt werden können, um eine zukünftige, nachhaltige Mobilität im ländlichen Raum zu gestalten. Dabei wurden technologische und soziale Entwicklungen im Rahmen eines kollaborativen Prozesses in ein wünschenswertes Zukunftsbild und eine realisierbare Umsetzungsstrategie überführt. Der hier dargelegte Prozess verbindet wünschenswerte Zukunft und realisierbare Maßnahmen und bietet somit einen Weg, um die skizzierte Diskrepanz zwischen Zielsetzung und aktuellem Mobilitätsverhalten zu überbrücken.

Die so entwickelten Handlungsfelder und Maßnahmen zeigen die Notwendigkeit für eine neue Mobilität sowie eine positive Nutzen-Risiko-Bilanz auf und ermöglichen bei den Beteiligten Selbstwirksamkeit und bei allen in der Region eine emotionale Identifikation mit dem Vorhaben. Damit erfüllen diese Prozesse alle Voraussetzungen für eine hohe Akzeptanz der eingeleiteten Maßnahmen und sind somit im Besonderen geeignet, Diskrepanzen, die der Transformation der öffentlichen Mobilität zu Grunde liegen, zu überwinden [Ren15].

Im vorliegenden Artikel wurde dargestellt, wie ein solcher Ansatz praktisch umgesetzt werden kann, Spannungsfelder herausgearbeitet, in denen solche Projekte stehen, und Methoden vorgestellt, wie diese adressiert werden können. Im Ergebnis bietet der diskutierte Ansatz ein Ziel und mit dem *Modell zur Gestaltung der öffentlichen Mobilität im ländlichen Raum* auch einen Weg, für eine zukunftsfähige öffentliche Mobilität. Wenn es nun gelingt, die vorgeschlagenen Maßnahmen politisch zu verankern und umzusetzen, ist ein großer Schritt zu einer gemeinsamen Gestaltung von Mobilität im ländlichen Raum getan.

## Literatur

- [Aca19a] ACATECH: „Mobilität und Klimaschutz“. Gesellschaftliches Problembewusstsein und individuelle Veränderungsspielräume. München, 2019.
- [Aca19b] ACATECH: „Neue-autoMobilität II“. Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft. München: utzverlag GmbH, 2019.
- [Aca21] ACATECH: Mobilitätsmonitor 2021: Alle Ergebnisse - acatech. Unter: <https://www.acatech.de/mobilitaetsmonitor-2021-alle-ergebnisse/>, 2021.
- [ADA17] ADAC E.V.: Evolution der Mobilität. Unter: [https://assets.adac.de/image/upload/v1606826089/ADAC-eV/KOR/Text/PDF/ADAC\\_Studie\\_Evolution\\_der\\_Mobilitaet\\_deutsch\\_ik128f.pdf](https://assets.adac.de/image/upload/v1606826089/ADAC-eV/KOR/Text/PDF/ADAC_Studie_Evolution_der_Mobilitaet_deutsch_ik128f.pdf), 2017.
- [Bun19] BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG). Unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>, 2019.
- [CBC12] CARAYANNIS, E.; BARTH, T. D.; CAMPBELL, D.: The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. In: Journal of Innovation and Entrepreneurship, Ausgabe 1/ 2-2012.
- [Col82] COLLINGRIDGE, D.: The Social Control of Technology. Pinter, London, 1982.

- [Eur13] EUROPÄISCHE KOMMISSION: National/Regional Innovation Strategies for Smart Specialisation (RIS3). Unter: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/informat/2014/smart\\_specialisation\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/2014/smart_specialisation_en.pdf), 2013.
- [GS07] GEELS, F. W.; SCHOT, J.: Typology of sociotechnical transition pathways. In *Research Policy*, Ausgabe 36/3-2007, S. 399-417.
- [Gel21] GELLRICH, A.: 25 Jahre Umweltbewusstseinsforschung im Umweltressort – Langfristige Entwicklungen und aktuelle Ergebnisse. Umweltbundesamt. Unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_hgp\\_umweltbewusstseinsstudie\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_hgp_umweltbewusstseinsstudie_bf.pdf), April 2021.
- [GBB+19] GRUSCHWITZ, D.; BELZ, J.; BRAND, T.; EGGS, J.; ERMES, B.; FOLLMER, R.; ET AL.: Mobilität in Deutschland (MiD) – Ergebnisbericht. Unter [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf), 2019.
- [GPS+12] GUDOWSKY, N.; PEISSL, W.; SOTOUDEH, M.; BECHTOLD, U.: Forward-looking activities: incorporating citizens' visions - A critical analysis of the CIVISTI method. In: *Poiesis & Praxis*, Ausgabe 9/1-2012, S. 101-123.
- [HVH+18] HEBINCK, A.; VERVOORT, J. M.; HEBINCK, P.; RUTTING, L.; GALLI, F.: Imagining transformative futures: participatory foresight for food systems change. In: *Ecology and Society*, Ausgabe 23/2:16. Unter: <https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216>.
- [HKK+15] HEIDINGSFELDER, M. L.; KAISER, S.; KIMPEL, K.; SCHRAUDNER, M.: Shaping Future – New Methods for Participatory Technology Foresight. In Scherz, C.; Michalek, T.; Hennen, L.; Hebáková L.; Hahn, J.; Seitz, S. (Hrsg.): *The next horizon of technology assessment: Proceedings from the PACITA 2015 Conference in Berlin*. Technology centre ASCR, Prag, 2015.
- [HKB+15] HEIDINGSFELDER, M. L.; KIMPEL, K.; BEST, K.; SCHRAUDNER, M.: Adapting design know-how to reorient innovation towards public preferences. In *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, S. 291-298.
- [HSK16] HEIDINGSFELDER, M. L.; FLORIAN, S.; KAISER, S.: Participatory design in technology agenda-setting. In: Smith, K. (Hrsg.) *The 14th Participatory Design Conference*, S. 25-28, 2016.
- [HV15] HERTZSCH, E.; Vobruba, M.: Integration – Partizipation – Diversifikation: Städtische Mobilität und Infrastruktur der Zukunft. In *Bautechnik*, Ausgabe 92-2015, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, S. 207-211.
- [JKR10] JACOBI, A.; KLÜVER, L.; RASK, M.: Relevant Research in a Knowledge Democracy: Citizens' Participation in Defining Research Agendas for Europe. In: 't Veld, R. J. (Hrsg.) *Knowledge Democracy*, S. 87-98, 2010.
- [KGB+18] KAISER, S.; GLATTE, H.; BITTER, F.; HEIDINGSFELDER, M.: Zukunftsgestaltung als kollaborativer Prozess. Designbasierte Zukunftsszenarien als Strategietool in komplexen Ökosystemen. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*. Berlin, 8. und 9. November. Paderborn: Universität Paderborn; Heinz-Nixdorf-Institut (HNI-Verlagsschriftenreihe, 385), S. 227-244. 2018.
- [KMA+14] KUHN, R.; MBUNGU, G.; ANDERSON, E.; CHONKOVA, B.; DAMIANOVA, Z.; DAVIS, H.; DENCKER, S.; JØRGENSEN, M. L.; KOZAREV, V.; LARSEN, G.; MULDER, H.; PFERSDORF, S.: Deliverable 3.1 - Report on Current Praxis of Policies and Activities Supporting Societal Engagement in Research and Innovation. In: *Engage2010. Engaging Society in Horizon 2020*, 2014, Unter: <http://engage2020.eu/media/D3.1-Current-Praxis-of-Policies-and-Activities.pdf>.
- [PTA17] PIIRAINEN, K. A.; TANNER, A. N.; ALKÆRSIG, L.: Regional foresight and dynamics of smart specialization: A typology of regional diversification patterns. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Ausgabe 115-2017, S. 289-300.
- [Pre21] PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG: Klimaschonender Verkehr. Unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschonender-verkehr-1794672>, 2021.

- [Pro21] PROGNOSE: Zukunft von Wertvorstellungen der Menschen in unserem Land. Unter <https://www.prognos.com/de/projekt/zukunft-von-wertvorstellungen-der-menschen-unserem-land>, 2021.
- [Ren15] RENN, O.: Akzeptanz und Energiewende. Bürgerbeteiligung als Voraussetzung für gelingende Transformationsprozesse. In: Jahrbuch für Christliche Sozialwissenschaften. Online verfügbar unter <https://www.uni-muenster.de/Ejournals/index.php/jcs/article/view/1544>, 2015.
- [RW73] RITTEL, H.; WEBBER, M.: Dilemmas in a General Theory of Planning. In: Policy Sciences, Ausgabe 4-1973, Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, S. 155-169.
- [RGW18] ROSA, A.; GUDOWSKY, N.; WARNKE, P.: But do they deliver? Participatory agenda setting on the test bed. In: European Journal of Futures Research, Ausgabe 6/14-2018, S. 1-12.
- [SGK20] SCHROTH, F.; GLATTE, H.; KAISER, S.: Integrating civil society into regional innovation systems. In: International Journal of Innovation and Regional Development (IJIRD), Ausgabe 9/2-2020. Unter: <http://dx.doi.org/10.1504/IJIRD.2020.110507>, 22. Oktober 2020.
- [SG16] SOTOUDEH, M.; GUDOWSKY, N.: Civisti – A forward-looking method based on citizens' visions. In: Public Philosophy & Democratic Education, Ausgabe 5/2-2016, S. 73-86.
- [Umw20] UMWELTBUNDESAMT: Emissionsquellen. Unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-stationar>, 2020.
- [Van07] VAN DER HELM, R.: Ten insolvable dilemmas of participation and why foresight has to deal with them. In: foresight, Ausgabe 9/3-2007, S. 3-17.
- [RM20] RUDDAT, M., MAYER, V.: Wie beteiligen? <https://doi.org/10.18419/opus-10839>; S.7, 2020.
- [SHS19] SCHÜTZ, F., HEIDINGSFELDER, M. L. & SCHRAUDNER, M.: Co-shaping the Future in Quadruple Helix Innovation Systems: Uncovering Public Preferences toward Participatory Research and Innovation. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 5(2), 128–146. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.04.00>, 2019.

## Autoren

**Dr. Fabian Schroth** ist Senior Researcher am Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation. Seine aktuellen Projekte fokussieren auf partizipative und experimentelle Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit einem besonderen Schwerpunkt auf innovationsbasiertem Strukturwandel. Dabei entwickelt er Methoden und Prozesse, die einen Einbezug vielfältiger Akteure in die Gestaltung von Innovation und regionaler Entwicklung ermöglichen. Fabian Schroth ist seit 2016 bei Fraunhofer beschäftigt. Zuvor hat er an der TU Berlin in Soziologie zum Thema Politikexperimente promoviert.

**Dr. Moritz Maier** ist Senior Researcher am Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation. In seinen aktuellen Projekten beschäftigt er sich mit der verantwortlichen Gestaltung von Transformations- und Technologieentwicklungsprozessen. Dabei legt er insbesondere Wert auf die zielgruppengerechte Gestaltung der Elemente gesellschaftlichen Einbezugs. Moritz Maier ist seit 2020 bei Fraunhofer beschäftigt. Er studierte Psychologie an den Universitäten Tübingen und Granada und absolvierte am Graduate Training Centre of Neuroscience der International Max Planck Research School sowie der University of Toronto sein Promotionsstudium und promovierte zum Thema prosoziales Verhalten.

**Prof. Dr. Martina Schraudner** leitet das Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation und ist seit Januar 2018 im Vorstand der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. An der Technischen Universität Berlin leitet Prof. Dr. Martina Schraudner das Fachgebiet »Gender und Diversity in der Technik und Produktentwicklung«. Sie befasst

sich mit Methoden, Instrumenten und Prozessen, die Diversity für Organisationen und Unternehmen zugänglich und nutzbar machen. Martina Schraudner ist in nationalen und internationalen Auswahlgremien für anwendungsnahe Forschungs- und Innovationsprojekte tätig, u.a. für die Expertengruppe »Structural Change« der EU. Sie ist Mitglied im Hochschulrat der Universität Paderborn, im Kuratorium der Europäischen Akademie für Frauen in Politik und Wirtschaft (EAF) sowie im Vorstand des Kompetenzzentrums Technik-Diversity-Chancengleichheit e.V.

**Simone Kaiser** ist Leiterin des Center for Responsible Research and Innovation (CeRRI) des Fraunhofer IAO und führt das Team „Gesellschaftliche Trends und Technologie“. Gemeinsam mit ihrem Team identifiziert sie gesellschaftliche Wünsche und Ansprüche an neuen Technologien und in Transformationsprozessen. Für Akteure aus Wirtschaft, Forschung und Politik gestaltet entwickelt sie neue Prozesse und Methoden, um Innovationen verantwortlich zu gestalten und sie für die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen nutzbar zu machen. Simone Kaiser ist seit 2010 bei Fraunhofer, davor arbeitete sie vier Jahre im Beratungsbereich Innovation, Technologie und Bildung der Prognos AG in Berlin. Sie ist Co-Leiterin der AG Ethik der Initiative D21 und Mitglied im Scientific Advisory Board des World Fund. Simone Kaiser studierte Politik, Soziologie und VWL an den Universitäten Tübingen und Magdeburg.





## **Session VIII**



# **Wie Wild Cards unsere Zukünfte ändern. Eine Methode zur Integration von unerwarteten, aber möglichen Ereignissen in den Szenario-Prozess**

**PD Dr. Oliver Pfirrmann**

**Patrick Stuhm, M.Sc.**

*IQIB - Institut für qualifizierende Innovationsforschung und -beratung GmbH*

*Wilhelmstr. 56, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler*

*Tel. +49 (0) 26 41 / 973 -323 / -320*

*E-Mail: {oliver.pfirrmann/patrick.stuhm}@iqib.de*

**Lena L. Kronemeyer, M.Sc.**

**Prof. Dr. Martin G. Möhrle**

*Universität Bremen, Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI)*

*Enrique-Schmidt-Straße 1, 28359 Bremen*

*Tel. +49 (0) 421 / 21 866 -814 / -800*

*E-Mail: lena.kronemeyer@innovation.uni-bremen.de, moehrle@uni-bremen.de*

## **Zusammenfassung**

Wild Cards sind unerwartete, aber mögliche Ereignisse, die den Blick auf mögliche Zukünfte merklich verändern können. Der vorliegende Beitrag zeigt das Vorgehen bei der Entwicklung von Wild Cards und deren Integration in den Prozess der Szenario-Technik. Im Rahmen des Projektes FutureWork wurden Basisszenarien für die Arbeit der Zukunft im Übergang zum 22. Jahrhundert entwickelt. Als Teil des Prozesses wurden Wild Cards generiert, die von der aktuellen Science Fiction Literatur und Filmen inspiriert sind. Mit Bezug auf die Prozessschritte der Szenario-Technik wird hier ein methodischer Beitrag vorgestellt, der konkretisiert, wie die Auswirkungen eines breiten Spektrums an Wild Cards auf Basisszenarien untersucht und gleichzeitig die praktische Anwendbarkeit sichergestellt werden kann. Die Besonderheit des Vorgehens besteht darin, dass die Auswirkungen der Wild Cards deskriptor- bzw. projektionsweise analysiert und hinterher zusammengefasst werden. Die Inspiration von Wild Cards aus der Science Fiction-Literatur ebenso wie die Konkretisierung des genannten Prozessschrittes sind übertragbar auf zahlreiche andere Thematiken, die mittels der Szenario-Technik erschlossen werden können.

## **Schlüsselworte**

Zukunftsforschung, Szenario-Technik, Wild Card, Diskontinuität, Disruption, Störereignis, Trendbruchereignis, Arbeit der Zukunft, Science Fiction

# **How Wild Cards change our futures. A case study to implement possible, but unexpected events into the scenario process**

## **Abstract**

Wild Cards are unexpected but possible future events that may have important impacts on possible future developments. This article deals with our approach to develop and integrate Wild Cards into the scenario technique-process. As part of the FutureWork project, basic scenarios for the work of the future in the transition to the 22<sup>nd</sup> century were developed. As a part of that process, Wild Cards, inspired by current Science Fiction media have been elaborated. The process step of conventional scenario technique, namely ascertaining how the impact of a wide range of Wild Cards on basic scenarios can be investigated while ensuring practical applicability, has been substantiated. The distinctive feature of the process is that the impacts of Wild Cards are analyzed descriptor- or projection-wise and thus summarized. The procedure to use Wild Cards, being inspired by Science Fiction media, as well as substantiating the above-mentioned process step are transferable to numerous other subjects, to be researched by means of the scenario technique.

## **Keywords**

Futurology, Scenario Technique, Wild Card, Discontinuity, Disruption, Disruptive Event, Trend-breaking Event, Work of the Future, Science Fiction

## 1 Einleitung

Wie sieht die Arbeit von übermorgen aus? Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes „Arbeit im Übergang zum 22. Jahrhundert“ (FutureWork) wurden auf Grundlage der Szenario-Technik relevante Arbeitszukünfte für Deutschland entwickelt, die in Form von ausgearbeiteten (Basis)Szenarien dargestellt sind. Die besondere Herausforderung in diesem Projekt ist der weitgefaste Zeithorizont, der bewusst gewählt wurde, da schon in der Gegenwart Weichenstellungen für die Zukunft vorgenommen werden sollten, die in dieser und der nächsten Generation ihre Wirkung noch gar nicht richtig entfalten, sondern erst deutlich später.

Um diese Herausforderung anzugehen, wird einerseits die Szenario-Technik als bewährte methodische Grundlage herangezogen, andererseits wird das Potential der Science Fiction genutzt, um bestehende kreative Potentiale einbeziehen zu können und disruptiven Ideen eine Plattform zu bieten. Wir gehen dabei von der These aus, dass die Science Fiction dazu beitragen kann, die Zukunft der Arbeit weiter zu denken als es in bisher vorliegenden Untersuchungen möglich war. Die Science Fiction liefert aus literatur- und medienwissenschaftlicher Perspektive Beispiele zur Veranschaulichung und Vertiefung der erarbeiteten Szenarien. Dabei sind eine ganze Reihe von Wild Cards im Sinne unerwarteter, aber möglicher Ereignisse zu finden, die sowohl technischer, politischer, gesellschaftlicher wie auch ökologischer Natur sein können.

Es stellt sich nun die Frage, wie sich diese Wild Cards in den bewährten Prozess der Szenario-Technik einbinden lassen. Die bisherige Literatur empfiehlt prinzipiell deren Integration, gibt aber wenige konkrete Handlungshinweise. Daher haben wir ein Vorgehen entwickelt, das diese Lücke füllt. Der folgende Beitrag diskutiert dabei den Einsatz von Wild Cards mit Bezug auf die erarbeiteten Basisszenarien und klärt beispielgebend auch für andere Analysen, wie diese Ereignisse in einer langfristigen Perspektive Berücksichtigung finden können. Dabei gilt es, das Spannungsverhältnis zwischen einer weitgehenden Abdeckung der Wild Cards und einer übersichtlichen Präsentation der Basisszenarien in geeigneter Weise zu überwinden.

Im Folgenden wird die Behandlung von Wild Cards in der Szenario-Technik thematisiert (Kapitel 2). Vorgestellt werden dann das Projekt FutureWork und in komprimierter Form die vier Basisszenarien (Kapitel 3). Es folgt der Prozess der Generierung von Wild Cards im Projekt mit Bezug zur Science Fiction (Kapitel 4). Das hier im Mittelpunkt stehende Vorgehen bei der Einbindung ausgewählter Wild Cards in die Basisszenarien wird anschließend beschrieben (Kapitel 5). Abschließend wird der Beitrag resümiert (Kapitel 6).

## 2 Die Behandlung von Wild Cards (Trendbrüchen und Disruptionen) in der Szenario-Technik: Ein Blick in die Literatur

Schon früh wurde die Relevanz von Wild Cards im Prozess der Szenario-Technik hervorgehoben [GvR81]. Dabei wurde die Definition Dessen, was eine Wild Card ist und wie sie untergliedert werden kann, in mehreren Etappen geschärft. Auch gibt es einige Zusammenstellungen von Wild Cards. Hingegen gibt es nur ansatzweise Beiträge, die die Integration von Wild Cards

in die Szenario-Technik konkret in einem Vorgehensvorschlag ausführen. Hier setzt die vorliegende Studie an und zeigt ein praktikables Prozessmodell.

## 2.1 Definition und Gliederung von Wild Cards

Der Begriff der Wild Card stammt aus den 90er Jahren, zuvor und auch danach ist das Konzept weiterhin zu finden, wenn auch unter verschiedenen Bezeichnungen wie Diskontinuität, Disruption, Störereignis und Trendbruchereignis [BCI92], [Pet97], [SS03], [GFS96], [SCR03], [SMS+15]. Auch wenn leichte Bedeutungsunterschiede zwischen den vorgenannten Begriffen zu finden sind, ist doch die Menge an übereinstimmenden Grundideen so immens, dass sich eine einheitliche Bezeichnung, nämlich Wild Cards, anbietet. Der Begriff „Wild Card“ ist zudem im Vergleich zu den anderen Begriffen eher wertneutral gehalten, umfasst also weder eine negative noch eine positive Konnotation und vermeidet damit ein vorschnelles Werturteil über zukünftige Aspekte.

Geschka und von Reibnitz definieren Wild Cards als Ereignisse oder Entwicklungen, deren Eintreten zwar unwahrscheinlich und schwer vorhersehbar, dafür plötzlich und mit weitreichenden Auswirkungen verbunden ist [GvR81]. GAUSEMEIER et al. weisen darauf hin, dass eine Wild Card meistens als ein Störfaktor bezeichnet wird, was ihr allerdings eine negative Bedeutung zuschreibt [GFS96]. Wild Cards können durchaus auch einen positiven Charakter haben. Steinmüller und Steinmüller kennzeichnen Wild Cards ebenfalls als Ereignisketten (also über singuläre Ereignisse hinausgehende Entwicklungen) [SS03].

Eine nützliche Gliederung von Wild Cards präsentieren Smith und Dubois, indem sie sechs Dimensionen aufspannen, nämlich Prozess (u.a. schleichend, plötzlich), Plausibilität (u.a. vorstellbar, kaum vorstellbar), Themenherkunft nach STEEP, Typ des Bruches (u.a. umkehrbarer Impuls, Sackgasse), Zeit (u.a. sofort, verzögert) und Einfluss (u.a. lokal, global) [SD10]. MOHAMMADI et al. ergänzen dies um die weitere Dimension des Ursprungs, nämlich ob eine Wild Card natürlichen oder künstlichen Ursprungs ist [MES17].

Es gibt eine Anzahl an Zusammenstellungen möglicher Wild Cards, beispielsweise bietet der Beitrag von Steinmüller und Steinmüller einen Katalog an Wild Cards angelehnt an Basistrends dar [SS03]. Eine bereits in dieser Publikation erwähnte, aber noch nicht in Form eines Vorgehensvorschlags beantwortete Fragestellung liegt darin, ob sich nicht die vor allem in der Science Fiction-Literatur, aber auch in Filmen verborgene Kreativität nutzen lässt, um relevante Wild Cards aufzuspüren. Dies wird in Kapitel 4 weiter untersucht und konkretisiert.

## 2.2 Integration von Wild Cards in die Szenario-Analyse

In der Literatur herrscht Einigkeit über die Relevanz von Wild Cards und deren Einbau in die Szenario-Analyse [GvR81], [Rei92], [SCR03], [SS03], [KGE+08], [SD10], [SMS+15]. Allerdings weisen schon NOWACK et al. in ihrer Übersicht über Szenario-Studien darauf hin, dass nur in wenigen Studien Wild Cards auch tatsächlich einbezogen werden [NEG11]. Ebenso wenig scheint es einen Vorgehensvorschlag zu geben, welcher den Trade-off zwischen breiter Abdeckung des Wild Card-Spektrums und einer übersichtlichen Präsentation zusammen mit den Basisszenarien thematisiert. Drei Perspektiven des Einbezugs von Wild Cards werden in der

bisherigen Literatur vorgeschlagen: Wild Cards als Robustheitschecks für Szenarien, Wild Cards als additive (losgelöste) Elemente im Prozess der Szenarienerstellung sowie Wild Cards in einer Matrix-Denkweise mit qualitativer Interpretation.

Einige Arbeiten empfehlen Wild Cards für einen Robustheitscheck der entwickelten Szenarien. „Im Anschluss an die Konstruktion von Szenarios können Wild Cards eingesetzt werden (vgl. STEINMÜLLER und STEINMÜLLER), um Entwicklungen zu antizipieren, die im Szenarioprozess zunächst ausgeklammert wurden und um ihre Folgen für die Szenarien zu analysieren [SS03, S.54 ff.]. Dabei werden sie häufig verwendet, um die Robustheit von Szenarien zu ‚testen‘. Denn ein Szenario, das durch jede beliebige Wild Card völlig ‚auseinanderfällt‘, kann als wenig stabil und robust gelten. Es wird empfohlen, erstens eine breitere Palette an Wild Cards zu betrachten, und nicht nur einige wenige. Zweitens sollten zwar primär ‚negative‘ Wild Cards, die das Szenario ‚gefährden‘, eingespielt werden, um die Robustheit von Szenarien zu testen. Aber auch ‚positive‘ Wild Cards durchzuspielen ist sinnvoll, um auch unerwartete Folgen zu betrachten. Drittens sollten sowohl Wild Cards betrachtet werden, die aus dem zentralen Themenfeld des Szenarios stammen, als auch solche, die die Rahmenbedingungen betreffen.“ [KGE+08, S. 59].

Andere Arbeiten schlagen eine additive Betrachtung vor. Beispielsweise berichten SCHWAB et al. von einem Workshop, in dem die Teilnehmenden Wild Cards mit dem vermuteten Einfluss auf zwei Basisszenarien bewerten und beschreiben [SCR03]. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden sodann präventive und reaktive Maßnahmen entwickelt.

Ein weiterer Einbezug von Wild Cards in den Prozess der Szenarienerstellung sieht eine matrixhafte Denkweise mit qualitativer Auswertung vor. Der Forschende legt „frühzeitig einen Störereigniskatalog an, in den sowohl während der Faktorenermittlung als auch während der Projektionsentwicklung jeweils Wild Cards eingetragen werden. Im Anschluss an die Szenario-Entwicklung werden die Störereignisse mit den einzelnen Zukunftsbildern verknüpft. Die Ergebnisse können dann aus zwei Richtungen gelesen werden: Zunächst kann geklärt werden, innerhalb welcher Szenarien ein Störereignis überhaupt eintreten kann. Andersherum kann aber auch gefragt werden, ob ein bestimmtes Szenario beim Eintreten eines Störereignisses noch eine realistische Zukunftsoption ist“ [FS16, S. 130]. Ähnlich gehen auch SMITH und DUBOIS [SD10] vor.

Die matrixhafte Denkweise mit qualitativer Auswertung bietet bisher den wohl fortschrittlichsten Einbezug von Wild Cards in den Prozess der Szenarienerstellung. Eine Verbesserungsmöglichkeit dieses Vorgehens liegt in der Auflösung der Szenarien in ihre Einzelprojektionen und der projektionsweisen Abschätzung des Einflusses einer Wild Card, wodurch sich dann wieder ein Gesamteinfluss aggregieren lässt. Ein solches Vorgehen ermöglicht unter anderem auch, ein breites Spektrum an Wild Cards effizient zu untersuchen. Dies wird in Kapitel 5 weiter aufgezeigt.



### 3 Das Projekt FutureWork und seine vier Basisszenarien

Mit dem vom BMBF geförderten Projekt FutureWork wird Neuland betreten. Was dieses Projekt von anderen Studien zur Zukunft der Arbeit unterscheidet ist zum einen der Versuch, „Arbeit im Übergang zum 22. Jahrhundert“ vorauszudenken und dies zum anderen mithilfe ausgewählter Literatur- und Filmbeiträge aus dem Genre Science Fiction (SF) wissenschaftlich zu untermauern.<sup>1</sup> Ausgangspunkt unserer Arbeit sind mehrere Überlegungen: Zur Zukunft der Arbeit hat es in den letzten Jahren eine Vielzahl von Studien und Diskussionsbeiträgen gegeben [Pro12], [Kre14], [DW16], [KD16]. Eine relevante Anzahl dieser Beiträge hat einen Prognosehorizont von 15 oder 20 Jahren; einige wenige von bis zu 30 Jahren. Sie erreichen damit Zeiträume, die innerhalb einer „Mehr-Generationen-Perspektive“ noch als diskussions- und handlungsrelevant verstanden werden können. Dabei wird oftmals übersehen, dass schon in der Gegenwart Weichenstellungen für die Zukunft vorgenommen werden sollten, die in dieser und der nächsten Generation ihre Wirkung noch gar nicht richtig entfalten, sondern erst viel später. Der technologische Wandel und der Klimawandel können dafür als Beispiele herangezogen werden. Der von uns gewählte methodische Ansatz innerhalb von FutureWork, die Szenario-Technik, ist in der Zukunftsforschung indes bewährt und etabliert. Für einen Analysezeitraum von mehr als 20 Jahren gelten aber besondere Anforderungen: Anders als viele Szenarien versucht sich dieses Projekt an Zukunftsentwürfen, indem es die Perspektive und, soweit möglich, die Kategorien seiner Gegenwart verlässt.

Die vier hier vorgestellten Szenarien umfassen (1) das Race-to-the-Bottom-Szenario, (2) das Automatisierungsszenario, (3) das KI-Technokratie-Szenario sowie (4) das Postwachstumsszenario. Sie sind Ergebnis der Literaturrecherchen in den Bereichen Arbeitsforschung, Technologievorausschau, Science Fiction, speziell aus der Fachrichtung Cyber Punk, und die Analyse sogenannter Frühstudien aus den 1960- und 1970er Jahren. Ergänzt wird das durch 15 Interviews von Expertinnen und Experten sowie einer Fachtagung mit über 100 Personen aus Wissenschaft und Politik sowie Sozialpartnern. Insgesamt stehen bei diesem Projekt 32 ausführlich recherchierte Deskriptoren mit insgesamt 103 Projektionen zur Auswahl. Für die Szenarioberechnung sind jeweils 25 ausgewählte Deskriptoren mit durchschnittlich drei Projektionen zum Einsatz gekommen und tragen so zu einem vollständigen Szenario bei. Alle Szenarien sind mit der Szenario-Software INKA (Version 4) errechnet worden. Ausgewählt wurden Szenarien, die den entsprechenden Gütekriterien (Konsistenz) entsprechen. Im Folgenden werden aus den Basisszenarien nur ausgesuchte Kerndeskriptoren und die dazugehörigen Projektionen präsentiert, um einen grundlegenden Eindruck zu den Szenarien zu vermitteln.

Die Kerndeskriptoren wurden aus dem Pool aller für das Szenario verwendeten Deskriptoren selektiert. Ausschlaggebend waren hierfür verschiedene Bewertungskriterien, wie beispielsweise Relevanz- und Wirkungsanalyse, dabei waren folgende Fragen maßgeblich: Wie hoch ist die Relevanz des Deskriptors? Trifft er wesentliche Aussagen in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand und auf das jeweilige Szenario? Wie stark ist der Vernetzungsgrad des De-

---

<sup>1</sup> Für die Architektur und Stadtplanung gibt es eine Referenzstudie mit Science Fiction-Bezug; vgl. [PMK15].

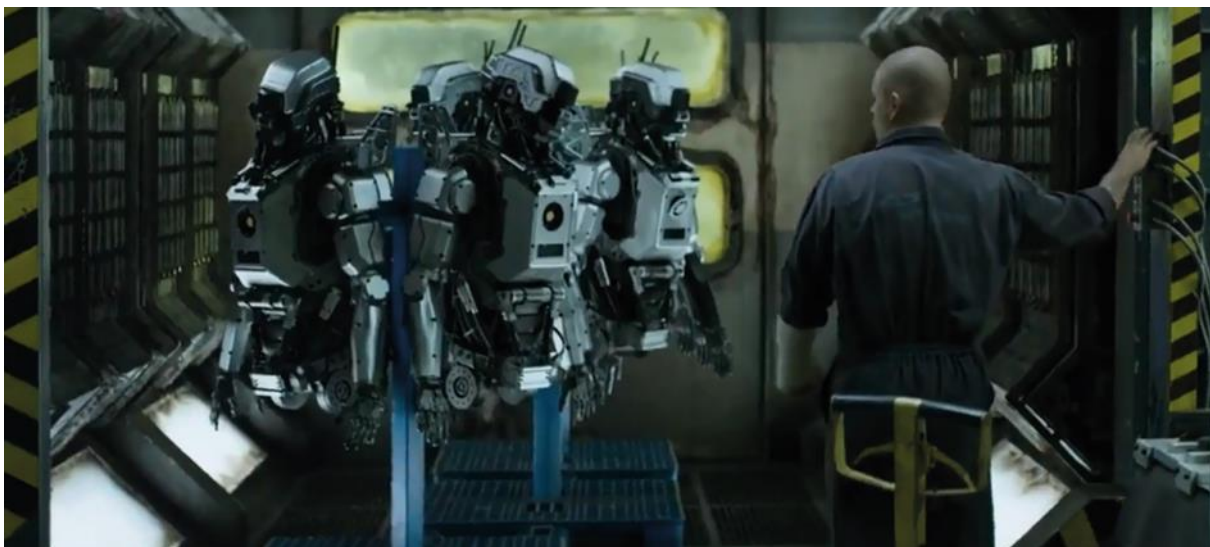
skriptors? Wirkt er sich auf andere Faktoren ebenso aus, wie sich andere Faktoren auf ihn auswirken? Besteht eine ausreichende Trennschärfe zwischen den Kerndeskriptoren in Bezug auf das jeweilige Szenario?

So gleichen sich die Kerndeskriptoren zwischen den jeweiligen Szenarien nicht, da Relevanz, Vernetzung und Trennschärfe je nach Auswahl der zugrunde liegenden Deskriptoren variieren. Von den 32 zur Auswahl stehenden Deskriptoren wurden jeweils 25 für die finale Berechnung ausgewählt. Da sich die „Sets“ an Deskriptoren immer unterscheiden, also nicht die 25 identischen Deskriptoren zur Berechnung stehen, unterscheiden sich auch die Kerndeskriptoren. Die geeignetsten Projektionen innerhalb eines Szenarios, werden durch die Szenario-Software INKA 4 errechnet, welches als Gütekriterium die Konsistenz des gesamten Szenarios, also die Folgerichtigkeit aller Projektionen im Verbund, verwendet. Insofern muss man hier unterscheiden: Im Gegensatz zu den Deskriptoren, werden die Projektionen nicht selektiert, sondern errechnet.

Da im Vordergrund des Beitrags die Frage nach der Einbindung von Wild Cards in Szenarien steht, haben wir uns entschlossen, die ausführliche Entwicklung und inhaltliche Beschreibung der Szenarien zugunsten der Methodik zurückzustellen.

### 3.1 Race to the Bottom-Szenario

Beim Race to the Bottom-Szenario handelt sich um ein dystopisches Szenario, in dem Arbeit zur Ware geworden ist. Gesteuert von globalen Konzernen und verstärkt durch eine starke globale Konkurrenzsituation, wird Arbeit ausschließlich nach Leistung vergeben und bezahlt. Arbeitstätige sind weitgehend entrechtet, jederzeit ersetzbar und sie verfügen über keine soziale oder arbeitsschutzspezifische Absicherung (vgl. Bild 1).



*Bild 1: Race to the bottom-Szenario, Eigener Screenshot aus: Elysium (2013), Columbia Tristar*

Die relevanten Kerndeskriptoren sind „Beschäftigungsverhältnis“, „Regierungsform“, „Globalisierung“, „Arbeitsschutz“ und „Kompetenz“. Jeder Deskriptor hat zwei bis vier verschiedene Projektionen, also Ausprägungen. Abhängig davon, welche Ergebnisse die Szenario- Software

errechnet hat, wird jedem Deskriptor eine Projektion zugewiesen (vgl. Bild 2). Für den Deskriptor Beschäftigungsverhältnis gilt die Projektion "Ohne festen Arbeitsvertrag/ Leistungsabhängig", es besteht eine „corporate-rule optimierte“ Regierungsform, globale Verflechtungen sind bis in den letzten Winkel ausgeweitet, Arbeitsschutz besteht nur individualisiert und im Bedarfsfall und erforderliche Kompetenzen beschränken sich auf einfache Befähigungen.

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| Beschäftigungsverhältnis | → | Ohne festen Arbeitsvertrag / leistungsabhängig |
| Regierungsform           | → | Corporate-rule optimiert                       |
| Globalisierung           | → | Ausweitung der globalen Verflechtung           |
| Arbeitsschutz            | → | Individualisiert und im Bedarfsfall            |
| Kompetenz                | → | Einfache Befähigung                            |

Bild 2: Projektionen der Kerndeskriptoren, Eigene Darstellung

### 3.2 Automatisierungsszenario

Für das "Automatisierungsszenario" begeben wir uns in eine Arbeitswelt, die von automatisierter Arbeit bestimmt ist. Der Mensch wird in seiner Rolle als Arbeitskraft in allen automatisierbaren Bereichen durch Maschinen verdrängt, weshalb er zunehmend Nischen finden muss, um seine Existenz zu sichern – so suchen Menschen Arbeit und Ressourcen beispielsweise in neuen Arbeitsumgebungen, wie im Weltall oder der Tiefsee. Wenn es Arbeit gibt, ist diese überwacht, fremdbestimmt und auf Zwang gestützt (vgl. Bild 3).

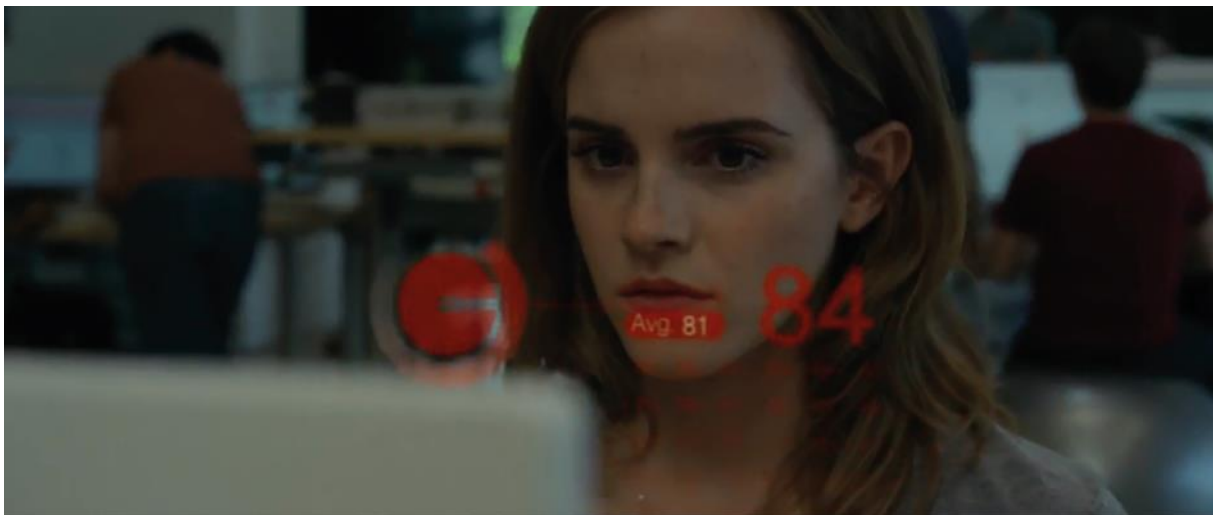


Bild 3: Automatisierungsszenario, Eigener Screenshot aus: *The Circle* (2017), Universum Film GmbH

Die relevanten Kerndeskriptoren sind Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine, die Arbeitsumgebung, Kommodifizierung, also Kommerzialisierung von Waren und Dienstleistungen, der Automatisierungsgrad von Arbeitsprozessen und die Leistungskontrolle bei der Arbeit (vgl. Bild 4). Die ausgewählten Ausprägungen der Deskriptoren spiegeln diese Arbeitswelt, in

der Menschen sich auf der Suche nach Arbeit Zwängen unterwerfen müssen, wider. Die Verdrängung durch Maschinen löst eine Suche nach völlig neuen, von Maschinen unangefochtenen, Arbeitsumgebungen aus. Dabei wird Zwangsarbeit und extreme Kontrolle in Kauf genommen, um in der vollautomatisierten Arbeitswelt von übermorgen einen Platz zu finden.

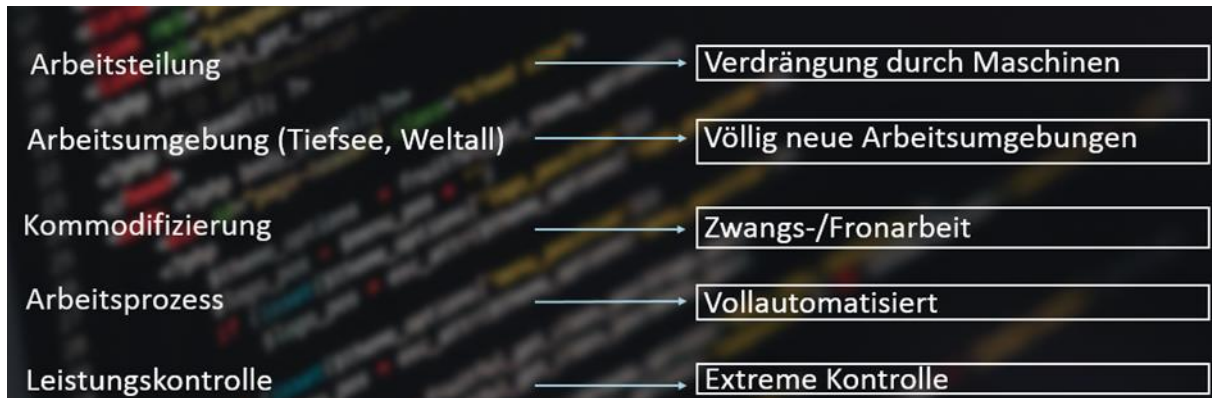


Bild 4: Projektionen der Kerndeskriptoren (Eigene Darstellung)

### 3.3 KI-Technokratie-Szenario

Bei unserem dritten Szenario handelt es sich um die "KI-Technokratie". Auch in dieser Arbeitswelt ist die Produktion automatisiert. Technologie spielt ebenso eine entscheidende Rolle wie im Automatisierungsszenario, jedoch wird die wirtschaftliche Entwicklung mit Hilfe einer KI-gestützten Planwirtschaft staatlich gesteuert. In dieser hoch technologisierten Welt sind Werte nicht anhand von Herkunft, Aussehen, Glauben oder Daseinsform festgelegt. Alle Existenzen sind gleichberechtigt und gleichermaßen verpflichtet ihre ökologische Umwelt intakt zu halten, weshalb die Wirtschaft der Zukunft in Deutschland vollständig auf Herstellungstechnologien verzichtet, die die Umwelt belasten (vgl. Bild 6).



Bild 5: Eigener Screenshot aus: Transcendence (2013), Alcon Entertainment, LLC

Aus ebendiesem Grund ist "Umweltschutztechnologie" einer der Kerndeskriptoren. Geringe Autonomie bei der Arbeit, Umgang mit Vielfalt im Arbeitskontext, ebenso wie die entsprechenden Ausprägungen von Regierungsform und Wirtschaftspolitik formen dieses Szenario,

welches utopische aber auch dystopische Merkmale in sich vereint (vgl. Bild 6). Technologie erlaubt Verbesserungen des Lebensstandards, der Sicherheit, ebenso wie der Arbeitsumstände, was sich auch im ausschließlichen Einsatz erneuerbarer Energien und der Akzeptanz gegenüber Andersdenkenden und -lebenden niederschlägt. Der technokratische Staat, der diesen Fortschritt mittels künstlicher Intelligenz vorantreibt, benötigt jedoch eine immense Menge an Daten. Die Kontrolle inner- und außerhalb des Arbeitskontextes ist entsprechend hoch. Zwar sind Arbeitstätige hoch gebildet, jedoch verfügen sie aufgrund der KI-geplanten und -gesteuerten Organisation von Arbeit über einen geringen Grad an Selbstbestimmung in ihrer Arbeit.



Bild 6: Projektionen der Kerndeskriptoren (Eigene Darstellung)

### 3.4 Postwachstumsszenario

Das Postwachstumsszenario Deutschlands im Übergang zum 22. Jahrhundert ist geprägt von einer Gesellschaft, in der der eigene Lebensunterhalt nicht mehr erarbeitet werden muss. Es gibt keine Diskriminierung mehr, keine Armut, demokratische Gleichberechtigung ist durchgesetzt. Ein bedingungsloses Grundeinkommen sichert die grundlegenden Bedürfnisse der Bevölkerung ab. Klassische Erwerbsarbeit findet nicht mehr statt, vielmehr ist noch vorhandene Arbeit dezentralisiert und selbstorganisiert als Mittel zur individuellen Selbstentfaltung (vgl. Bild 7).



Bild 7: Postwachstumsszenario, Eigener Screenshot aus: Star Trek Enterprise – Todesstation (2004), CBS Television Studios

Die Kerndeskriptoren für die Postwachstumsgesellschaft bestehen aus einer Mischung aus arbeits- und rahmenspezifischen Deskriptoren: „Betriebliche Struktur“, ebenso wie „Kommodifizierung“ und „Wirtschaftsordnung“ beziehen sich auf die Ausgestaltung und Umsetzung von Arbeit; die Soziale Sicherung und Verfügbarkeit von Ressourcen geben den Rahmen vor, wirken sich aber auch direkt auf Arbeit und Arbeitstätige aus (vgl. Bild 8). Der Staat ist die wichtigste Antriebsfeder für Wirtschaft, Technologie und Entwicklung. Um ein Auskommen basierend auf einem Grundeinkommen zu gewährleisten, muss die überwiegende Mehrzahl an Ressourcen mit geringem Aufwand zur Verfügung gestellt und effektiv genutzt werden. So kann Arbeit in der entstandenen Postwachstumsgesellschaft ohne Knappheit und ohne Verteilungskonflikte, freiwillig und flexibel organisiert auf die Bedürfnisse der Bevölkerung ausgerichtet werden.



Bild 8: Projektionen der Kerndeskriptoren (Eigene Darstellung)

#### 4 Generierung sowie Auswahl von Wild Cards anhand von Science Fiction

Die inhaltliche und konzeptionelle Entwicklung von Wild Cards ist innerhalb des Projektes FutureWork in mehreren Schritten durchgeführt worden.

- 1) Sammlung von Vorschlägen auf einer Fachtagung in 2020 durch eine schriftliche Befragung;
- 2) Ergänzende Recherche und Vertiefung von Wild Cards auf Grundlage von Science Fiction-Literatur, -Filmen und Studien aus den Bereichen Technologie, Ökonomie und Gesellschaft;
- 3) Auswahl von Vorschlägen für Wild Cards im Kontext der Basisszenarien durch die Bewertung von Signifikanz und Wahrscheinlichkeit der ausgewählten Wild Cards innerhalb des Projektteams;
- 4) Spiegelung der Wild Cards an den Projektionsbündeln, die den Basisszenarien zugrunde liegen, und Analyse der Auswirkungen.

Im Projekt FutureWork war vorgesehen, erste Ergebnisse 2020 auf einer Fachtagung mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Stakeholdern aus Wirtschaft und Gewerkschaften zu präsentieren und zu diskutieren. Pandemiebedingt konnte diese Veranstaltung nur virtuell durchgeführt werden, was jedoch die Möglichkeit bot, alle rund 100 Teilnehmenden im Rah-

men einer Online-Befragung zu den Zwischenergebnissen und eigenen weiterführenden Überlegungen zu befragen. Erfragt wurden Wild Cards, die sich auf die thematischen Umfeld der Arbeit von übermorgen auswirken. Besonderes Augenmerk galt dabei Arbeitsformen, Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung, aber auch technologischen, ökonomischen und gesellschaftspolitischen Entwicklungen. Aus der Befragungsauswertung ergab sich eine Vielzahl von Vorschlägen für Wild Cards wie bspw. klimabedingte Umweltveränderungen, Pandemien oder Technologien mit merklichem „disruptivem“ Charakter und sogenannte „weak signals“ wie „Gaming als Arbeitsform der Zukunft“.

Im zweiten Schritt sind diese Wild Cards durch Recherchen auf Grundlage von Science Fiction-Literatur, -Filmen und Studien aus den Bereichen Technologie, Ökonomie und Gesellschaft vertieft worden. Hierbei sind, neben der bereits in vorgehenden Schritten berücksichtigten Science Fiction-Literatur aus dem Sub-Genre Cyber Punk sowie relevanten Filmen, Studien von Zukunftsforschern und Studien mit einem langfristigen prognostischen Charakter einbezogen worden. Die Rechercheergebnisse sind synoptisch aufbereitet und in einer Tabelle mit Teilergebnissen aus den verschiedenen Arbeitspaketen des Projektes zusammengeführt worden.

Im dritten Schritt ist aus dieser Übersicht ein Kurzfragebogen entwickelt worden, der eine Auswahl von als relevant betrachteten Wild Cards für die vorliegenden Basisszenarien beinhaltet. Der Kurzfragebogen ist innerhalb des Projektteams verteilt worden mit der Maßgabe, die Wild Cards mit Bezug zu den Basisszenarien zu bewerten. Grundlage waren zwei Kriterien: zum einen die Wahrscheinlichkeit (Wie wahrscheinlich ist der Eintritt dieser Wild Cards in dem Szenario) mit den Kategorien 3 = sehr wahrscheinlich; 2 = wahrscheinlich; 1 = kaum wahrscheinlich; 0 = nicht wahrscheinlich). Zum anderen die Signifikanz der Wild Cards (Wie stark ist der Einfluss auf das Szenario), mit den Kategorien 3 = sehr stark; 2 = stark; 1 = gering; 0 = kein Einfluss. Bei dieser Methodik haben wir uns an den Vorarbeiten von Geschka/von Reibnitz [GvR81, S.46ff] orientiert, die diese Vorgehensweise ausführlich beschrieben haben.

Die Bewertungen sind dann als Grundlage für die finale Auswahl der Wild Cards verwendet worden. Das beschriebene Vorgehen begründet sich in dem bereits in Kapitel 2 beschriebenen Trade-off. Zum einen soll das Spektrum der Wild Cards breit gefächert sein, gleichzeitig aber eine übersichtliche Präsentation der Szenarien zusammen mit den Basisszenarien ermöglicht werden. Je Szenario wurde deshalb nur eine einzelne, dafür aber einflussstarke Wild Card betrachtet, um deren Einfluss zu analysieren. Berücksichtigt worden sind die folgenden Wild Cards: „Genetische Optimierung von Pflanzen, Tieren und Menschen“, „Nanotechnologie für „molekulare Bausteine“ zur flexiblen Erschaffung von Objekten“, „Unumkehrbare Erderwärmung auf tropische Temperaturen“ sowie „Zusammenbruch des Wirtschaftssystems in Verbindung mit sozialen Umbrüchen“. Abschließend ist die Spiegelung der durch die Befragung präferierten Wild Cards an den Projektionsbündeln (konsistente Kombination der Projektionen) der Basisszenarien und die Analyse der Auswirkungen mit Bezug zu den Deskriptoren durchgeführt worden, was Gegenstand des folgenden Kapitels 5 ist.

## 5 Einbindung ausgewählter Wild Cards in die Basisszenarien

Im Anschluss an die Auswahl der verwendeten Wild Cards erfolgt deren Einbindung in die Basisszenarien anhand dreier Schritte, der Veränderungsanalyse der Projektionen, ihrer Transformation anhand der Wild Card sowie der Zusammenführung der transformierten und der bestehenden Projektionen. Dadurch wird die Reaktion der Szenarien auf das Eintreten einer Wild Card untersucht und wie stabil bzw. labil die einzelnen Deskriptoren und Projektionen sind. Beispielhaft soll unser Vorgehen im Kontext des bereits in Kapitel drei vorgestellten Automatisierungsszenarios verdeutlicht werden. Die relevante Wild Card stammt aus dem Umfeld „Gesellschaft“ und führt dazu, dass sich Teile der Bevölkerung, in unserem Fall in Deutschland, aufgrund massiver ökonomischer Verwerfungen von der bestehenden wachstums- und technologiezentrierten Maschinenwirtschaft abkoppeln.

**Wild Card:** Sozialer/gesellschaftlicher Umbruch (Abkoppelung von wachstums- und technologiezentrierter Maschinen-Wirtschaft)

**Bezugsszenario:** Automatisierungsszenario

### 5.1 Schritt 1: Veränderungsanalyse der Projektionen

Im ersten Schritt wird geprüft, ob und wie sich die Projektionen der Deskriptoren in Folge des Eintretens der Wild Card verändern. Dementsprechend werden alle ausgewählten Projektionen des Automatisierungsszenarios auf ihre Auswirkung durch das Ereignis an der Frage gespiegelt: Welche Projektionen innerhalb des Automatisierungsszenarios werden durch die Abkoppelung von der wachstums- und technologiezentrierten Maschinen-Wirtschaft so beeinflusst, dass sich eine Änderung der bestehenden Projektion ergibt?

Tabelle 1 verdeutlicht dieses Vorgehen dadurch, dass die farblich markierten Projektionen, als Gegenstand von Veränderung durch die Wild Card, hervorgehoben sind. Alle markierten Projektionen haben sich nach der Spiegelung der Wild Card „Abkoppelung von wachstums- und technologiezentrierter Maschinen-Wirtschaft“ im Vergleich zum Ursprungsszenario verändert. Nicht-markierte Projektionen behalten ihre Gültigkeit aus dem Projektionsbündel des zugrunde liegenden „Automatisierungsszenarios“. In diesem Schritt wird nur die Anzahl der sich verändernden Projektionen betrachtet, es werden noch keine inhaltlichen Interpretationen durchgeführt. So lässt sich frühzeitig eine Abschätzung treffen, wie stark ein Szenario von einer vorher festgelegten Wild Card betroffen ist. Jedoch sollte dieser erste Schritt nicht zu früh abgeschlossen werden, da es durchaus vorkommen kann, dass sich im Zuge der Projektionsinterpretationen im nächsten Schritt rückwirkend Widersprüche finden lassen, die auf weitere Veränderungen hindeuten. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Übergang von Automatisierungsszenario in Wild Card-Szenario nicht Projektion für Projektion vonstattengehen kann, ohne das Gesamtbild und den Charakter der Szenarien mitzudenken. Inhaltliche, auch hierarchische Zusammenhänge zwischen Deskriptoren und Projektionen müssen berücksichtigt werden, um die Konsistenz des entstehenden Wild Card-Szenarios zu gewährleisten. Das komplexe Zusammenspiel der Deskriptoren und Projektionen kann also dazu führen, dass sich auch im Nachhinein noch Veränderungen ergeben. Um einen Überblick über die Anzahl der veränderten Projektionen beizubehalten, sollten diese Veränderungen dann rückwirkend nachgetragen werden.



Tabelle 1: Auswirkungen der Wild Card auf die Projektionen

| <i>Deskriptor</i>                            | <i>Projektion</i>   |
|--|---|
| 1.1 Arbeitsprozess                           | Vollautomatisiert   |
| 1.2 Qualifikation                            | Einfache Qualifikation  |
| 1.3 Leistungskontrolle                       | Extreme Kontrolle   |
| 1.4 Betriebliche Wertschöpfung               | Netzwerkproduktion  |
| 1.5 Arbeitsteilung                           | Verdrängung durch Maschinen   |
| 1.7 Interessenvertretung und -bündelung      | Fragmentiert individuell  |
| 2.1 Beschäftigungsverhältnis                 | Selbstorganisiert in Kooperative  |
| 2.2 Auskömmlichkeit                          | individuelles Zusatzeinkommen nach kollektiven Regelungen   |
| 2.3 Arbeitsbelastung und -schutz             | Bei totaler Überwachung individualisiert und im Bedarfsfall   |
| 2.4 Autonomie/Souveränität                   | Fremdbestimmte Arbeit   |
| 2.5 Mobilität                                | Regelmäßige Präsenz im Arbeitsort   |
| 2.6 Kompetenz                                | Erwerb universeller Fähigkeiten   |
| 2.7 Entgrenzung                              | Vollkommene Entgrenzung   |
| 2.8 Arbeitsumgebung                          | Völlig neue Arbeitsumgebungen (Weltall/Tiefsee)   |
| 3.1 Demographische Entwicklung               | Rückläufig, überaltert  |
| 3.2 Globalisierung                           | Isolierte Nationalstaaten   |
| 3.3 Kommodifizierung                         | Zwangs-/Fronarbeit  |
| 3.4 Wirtschaftsordnung                       | Zentral gesteuerte Wirtschaft   |
| 3.5 Soziale Sicherung                        | Wird nicht mehr als gesellschaftspolitische Aufgabe verstanden  |
| 4.1 Sozialpartnerschaft                      | Hohes Konfliktpotential zwischen Arbeitgeberverbänden und Gewerkschaften  |
| 4.2 Digitale Steuerung/Überwachung           | Staatliche Totalüberwachung aber auch private (betriebliche) Überwachung  |
| 5.1 Technologische Entwicklung               | Die Umsetzung relevanter Technologien erfolgt außerhalb von Deutschland   |
| 5.2 Automatisierung                          | Alle monotonen Tätigkeiten werden im Arbeitskontext primär substituiert   |
| 5.3 Verfügbarkeit von Ressourcen und Energie | Vollkommene Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen und Energiequellen auf der Erde   |
| 5.4 Umweltschutztechnologie                  | Weitgehend stattd. bzw. regimebedingt geregelter Einsatz von Technologien zur Vermeidung von Umweltschäden in Deutschland und globales Geoengineering |

## 5.2 Schritt 2: Transformation der Projektionen

Die ausgewählten Projektionen des Projektionsbündels des „Automatisierungsszenarios“ werden so transformiert, also konkret durch uns so interpretiert, dass sie die Auswirkungen der Wild Card miteinbeziehen. Bei diesem Vorgehen werden im Gegensatz zur Generierung der

Szenarien selbst keine Berechnungen eingesetzt. Die Interpretation der sich verändernden Projektionen wird ausschließlich über die eigene Vorstellungskraft umgesetzt - um bestmögliche Resultate zu erzielen, ist es an dieser Stelle empfehlenswert einen Austausch mit allen Projektbeteiligten durchzuführen, um verschiedene Optionen auszuloten. Wie bei der Festlegung der Wild Cards selbst, werden die Resultate bei der Interpretation der Veränderungen durch die eigene Imagination geöffnet oder limitiert. Die folgende Tabelle 2 zeigt die disruptiven, durch uns interpretierten Veränderungen, der im vorherigen Schritt ausgewählten 15 Deskriptoren/Projektionen des Ursprungsszenarios auf.

Tabelle 2: *Veränderungen von Projektionen durch Wild Card*

|  | <i>Automatisierungsszenario</i>   | <i>Wild Card-Szenario</i>   |
|--|---|---|
| <i>Deskriptor</i>                              | <i>Projektion vor Wild Card</i>   | <i>Projektion nach Wild Card</i>  |
| <b>1.1</b> Arbeitsprozess                      | <i>Vollautomatisiert</i>  | <i>Auf Entfaltung ausgelegt</i>   |
| <b>1.3</b> Leistungskontrolle                  | <i>Extreme Kontrolle</i>  | <i>Keine Kontrolle von außen, nur interne, soziale Kontrolle</i>  |
| <b>1.4</b> Betriebliche Wertschöpfung          | <i>Netzwerkproduktion</i>   | <i>Auf handwerkliche Arbeit angepasste einzelne Wertschöpfungsstufen</i>  |
| <b>1.5</b> Arbeitsteilung                      | <i>Verdrängung durch Maschinen</i>  | <i>Verwendung weniger komplexer Maschinen zur Unterstützung handwerklicher Arbeiten</i>                           |
| <b>1.7</b> Interessenvertretung und -bündelung | <i>Fragmentiert individuell</i>   | <i>Regionale Bündelung von Arbeitsinteressen</i>  |
| <b>2.3</b> Arbeitsbelastung und -schutz        | <i>Bei totaler Überwachung individualisiert und im Bedarfsfall</i>              | <i>Selbstverantwortlich, niedrigschwellige staatliche Vorgaben</i>  |
| <b>2.4</b> Autonomie/ Souveränität             | <i>Fremdbestimmte Arbeit</i>  | <i>Beinahe vollständige Selbstbestimmung</i>  |
| <b>2.6</b> Kompetenz                           | <i>Erwerb universeller Fähigkeiten</i>  | <i>Erwerb spezialisierter, auf eigene Tätigkeit beruhende Fähigkeiten</i>   |
| <b>2.8</b> Arbeitsumgebung                     | <i>Völlig neue Arbeitsumgebungen (Weltall/Tiefsee)</i>                          | <i>Produktion im Privathaushalt oder an individuell eingerichteter Arbeitsstätte</i>                              |
| <b>3.3</b> Kommodifizierung                    | <i>Zwangs-/Fronarbeit</i>   | <i>Jede Tätigkeit ist Lohn</i>  |
| <b>3.4</b> Wirtschaftsordnung                  | <i>Zentral gesteuerte Wirtschaft</i>  | <i>Kommunitarismus</i>  |
| <b>3.5</b> Soziale Sicherung                   | <i>Wird nicht mehr als gesellschaftspolitische Aufgabe verstanden</i>           | <i>Grundeinkommen</i>   |
| <b>4.1</b> Sozialpartnerschaft                 | <i>Hohes Konfliktpotential zwischen Arbeitgeberverbänden und Gewerkschaften</i> | <i>Fokus auf persönliche Entfaltung hoch, monetäre Interessen durch Grundeinkommen nicht stark im Vordergrund</i> |
| <b>4.2</b> Digitale Steuerung/ Überwachung     | <i>Staatliche Totalüberwachung aber auch private (betriebliche) Überwachung</i> | <i>Ablehnung digitaler Kontrollmechanismen, jedoch soziale Kontrolle</i>  |
| <b>5.2</b> Automatisierung                     | <i>Alle monotonen Tätigkeiten werden im Arbeitskontext primär substituiert</i>  | <i>Automatisierte Arbeit wird abgelehnt</i>   |

### 5.3 Schritt 3: Zusammenführung der transformierten und der bestehenden Projektionen

Im abschließenden Schritt findet die Zusammenführung der transformierten und der bestehenden Projektionen statt. Das nun neu entstandene Projektionsbündel des Wild Card-Szenarios beschreibt ein Zukunftsbild basierend auf dem Automatisierungsszenario, wie es nach dem Eintreffen des sozial-ökonomischen Umbruchs, bestehend aus der erfolgreichen Abkoppelung von der wachstums- und technologiezentrierten Maschinen-Wirtschaft aussehen kann. Dies verändert die gedankliche Grundlage des Automatisierungsszenarios elementar. Basierte das Ursprungsszenario in erster Linie auf technologischer Weiterentwicklung, so beinhaltet das handwerkliche Entfaltungsszenario einen gesellschaftlichen Kern mit dem eine Rückbesinnung auf traditionelle Herstellung eintritt, deren Antriebsfeder nicht steigende Effizienz und die Ökonomisierung der Gesellschaft ist, sondern die arbeitsspezifische Entfaltung. Dieses neuentstandene Szenario besteht aus den 15 veränderten und den 10 aus dem Basisszenario beibehaltenen Projektionen. So werden alle 25 Deskriptoren/Projektionen wieder zu einem Projektionsbündel zusammengeführt. Tabelle 3 zeigt das Projektionsbündel des Wild Card-Szenarios, die farblich markierten Deskriptoren repräsentieren auch hier die veränderten Projektionen, die weiß markierten Deskriptoren signalisieren die unveränderten Projektionen.

Der große Unterschied zwischen zwei unterschiedlichen Szenarien wie dem Race-to-the-Bottom-Szenario und dem Szenario KI-Technokratie und dem hier vorgestellten Wild Card-Szenario, welches sich auf ein bestehendes Szenario bezieht, ist, dass sich hier eine Trennschärfe in Form grundverschiedener Projektionen nur bei bestimmten Deskriptoren ergibt, nämlich solchen, die eine inhaltliche gewichtige Veränderung in Hinblick auf den Charakter des Szenarios voraussetzen. So wird beispielweise aus der Projektion „vollautomatisiert“ im Wild Card-Szenario „Auf Entfaltung ausgelegt“, aus „Extremer Kontrolle“ wird „Keine Kontrolle von außen, nur interne, soziale Kontrolle“ und aus „fremdbestimmte Arbeit“ wird „Beinahe vollständige Selbstbestimmung“. So könnte man beim ersten Blick davon ausgehen, dass lediglich Gegensätze gebildet werden, um Trennschärfe herzustellen, jedoch würde das zu kurz greifen, denn die eigentliche Frage ist in diesem Fall: Wie verändern sich die Projektionen, um die Prämisse einer auf Entfaltung ausgelegten Arbeitswelt zu erfüllen, in der sich ein erheblicher Teil der Bevölkerung von einer wachstums- und technologiezentrierter Maschinen-Wirtschaft abkoppelt? Dementsprechend werden nicht prinzipiell alle Projektionen verändert, nehmen wir die Deskriptoren „Qualifikation“ und „Beschäftigungsverhältnis“ mit ihren jeweiligen Projektionen „Einfache Qualifikation“ und „Selbstorganisiert in Kooperative“ als Beispiel. Neben anderen Projektionen bleiben auch diese aus dem Automatisierungsszenario bestehen, da sie den Charakter des Wild Card-Szenarios widerspiegeln und die Konsistenz in Verbindung mit den übrigen Projektionen aufrechterhalten.

Tabelle 3: Zusammenführung veränderter und unveränderter Projektionen

| <b>Wild Card-Szenario</b>                                  |   |
|--|---|
| <i>Deskriptor</i>  | <i>Projektion nach Wild Card</i>  |
| <b>1.1</b> <i>Arbeitsprozess</i>                           | <i>Auf Entfaltung ausgelegt</i>   |
| <b>1.2</b> <i>Qualifikation</i>                            | <i>Einfache Qualifikation</i>   |
| <b>1.3</b> <i>Leistungskontrolle</i>                       | <i>Keine Kontrolle von außen, nur interne, soziale Kontrolle</i>  |
| <b>1.4</b> <i>Betriebliche Wertschöpfung</i>               | <i>Auf handwerkliche Arbeit angepasste einzelne Wertschöpfungsstufen</i>  |
| <b>1.5</b> <i>Arbeitsteilung</i>                           | <i>Verwendung weniger komplexer Maschinen zur Unterstützung handwerklicher Arbeiten</i>   |
| <b>1.7</b> <i>Interessenvertretung und -bündelung</i>      | <i>Regionale Bündelung von Arbeitsinteressen</i>  |
| <b>2.1</b> <i>Beschäftigungsverhältnis</i>                 | <i>Selbstorganisiert in Kooperative</i>   |
| <b>2.2</b> <i>Auskömmlichkeit</i>                          | <i>Individuelles Zusatzeinkommen nach kollektiven Regelungen</i>  |
| <b>2.3</b> <i>Arbeitsbelastung und -schutz</i>             | <i>Selbstverantwortlich, niedrighschwellige staatliche Vorgaben</i>   |
| <b>2.4</b> <i>Autonomie/Souveränität</i>                   | <i>Beinahe vollständige Selbstbestimmung</i>  |
| <b>2.5</b> <i>Mobilität</i>                                | <i>Regelmäßige Präsenz im Arbeitsort</i>  |
| <b>2.6</b> <i>Kompetenz</i>                                | <i>Erwerb spezialisierter, auf eigene Tätigkeit beruhende Fähigkeiten</i>   |
| <b>2.7</b> <i>Entgrenzung</i>                              | <i>Vollkommene Entgrenzung (Arbeitstätigkeit und Privatleben werden nicht unterschieden)</i>  |
| <b>2.8</b> <i>Arbeitsumgebung</i>                          | <i>Produktion im Privathaushalt oder an individuell eingerichteter Arbeitsstätte</i>  |
| <b>3.1</b> <i>Demographische Entwicklung</i>               | <i>Rückläufig, überaltert</i>   |
| <b>3.2</b> <i>Globalisierung</i>                           | <i>Isolierte Nationalstaaten</i>  |
| <b>3.3</b> <i>Kommodifizierung</i>                         | <i>Jede Tätigkeit ist Lohn</i>  |
| <b>3.4</b> <i>Wirtschaftsordnung</i>                       | <i>Kommunitarismus</i>  |
| <b>3.5</b> <i>Soziale Sicherung</i>                        | <i>Grundeinkommen</i>   |
| <b>4.1</b> <i>Sozialpartnerschaft</i>                      | <i>Konfliktpotential bei Ansprüchen in Bezug auf persönliche Entfaltung hoch, monetäre Interessen durch Grundeinkommen nicht stark im Vordergrund</i>         |
| <b>4.2</b> <i>Digitale Steuerung/Überwachung</i>           | <i>Ablehnung digitaler Kontrollmechanismen, jedoch soziale Kontrolle</i>  |
| <b>5.1</b> <i>Technologische Entwicklung</i>               | <i>Die Umsetzung relevanter Technologien erfolgt außerhalb von Deutschland</i>  |
| <b>5.2</b> <i>Automatisierung</i>                          | <i>Automatisierte Arbeit wird abgelehnt</i>   |
| <b>5.3</b> <i>Verfügbarkeit von Ressourcen und Energie</i> | <i>Vollkommene Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen und Energiequellen auf der Erde</i>  |
| <b>5.4</b> <i>Umweltschutztechnologie</i>                  | <i>Weitgehend statlich bzw. regimebedingt geregelter Einsatz von Technologien zur Vermeidung von Umweltschäden in Deutschland und globales Geoengineering</i> |

Neben der Interpretation der Auswirkungen einer Wild Card bedarf es einer Bewertung des neu entstandenen Projektionsbündels. Als Bewertungsgrundlage bei der Schaffung eines Wild

Card-Szenarios verwendeten wir einen selbst gesetzten Grenzwert von 50 Prozent. Da im hier verwendeten Beispiel Automatisierungsszenario 60 Prozent der ursprünglichen Projektionen durch die Einführung der Wild Card verändert worden sind, hat das zu einem neuen Szenario geführt, in diesem Fall einem zusätzlichen Szenario, dessen Konsistenz wir im Rahmen der verwendeten Szenario-oftware INKA ebenfalls auf seine Güte überprüft haben.<sup>2</sup> Ein „neues“ Szenario entsteht also erst dann, wenn mehr als die Hälfte der Projektionen durch die Wild Card verändert wurden, also tiefgreifende Auswirkungen auf das Basisszenario erkennbar sind. Wild Cards die zu Veränderungen unter dem Grenzwert von 50 Prozent geführt haben, wurden von uns nicht grundsätzlich verworfen, sondern als Gegenstand inhaltlicher Ergänzungen in Form von Exkursen bei der Verschriftlichung der übrigen Basisszenarien berücksichtigt.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag zeigt das Vorgehen bei der Entwicklung von Wild Cards aus der Science Fiction und deren Integration in den Prozess der Szenario-Technik. Das Zusammenspiel verschiedener Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Science Fiction und Praxis im Projekt FutureWork wird dabei beleuchtet und deren Einbeziehung in den Prozess der Wild Card-Generierung aus der Science Fiction dargestellt. Am Beispiel der im Projekt Future Work entwickelten Basisszenarien wird das methodische Vorgehen präsentiert und der Einfluss der Wild Cards auf die Szenarien und somit deren Robustheit analysiert.

Im Rahmen eines Ausblicks seien vier Fragen angesprochen, erstens die der Übertragbarkeit unseres Verfahrens, zweitens die seiner Grenzen, drittens die seiner Vorteile und viertens die künftiger Forschung.

Kann unser Verfahren auf andere Fragestellungen übertragen werden, und wenn ja, wie und was ist dabei zu berücksichtigen? Die Frage kann in zwei Teilen beantwortet werden. Die deskriptor- bzw. projektionsweise Analyse der Wild Card Auswirkungen ist gut in den Prozess der Szenario-Technik integrierbar und auf jegliche andere Fragestellungen übertragbar. Für die Übertragbarkeit ist hingegen zu hinterfragen, ob für eine andere Thematik einschlägige Science Fiction-Literatur vorliegt und ob eine tragfähige Kodierung gelingt. Gegebenenfalls ist auch von der Thematik zu abstrahieren, um einschlägige Science Fiction zu finden.

Welche Grenzen weist unser Verfahren auf? Wie einleitend ausgeführt, gehen wir in FutureWork davon aus, dass mithilfe der Science Fiction die Zukunft der Arbeit weiter gedacht werden kann als es in bisher vorliegenden Untersuchungen möglich war. Auf Grundlage dieser Ausführungen sehen wir, nicht nur für diese Studie, sondern auch für thematisch anders gelagerte Projekte, ein vielversprechendes Potential durch die Einbindung von Science Fiction vor allem aus Literatur und Filmen, aber auch aus anderen Medien, derer sie sich bedient. Gleichwohl ist Science Fiction natürlich in gewisser Weise vom Zeitgeist geprägt. Auch wenn ernst-

---

<sup>2</sup> Wir haben dieses Szenario als sogenanntes Bei-Szenario mit dem Titel „Handwerkliche Entfaltung“ aus inhaltlichen Überlegungen dem Automatisierungsszenario zugeordnet.

hafte Autorinnen und Autoren zu radikalem Denken fähig sind, gilt es, doch manche kulturellen, zeitbezogenen, historisch gewachsenen Prägungen bei der Übertragung auf wissenschaftliche Fragestellungen zu berücksichtigen.

Welche Vorzüge weist unser Verfahren auf? Unser Verfahren erlaubt durch die deskriptor- bzw. projektionsweise Analyse der Wild Card Auswirkungen eine Reduktion Wild Card-Szenario-Kombinationen auf eine überschaubare Menge. Diese Menge deckt gleichwohl ein weites Denkspektrum ab. Auf diese Weise überwindet unser Verfahren das eingangs genannte Dilemma.

Wohin soll die Forschung gehen? Für künftige Forschung zeigen sich vielfältige Anknüpfungspunkte. So lässt sich die Science Fiction-Literatur großflächiger und systematischer auswerten, beispielsweise durch den expliziten Einbezug einer internationalen Perspektive. Diese Auswertung kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden, u.a. durch ein automatisiertes Kodierungsverfahren (analog zu einer MaxQDA-Auswertung) oder durch ein Crowd Sourcing von möglichen Kodierungen. Im Rahmen der Auswirkungsanalyse wäre zu testen, welcher Nutzen durch die Bildung neuer Projektionsbündel aus den anhand von Wild Cards veränderten Projektionen sowie durch die Bildung entsprechender neuer Szenarien zu erzielen ist.

Im Ergebnis bietet unser Verfahren eine Handreichung zum Vorgehen bei der Integration von Wild Cards in den Prozess der Szenario-Technik. Es erhöht die Nachvollziehbarkeit des Vorgehens, und damit steigt auch der wissenschaftliche Anspruch, der von einer professionellen Technologievorausschau zu erwarten ist.

## Literatur

- [BCI92] BIPE CONSEIL; COPENHAGEN INSTITUTE FOR FUTURES STUDIES; INSTITUTE FOR THE FUTURE: Wild Cards: A Multinational Perspective. Institute for the Future, Menlo Park, 1992
- [DW16] DAHEIM, C.; WINTERMANN, O.: 2050: Die Zukunft der Arbeit. Ergebnisse einer internationalen Delphi-Studie des Millennium Project. Bertelsmann-Stiftung, Gütersloh, 2016
- [FS16] FINK, A.; SIEBE, A.: Szenario-Management: von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen. Campus Verlag, Frankfurt/New York, 2016
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management–Planen und Führen mit Szenarien. Hanser, München, 2. bearbeitete Auflage, 1996
- [GvR81] GESCHKA, H.; REIBNITZ, U. VON: Die Szenario-Technik als Grundlage von Planungen. Battelle-Institut e. V, Frankfurt a. M., 1981
- [KD16] KIMPELER, S.; DÖNITZ, E.: Der digitale Wandel der Arbeitswelt und Herausforderungen für die Bildung. Eine Foresight-Studie des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung im Auftrag der Vodafone-Stiftung Deutschland, Karlsruhe, 2016
- [KGE+08] KOSOW, H., GASSNER, R., ERDMANN, L., & LUBER, B. J.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse – Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Werkstattbericht Nr. 103, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), Berlin, 2008
- [Kre14] KRETSCHMER, W.: ...dass es mit mir zu tun hat. Meine Arbeitswelt 2025 – Jugendliche entwerfen ihr Bild von der Zukunft der Arbeit. Workshopzusammenfassung der Bertelsmann-Stiftung, Gütersloh, 2014
- [MES17] MOHAMMADI, M.; EIVAZI, M.R.; SAJJADI, J.: Wildcards – natural and artificial: the combination of a panel of experts and Fuzzy TOPSIS. In: Foresight, Ausgabe 19/1-2017, S. 15-30, 2017

- [NEG11] NOWACK, M.; ENDRIKAT, J.; GUENTHER, E.: Review of Delphi-based scenario studies: Quality and design considerations. In: Technological Forecasting and Social Change, Ausgabe 78/9-2011, S. 1603-161, 2011
- [Pet97] PETERSEN, J. L.: Out of the blue: Wild cards and other big future surprises: how to anticipate and respond to profound change. Danielle LaPorte Book, Arlington Institute, Berkeley Springs, West Virginia, 1997
- [Pro12] PROGNO AG: Arbeitslandschaft 2035. Eine Studie der Prognos AG im Auftrag der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V., München, 2012
- [PMK15] PÄTSCH, C., MAIKEMPER, M. KRÄMER, S.: Von Science-Fiction-Städten lernen. Szenarien für die Stadtplanung. Herausgegeben vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn, 2015
- [Rei92] VON REIBNITZ, U.: Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Springer Fachmedion, Wiesbaden, 2. Auflage, 1992
- [SCR03] SCHWAB, P., CERUTTI, F., & VON REIBNITZ, U. H.: Foresight–using scenarios to shape the future of agricultural research. Foresight, Ausgabe 5/1-2003, S. 55-61, 2003
- [SD10] SMITH, C. J.; DUBOIS, A.: The ‘wild cards’ of European futures: planning for discontinuities?. Futures, Ausgabe 42/8-2003, S. 846-855, 2010
- [SMS+15] STELZER, B., MEYER-BRÖTZ, F., SCHIEBEL, E.; BRECHT, L.: Combining the scenario technique with bibliometrics for technology foresight: The case of personalized medicine. Technological Forecasting and Social Change, Ausgabe 98-2015, S. 137-156, 2015
- [SS03] STEINMÜLLER, A.; STEINMÜLLER, K.: Ungezähmte Zukunft: Wild Cards und die Grenzen der Berechenbarkeit. Gerling-Akad.-Verlag, München, 2003

## Autoren

**PD Dr. Oliver Pfirrmann**, Studium der Politik- und Wirtschaftswissenschaften in Bonn und Berlin; 1991 Promotion und 2007 Habilitation jeweils an der Freien Universität Berlin. Nach Studienabschluss 1987 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, inklusive Promotionszeit, ab 1990 Projektleiter bei der VDI/VDE-Informationstechnik GmbH, in Berlin im Bereich Technologieanalysen, ab 1995 Koordinator einer Forschungs- und Beratungsgruppe an der Freien Universität Berlin. Von 2006 bis 2012 bei der Prognos AG Basel/Berlin und dort verantwortlich für das Marktfeld Technologie und Märkte. Von 2012 bis 2015 Leiter des Bereichs Technologie bei acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften Berlin/München. Seit 2007 Privatdozent an der FU Berlin; Projektleitung FutureWork am Institut für qualifizierende Innovationsforschung und -beratung (IQIB) seit 2019. Veröffentlichung einer Vielzahl von Studien zu Innovations- und Technologiethematen sowie Evaluierungen auf nationaler und internationaler Ebene.

**Patrick Stuhm, M.Sc.** ist seit Februar 2020 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für qualifizierende Innovationsforschung und -beratung (IQIB) tätig. Als Bestandteil des Future-Work-Teams untersucht er die Zukunft der Arbeit im Übergang zum 22. Jahrhundert, dabei gilt sein Schwerpunkt dem Ausarbeiten von Zukunftsszenarien und der softwarespezifischen Einbindung der Szenariotechnik in das Projekt. Er absolvierte seinen Bachelorstudium in Sozialwissenschaften mit dem Schwerpunkt auf interkulturellen Beziehungen in Fulda und daraufhin das Masterstudium der Sozialwissenschaften mit den Schwerpunkten Globalisierung, Transnationalisierung und Governance an der Ruhr-Universität in Bochum.

**Lena L. Kronemeyer, M.Sc.** ist seit Februar 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) der Universität Bremen. Sie forscht auf dem Gebiet des Technologie- und Innovationsmanagements und setzt sich insbesondere mit der Generierung von Wissen aus Patentinformationen auseinander. Ihre Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Technologievorausschau, Frugale Innovationen und Wettbewerbsanalyse. Frau Kronemeyer studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Vertiefung Systementwicklung und Innovationsmanagement an der Universität Bremen.

**Prof. Dr. habil. Martin G. Möhrle** leitet seit 2001 das Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) der Universität Bremen und hat zugleich den Lehrstuhl für Innovation und Kompetenztransfer inne. Von 1995 bis 2001 war er Leiter des Lehrstuhls für Planung und Innovationsmanagement an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. An der Universität Kaiserslautern wurde er 1990 promoviert und hat sich dort 1996 habilitiert. Seine fachlichen Interessen reichen vom Technologiemanagement (Roadmapping, Patentmanagement, methodisches Erfinden) über das Innovationsmanagement (Bewertungstechniken, Prozesse, Potentiale des Webs) bis zur Zukunftsforschung (Methoden, Umsetzung in Prozessen). Professor Möhrle hat national sowie international zahlreiche Aufsätze veröffentlicht, ist Associate Editor der „World Patent Information“, Mitglied in Herausgebergremien weiterer Fachzeitschriften und berät mit seinen Mitarbeitern führende Unternehmen.





# **Die Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative als Element zukunftsbezogener Beratungs- und Entscheidungsprozesse<sup>1</sup>**

**Michael Eggert, M.A.**

*E-Mail: michael.eggert@eggerts.net*

**Prof. Dr. Dr. Axel Zweck**

*RWTH Aachen, Institut für Soziologie, Innovations- und Zukunftsforschung*

*Eilfschornsteinstraße 7, 52062 Aachen*

*E-Mail: azweck@soziologie.rwth-aachen.de*

## **Zusammenfassung**

Entwicklungen in Naturwissenschaft und Technik mit ihren engen Verflechtungen mit sozialen, kulturellen, ökonomischen und politischen Diskursen bedingen zunehmende Unsicherheiten in Bezug auf zukünftige Entwicklungen. Insbesondere Entscheidungsträger in der Governance naturwissenschaftlicher Forschung oder der Investition in technologische Innovationen sind mit komplexen Konsequenzen konfrontiert, die es zu bewältigen gilt.

Strategische Entscheidungen können daher immer weniger allein auf eine Analyse und Interpretation vorliegender Fakten oder die Extrapolation aktueller Trends gestützt werden. Vielmehr müssen Entscheidungen und ihre möglichen Konsequenzen sinnvoll in eine mehr oder minder kohärente Zukunftsperspektive integriert werden. Einen entscheidenden Beitrag dazu leisten Narrative, mit deren Hilfe Forscher, Entwickler und interessierte Akteure Forschung und Technik rahmen. Gerade für Entscheidungsträger bringen diese Narrative die Schwierigkeit mit sich, dass sie per se zu Selektivität, Verkürzungen und Intransparenz neigen. Im Sinne transparenter Zukunftsentscheidungen ist es daher unabdingbar, diese Narrative auf ihre unterschiedlichen Aspekte (Fakten, Emotionen etc.) hin zu hinterfragen und hinsichtlich ihrer Rolle in den jeweiligen Entscheidungsprozessen zu reflektieren.

Vor diesem Hintergrund präsentiert der Beitrag einen methodischen Zugang zur strukturierten Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative, der im Rahmen des BMBF-Projekts „NarrativForITA“ in der Arbeitsgruppe „Innovations- und Zukunftsforschung“ des Instituts für Soziologie der RWTH Aachen entwickelt wurde. Dieser erlaubt es erstmals, naturwissenschaftlich-technische Narrative in zukunftsorientierten Forschungs- und Entscheidungsprozessen systematisch zu berücksichtigen. Entscheider und deren Berater erhalten so ein Werkzeug an

---

<sup>1</sup> Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16ITA218 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

die Hand, das Narrative in zukunftsorientierten Prozessen anhand einer strukturierten Vorgehensweise berücksichtigt und sie so dabei unterstützt, fundiertere Entscheidungen zu treffen.

### **Schlüsselworte**

Narrativ, Erzählung, Entscheidungsprozess, Zukunft, Forschung, Technologie

# **The analysis of scientific-technical narratives as an element of future-related consulting and decision-making processes**

## **Abstract**

Developments in science and technology, with their close interconnections with social, cultural, economic and political discourses, give rise to increasing uncertainties about future developments. In particular, decision-makers in the governance of scientific research or investment in technological innovations are confronted with complex consequences that need to be managed.

Strategic decisions can therefore less and less be based solely on an analysis and interpretation of existing facts or the extrapolation of current trends. Rather, decisions and their possible consequences must be meaningfully integrated into a more or less coherent perspective of the future. A decisive contribution to this is made by narratives, which researchers, developers and interested stakeholders use to frame research and technology. For decision-makers in particular, these narratives entail the difficulty that they tend per se to be selective, abbreviated and non-transparent. In the sense of transparent future decisions, it is therefore indispensable to scrutinize these narratives with regard to their different aspects (facts, emotions, etc.) and to reflect on their role in the respective decision-making processes.

Against this background, the article presents a methodological approach for the structured analysis of scientific-technical narratives, which was developed within the framework of the BMBF project „NarrativForITA“ in the working group „Innovation and Futures Research“ at the Institute for Sociology of RWTH Aachen University. This approach allows for the first time to systematically consider scientific-technical narratives in future-oriented research and decision-making processes. Decision-makers and consultants are thus provided with a tool that takes account of narratives in future-oriented processes on the basis of a structured procedure and thus supports them in making more informed decisions.

## **Keywords**

Narrative, Narration, Decision Making Process, Future, Research, Technology



## 1 Hintergrund – Erzählungen als notwendige Bestandteile zukunftsbezogener Prozesse

Zukunftsbezogene Entscheidungsprozesse, wie sie bspw. der Governance von Forschung und Entwicklung zugrunde liegen, unterliegen natürlicherweise einem hohen Maß an Unsicherheit. Je weiter die Konsequenzen von Entscheidungen in die Zukunft reichen und je umfassender die in Frage stehenden Themen sind, desto vielschichtiger und unabsehbarer stellen sich die möglichen Folgen von Entscheidungen für die verantwortlichen Akteure dar. Einerseits sind es die wissenschaftliche Forschung und die technische Entwicklung selbst, die mit ihrem Fortschritt zunehmend komplexer werden und immer mehr spezialisiertes Expertenwissen erfordern, um *en détail* durchdrungen und nachvollzogen werden zu können. Andererseits lassen sich die Konsequenzen weitreichender Entscheidungen immer weniger auf den konkreten Gegenstand beschränken. Eine zunehmende Verflechtung wissenschaftlich-technischer, ökonomischer, sozialer, kultureller und politischer Prozesse trägt, also über den naturwissenschaftlich-technischen Aspekt hinaus, dazu bei, die in Entscheidungen über zukunftsrelevante Probleme angelegte Komplexität zu steigern.

Damit liegt auf der Hand, dass Entscheidungsträger ihre Handlungen immer weniger ausschließlich an der Analyse und Interpretation von Fakten orientieren können. Stattdessen ist es notwendig, die Entscheidungen mit ihren möglichen Konsequenzen sinnvoll in eine (mehr oder minder) kohärente Zukunftsperspektive zu integrieren. Vor diesem Hintergrund kommt zukunftsbezogenen Forschungsperspektiven wie Foresight oder der Innovations- und Technikanalyse (ITA) die entscheidende Aufgabe zu, ergänzendes zukunftsbezogenes Orientierungswissen bereitzustellen, das Entscheidungsträger in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik dabei unterstützt, mit dieser Unsicherheit umzugehen.

Ein zentrales Moment der Entwicklung und Vermittlung solcher Zukunftsperspektiven sind sowohl für die Entscheidungsträger selbst als auch im Rahmen unterstützender Forschungs- und Beratungsvorhaben *Erzählungen* darüber, wie die jeweilige Forschungsperspektive oder technologische Entwicklung zur Realisierung einer wünschenswerten oder auch unerwünschten Zukunft beitragen könnte. Die diesen Erzählungen zu Grunde liegenden *Narrative* erlauben es dabei, die Komplexität in Frage stehender Zukünfte zu reduzieren: Passende Entwicklungspfade erscheinen so folgerichtiger und entsprechende Entscheidungen plausibler und adäquater.

Erzählungen und damit auch Narrative stellen folglich ein bedeutendes Element jeder Auseinandersetzung mit zukünftigen Entwicklungen dar, da diese offensichtlich nicht aufgrund objektiver Erkenntnisse und einer Bewertung anhand konkreter Erfahrungen erschlossen werden können. Ihre charakteristische Offenheit und die daraus erwachsende Dynamik von Entwicklungen und deren Konsequenzen übersteigen nicht nur individuelle kognitive Kompetenzen, sondern fordern das rein rationale, logisch-wissenschaftliche Denken grundsätzlich heraus, das insbesondere dann an seine Grenzen gerät, wenn es um die Einordnung von Sachverhalten geht, die sich nicht in Kategorien von ‚wahr‘ und ‚falsch‘ fassen lassen. Narrative erlauben den Umgang mit dieser Offenheit: Die in ihnen enthaltenen Angebote zur Einordnung solcher Sachverhalte ermöglichen sie es, diese Grenze zu umgehen und den jeweiligen Gegenstand in eine kohärente Zukunftsperspektive zu integrieren. Indem sie einen Rahmen für die Interpretation von

Entwicklungen und deren Konsequenzen etablieren, machen sie diese verhandelbar und bilden damit unhintergehbare Grundlagen für Auseinandersetzungen und Entscheidungen über zukünftige Entwicklungen.

Allerdings macht dieser Umstand Narrative auch problematisch, da sie grundsätzlich darauf basieren, Informationen zu selektieren und Zusammenhänge verkürzt wiederzugeben – sie also *per se* ein gewisses Maß an Intransparenz aufweisen. Insbesondere Entscheidungsträger stehen damit vor der Herausforderung, diese Grundlagen ihrer Zukunftsperspektiven proaktiv zu reflektieren, um zu tragfähigen Entscheidungen über zukunftsorientierte Prozesse zu gelangen und die Gefahren ideologischer Einflüsse und möglicher Missdeutungen zu mindern. Dennoch findet eine solche explizite Berücksichtigung narrativer Entscheidungsgrundlagen trotz deren zentraler Relevanz für zukunftsbezogene Aushandlungs- und Entscheidungsprozesse bislang nur selten statt, was nicht zuletzt darin begründet ist, dass sich die entsprechenden Narrative einem direkten Zugriff zu weiten Teilen entziehen.

Um diese Reflexion zu ermöglichen, erscheint es daher notwendig, die in einem konkreten Feld zukünftiger Entwicklungen vorzufindenden Narrative gezielt in den Blick zu nehmen und ihre Inhalte bezüglich konkreter zukunftsorientierter Forschungs- und Entscheidungsprozesse zielgerichtet aufzuarbeiten. Jedoch mangelt es der zukunftsbezogenen Forschung und Beratung bislang an einer etablierten methodischen Herangehensweise, die es erlaubt, gegenstandsorientierte Zukunftsnarrative zu identifizieren, inhaltlich zu erschließen und so der Reflexion zugänglich zu machen – zwar wird vereinzelt auf die Relevanz von Narrativen für zukunftsorientierte Prozesse verwiesen; konkrete Vorschläge, wie mit dieser Herausforderung methodisch umgegangen werden kann, bleiben gleichwohl ein Desiderat prospektiver Forschung und Beratung. Vor diesem Hintergrund stellte sich das am Institut für Soziologie der RWTH Aachen durchgeführte Projekt „NarrativForITA“ die Aufgabe, die Grundlagen einer methodischen Perspektive zu entwickeln, die Forscher, Berater und Entscheidungsträger in die Lage versetzen sollte, Narrative im Bereich naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen als einem zentralen Feld der Aushandlung von Zukunft strukturiert aufzuarbeiten und darauf basierend in ihren Analysen und Entscheidungen systematisch zu berücksichtigen.

Der folgende Beitrag präsentiert diesen Vorschlag zu Handhabung naturwissenschaftlich-technischer Narrative in zukunftsbezogenen Forschungs-, Beratungs- und Entscheidungsprozessen. Dazu wird zunächst die grundlegende Funktionsweise von Erzählungen beleuchtet, mittels derer Narrative als zentrale Elemente der Konstruktion von Realität und damit auch Zukunft wirksam werden. Daran schließt die Klärung einiger konzeptioneller Eckpunkte an, die die Narrativanalyse orientieren, um naturwissenschaftlich-technische Narrative in einer Form zu operationalisieren, die es ermöglicht, diese zielgerichtet zu identifizieren, strukturiert aufzuarbeiten und schließlich systematisch zu reflektieren. Ausgehend von diesen Grundlagen wird im Folgenden die konkrete Umsetzung des Verfahrensvorschlags in Form eines Leitfadens präsentiert, bevor abschließend ein kurzer Blick darauf geworfen wird, wie die Narrativanalyse zur Weiterentwicklung der prospektiven Forschung einerseits, wie auch zur Unterstützung konkreter Beratungs- und Entscheidungsprozesse andererseits beitragen kann.

## 2 Gewissheit durch Plausibilität – die fundamentale Leistung von Erzählungen

Um naturwissenschaftlich-technische Narrative in zukunftsbezogenen Forschungs- und Beratungsprozessen einer zielgerichteten Analyse unterziehen zu können, ist es zunächst erforderlich, sich die grundlegenden Leistungen von Erzählungen zu vergegenwärtigen, mittels derer sie dazu beitragen, zukünftige Entwicklungen einzuordnen und in eine kohärente Zukunftsperspektive zu integrieren. Dazu bietet es sich an, einen Blick auf die Hintergründe zu werfen, die dazu beigetragen haben, dass erzählerorientierte Perspektiven in den vergangenen Jahren vermehrt in wissenschaftliche Disziplinen Einzug gehalten haben, die über die literaturwissenschaftliche Erzählforschung – ihre eigentliche Verankerung – hinausgehen.

Neben der Linguistik, der Kulturwissenschaft und der Philosophie, sind insbesondere in der Geschichtswissenschaft, der Soziologie und der Politikwissenschaft seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine Vielzahl von Forschungsprogrammen und Studien entstanden, die Erzählungen und Narrative ins Zentrum ihrer Analyse stellen. Sie beleuchten die Thematik mit jeweils unterschiedlichen Erkenntnisinteressen. Sie lassen sich grob in (post)strukturalistische bzw. akteurszentrierte Ansätze unterscheiden [BN14]. Während die (post)strukturalistische Perspektive Erzählungen als Diskurse oder basale Bedeutungssysteme versteht, die die Identitäten von Subjekten erst konstituieren – sie also als grundlegende strukturelle Phänomene analysiert –, stellt die akteurszentrierte Perspektive die beteiligten Akteure und ihre Strategien in den Mittelpunkt und versteht Erzählungen als Teil des Deutungssystems von Akteuren und als einsetzbare kognitive Ressource (bspw. im politischen Diskurs). Trotz der Unterschiede in den jeweiligen Erkenntnisinteressen und Herangehensweisen basieren beide Perspektiven auf einem gemeinsamen Verständnis, das Erzählungen als eine bestimmte Form des Weltzugangs begreift.

Der Kognitionspsychologe Jérôme Bruner sieht diese Form der Welterschließung in einem spezifischen Denkmodus begründet, den er als grundlegend für die Weltwahrnehmung und die Konstruktion von Realität konzeptionalisiert und als *narrativen* Modus von einem *paradigmatischen* Modus unterscheidet [Bru91]. Der *narrative* Modus operiert nicht mit Argumenten, Fakten und Logik, sondern über das Nachvollziehen von Geschichten. Erzählungen kommt damit eine zentrale Rolle bei der individuellen und kollektiven Konstruktion von Realität zu – eine Einsicht, die sich gegenwärtig in weiten Bereichen der Geistes- und Sozialwissenschaften durchgesetzt hat [BN14]. Gemeinsam ist diesen Überlegungen also die Überzeugung, dass es sich beim Erzählen um einen grundlegenden Modus des Weltzugangs handelt, der sich im Kern dadurch auszeichnet, dass in Erzählungen – als kommunikative Handlungen – spezifische Verknüpfungen zwischen Ereignissen hergestellt und diese in eine (temporale, kausale, normative, ...) Struktur eingebettet werden [SW15]. Erzählungen sind in dieser Sicht kein Modus objektiver oder neutraler Repräsentation von Realitäten und Ereignissen. Sie sind „a mode of constructing and constituting reality“ [HBM99, S. 71]. „These concepts posit that it is through narrative that we come to know, understand and make sense of the world“ [Som94, S. 606].

Im Unterschied zu den wissenschaftlich-logisch begründeten Elementen der Realitätskonstruktion, die sich argumentativ entfalten und auf Wahrheit bezogen sind (also auch falsifiziert wer-



den können), orientieren sich narrative Konstruktionen an den Kriterien von Nachvollziehbarkeit und Plausibilität [Bru91]. Die Frage, ob eine Erzählung beim Rezipienten verfängt, entscheidet sich also nicht daran, ob sie wahr ist oder eine extranarrative Realität zutreffend wiedergibt, sondern daran, inwiefern es ihr gelingt, die in ihr enthaltenen Ereignisse und deren Verknüpfungen nachvollziehbar und plausibel darzustellen.

Mit der zentralen Größe der Plausibilität anstelle von Nachprüfbarkeit verzichtet die Erzählung vorderhand zwar auf den Anspruch, Gültigkeit über sich selbst hinaus zu besitzen – also objektiv wahr zu sein –, ist damit aber auch nicht mehr darauf beschränkt, an rationale Wissensbestände anzuschließen. Erzählen wird so zu einem „besonders effektiven Modus zur diskursiven Sinnproduktion“ [Whi90, S. 8]. Im Zentrum des Erzählens steht ein kreativer Prozess, in dem verschiedenste Elemente zu einem kohärenten Ganzen verknüpft werden, so dass Abweichungen, Brüche usw. integriert werden können und daraus resultierende Konsequenzen als folgerichtig erscheinen. Diese kreative Komposition heterogener Elemente begründet die spezifische Stärke von Erzählungen: In einer „Synthesis des Heterogenen“ [Ric88, S. 106] wird Komplexität reduziert und „wilde“ in „geregelt“ Kontingenz überführt [Ric86, S. 16]. Aus diffusen Vorstellungen werden klare Perspektiven, aus Möglichkeiten Gewissheiten. Diese Heterogenität beschränkt sich nicht nur auf in die Erzählung eingebundene Elemente, sondern erstreckt sich auch auf die Ebene der Sinnbezüge und Erwartungsräume: Emotionale Momente, normative Bewertungen oder phantastische Überlegungen fließen ebenso zwanglos in die Erzählung ein wie wissenschaftlich fundierte und belegte Fakten. Dabei operieren Erzählungen nicht in einem interpretationsfreien Raum. Sie vermitteln durch ihre Formulierung, Rezeption und Interpretation die kulturellen und sozialen Kontexte beteiligter Akteure, die sie im Gegenzug selbst wieder beeinflussen. Ein Prozess den PAUL RICŒUR in Anlehnung an Aristoteles als einen aus drei Momenten bestehenden „Kreis der Mimesis“ [Ric88, S. 115] beschreibt.

Ihre Wirkung erzielen Erzählungen und die diesen zugrunde liegenden Narrative im Kern also dadurch, dass sie nicht auf (die unabsehbaren) Fakten beschränkt sind, um eine in sich kohärente und plausible Perspektive zu schaffen. Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit von Erzählungen für handlungsanleitende Zukunftsperspektiven bedeutet dies, dass Normen, Werte, Emotionen usw. – bewusst oder unbewusst – gleichberechtigt neben wissenschaftlich-technischen Fakten, mathematischen Modellen oder Extrapolationen identifizierter Trends in diese einfließen und so die Entscheidungsgrundlagen beeinflussen. Die Rolle entsprechender Narrative wird dabei umso bedeutender, je weniger konkret sich mögliche Folgen abschätzen lassen (bspw. Grundlagenforschung verglichen mit Produktentwicklung) oder je weiter der Zeithorizont in die Zukunft reicht. Gerade weil die zentralen Funktionen von Narrativen in der Reduktion von Komplexität und der Verknüpfung heterogener Aspekte zu einem plausiblen Ganzen liegen, neigen sie aber auch zu Selektivität, Verkürzung und Intransparenz. Im Sinne fundierter und transparenter Zukunftsentscheidungen ist es daher erforderlich, diese realitätskonstruierenden Narrative zu identifizieren und auf ihre unterschiedlichen Elemente hin zu überprüfen.

### 3 Konzeptionelle Eckpunkte der Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative

Damit eine solche Aufarbeitung von Zukunftsnarrativen wissenschaftlichen Mehrwert generieren und einen relevanten praktischen Beitrag zur Unterstützung zukunftsorientierter Beratungs- und Entscheidungsprozesse leisten kann, reicht es nicht, sich an allgemeinen Leistungen von Erzählungen und Narrativen zu orientieren. Um naturwissenschaftlich-technische Narrative für die konkrete Anwendung handhabbar zu machen, müssen darüber hinaus einige Eckpunkte bestimmt werden, auf deren Grundlage solche Narrative identifiziert und zielgerichtet reflektiert werden können.

Die zentrale Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang die Anforderung dar, das Konzept des Narrativs hinsichtlich des betrachteten Gegenstands einzugrenzen und mit Hinblick auf dessen Operationalisierbarkeit näher zu bestimmen. Dabei fällt zunächst ins Auge, dass es sich bei den Gegenständen der Erzählforschung im weiteren Sinn um vielschichtige und komplexe Phänomene handelt, die sich einem direkten Zugriff entziehen. Diese Schwierigkeit spiegelt sich auch auf der begrifflichen Ebene wider, wo nicht nur häufig die Begriffe Narrativ, Erzählung, Narration und Geschichte synonym verwendet werden, sondern auch Definitionsversuche oft in Zirkelschlüssen enden und auf ein weiteres Synonym verweisen [Vie14]. Ein Teil dieser begrifflichen Heterogenität ist dabei mit Sicherheit dem Umstand geschuldet, dass erzählorientierte Konzepte in weite Bereiche der Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften und schließlich auch in die Alltagssprachliche Verwendung Eingang gefunden haben und im Zuge dieser Entwicklung über ihren literaturwissenschaftlichen Inhalt hinaus erweitert wurden. So hat die ubiquitäre Verwendung der Konzepte zu einer gewissen Beliebigkeit geführt, die die berechnete Befürchtung nahelegt, dass dem Narrativ dasselbe Schicksal droht, „welches seinen Verwandten, den Diskurs, schon vor geraumer Zeit ereilt hat“ [SW15], nämlich alles zu umfassen und damit nichts mehr auszusagen.

Um diese Gefahr zu vermeiden, ist es für die hier vorgeschlagene Narrativanalyse erforderlich, die anzulegenden Konzepte auch begrifflich zu schärfen und konsistent zu bestimmen. Eine in diesem Sinne fruchtbare Differenzierung des Begriffsfeldes orientiert sich an den Überlegungen GÉRARD GENETTES, der im Rahmen seines „Diskurs der Erzählung“ [Gen98] das Phänomen *Erzählung* in drei analytische Bestandteile zerlegt. Unter dem Begriff der (1) „Erzählung“ fasst GENETTE dabei die narrative Aussage als solche, also den strukturierten schriftlichen, mündlichen etc. Text, der von Vorkommnissen in der Welt berichtet und diese mit einer Struktur versieht. Der Begriff der (2) „Geschichte“ verweist in diesem Zusammenhang auf den durch die Erzählung konfigurierten Gegenstand der narrativen Rede: die fiktiven oder realen Ereignisse, von denen die Erzählungen berichten. Mit dem Begriff der (3) „Narration“ wird schließlich der Akt der narrativen Rede selbst bezeichnet, womit auch die konkrete Kommunikationssituation/-form und damit die soziale Einbettung der Erzählung Berücksichtigung findet. Diese Differenzierung lässt sich mit wenig Umständen für die praktische Analyse von Erzählungen übersetzen: So finden sich in dieser Unterscheidung alle Aspekte der Leitfrage, wer was wem mit welcher Intention und vor welchem Hintergrund wie erzählt, was den Blick auf drei notwendige Reflexionsebenen der Narrativanalyse lenkt, nämlich die *Form* von Erzählungen, ihre *Inhalte* sowie ihre *Kontexte*.

Neben der offensichtlichen Anforderung, erzählte Inhalte jeweils im Rahmen der sie umfassenden Erzählung und deren sozialer und kommunikativer Kontextualisierung zu betrachten, lässt sich damit auch die inhaltliche Ebene als zentraler Bezugspunkt der Betrachtung bestimmen, auf der sich die Narrative im engeren Sinne wiederfinden. Allerdings ist dazu noch ein Begriff des Narrativs vonnöten, der einerseits differenziert genug ist, um nicht der oben problematisierten Beliebigkeit zum Opfer zu fallen, also über eine ausreichende analytische Trennschärfe verfügt. Andererseits muss der Narrativbegriff auch ein hohes Maß an Anschlussfähigkeit für den Einsatz in Forschungs- und Beratungsprojekten aufweisen und sollte daher nicht allzu spezifisch ausfallen, sodass auch eine gewisse Nähe zum alltagssprachlichen Verständnis von Narrativen gewahrt werden kann.

Ein Verständnis von Narrativen, das auf dieser Ebene angesiedelt ist, bietet der Literaturwissenschaftler ALBRECHT KOSCHORKE, der den Begriff des Narrativs für den inhaltlichen Wesensbestand einer Erzählung reserviert und insbesondere der „unabzählbaren Vielfalt individueller Geschichten (im Sinn von *stories*)“ [Kos12, S. 30, HviO] gegenüberstellt. Dieser Wesensbestand materialisiert sich in Form von erzählerischen Schemata, die als „Dispositive von einem mittleren Härtegrad [...] die in ihnen enthaltenen Elemente konfigurieren, aber nicht bis ins Letzte festschreiben“ [Kos12, S. 30]. Narrative stellen aus diesem Blickwinkel das sprachliche Pendant zu kognitiven Schemata dar, „die es erlauben, die Überfülle empirischer Daten auf typenhafte, leicht wiedererkennbare Formen zurückzuführen, Unbekanntes an Bekanntes zu assimilieren, Abweichungen zu tilgen und überschüssige Daten auszublenden“ [Kos12, S. 29f.].

Ein so verstandenes Konzept von Narrativen erfüllt nicht nur die für die Entwicklung der Narrativanalyse formulierten Anforderungen bezüglich Trennschärfe und Anschlussfähigkeit. Es lässt sich auch auf pragmatische Weise in die oben eingeführte Differenzierung von Erzählung, Geschichte und Narration integrieren, wo sich die Narrative auf der Ebene der Geschichten verorten lassen. Die gesuchten Narrative lassen sich auf diese Weise als elementare Bausteine von Geschichten verstehen, in deren Rahmen sie aktiviert, adaptiert, untereinander verwoben und mit weiteren Elementen wie bspw. Argumenten oder Erklärungen verknüpft werden können. Für die konkrete Ausgestaltung der Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative bestätigt diese Perspektive konsequenterweise, dass diese in der Regel nicht offen zutage treten, sondern auf Grundlage einer Auseinandersetzung mit relevanten Stories und umfassenden Geschichten extrapoliert und rekonstruiert werden müssen, um analysiert und auf ihre bedeutungstragenden Elemente hin untersucht werden zu können.

Schließlich muss die Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative in zukunftsorientierten Prozessen den Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes Rechnung tragen. Im Gegensatz zu fundamentalen Auseinandersetzungen mit Erzählungen und narrativen Strukturen im Allgemeinen ist hier nicht das Ziel, universelle Tiefenstrukturen von Erzählungen oder deren Verhältnis zu naturwissenschaftlich-technischer Forschung und Entwicklung in einem generellen Sinn zu betrachten. Stattdessen geht es in diesem Zusammenhang darum, eine bestimmte Gruppe von Narrativen und ihren Bedeutungen für zukunftsbezogene Reflexions- und Diskussionsprozesse zielgerichtet erkennbar, bewusst und einer Diskussion verfügbar zu machen. Eine erste Abgrenzung ergibt sich bereits aus der Bestimmung des Gegenstands, der einen inhaltli-

chen Bezug der untersuchten Erzählungen zu naturwissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung voraussetzt. Allerdings finden sich solche Auseinandersetzungen auch in literarischen Genres wie etwa der Science-Fiction, die zwar auch zur Entwicklung von Zukunftsbildern beitragen kann, für konkrete realweltliche Diskurse über Wissenschaft und Technik jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielt. Im Gegensatz zu solchen literarischen Zukunftsverhandlungen beziehen sich die hier interessierenden Erzählungen nicht nur auf die in der Erzählung selbst konstruierte Realität, sondern darüber hinaus auf die konkrete, außersprachliche Realität, die sie beanspruchen, in einer relevanten Weise wiederzugeben. In ihnen werden also Geltungsansprüche formuliert, die über den rein erzählerischen Kontext hinaus an die konkrete Realität anschließen. KLEIN UND MARTÍNEZ schlagen für diese Art von Erzählungen den Begriff der *Wirklichkeitserzählung* vor und bestimmen deren Besonderheit darin, dass Wirklichkeitserzählungen neben dem konstruktiven Charakter, der allen Erzählungen innewohnt, eben auch über eine referentielle Dimension verfügen, in der ihre besondere erkenntnistheoretische Bedeutung angelegt ist [KM09]. Für den (wissenschaftlichen) Umgang mit solchen Wirklichkeitserzählungen stellen sie fest, es gelte, „den referentiellen Aspekt von Wirklichkeitserzählungen angemessen zu berücksichtigen, ohne deren konstruktive Elemente zu vernachlässigen“ [KM09, S. 1]. Den grundlegenden Unterschied solcher Wirklichkeitserzählungen verglichen mit ihren literarischen Pendanten machen sie daran fest, ob es sich bei einer Erzählung um einen faktualen oder fiktionalen Text handelt und damit am Modus der erzählenden Rede und dem damit verbundenen Anspruch, reale (vergangene oder gegenwärtige) oder auch mögliche (im Fall zukunftsbezogener Erzählungen) Sachverhalte darzustellen.

Für die Untersuchung naturwissenschaftlich-technischer Narrative bietet die von KLEIN UND MARTÍNEZ angebotene Perspektive entscheidende Anknüpfungspunkte. Zum einen erlaubt sie es, Texte und Erzählungen anhand eines entscheidenden Merkmals – nämlich ihres referentiellen Anspruchs – als relevante Beiträge zu bestimmen und anhand eben dieses Anspruchs idealtypisch als deskriptive, normative oder voraussagende Wirklichkeitserzählungen zu charakterisieren [KM09]. Zum anderen bietet das Konzept auch die Möglichkeit, die rekonstruierten Narrative einzuschätzen und zu bewerten, indem diese auf die Einlösung der mit ihnen verbundenen und formulierten Geltungsansprüche hin überprüft werden.

#### **4 Ein Leitfaden zur systematischen Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative**

Der im Folgenden dargestellte Vorschlag zur Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative wurde im Rahmen des Projekts „NarrativForITA“ am Institut für Soziologie der RWTH Aachen entwickelt. Auf Grundlage einer eingehenden Betrachtung des Feldes der Künstlichen Photosynthese (KPS) wurden die dargestellten konzeptionellen Grundlagen schrittweise formuliert und in die vorgeschlagene methodische Perspektive überführt. Eine begleitende Anwendung der Vorgehensweise auf Teilbereiche der Künstlichen Intelligenz (KI) diente dabei einerseits der Sicherstellung ihrer Anwendbarkeit auf unterschiedliche Phänomenbereiche, andererseits auch der iterativen Schärfung von Analyseperspektive und Vorgehen anhand erkennbarer Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den Narrativen des Ausgangsfelds.

Die Verfahrensweise umfasst sieben Schritte, die sich drei Phasen zuordnen lassen (vgl. Bild 1). Diese orientieren sich an den drei Reflexionsdimensionen, die für die Untersuchungsperspektive als grundlegend bestimmt werden konnten. Die **erste Phase des „Sammelns und Sichtens“** bezieht sich auf die Form von Erzählungen und die Frage, *ob und wie* erzählt wird. Der Inhalt – also die Narrative im engeren Sinn – steht mit der Frage danach, was erzählt wird, im Zentrum der **zweiten Phase des „Zergliederns und Strukturierens“**. Und schließlich bildet die Frage, *wer wem in welchem Kontext* erzählt, neben den erhobenen Geltungsansprüchen das Fundament für die **abschließende Phase des „Evaluierens und Interpretierens“**, womit die kontextuelle Einbettung der Erzählung – sowohl des Inhalts als auch der Erzählsituation – reflektiert wird.

### Vorgehensmodell der Narrativanalyse

- Phase 1: Sammeln und Sichten
  - Schritt 1: Festlegen der Recherchestrategie
  - Schritt 2: Auswahl relevanter Beiträge/Identifizierung von Erzählungen
- Phase 2: Zergliedern und Strukturieren
  - Schritt 3: Inhaltsanalytische Aufschlüsselung aufgefundener Stories
  - Schritt 4: Verdichtete/strukturierte Darstellung der Narrative
  - Schritt 5: Bestimmen der Geltungsansprüche/Klassifizieren der Narrative
- Phase 3: Interpretieren und Evaluieren
  - Schritt 6: Einordnung anhand sozialer und kommunikativer Rahmung
  - Schritt 7: Kritische Überprüfung der formulierten Geltungsansprüche

Bild 1: Vorgehensmodell der Narrativanalyse

### Phase 1: Sammeln und Sichten

Die erste Phase dient dazu, das Material zusammenzutragen, das auf Narrative hin untersucht werden soll. Je nach Zielsetzung des konkreten Projekts kann dies umfangreiche Recherchen erfordern, unterschiedlichste Quellenklassen umfassen und auch – gerade in Zukunftskontexten – teilweise ungerichtete Suchstrategien beinhalten. Da das weitere Vorgehen und die zu erwartenden Ergebnisse entscheidend von dem zugrundeliegenden Material abhängen, ist es notwendig, dessen Art und Umfang im Vorfeld transparent zu bestimmen. Es müssen dafür nachvollziehbare Kriterien definiert werden, anhand derer bestimmt werden kann, ob eine Darstellung in die Analyse einfließen soll oder nicht.

### Festlegen der Recherchestrategie

Zunächst muss eine Recherchestrategie bestimmt werden, die die Suche nach potentiellen Narrativquellen anleitet. In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung kann sich diese auf unterschiedliche Arten oder Klassen von Texten beziehen, auf den zeitlichen Blickwinkel, eine bestimmte Gruppe von Autoren oder Ähnliches. So kann beispielsweise eine Einschränkung auf wissenschaftliche oder von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verfasste Texte sinnvoll sein, wenn es darum geht, die Narrative zu identifizieren, die in einer bestimmten scientific community prävalent sind. Berücksichtigt werden sollte auch, dass Narrative nicht zwingend in Form formulierter Texte vorliegen müssen, sondern jeder Art von Kommunikation unterliegen können. Künstlerische Installationen oder Bilder (,ein Bild sagt mehr als tausend

Worte<sup>4</sup>) können daher ebenso relevante Narrative transportieren wie wissenschaftliche und journalistische Texte, politische Beiträge oder Filme, sofern auf sie das oben bestimmte Kriterium der Präsentation als *faktual* zutrifft.

### **Auswahl relevanter Beiträge/Identifizieren von Erzählungen**

Sofern sich die Recherche nach potentiellen Quellen für Narrative nicht alleine auf Beiträge beschränkt, die sich offensichtlich als Erzählungen klassifizieren lassen, gilt es zunächst, die recherchierten Quellen daraufhin zu überprüfen, ob Sie in die konkrete Analyse einbezogen werden sollten oder nicht. Im Kern geht es dabei um die für den weiteren Verlauf entscheidende Frage, ob es sich bei einem gegebenen Text um eine Erzählung handelt, beziehungsweise ob dieser erzählerische Elemente/Stories enthält oder eben nicht.

Eine Herausforderung an dieser Stelle ist, dass es kein etabliertes Verfahren gibt, mit dem sich Erzählungen bzw. Erzählsequenzen zielgenau erkennen bzw. von Texten abgrenzen lassen, die keine solchen enthalten. Daher können an dieser Stelle auch nur einige grobe Orientierungspunkte vorgeschlagen werden, anhand derer eine entsprechende Einordnung erfolgen kann. Insbesondere können diese Orientierungspunkte nur in Form einer Positivliste gegeben werden, die eine Entscheidung *für* eine nähere Betrachtung unterstützen. Klare Ausschlusskriterien lassen sich – abgesehen vom Fehlen referentieller Ansprüche (wie etwa in literarischen Texten) – nicht allgemein bestimmen.

Eine erste Einschätzung kann anhand der *äußeren* Form und damit über meta- bzw. paratextliche Merkmale erfolgen. So kann bei einer Reihe von Genres grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass sie auf Narrativen aufbauen oder solche zu konstruieren versuchen. Beispielsweise können publizistische Gattungen, deren Sinn darin besteht, Ereignisse einzuordnen – wie etwa Reportagen oder Kommentare –, guten Gewissens unter einen begründeten „Narrativitätsverdacht“ gestellt werden. Im Bereich naturwissenschaftlich-technischer Forschung und Entwicklung finden sich relevante Stories mit großer Sicherheit in Texten, die eine komplexe Materie an ein breiteres/fachfremdes Publikum vermitteln möchten. Dazu gehören neben populärwissenschaftlichen Beiträgen in Publikumsmedien auch Veröffentlichungen von Wissenschaftsakademien und Ähnlichem, deren Zielsetzung darin besteht, bestimmte wissenschaftlich-technische Thematiken für den politischen und zivilgesellschaftlichen Diskurs anschlussfähig zu machen.

Allerdings beschränkt sich das Auftreten von Narrativen nicht auf Texte, die (mehr oder weniger) eindeutig darauf orientiert sind, kohärente Erzählungen zu präsentieren. Auch Texte, die qua Genre nicht unbedingt Erzählungen erwarten lassen, können häufig Stories und damit auch Narrative beinhalten. Ein augenfälliges Beispiel hierfür sind naturwissenschaftliche Abhandlungen, die im Kern darauf angelegt sind, Beobachtungen darzustellen, wissenschaftliches Arbeiten transparent zu dokumentieren und Forschungsergebnisse aufzuarbeiten. Auf den ersten Blick scheinen solche Texte kein Ort für Erzählungen zu sein. Allerdings lassen sich auch hier häufig Erzählsequenzen finden, wenn beispielsweise die Forschung in breitere Kontexte eingebunden wird oder Ergebnisse vor dem Hintergrund (möglicher) zukünftiger Entwicklungen interpretiert und diskutiert werden. Gerade bei noch offenen Themen der Grundlagenforschung oder vor dem Hintergrund junger technologischer Entwicklungen werden Forschungsvorhaben

und -ergebnisse oft in einem historischen Prozess verortet, anhand normativer Grundlagen bewertet oder mit Hilfe visionärer Zukunftsperspektiven legitimiert. So finden sich beispielsweise in den einleitenden Kapiteln von Publikationen zur KPS häufig Abschnitte, die deren potentiellen Beitrag zur Realisierung einer (als erstrebenswert unterstellten) *post-carbon*-Gesellschaft thematisieren und sie damit als wünschenswerte Technologie rahmen.

Neben der äußeren sollte daher auch die *innere* Form der potentiellen Quellen bei der Auswahl berücksichtigt werden, um Stories – also narrative Sequenzen – in unterschiedlichen Texten zu identifizieren. Dazu bietet sich eine Orientierung an allgemeinen Merkmalen von Erzählungen an: Grundsätzlich zeichnen sich diese dadurch aus, dass Sie heterogene Elemente miteinander verknüpfen und in ein plausibles, in sich schlüssiges Ganzes integrieren, indem sie diese Elemente aufeinander beziehen und mit einer zeitlichen, kausalen und/oder logischen Struktur versehen.

Jedoch sollte man nicht erwarten, immer „vollständige“ Erzählungen vorzufinden. Daher ist es angebracht, die jeweiligen Annahmekriterien eher weiter zu fassen, um sicher zu stellen, auch Stories (oder Fragmente) zu berücksichtigen, die nur einzelne oder einen Teil der Merkmale von Erzählungen aufweisen. Dies ist etwa dann gegeben, wenn naturwissenschaftliche Forschung moralisch aufgeladen, eine künftige Entwicklung als zwangsläufig dargestellt oder Technologie im Rahmen einer gesellschaftlichen Utopie perspektiviert wird. Deutliche Hinweise für das Vorliegen einer Story sind in diesem Sinne bspw. Anthropomorphisierungen technischer Artefakte oder die Zuschreibung von Agency oder Zielgerichtetheit an natürliche Prozesse wie die Evolution. Als grobe Orientierung für die Einordnung einer Passage als relevante Story kann aus diesem Blickwinkel formuliert werden, dass eine solche immer dann vorliegt, wenn unverbundene Ereignisse, heterogene Sachverhalte oder unterschiedliche Realitätsbereiche (Fakten, Normen, Visionen, Emotionen, ...) in einen plausiblen, (in sich) logischen, kausalen oder temporalen Zusammenhang gestellt werden und mit einem referentiellen Anspruch ausgestattet sind.

## **Phase 2: Zergliedern und Strukturieren**

In der zweiten Phase der Narrativanalyse werden die zentralen inhaltlichen Analyseschritte durchgeführt, mit deren Hilfe die Narrative identifiziert und strukturiert aufgearbeitet werden. Ausgehend von den aufgefundenen Stories werden die zentralen inhaltlichen Elemente extrahiert und auf einem einheitlichen Niveau re-formuliert. Die auf diese Weise gewonnenen Narrative können anschließend miteinander verglichen, aufeinander bezogen oder anhand unterschiedlicher Kriterien klassifiziert und evaluiert werden.

## **Inhaltsanalytische Aufschlüsselung der Stories**

Der Zentrale Schritt bei der Analyse von Narrativen besteht darin, die aufgefundenen Stories inhaltsanalytisch aufzuschlüsseln, um die darin enthaltenen Narrative freizulegen. Je nach Quellenmaterial und Ausgangsfrage können dabei unterschiedliche Methoden zum Einsatz kommen. Für die meisten Anwendungsfälle (das Material der Narrativanalyse liegt in der Regel in Form schriftlich fixierter Kommunikation vor) eignet sich hierfür eine Vorgehensweise, die sich an Methoden der inhaltlich-strukturierenden Qualitativen Inhaltsanalyse orientiert. Dabei

handelt es sich um interpretative Analyseansätze, die eine „empirische[], methodisch kontrollierte[] Auswertung auch größerer Textcorpora“ [May15] ermöglichen und den Anspruch erheben, neben manifesten auch latente Bedeutungsebenen betrachten zu können. Im Kern geht es bei dieser Art der Inhaltsanalyse darum, im Ausgangsmaterial bestimmte inhaltliche Aspekte zu identifizieren, diese deutend zu konzeptualisieren und das Material hinsichtlich solcher Aspekte systematisch darzustellen.

Als Ausgangspunkt für die Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative in den Kontexten der Zukunftsforschung und -gestaltung kann das folgende Kategorienraster verwendet werden, das im Rahmen des Projekts NarrativForITA mit Blick auf diese Perspektive hin entwickelt wurde. Das Themenraster für die Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative umfasst als Oberkategorien

- 1) die in der Geschichte auftretenden *Handlungsträger* und
- 2) *Ereignisse*,
- 3) deren *Charakterisierungen* und
- 4) deren *Beziehungen zueinander* sowie
- 5) die *Kontexte*, in die diese erzählerisch eingebunden werden und schließlich
- 6) die *externen Referenzen*, mit denen die Erzählung im Extranarrativen verankert wird.

Die jeweils konkreten Ausprägungen bzw. Unterkategorien werden entlang des vorhandenen Materials bestimmt. Im Falle der Kontexte sowie der externen Bezüge ist es für die spätere Interpretation sinnvoll, die induktiv entwickelten Unterkategorien durch quer dazu liegende klassifikatorische bzw. evaluative Ausprägungen zu ergänzen. Für die Kontexte bilden diese Klassifikationen die Art des Kontextes (temporal, kausal, logisch) ab – unter Umständen ergänzt durch eine weitere Kodierung etwa der Stärke oder der Zwangsläufigkeit –, die externen Referenzen lassen sich auf diese Art beispielweise bezüglich ihrer Rationalitätsbereiche und Sinnbezüge (z.B. fakten- oder wertorientiert, emotional, visionär usw.), ihrem zeitlichen Horizont oder weiterer Dimensionen unterscheiden, die für die jeweilige Fragestellung relevant sind.

### **Verdichtete/strukturierte Darstellung der Narrative**

Ausgehend von den so in ihre Bestandteile zerlegten Stories ist es möglich, die in ihnen enthaltenen/formulierten Narrative miteinander in Beziehung zu setzen und zu vergleichen. Dafür ist es notwendig, diese in strukturierter Weise darzustellen, um die jeweiligen zentralen Inhalte, relevante Variationen, narrativen Zusammenhänge und externen Bezüge abzubilden. Prinzipiell kann diese Darstellung in unterschiedlicher Form erfolgen – sei es als Text, als Tabelle oder auch in graphischer Form (bspw. als „Landkarten“). Grundsätzlich sollte aber über die einzelnen Narrative hinweg je Kategorie ein einheitliches Sprach- und Abstraktionsniveau angestrebt werden. Insbesondere bezüglich des zentralen Inhalts erlaubt dabei eine möglichst stark verdichtete, sprachlich neutrale Wiedergabe, das Narrativ klar zu benennen.

### **Bestimmen der Geltungsansprüche/Klassifizieren der Narrative und ihrer Funktionen**

Einer der Schwerpunkte der hier vorgestellten Analyse naturwissenschaftlich-technischer Narrative liegt darin, Narrative transparent zu machen, ihre unterschiedlichen Elemente (faktual,



emotional, normativ, visionär, ...) offenzulegen und ihre Funktionen zu bestimmen. In der Entwicklung des Instrumentariums hat es sich als zielführend erwiesen, sich dafür an den in und mit den Narrativen und Stories erhobenen Geltungsansprüchen gegenüber der extranarrativen Realität zu orientieren: Erstens formulieren zwingend alle relevanten Erzählungen einen gewissen Geltungsanspruch in diese Richtung, zweitens lassen sich mit Hilfe der Geltungsansprüche auch Rückschlüsse auf die Funktionen von Erzählungen schließen.

Idealtypisch können diese Geltungsansprüche in drei Klassen differenziert werden:

- 1) *Deskriptive* Geltungsansprüche werden erhoben, wenn eine Erzählung für sich in Anspruch nimmt, vergangene oder gegenwärtige reale Sachverhalte richtig (im Sinne faktischer Überprüfbarkeit orientiert an der Unterscheidung wahr/falsch) darzustellen.
- 2) *Normative* Geltungsansprüche verweisen auf einen erwünschten Zustand und orientieren sich an der Leitdifferenz von richtigem gegenüber falschem Handeln. Und schließlich beziehen sich
- 3) *voraussagende* Geltungsansprüche auf einen erwarteten zukünftigen Zustand (plausibel vs. unplausibel) [KM09].

Als Idealtypen sind diese Klassen allerdings empirisch kaum in Reinform anzutreffen. Stattdessen werden mit den Erzählungen in der Regel Kombinationen unterschiedlicher Geltungsansprüche mit jeweils unterschiedlichen Gewichtungen und konkreten Ausformungen formuliert. Ein Beispiel hierfür ist etwa das im Feld der KPS vorzufindende Narrativ vom Kohlendioxid als Ressource: Neben dem deskriptiven Geltungsanspruch („CO<sub>2</sub> ist ein Ausgangsstoff für die KPS“) ist darin auch ein voraussagender Geltungsanspruch („durch KPS wird CO<sub>2</sub> vom Klimakiller zum gefragten Rohstoff“) enthalten. Diese Ansprüche werden in verschiedenen Erzählungen in der Konsequenz durch normative Geltungsansprüche ergänzt, die die Notwendigkeit kohlendioxidsparenden Handelns in Frage stellen.

Auf Basis der identifizierten Geltungsansprüche ist es auch möglich, die Narrative hinsichtlich ihrer (möglichen) Funktionen einzuordnen. Narrative können eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionen erfüllen, die etwa Explikation und Selektion umfassen können, der Erzeugung von Legitimität oder Akzeptanz dienen oder handlungsanleitend und sinnstiftend wirken. In der Regel sind diese Funktionen nicht offensichtlich, sondern ergeben sich erst aus der Reflexion der Narrative und ihrer breiteren Kontextualisierung im konkreten „Einsatz“. Die Orientierung an den mit den Narrativen verbundenen Geltungsansprüchen erlaubt es allerdings, den Narrativen gewisse Funktionsklassen oder -bündel zuzuschreiben und so wesentliche Funktionen der betrachteten Narrative in einem grundlegenden Sinn zu bestimmen. So stehen erläuternde Funktionen vorrangig im Zusammenhang mit deskriptiven Geltungsansprüchen. Voraussagende Geltungsansprüche gehen häufig mit dem Anspruch einher, Handlungsweisen, (politische) Entscheidungen oder wissenschaftliche Felder zu legitimieren und mit sozialer Akzeptanz auszustatten. Handlungsanleitende/sinnstiftende Funktionen stehen häufig hinter normativen Geltungsansprüchen. Auch hier gilt allerdings, dass diese Zuordnung nur eine grobe Leitlinie darstellen kann, da es reale Erzählungen ja gerade ausmacht, heterogene Sachverhalte, vielfältige Sinn- und Realitätsbezüge mit internen und externen Referenzen zu in und für sich plausiblen Ganzen zu verknüpfen.

### **Phase 3: Interpretieren und Evaluieren**

Die dritte Phase umfasst die abschließende Interpretation und Evaluation der aufgefundenen/extrahierten Narrative (sowie der sie enthaltenden Stories). Während in Phase eins der Schwerpunkt auf der äußeren und inneren Form des Materials/der Erzählungen liegt und Phase zwei auf den Inhalt fokussiert, ist der Kontext der jeweiligen Erzählung der zentrale Orientierungspunkt für die letzte Phase. Damit ist gewährleistet, dass alle relevanten Reflexionsebenen berücksichtigt werden und sich die narratologischen Kernelemente Erzählung, Geschichte und Narration in der Analyse widerspiegeln.

#### **Einordnung anhand sozialer und kommunikativer Rahmung der Erzählungen**

Zusammen mit dem eigentlichen Inhalt einer Erzählung ist es in erster Linie der konkrete soziale und kommunikative Rahmen einer Erzählung, der einen analytischen Zugang zu deren unterliegenden Bedeutungen und relevanten Funktionen erlaubt. Sowohl aus konzeptueller Perspektive liegt dies auf der Hand, wie es auch die „alltagsempirische“ Erfahrung nahelegt. Eine aussagekräftige Deutung der Inhalte, Bestandteile und Funktionen naturwissenschaftlich-technischer Narrative (bzw. von Narrativen allgemein) muss daher auch die tatsächliche Erzählsituation (Narration) reflektieren. Eine konkrete Vorgehensweise kann für diese Einordnung naturgemäß nicht gegeben werden, da sich diese zuvorderst aus der Fragestellung sowie dem Material ergibt. Daher können sich im jeweils vorliegenden Fall unterschiedlichste Kontextfaktoren als relevant erweisen.

Ein besonderes Augenmerk sollte auf jeden Fall auf die direkt Beteiligten gelegt werden, also Erzählerinnen und Zuhörerinnen/Publikum, deren Beziehungen zu einander sowie deren soziokultureller Einbettung: Erzählen ist als Form von Kommunikation eine in vieler Hinsicht voraussetzungsvolle und grundsätzlich soziale Aktivität. Als solche basiert sie grundlegend auf der Interaktion zwischen Akteuren. Der Sinn des Erzählten entsteht also zuerst und vorwiegend *zwischen* den Beteiligten und gründet zu weiten Teilen auf sozio-kulturellen Faktoren wie geteiltem (oder eben nicht geteiltem) Wissen, gemeinsamen kollektiven Erfahrungen und gesellschaftlichen wie individuellen Macht- und Autoritätsbeziehungen. Diese stecken also den prinzipiellen Rahmen für die Sinnkonstruktion eines Narrativs ab. Darüber hinaus gehende Kontextfaktoren können demgegenüber zwar in bestimmten Kontexten eine hohe Relevanz aufweisen (z.B. das Ranking wissenschaftlicher Zeitschriften), in einer breiteren Perspektive dürften sie ein Narrativ zumeist aber eher modulieren als dessen Deutung grundlegend umzuorientieren.

#### **Kritische Überprüfung der formulierten Geltungsansprüche**

Neben der kontextsensitiven Interpretation der Inhalte naturwissenschaftlich-technischer Narrative bildet eine kritische Überprüfung der mit den Narrativen verknüpften Geltungsansprüche den abschließenden Schritt der Narrativanalyse. Oder anders gesagt: Um Narrative in ihrer Gänze betrachtet zu haben, ist es notwendig, diese auch einem „Realitätscheck“ zu unterziehen. Dazu werden die Narrative dahingehend überprüft, ob sie die erhobenen Geltungsansprüche auch einlösen können.

Am einfachsten lässt sich dies bei deskriptiven Geltungsansprüchen erfüllen. Zwar unterliegen auch historische und gegenwärtige Fakten zum Teil deutlichen Auseinandersetzungen, in der

Regel sollte es aber möglich sein, am jeweiligen Stand des Wissens/der Wissenschaft orientiert eine Tatsache als faktisch wahr oder unwahr einzuordnen. Etwas herausfordernder ist dies bei normativen und voraussagenden Geltungsansprüchen. Während die Forschenden bei ersteren ihren eigenen Wertehintergrund reflektieren müssen, um zu einer nachvollziehbaren Einschätzung zu gelangen, müssen sie sich bei letzteren offensiv bewusst machen, dass sie es mit Erzählungen zu tun haben und diese gerade über den Modus der Plausibilität operieren.

Generell erlauben es diese aus der Einschätzung der Einlösung der Geltungsansprüche gewonnenen Erkenntnisse, naturwissenschaftlich-technische Narrative hinsichtlich ihrer faktischen Richtigkeit, ihrer Plausibilität sowie ihrer normativen Fundierung einzuordnen. Im Rahmen der Narrativanalyse erweitert dies die inhaltlich-strukturelle Aufarbeitung um entscheidende Aspekte. Im Verbund mit der kontextsensitiven Inhaltsanalyse erlaubt sie einen umfassenden Blick auf naturwissenschaftlich-technische Narrative (in einem gegebenen Feld). Damit ist es möglich, Narrative mit ihren zentralen Inhalten und Merkmalen auch in umfassenderen zukunftsorientierten Forschungs-, Beratungs- und Entscheidungsprozessen systematisch zu berücksichtigen. Umfassender gedacht bietet sich damit die Möglichkeit, Narrative als relevante Größe in Zukunftsdiskursen zu positionieren und zu akzeptieren, um zu „besseren“ Einsichten und Entscheidungen über die Zukunft zu gelangen, also die Narrative aktiv zu reflektieren, sich aber weniger von diesen leiten lassen.

## 5 Einsatzfelder – Die Narrativanalyse als Erweiterung des prospektiven Methodenspektrums ...

Dass ihre Aufgabe nicht darin besteht, (vorgebliche) Gewissheiten über „die Zukunft“ im eigentlichen Sinn zu produzieren, steht für die zukunftsorientierte Forschung außer Frage. Eher besteht ihr Anliegen in der „Suche nach Hinweisen und Einflussfaktoren dafür, wie bestimmte Entwicklungen verlaufen könnten“ [Zwe14, S. 20], um auf dieser Grundlage mit Hilfe begründeter und begründbarer Annahmen die Vielzahl möglicher zukünftiger Entwicklungen zu begrenzen und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie diese Prozesse gestalterisch beeinflusst werden können. Zukunftsforschung in diesem Sinn begreift sich also als eine spezifisch zukunftsbezogene Gegenwartsforschung [Gru09], deren Gegenstand sich als prinzipiell offen und gestaltbar darstellt. Anstatt gesicherten Wissens, wie die Zukunft sein *wird*, generiert sie folglich vielmehr plausible Annahmen darüber, wie unterschiedliche Ausprägungen von Zukünften – basierend auf Einsichten der Gegenwart – aussehen *könnten*. Dabei berücksichtigt sie unterschiedlichste Faktoren und wie deren Dynamiken und Verknüpfungen untereinander zukünftige Entwicklungen beeinflussen. Basierend auf der Einsicht: „Wer über die Zukunft reden will muss über die Gegenwart Bescheid wissen“ [Zwe12, S. 69], liegt das Hauptaugenmerk von Zukunftsforschung demzufolge auf Prospektionen, nicht auf Prognosen.

Dass diese Faktoren äußerst divers sind und sich größtenteils einer Vorhersagbarkeit (im Sinne einer mathematischen Berechenbarkeit und Modellierung) entziehen, bildet eine der zentralen Herausforderungen prospektiver Forschung. Eine fundierte Erkundung von Möglichkeitsräumen zukünftiger Entwicklungen und damit korrespondierender Gestaltungsoptionen muss ein breites Spektrum von Einflüssen berücksichtigen, die von naturwissenschaftlich-technischen Fakten über individuelle und kollektive Kommunikations- und Entscheidungsprozesse bis hin

zu diffusen Zukunftsvorstellungen und deren gesellschaftlicher Aushandlung reichen. Aus der Perspektive einer kritisch auf die Gegenwart bezogenen Zukunftsforschung ist daher offensichtlich, dass sich konkrete Entwicklungspfade nicht eigenlogisch oder zwangsläufig aus der wissenschaftlich-technischen Entwicklung ergeben, sondern immer Resultat von vielfältig verflochtenen Prozessen in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft sind.

Die Auseinandersetzung mit Zukunftsbildern in all ihren Ausprägungen bildet folgerichtig einen Grundpfeiler der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Zukunft [Kre13]. Individuelle und kollektiv geteilte Vorstellungen darüber, wie die Zukunft aussehen könnte, geben zum einen Aufschluss darüber, welche Vorstellungen von Zukünften in der Gegenwart vorherrschen. Darüberhinaus zeigen sie auch auf, welche Entwicklungspfade unter gegebenen wissenschaftlichen, ökonomischen und sozio-kulturellen Bedingungen eingeschlagen werden können und gesellschaftlich akzeptiert oder abgelehnt werden. Sie sind folglich immer in einem gewissen Maß Projektion gegenwärtigen Zeitgeistes und damit im Umkehrschluss auch eine ergiebige Quelle für Erkenntnisse über gegenwärtige soziale Prozesse und Konstellationen [LBC+16]. Ungeachtet ihrer Grundlagen entfalten solche Zukunftsbilder potentiell eine Gestaltungsmacht, die sich sowohl in grundlegenden Richtungsentscheidungen widerspiegelt (wie etwa die politische Orientierung am Konzept der Nachhaltigkeit), als auch die Dynamik konkreter Entwicklungsverläufe entscheidend prägt.

Vor diesem Hintergrund nimmt die hier dargestellte Narrativanalyse ein zentrales Moment von Zukunftsbildern und -perspektiven in den Blick und ermöglicht deren systematische Berücksichtigung bei der Auseinandersetzung mit möglichen, gewünschten oder auch zu vermeidenden Zukünften. Aufgrund ihres strukturierten Vorgehens ist sie dazu geeignet, unterschiedliche Phänomene wie etwa die Narrative unterschiedlicher wissenschaftlich-technischer Felder oder die Narrative in verschiedenen Diskursarenen (Wissenschaft, Politik, Zivilgesellschaft) in einer einheitlichen Form und auch vergleichend zu untersuchen. Dies erlaubt nicht nur eine weitgehend standardisierte Integration von Narrativanalysen in breiter angelegten Forschungsvorhaben und damit deren Ausweitung auf einen für Zukunftsanalysen relevanten Phänomenbereich. Mit ihrer Hilfe ist es darüber hinaus auch möglich, narrative Phänomene und Strukturen über verschiedene Bereiche hinweg einer vergleichenden Analyse zu unterziehen und damit allgemeingültige Aussagen über die Erscheinungsformen, Funktionen, Mechanismen und Strukturen naturwissenschaftlich-technischer Narrative in zukunftsorientierten Kontexten zu entwickeln. So legen die im Projekt zur Entwicklung der Methodologie durchgeführten Analysen der KPS sowie von Teilbereichen der KI etwa nahe, dass es zumeist nur wenige zentrale Narrative sind, die die Narrativlandschaft eines konkreten Forschungsfeldes oder einer bestimmten technologischen Entwicklung prägen. Die Anwendung und Weiterentwicklung der hier vorgeschlagenen Narrativanalyse leistet damit einen Beitrag nicht nur zur Untersuchung jeweils konkreter Perspektivierungen von naturwissenschaftlicher Forschung und technischer Entwicklung im Sinne möglicher Zukünfte. Mittelfristig trägt sie überdies dazu bei, das Verständnis für die Entwicklung und Realisierung wissenschaftlich-technischer Zukunftsperspektiven zu vertiefen und die Erkenntnisse prospektiver Wissenschaft abzusichern und zu verbessern.

## 6 ... und als Werkzeug zur Unterstützung zukunftsbezogener Beratung und Entscheidung

Ein tieferes Verständnis naturwissenschaftlich-technischer Narrative in zukunftsbezogenen Prozessen ist allerdings nicht nur aus einer wissenschaftlichen Perspektive auf Zukunft von Interesse. Entscheider in den Bereichen Governance naturwissenschaftlicher Forschung und Investition in innovative Technologien sind zunehmend mit dem Problem konfrontiert, ihre Handlungen angesichts wachsender Komplexität und Verflechtung von Zukunftsthemen immer weniger ausschließlich an objektiven Fakten und scheinbar gesicherten Prognosen ausrichten zu können. Stattdessen sind sie gefordert, ihre weitreichenden Entscheidungen durch Sinngebung zu rechtfertigen, indem sie sie in umfassendere Zukunftsperspektiven einbetten. Auf diesem Weg wird die Komplexität von Entscheidungen und ihren Konsequenzen auf ein handhabbares Niveau reduziert und im Kern auf Erzählungen über *die Zukunft* bezogen. Narrative, die diesen Erzählungen zugrunde liegen, vermögen, wie erwähnt, unterschiedliche Sinnbezüge wie Emotionen, normative Momente oder visionäre Aspekte zu integrieren. Im Sinne *möglichst rationaler* und *transparenter* Zukunftsentscheidungen ist es – gerade für konkrete Entscheidungsvorbereitungen – hilfreich, zugehörige Entscheidungsgrundlagen proaktiv zu reflektieren. Dies mindert die Gefahr, nicht offensichtlichen oder unbewussten ideologischen Momenten oder gezielt in die Diskussion eingebrachten Missdeutungen von Entwicklungen und Zusammenhängen (Stichwort ‚fake news‘, die beispielsweise dann vorliegen, wenn deskriptive Geltungsansprüche erhoben aber nicht eingelöst werden) zu erliegen.

Vor diesem Hintergrund bietet die hier vorgeschlagene Narrativanalyse auch in konkreten zukunftsbezogenen Beratungs- und Entscheidungsprozessen entscheidende Mehrwerte. Auf der einen Seite kann auf wissenschaftliche Erkenntnisse zurückgegriffen werden, die mit Hilfe einer Narrativanalyse generiert werden. Auf der anderen Seite ist es möglich, die dargestellte Methodologie in entscheidungsunterstützenden und -vorbereitenden Projekten direkt einzusetzen. Die Offenheit des dargestellten Vorgehens ermöglicht nicht nur eine intensive wissenschaftliche Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich-technischen Narrativen. Je nach gewählter Recherchestrategie und fragestellungsadäquater Tiefe der inhaltsanalytischen Aufarbeitung lässt sich auf effiziente Weise ein Überblick über die Narrative gewinnen, die die Auseinandersetzung im betreffenden Feld der wissenschaftlich-technischen Entwicklung auf unterschiedlichen Ebenen (Wissenschaft, Politik, Zivilgesellschaft etc.) prägen oder im Rahmen von zugehörigen Aushandlungsprozessen eingebracht wurden. Neben einem umfassenden Überblick über narrative Verfasstheit eines Feldes und damit die möglichen vertretenen Standpunkte erlaubt es eine solche Rückführung der potentiell unbegrenzten konkreten Diskursbeiträge auf eine begrenzte Menge sinntragender und -vermittelnder Bedeutungskerne Beratern und Entscheidungsträgern auch, einzelne Beiträge hinsichtlich ihrer Relevanz für den jeweiligen Entscheidungsprozess fundiert einzuschätzen.

Die wesentliche Beibehaltung der Vorgehensweise sowie die grundsätzliche Orientierung der Bewertung an den Geltungsansprüchen der Narrative ermöglicht dabei ein Offenlegen ihrer heterogenen Elemente und damit auch deren Dekonstruktion. Ideologische Elemente, emotionale Ansprachen und Ähnliches lassen sich auf diese Weise klar von faktenbasierten Grundla-

gen unterscheiden und im Entscheidungsprozess reflektieren. Damit generiert die Narrativanalyse nicht zwingend *bessere* Entscheidungen. Sie ermöglicht aber dem Entscheidungsträger im Bereich naturwissenschaftlich-technischen Forschung und Entwicklung, die latenten Grundlagen seines Handelns zu reflektieren und seine Entscheidungen auf dieser Basis *informierter, nachvollziehbarer und fundierter* zu treffen.

## Literatur

- [BN14] BIEGOŃ, D., NULLMEIER, F.: Narrationen über Narrationen. Stellenwert und Methodologie der Narrationsanalyse. In: Gadinger, F., Jarzebski, S., Yildiz, T. (Hrsg.): Politische Narrative. Konzepte – Analyse – Forschungspraxis. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- [Bru91] BRUNER, J.: The Narrative Construction of Reality. *Critical Inquiry* 18, Ausgabe 1, 1991
- [GEN98] GENETTE, G.: Die Erzählung. Wilhelm Fink Verlag, München, 1998
- [Gru09] GRUNWALD, A.: Wovon ist Zukunftsforschung die Wissenschaft? In: Popp, R., Schüll, E. (Hrsg.): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Springer, Berlin, 2009
- [HBM99] HARRÉ, R., BROCKMEIER, J., MÜHLHÄUSLER, P.: GREENSPEAK. A study of environmental discourse. Sage, Thousand Oaks, 1999
- [KM09] KLEIN, C., MARTÍNEZ, M.: Wirklichkeitserzählungen. Felder, Formen und Funktionen nicht-literarischen Erzählens. In: Klein, C., Martínez, M. (Hrsg.): Wirklichkeitserzählungen. Felder, Formen und Funktionen nicht-literarischen Erzählens. J.B. Metzler, Stuttgart; Weimar, 2009
- [Kos12] KOSCHORKE, A.: Wahrheit und Erfindung. Grundzüge einer allgemeinen Erzähltheorie. S. Fischer, Frankfurt a. M., 2012
- [Kre13] KREIBICH, R.: Zukunftsforschung für Gesellschaft und Wirtschaft. In: Popp, R., Zweck, A. (Hrsg.): Zukunftsforschung im Praxistest. Springer VS, Wiesbaden, 2013
- [LBC+16] LÖSCH, A., BÖHLE, K., COENEN, C., DOBROĆ, P., FERRARI, A., HEIL, R., HOMMICH, D., SAND, M., SCHNEIDER, C., AYKUT, S., DICKEL, S., FUCHS, D., GRANSCHKE, B., GRUNWALD, A., HAUSTEIN, A., KASTENHOFER, K., KONRAD, K., NORDMANN, A., SCHAPER-RINKEL, P., SCHEER, D., SCHULZ-SCHAEFFER, I., TORGENSEN, H., WENTLAND, A.: Technikfolgenabschätzung von sozio-technischen Zukünften. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2016
- [May15] MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim; Basel, 2015
- [Ric86] RICŒUR, P.: Zufall und Vernunft in der Geschichte. Konkursbuchverlag, Tübingen, 1986
- [Ric88] RICŒUR, P.: Zeit und Erzählung. Band 1: Zeit und historische Erzählung. Wilhelm Fink, München, 1988
- [SW15-ol] SAUPE, A., WIEDEMANN, F.: Narration und Narratologie. Erzähltheorien in der Geschichtswissenschaft, Version 1.0. 2015. Unter <https://docupedia.de/zg/Narration> – letzter Zugriff am 06.07.2021
- [Som94] SOMERS, M. R.: The narrative constitution of identity: A relational and network approach. *Theory and Society* 23, Ausgabe 5, 1994
- [Vie14] VIEHÖVER, W.: Erzählungen und die partizipative Governance der Grünen Nanotechnologien. Methodologische und methodische Überlegungen. In: GADINGER, F., JARZEBSKI, S., YILDIZ, T. (Hrsg.): Politische Narrative. Konzepte – Analyse – Forschungspraxis. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014
- [Whi90] WHITE, H.: Die Bedeutung der Form. Erzählstrukturen in der Geschichtsschreibung. Fischer Taschenbuch, Frankfurt a. M., 1990
- [Zwe12] ZWECK, A.: Gedanken zur Zukunft der Zukunftsforschung. In: Popp, R. (Hrsg.): Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung. Springer VS, Wiesbaden, 2012

[Zwe14]      ZWECK, A.: Beiträge der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung. Zeitschrift für Zukunftsforschung 3, Ausgabe 2, 2014

## **Autoren**

**Michael Eggert, M.A.**, ist Soziologe und Politikwissenschaftler. Am Institut für Soziologie der RWTH Aachen bearbeitete er in den vergangenen Jahren am Lehrstuhl für Technik- und Organisationssoziologie und an der Honorarprofessur für Innovations- und Zukunftsforschung verschiedene Projekte aus dem Bereich der sozialwissenschaftlichen Technik-, Innovations- und Zukunftsforschung. Neben Themen der Digitalisierung als gesellschaftlichem Transformationsprozess liegen seine inhaltlichen Schwerpunkte auf Fragen der Genese und Gestaltung soziotechnischer Zukünfte sowie der Governance von Wissenschaft und Technologie.

**Prof. Dr. Dr. Axel Zweck** studierte Chemie und Soziologie. Er ist Bereichsleiter für Forschung und Entwicklung bei der VDI Technologiezentrum GmbH in Düsseldorf und Honorarprofessor für Innovations- und Zukunftsforschung an der RWTH Aachen. Inhaltliche Schwerpunkte sind Foresight, Zukunftsforschung und innovationsbegleitende Maßnahmen. Er ist Mitherausgeber der Zeitschrift für Zukunftsforschung und Mitbegründer des Netzwerkes TA sowie des Netzwerkes Zukunftsforschung.

## **Session IX**





## **Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis**

***Maurice Meyer, M.Sc.***

***Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.***

***Dr.-Ing. Christian Koldewey***

***Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu***

*Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn*

*Fürstenallee 11, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 60 62 27*

*E-Mail: {maurice.meyer/jan.philipp.hemkentokrax/christian.koldewey/  
roman.dumitrescu}@hni.upb.de*

***Peter M. Tröster, M.Sc.***

***Michael Schlegel, M.Sc.***

***Christopher L. Kling, M.Eng.***

***Dr.-Ing. Simon Rapp***

***Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers***

*Institut für Produktentwicklung (IPEK), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

*Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe*

*Tel. +49 (0) 721 / 60 84 72 52*

*E-Mail: {peter.troester/christopher.kling/simon.rapp/albert.albers}@kit.edu*

### **Zusammenfassung**

Die Entwicklung von Produkten wird zunehmend komplexer. Dies liegt zum Teil an sprunghaften Entwicklungen von Technologien, aber auch an der zunehmenden Volatilität des Umfelds. Um trotz der zunehmenden Komplexität in der Wettbewerbsarena von morgen zu bestehen, müssen Unternehmen ihr Produktportfolio zukunftsrobust weiterentwickeln. Diese neuen Anforderungen lassen sich mit den etablierten Modellen der Produktentwicklung jedoch nur unzureichend adressieren: Ein ganzheitlicher Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios existiert nicht. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Unternehmen ihre Produktportfolios gegenwärtig weiterentwickeln und welche Handlungsbedarfe sich daraus in Hinblick auf eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios ergeben.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Interviewstudie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios sowie daraus abgeleitete Handlungsbedarfe vorgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unternehmen ihre Produktportfolios sowohl langfristig-strategisch als auch – gleichzeitig – kurzfristig-iterativ weiterentwickeln. Dabei können eindeutige Aufgabenschwerpunkte zugeordnet werden: Potentiale zur Weiterentwicklung werden in der Regel für ganze Produktlinien gesucht, Ideen zur Erschließung der Potentiale für Produktfamilien.

Geschäftsmodelle und -pläne werden für jede Produktvariante individuell ausgeprägt. In der Entwicklung werden die Subsysteme der Produkte fokussiert. Zur Erhöhung der Zukunftsrobustheit setzen die Unternehmen auch explizit auf die Entwicklung in Produktgenerationen, welche durch ein Spannungsfeld aus Unsicherheiten und Gestaltungsfreiheiten geprägt ist. Durch die abschließende Diskussion der Interviewergebnisse wird gezeigt, dass ein ganzheitlicher Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios notwendig ist. Dieser soll die Entwicklungstätigkeiten in der Praxis sowohl beschreiben als auch methodisch unterstützen können.

### **Schlüsselworte**

Zukunftsrobuste Produktentwicklung, Produktgenerationsentwicklung, Strategische Produktplanung, Produktportfolio

# **Future robust further development of product portfolios: Insights and needs for action from practice**

## **Abstract**

The development of products is becoming increasingly complex. This is partly due to the rapid development of technologies, but also to the increasing volatility of the environment. To survive in the competitive arena of tomorrow despite the increasing complexity, companies need to further develop their product portfolio in a future robust manner. However, these new requirements are only partially addressed by the established product development models: A holistic approach to future robust further development of the product portfolio does not exist. Against this background, the question arises as to how companies currently carry out the further development of their product portfolio and what needs for action arise from this.

This article presents the results of an interview study on the future robust further development of product portfolios and the derived needs for action. The results show that companies are developing their product portfolios both strategically in the long term and iteratively in the short term. In this context, clear focal points can be identified: Potentials for further development are usually sought for entire product lines. Ideas for exploiting these potentials mostly address specific product families. Business models and plans are developed individually for each product variant. In the development phase, the companies focus on the products' subsystems. To increase future robustness, the companies also explicitly develop products in generations, which is characterized by a tension field of uncertainties and design freedom. The concluding discussion of the interview results shows that a holistic approach to the future robust further development of products portfolio is needed. This approach must be able to both describe and methodically support the development activities in practice.

## **Keywords**

Future Robust Product Development, Product Generation Development, Strategic Product Planning, Product Portfolio



## 1 Bedarf für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Entwicklung erfolgreicher Produkte wird immer komplexer. Dies liegt zum einen an den Produkten selbst: Sie zeichnen sich durch eine zunehmende Interdisziplinarität aus, die in einer steigenden internen Produktkomplexität resultiert [DAR+21], [LLL+15]. Außerdem müssen zukünftige Produkte zahlreiche Funktionen und Ziele erfüllen, die zum Teil in Konflikt miteinander stehen [DAR+21]. Zum anderen stellen rasante gesellschaftliche Veränderungen (z. B. ein zunehmendes Nachhaltigkeitsbewusstsein) und gesetzliche Vorgaben hohe Anforderungen an die Entwicklung neuer Produkte [UCE+20]. Im Spannungsfeld von interner Produktkomplexität auf der einen Seite und externer Volatilität des Umfelds auf der anderen Seite muss die Produktentwicklung mehr denn je methodisch unterstützt werden. Konkret geht es darum, Planungs- und Entwicklungsprozesse systematisch zu integrieren, um Unternehmen zu befähigen, ein Produktportfolio mit vernetzten Produktlinien über mehrere Produktgenerationen hinweg zu planen [DAR+21]. Dieses Leitbild wird im Weiteren als **zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios** bezeichnet.

In der Literatur finden sich zahlreiche etablierte Modelle für die Planung und Entwicklung von Produkten. Nachfolgend werden vier davon exemplarisch vorgestellt und im Hinblick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios bewertet.

International anerkannt ist das **Stage-Gate-Modell** nach COOPER. Dieses beschreibt sechs Phasen – die sogenannten Stages – des Innovationsprozesses: Ideengenerierung, Projektanalyse, Berechnung eines Business Cases, Entwicklung, Tests und Validierung sowie Markteintritt. Der Übergang von einer Phase in die nächste ist von der Erfüllung vordefinierter Qualitätskriterien abhängig – den sogenannten Gates. COOPER selbst betont, dass die Weichen für den Erfolg eines Innovationsprozesses sehr früh gestellt werden – entsprechend sind drei seiner sechs vorgeschlagenen Phasen vor der eigentlichen Entwicklung des Produkts verortet [Coo08].

ULRICH und EPPINGER schlagen einen **generischen Produktentwicklungsprozess** mit sechs Phasen vor: Planung, Konzeptentwicklung, System-Design, Detailkonstruktion, Testen und Optimieren sowie Produktionsanlauf. Die Phasen zielen insbesondere auf die schrittweise Spezifizierung der zu entwickelnden Produkte ab [UE16]. Im Vergleich zum Modell von COOPER fällt insbesondere der deutlich stärkere Fokus auf die Entwicklungstätigkeiten auf.

Eine Alternative zu den eher starren Phasen-Meilenstein-Vorgehensweisen stellt das **Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen** nach GAUSEMEIER et al dar. Es beschreibt den Prozess von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf als ein Wechselspiel von Aufgaben, die in 4 Zyklen organisiert sind: Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung [GDE+19]. Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten Modellen verlangt dieses Referenzmodell explizit die Erarbeitung von Geschäfts- und Produktstrategien. Dadurch wird der Fokus von der Entwicklung eines einzelnen Produkts stärker auf die Weiterentwicklung des Produktportfolios gerichtet.

In Ergänzung zu diesen Modellen, die einen Prozess der Produktentstehung wiedergeben, schlagen ALBERS et al. mit dem **Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung** ein Beschreibungsmodell für die Entwicklung mechatronischer Systeme vor. Das Modell erhebt den Anspruch, jede Form der Produktentwicklung beschreiben zu können [ARS+19a]. Der Kern des Modells ist die Beobachtung, dass neue Systeme immer auf Basis von Referenzen entwickelt werden [ABW, 4 ff]. Diese Referenzen bilden den Ausgangspunkt für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration [ARS+19b, S. 1699], welche mit dem Modell der PGE formal beschrieben werden kann. Da es sich beim Modell der PGE um ein Beschreibungsmodell handelt, wird kein Vorgehen zur Produktentstehung beschrieben.

Die Ausführungen zu den etablierten Modellen zeigen deutlich, dass kein Ansatz die Anforderungen an eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios hinreichend adressiert. Insbesondere die integrierte Planung eines Produktportfolios über mehrere Produktgenerationen hinweg wird von keinem Ansatz verfolgt.

Dass dies kein rein theoretisches Problem ist, stellen DUMITRESCU et al. in ihrer Studie „Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft“ fest: Laut dieser nimmt auch ein Großteil der befragten Unternehmen an, dass die **aktuellen Entwicklungsprozesse** für die Marktleistungen der Zukunft **nicht ausreichend** sind [DAR+21].

Die Unzulänglichkeiten der bestehenden Modelle und der Bedarf aus der Praxis zeigen **zwei wichtige Forschungsbedarfe**: Aufgrund der fehlenden Modelle aus der Forschung muss zunächst untersucht werden, wie Unternehmen die Weiterentwicklung ihres Produktportfolios in der Praxis durchführen. Darauf aufbauend muss ein neuer Ansatz für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickelt werden. Dieser Ansatz muss sowohl theoretisch als auch praktisch fundiert sein.

Im vorliegenden Beitrag soll insbesondere auf den ersten Forschungsbedarf eingegangen werden. Der zweite Forschungsbedarf soll nur insoweit adressiert werden, dass erste Handlungsbedarfe für einen neuen Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgezeigt werden. Daraus resultieren die **Forschungsfragen**:

- 1) Wie entwickeln Unternehmen ihr Produktportfolio gegenwärtig weiter?
- 2) Welche Handlungsbedarfe ergeben sich für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktportfolios für Unternehmen?

Im Folgenden wird zunächst das methodische Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben (Kapitel 2). Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt (Kapitel 3). In Kapitel 4 werden die Ergebnisse mit dem Stand der Forschung in Verbindung gesetzt und diskutiert. Aus dieser Diskussion werden zudem die Handlungsbedarfe für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktportfolios abgeleitet. Im abschließenden Fazit werden die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen dargestellt sowie ihr wissenschaftlicher Beitrag bewertet (Kapitel 5).

## 2 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein methodisches Vorgehen mit sechs aufeinander aufbauenden Phasen durchlaufen. Das Vorgehen wird in Bild 1 dargestellt und nachfolgend beschrieben.

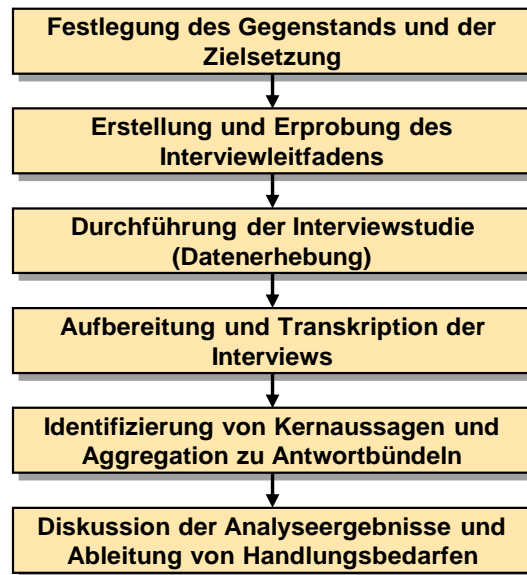


Bild 1: Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen

**Phase 1:** Ziel der Untersuchung sind Erkenntnisse über die Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Praxis sowie Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Da diese Zielsetzung eine explorative Studie erfordert, wurde ein qualitatives Forschungsdesign in Form von leitfadengestützten Experteninterviews gewählt.

**Phase 2:** Vor der Durchführung der Interviewstudie wurde in Anlehnung an KAISER sowie GLÄSER und LAUDEL ein Interviewleitfaden konzipiert [Kai14], [GL10]. Der Leitfaden dient der Strukturierung der Interviews. Er umfasst eine Reihe von Leitfragen, die die Vergleichbarkeit der Daten sichern und zudem ein hohes Maß an Flexibilität gewähren, um situationsadäquat auf Aussagen der Gesprächspartner zu reagieren [Kai14]. Die Leitfragen wurden in fünf Themenkomplexe gebündelt: (I.) Einleitung und Vorstellung; (II.) Aufbau des Produktportfolios; (III.) Weiterentwicklung des Produktportfolios; (IV.) Ebenen und Aufgaben der Weiterentwicklung und (V.) Generationenentwicklung. Der Interviewleitfaden wurde in mehreren Iterationen konzipiert und im Nachgang eines jeden Interviews systematisch weiterentwickelt, um neue Erkenntnisse in Folgeinterviews zu berücksichtigen. Die Gesprächspartner erhielten den Leitfaden zur Vorbereitung bereits einige Tage vor dem Interview.

**Phase 3:** Im Rahmen der Datenerhebung wurden im Zeitraum von Mai bis Juli 2021 sieben leitfadengestützte Interviews mit Führungskräften aus Unternehmen der Automobilindustrie, des Maschinenbaus sowie der Medizintechnik geführt. Die Führungskräfte wurden von jeweils zwei Interviewern über Microsoft Teams befragt. Die Interviews dauerten zwischen 45 und 60 Minuten und wurden im Einvernehmen der Gesprächspartner aufgezeichnet und transkribiert. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Interviews.



Tabelle 1: Übersicht der Interviews

| Position des Interviewpartners                             | Unternehmen   | Mitarbeiter | Produktionsmenge | Branche            |
|--|---|-------------|------------------|--------------------|
| Senior Manager Innovation                                  | Automobilzulieferer für Interieur und Design                  | > 100.000   | Großserie        | Automotive         |
| Innovation Management Consultant (ehemals CTO)             | Industriekonzern mit Schwerpunkt in der Stahlverarbeitung     | > 10.000    | Einzelfertigung  | Maschinenbau       |
| Senior Vice President Engineering System                   | Gesundheitskonzern und Anbieter von Dialysesystemen           | > 100.000   | Serienfertigung  | Medizintechnik     |
| Senior Vice President R&D Powertrain and E-Mobility        | Automobilzulieferer für Motoren, Getriebe und Fahrwerk        | > 50.000    | Großserie        | Automotive         |
| Global Head of Manufacturing Electric Powertrain           | Automobilzulieferer für Elektroantriebe                       | > 50.000    | Großserie        | Automotive         |
| Head of R&D Interconnection und Head of BU Interconnection | Hersteller von Komponenten für elektrische Verbindungstechnik | < 10.000    | Großserie        | Verbindungstechnik |
| Leiter Produktmanagement                                   | Hersteller von Werkzeugmaschinen und Industrielasern          | > 10.000    | Serienfertigung  | Maschinenbau       |

**Phase 4:** Das gesammelte Datenmaterial wurde anschließend einer qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING unterzogen [May15]. Dabei wurden ausschließlich inhaltstragende Textstellen berücksichtigt. Die Analyse erfolgte textgeleitet und Software-basiert mit Microsoft Excel.

**Phase 5:** In einem ersten Analyseschritt wurden Kernaussagen in den Interviews identifiziert und extrahiert. Diese wurden anschließend in einem zweiten Analyseschritt zu inhaltlich konsistenten Antwortbündeln aggregiert. Die gebündelten Kernaussagen wurden in der Folge interpretiert und visuell aufbereitet.

**Phase 6:** Basierend auf der Aggregation der Kernaussagen erfolgte abschließend ein Vergleich von Theorie und Praxis. Hierzu wurden die erarbeiteten Studienergebnisse dem Stand der Forschung gegenübergestellt und diskutiert. Darauf aufbauend wurden Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios abgeleitet.

### 3 Ergebnisse der Interviewstudie

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviewstudie dargestellt. Dabei wird zunächst auf die Strukturierung des Produktportfolios der befragten Unternehmen eingegangen (Kapitel 3.1). Anschließend wird die Weiterentwicklung des Produktportfolios im zeitlichen Verlauf beschrieben (Kapitel 3.2). Darauf aufbauend wird in Kapitel 3.3 betrachtet, wie die Weiterentwicklung des Produktportfolios und die Aufgaben des Produktentstehungsprozesses in der Praxis zusammenhängen. Zuletzt wird dargestellt, wie die befragten Unternehmen die Weiterentwicklung des Produktportfolios durch die Entwicklung von Produkten in Generationen unterstützen (Kapitel 3.4).

### 3.1 Strukturierung des Produktportfolios

Für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios muss zunächst festgestellt werden, wie Unternehmen in der Praxis ihre Produktportfolios prinzipiell strukturieren. Aus den Interviews geht dabei eine Strukturierung der Produktportfolios mit Hilfe von vier Ebenen hervor:

- **Produktlinien** stellen die oberste Ebene des Produktportfolios dar. Sie orientieren sich oft an den Anwendungsfeldern der jeweiligen Unternehmen (z. B. an den möglichen Therapiesystemen).
- Auf der nächsten Ebene werden die Produktlinien in **Produktfamilien** aufgeteilt. Eine Produktfamilie fasst dabei ähnliche Produkte zusammen (z. B. Dialysesysteme).
- **Produktvarianten** sind die in einer Produktfamilie zusammengefassten Produkte (z. B. verschiedene Varianten des Dialysesystems). Die Produktvarianten unterscheiden sich zum Beispiel anhand ihrer Wertigkeit oder ihrer Komplexität. Bei mehreren Unternehmen können Produktvarianten auf Basis von Baukasten-Systemen generiert werden.
- Jede Produktvariante besteht wiederum aus mehreren Komponenten, Bauteilen oder Subsystemen (z. B. einem Dialysegerät und einem Schlauchsystem). Wie diese unterschiedlichen Begriffe veranschaulichen, gab es im Gegensatz zu den anderen Ebenen in den Interviews keinen einheitlichen Sprachgebrauch für diese Ebene. Da viele der genannten Beispiele jedoch selbst aus mehreren Teilen bestehen (z. B. das Dialysegerät), erscheinen die Begriffe „Komponenten“ und „Bauteile“ unpräzise und daher ungeeignet. Eine korrekte Beschreibung der Ebene liefert nur der Begriff „**Subsysteme**“, da dieser die Beziehung zum übergeordneten System, dem Produkt, beschreibt. Deshalb wird in diesem Beitrag von der Subsystem-Ebene gesprochen. Subsysteme sind nicht exklusiv einer Variante zugeordnet; sie können auch in mehreren Produktvarianten verwendet werden. Produktvarianten müssen sich durch mindestens ein Subsystem unterscheiden: Dies kann durch das Hinzufügen oder Entfernen eines Subsystems realisiert werden (z. B. wenn eine bestimmte Produktvariante zusätzliche Funktionen hat). Alternativ kann eine andere Variante des betroffenen Subsystems verwendet werden (z. B. ein leistungstärkerer Motor in einer leistungstärkeren Produktvariante). Subsysteme können entweder selbst produziert oder auch zugekauft werden.

Die beschriebenen Zusammenhänge der Produktportfolio-Ebenen sind in Bild 2 dargestellt.

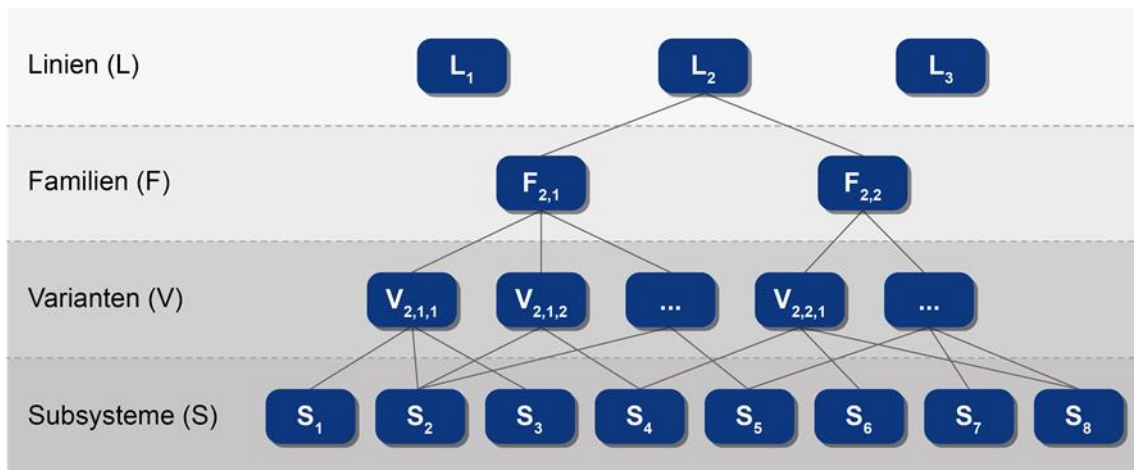


Bild 2: Strukturierung des Produktportfolios anhand der vier Ebenen Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme

### 3.2 Weiterentwicklung des Produktportfolios

Aufbauend auf der Strukturierung wird im Folgenden die Weiterentwicklung des Produktportfolios betrachtet. Dabei geht es insbesondere darum, welche Unterschiede sich auf den identifizierten Ebenen des Produktportfolios zeigen.

Die befragten Unternehmen entwickeln ihr Produktportfolio parallel auf allen vier Ebenen weiter. Auf tieferen Ebenen finden eher kurzfristige Entwicklungsprojekte statt. Höhere Ebene zeichnen sich dagegen vor allem durch langfristige, eher strategische Projekte aus. Dies hat zur Folge, dass die Frequenz der Projekte auf tieferen Ebenen immer mehr zunimmt.

Passend dazu geben die Interviewpartner die Beeinflussbarkeit des Produktprofils auf den vier Ebenen an: Auf höheren Ebenen werden in der Regel Weiterentwicklungen geplant, die große Auswirkungen auf das Produktprofil besitzen. In der Folge werden weitreichende Gestalt- und Prinzipvariationen auf tieferen Ebenen notwendig. Zum Beispiel werden sich Weiterentwicklungen einer Produktlinie signifikant auf die darunter liegenden Produktfamilien und -varianten sowie auf etliche Subsysteme auswirken. Passend zur hohen Beeinflussbarkeit des Produktprofils nannten die Interviewpartner hier auch die sogenannten *disruptiven* Innovationen, welche vor allem auf den hohen Ebenen des Produktportfolios verfolgt werden.

Im Gegensatz dazu werden die tieferen Ebenen des Produktportfolios vor allem durch *inkrementelle* Verbesserungen geprägt. Auf diesen Ebenen geht es z. B. um die Abstellung von konkreten Fehlerursachen oder die Berücksichtigung einer spezifischen Kundenerwartung. Dafür werden einzelne Subsysteme des Produkts verändert, aber in der Regel nicht das gesamte Konzept oder das Nutzenversprechen des Produkts.

Die Auslöser für den Start eines neuen Entwicklungsprojekts sind auf allen Ebenen gleich: neue technologische Möglichkeiten (Technology Push), neue Kundenerwartungen (Market Pull) sowie neue oder veränderte Regularien.

Bild 3 visualisiert die Ausführungen zur Weiterentwicklung des Produktportfolios.

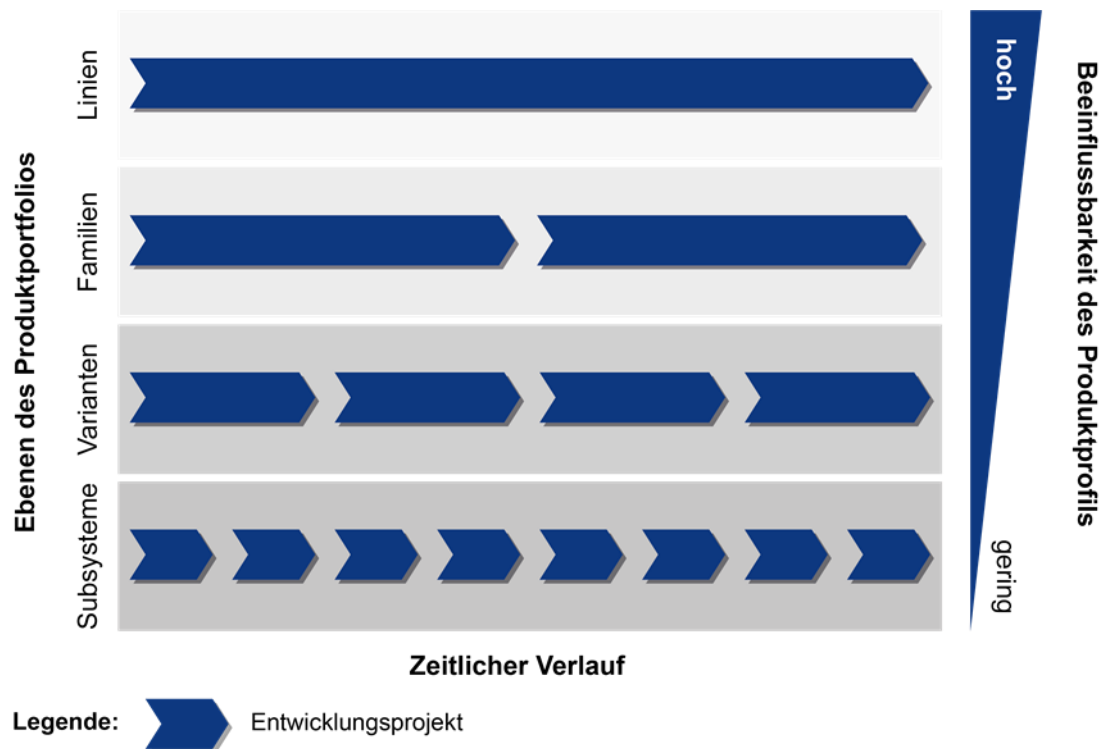


Bild 3: Parallele Weiterentwicklung des Produktportfolios auf vier Ebenen im zeitlichen Verlauf

### 3.3 Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios

Im vorherigen Abschnitt haben sich auf den vier Ebenen des Produktportfolios signifikante Unterschiede bei der Weiterentwicklung gezeigt. Im Folgenden wird beschrieben, wie sich diese Unterschiede im Produktentstehungsprozess äußern. Dabei werden in Anlehnung an GAUSEMEIER et al. vier Aufgaben unterschieden: Potentiale finden, Ideen finden, Geschäft planen und Produkt entwickeln [GDE+19].

Die Weiterentwicklung des Produktportfolios als Ganzes geschieht laut den Interviewpartnern weitgehend von abstrakt zu konkret, also von den Produktlinien über die Produktfamilien und -varianten bis hin zu den Subsystemen.

Übergreifende **Potentiale** zur Weiterentwicklung der Produkte (z. B. neue Technologien, Trends) werden schwerpunktmäßig auf Produktlinien-Ebene identifiziert. Diese Potentiale geben die Stoßrichtung für die Weiterentwicklung des Produktportfolios vor. Spezifischere Potentiale, die statt der ganzen Linie nur Teile davon ansprechen, werden auf Produktfamilien-Ebene ermittelt.

**Ideen** zur Erschließung der Potentiale und der damit einhergehenden Verbesserung der Produkte werden vor allem auf Produktfamilien-Ebene gesucht. Damit sollen insbesondere Synergieeffekte für die z. T. zahlreichen Varianten erzielt werden. Sehr allgemeine Ideen, die eng an bestimmte Potentiale auf Produktlinien-Ebene geknüpft sind, können jedoch auch dieser Ebene entstehen. Außerdem werden Ideen zum Teil auch auf Produktvarianten-Ebene gesucht, vor allem wenn ein sehr intensiver Kontakt mit Kunden und Nutzern der Produktvariante besteht.

Die **Geschäftsplanung** findet zunächst auf Produktfamilien-Ebene statt. Der Schwerpunkt dieser Aufgabe liegt jedoch auf der Produktvarianten-Ebene, da für jede Variante ein Geschäftsmodell und ein Geschäftsplan erarbeitet werden müssen. Die Erarbeitung dieser Artefakte sowie deren Plausibilität werden zum Teil über Analysen auf der Subsystem-Ebene abgesichert.

Die abschließende Konkretisierung der Produkte im Sinne der **Produktentwicklung** geschieht schwerpunktmäßig auf Subsystem-Ebene. Strikte Kapazitäts- und Budgetbeschränkungen veranlassen die Unternehmen, Aufwände durch die Nutzung von Synergieeffekten auf Produktvarianten-Ebene zu reduzieren.

Die beschriebenen Ergebnisse sind in Bild 4 als Heatmap dargestellt.

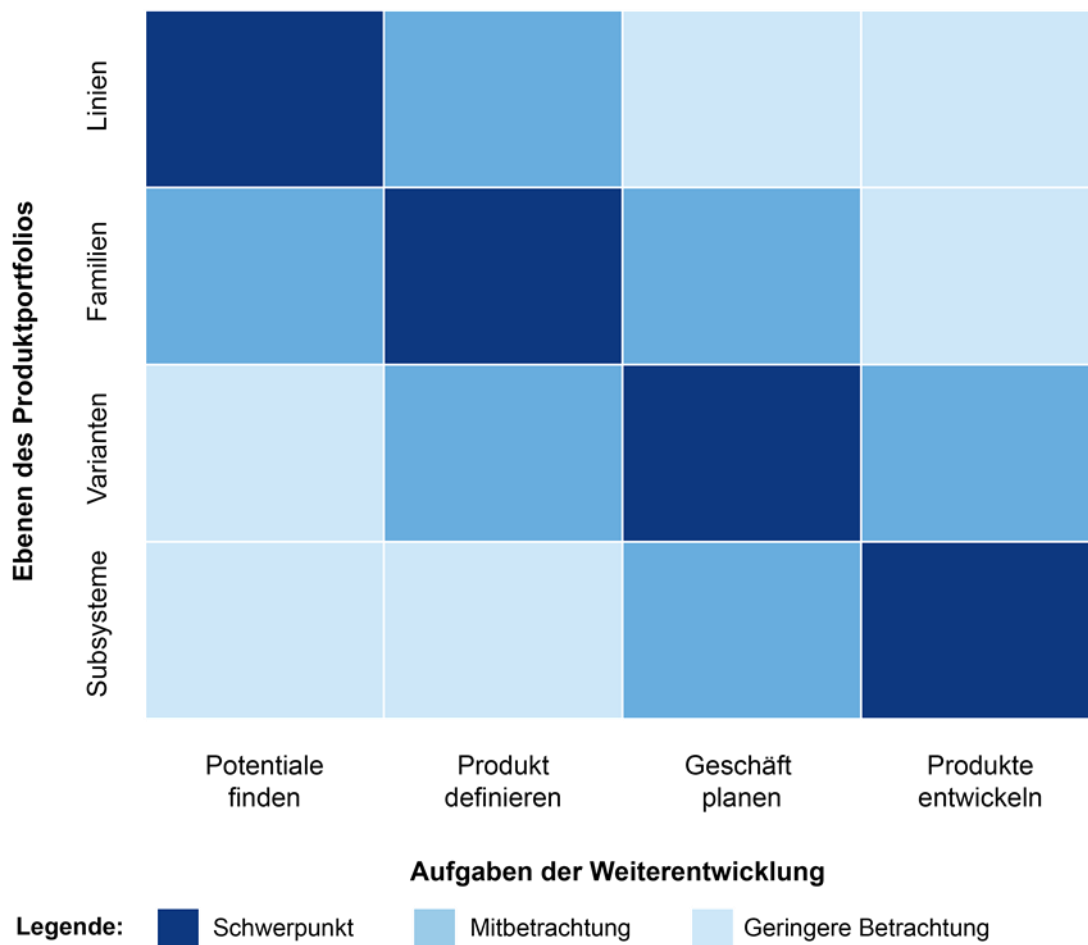
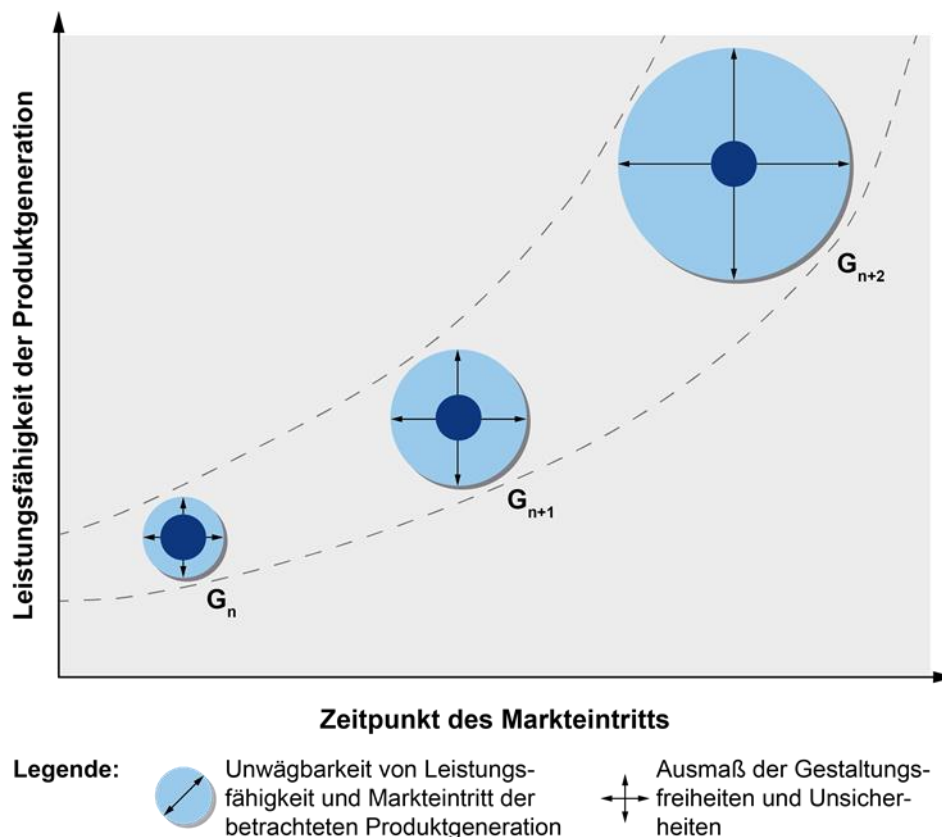


Bild 4: Aufgabenschwerpunkte auf den vier Ebenen des Produktportfolios

### 3.4 Entwicklung in Produktgenerationen

Die Entwicklung neuer Produktgenerationen erfolgt vor allem auf Produktfamilien-Ebene. Neue Produktgenerationen zeichnen sich laut der Interviewpartner stets durch eine höhere Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Vorgängergenerationen aus. Neben neuen Technologien und Kundenerwartungen wirken dabei insbesondere auch neue oder veränderte gesetzliche Vorschriften als Auslöser für eine neue Generation (z. B. in der Medizintechnik).

Je weiter eine Produktgeneration in der Zukunft betrachtet wird, desto unschärfer ist das Bild der Generation. Dies liegt insbesondere an zwei Punkten: Zum einen vergrößert sich der Lösungsraum für eine neue Produktgeneration infolge des erweiterten Planungshorizonts. Dieser bietet Entwicklern mehr Gestaltungsfreiheiten. Zum anderen steigen jedoch auch die Unsicherheiten im Hinblick auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit und die Realisierbarkeit der neuen Produktgeneration. Dies führt zu einer immer größer werdenden Unwägbarkeit von Leistungsfähigkeit und Markteintritt aufeinander folgender Produktgenerationen. Aus diesem Grund betrachten die Interviewpartner eine Vorausplanung von mehr als zwei Produktgenerationen als nicht sinnvoll oder sogar unmöglich (wenn z. B. die Time-in-Market sehr lang oder zumindest deutlich länger als die Time-to-Market ist). Bild 5 veranschaulicht die Ausführungen zur Entwicklung in Produktgenerationen.



*Bild 5: Zunehmende Leistungsfähigkeit aufeinander folgender Produktgenerationen sowie damit verbundene Erhöhung der Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten*

#### 4 Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Interviewstudie nacheinander dem Stand der Forschung gegenübergestellt und interpretiert. Darauf aufbauend werden Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios abgeleitet.

## 4.1 Diskussion der Ergebnisse zur Strukturierung des Produktportfolios

Die Interviewergebnisse beschreiben die Strukturierung von Produktportfolios anhand von vier Ebenen: Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme. Dies spiegelt im Wesentlichen den Stand der Forschung wider. Beispielsweise definieren KRAUSE und GEBHARDT das Produktionsprogramm eines Unternehmens als die Zusammenfassung aller Produktlinien. Eine Produktlinie wiederum setzt sich aus Produktfamilien zusammen, die durch ähnliche Anwendungsbereiche, Funktionen oder Produktionsverfahren verbunden sind. Eine Produktfamilie fasst alle parallel angebotenen Varianten eines Produkts zusammen. Letztere grenzen KRAUSE und GEBHARDT von den sog. Komponentenvarianten ab, die der Konfiguration der Produktvarianten dienen [KG18]. Eine fast identische Strukturierung nutzt KISSEL: Er unterscheidet Produktlinien, Produktfamilien, Produktvarianten sowie Baugruppen und Bauteile [Kis14].

Der Vergleich der Interviewergebnisse mit den aufgeführten Modellen zeigt, dass der **Stand der Forschung die Strukturierung von Produktportfolios in der Praxis zuverlässig abbildet**. Sogar der uneinheitliche Sprachgebrauch auf der untersten Ebene findet sich mit den Begriffen „Komponenten“, „Baugruppen“ und „Bauteile“ im Stand der Forschung wieder. Mit der in Kapitel 3.1 getätigten Festlegung auf den Begriff „Subsysteme“ werden diese unpräzisen Begriffe umgangen.

Es stellt sich die Frage, welche Auswirkungen diese Struktur auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios hat. Dabei ist insbesondere interessant, wie sich Variationen auf einer Ebene des Produktportfolios auf die Ebenen darüber und darunter auswirken.

Durch die Anordnung in Form einer Baumstruktur kann angenommen werden, dass sich **Variationen auf einer Ebene auf alle darunter liegenden Ebenen auswirken**. Zum Beispiel erfordert die Weiterentwicklung einer Produktfamilie auch eine Weiterentwicklung der zugehörigen Produktvarianten sowie der Subsysteme.

Die Auswirkungen von Variationen auf einer Ebene auf die darüber liegenden Ebenen erfordern hingegen eine differenziertere Betrachtung. Zunächst gilt grundsätzlich, dass **Variationen auf Subsystem-Ebene für den Anbieter immer Auswirkungen auf die Produktvarianten-Ebene haben**, da die betroffenen Produktvarianten aus eben diesen Subsystemen bestehen. Für Kunden und Anwender sind Auswirkungen auf die Produktvariante dann wahrnehmbar, wenn die Variation das Produktprofil verändert (z. B. durch neue Features). Ansonsten ist die Variation für Kunden und Anwender unerheblich.

**Auswirkungen auf die Ebenen der Produktfamilien und -linien sind dagegen nicht deterministisch**; hinter ihnen stehen strategische Entscheidungen. Häufig werden Produktfamilien und -linien unverändert bleiben (z. B. führt eine leistungsstärkere Sportwagen-Variante nicht zu einer Variation der Produktfamilie Sportwagen).

Jedoch können Variationen eines Subsystems die betroffenen Produktvarianten auch so verändern, dass sich **neue Anwendungsgebiete für das Produkt** abzeichnen. Dies kann ein Unternehmen zum Beispiel nutzen, um eine neue Produktlinie aufzusetzen, die technisch hohe Ähnlichkeiten mit der alten Linie hat, aber das neue Anwendungsgebiet adressiert. Variationen auf Subsystem-Ebene können Unternehmen also auch neue Geschäftsfelder eröffnen. Aufgrund der

hohen Auswirkungsstärke solcher Entscheidungen benötigen Unternehmen eine geeignete methodische Unterstützung.

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse zur Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Aussagen der Interviewpartner zeigen, dass Entwicklungsprojekte auf tieferen Ebenen kürzer dauern und in einer höheren Frequenz durchgeführt werden als auf höheren Ebenen. Außerdem fallen Produktveränderungen auf höheren Ebenen deutlich umfangreicher aus als auf tieferen Ebenen.

Diese Zusammenhänge lassen sich auch auf den **Planungsebenen der Unternehmensführung** wiederfinden. Auf der strategischen Ebene werden langfristige Projekte durchgeführt, z. B. die Erarbeitung einer Unternehmensstrategie. Die taktische Ebene befasst sich mit der mittelfristigen Planung. Das Tagesgeschäft wird auf der operativen Ebene behandelt [WD10].

Übertragen auf die Ergebnisse der Interviewstudie bedeutet das: Insbesondere den Ebenen der Produktlinien und -familien kommt eine **hohe strategische Bedeutung** zu. Sie geben die Stoßrichtung für die Aktivitäten auf den tieferen Ebenen vor. Jede Veränderung auf diesen Ebenen hat große Auswirkungen auf die zahlreichen Produkte und Subsysteme, die in den Linien und Familien gebündelt sind.

Im Gegensatz dazu werden die tieferen Ebenen, insb. die Subsystem-Ebene, vom **operativen Geschäft** geprägt. An dieser Stelle werden die gegenwärtigen Probleme behandelt, zum Beispiel Fehlermeldungen oder Beschwerden. Diese erfordern in der Regel einen schnellen Eingriff. Die in der Praxis oft anzutreffende Dominanz des Tagesgeschäfts kann dabei den strategisch bedeutsamen Handlungsbedarfen im Weg stehen, die von höheren Ebenen auf tiefere heruntergebrochen werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint es essentiell, die **Synchronisierung der Ebenen** sowie die **Ausrichtung** aller Ebenen **auf ein gemeinsames Ziel** stetig voranzutreiben. Dabei müssen auch etwaige Latenzen beachtet werden, die sich bei der schrittweisen Konkretisierung strategischer Aspekte auf tieferen Ebenen ergeben können.

## 4.3 Diskussion der Ergebnisse zu den Aufgabenschwerpunkten bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Interviewergebnisse zeigen, dass die Weiterentwicklung des Produktportfolios in der Praxis von der Produktlinien-Ebene über die Produktfamilien- sowie die Produktvarianten-Ebene bis zur Subsystem-Ebene erfolgt. Potentiale werden schwerpunktmäßig auf Linienebenen identifiziert, während Ideen zur Erschließung der Potentiale primär auf Produktfamilien-Ebene gesucht werden. Die Geschäftsplanung erfolgt zunächst auf Produktfamilien-Ebene, wird jedoch im Anschluss für jede Variante ausgeprägt. Die Konkretisierung der Produkte in Form der Entwicklungsaktivitäten wird abschließend auf Subsystem-Ebene vollzogen.



Eine solche Zuordnung zwischen Produktportfolio-Ebenen und Aufgaben wird **im Stand der Forschung nicht beschrieben**. GAUSEMEIER et al. empfehlen die Suche nach den Erfolgspotentialen der Zukunft – explizit auch über das eigene Produktportfolio hinaus. Die Fokussierung des Produktportfolios geschieht erst in der Produktfindung: Hier sollen Ideen und Anforderungen für Produkte erarbeitet werden, die die identifizierten Potentiale erschließen. Im Rahmen der Geschäftsplanung werden die Varianten des Produkts innerhalb der Produktstrategie festgelegt. Diese werden anschließend im 2. Zyklus des Modells entwickelt [GDE+19].

ULRICH und EPPINGER verknüpfen die Identifizierung von Chancen stärker mit dem zu entwickelnden Produkt, indem sie eine Chance als eine Idee für ein neues Produkt definieren. Dabei können Ideen sowohl aus Kundenbedarfen als auch aus technischen Lösungen hervorgehen [UE16]. Nach der Identifizierung von Chancen schlagen sie vor, in einem Produktplan festzulegen, ob und wann eine neue Produktfamilie, eine neue Produktgeneration oder eine neue Variante des betroffenen Produkts entwickelt werden soll. Der Produktplan bildet daraufhin den Ausgangspunkt für die Entwicklung [UE16].

ALBERS et al. verorten die Suche nach Produktprofilen (Modell eines Nutzenbündels von Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen), das Ermitteln von Ideen sowie die weiteren Entwicklungsschritte (z. B. die Modellierung einer Prinziplösung und die Erschaffung von Prototypen) auf der Produktgenerations-Ebene [ARB+16]. Damit werden alle durchzuführenden Schritte zunächst auf einer gemeinsamen Ebene betrachtet; ein Wechsel der Betrachtungsebene wird nicht vorgegeben.

Die Erkenntnisse der Interviewstudie gehen somit über den Stand der Forschung hinaus und bilden den **Ausgangspunkt für weitergehende Überlegungen**: Die identifizierten Aufgabenschwerpunkte zeigen klar auf, welche Aufgaben auf welchen Ebenen primär bearbeitet werden sollten. Umgekehrt deuten die Ergebnisse jedoch auch an, welche Felder **eher selten oder nur in geringerem Umfang** zu bearbeiten sind. So erscheint es nach Ansicht der Ergebnisse beispielsweise zunächst ratsam, die Subsystem-Ebene bei der Suche nach Potentialen auszuklammern. Diese Interpretation ist jedoch kritisch zu hinterfragen, da eine pauschale Vernachlässigung eines Feldes dazu führen kann, dass eigentlich offensichtliche und vielversprechende Erfolgspotentiale nicht erschlossen werden. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, sollten auch weniger fokussierte Felder regelmäßig und mit vertretbaren Aufwänden untersucht werden.

Da die Kosten größtenteils sehr früh im Innovationsprozess festgelegt werden [WD06], sollten **Einsparpotentiale** bereits bei der Betrachtung der Produktlinien und -familien mitgedacht werden, z. B. durch die Erschließung von Synergiepotentialen. Geschieht dies nicht, werden sich die Kostentreiber über die Produktvarianten- bis in die Subsystem-Ebene durchziehen und damit das gesamte Produktportfolio belasten.

Den größten Einfluss auf den **marktseitigen Erfolg** eines Produkts üben derweil die Produktfamilien- und die Produktvarianten-Ebenen des Produktportfolios aus. Auf diesen Ebenen werden Produktstrategien, Geschäftsmodelle sowie Geschäftspläne erarbeitet und bis zur Fertigstellung konkretisiert. Diese Aktivitäten der Geschäftsplanung sind die Grundvoraussetzung, um eine Invention am Markt erfolgreich und damit zu einer Innovation zu machen [GDE+19].

Abschließend kann festgestellt werden, dass **die identifizierten Erfolgspotentiale** nicht nur die Produktlinien beeinflussen, sondern vielmehr **auf das gesamte Produktportfolio einwirken** – bis hin zur Subsystem-Ebene. So müssen beispielsweise zahlreiche Subsysteme eines Kraftfahrzeuges weiterentwickelt werden, um die Potentiale von Megatrends (z. B. Nachhaltigkeit, Digitalisierung) zu erschließen. Diese überarbeiteten Subsysteme realisieren die Weiterentwicklung sowohl der Produktvarianten als auch der gesamten Produktfamilie. Damit lösen die Erfolgspotentiale auf allen Ebenen des Produktportfolios Entwicklungsbedarfe aus, die ihrer eigenen Erschließung dienen. Entsprechend erscheint eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen von Potentialen und Trends auf allen Ebenen des Produktportfolios erfolgsscheidend.

#### 4.4 Diskussion der Ergebnisse zur Entwicklung in Produktgenerationen

Aus den Interviews geht hervor, dass die Entwicklung einer neuen Produktgeneration auf Produktfamilien-Ebene erfolgt und stets durch eine deutliche Leistungssteigerung von einer Generation zur nächsten gekennzeichnet ist. Neben Technology Push- und Market Pull-Faktoren wirken insbesondere neue oder veränderte Regularien als Treiber. Je weiter eine neue Produktgeneration dabei in der Zukunft betrachtet wird, desto weniger genau kann diese charakterisiert und beschrieben werden. Die Folge davon sind mit dem Planungshorizont zunehmende Gestaltungsfreiheiten sowie Unsicherheiten.

Die Entwicklung von Produkten in Produktgenerationen wird von ALBERS im **Modell der PGE** beschrieben. Die Leistungssteigerung einer neuen Produktgeneration hängt dabei von den Anteilen an Übernahme-, Gestalt- und Prinzipvariationen ab. Hohe Übernahmeanteile aus Vorgängergenerationen führen tendenziell zu geringen Leistungssteigerungen, da die beiden Produktgenerationen sehr hohe Ähnlichkeiten aufweisen. Hohe Prinzipvariationsanteile gegenüber der Vorgängergeneration ermöglichen hingegen große Leistungssprünge, da sich wesentliche Bestandteile des Produkts grundlegend verändern und durch leistungsstärkere Lösungsverfahren ersetzt werden können. Somit kann durch die Vorgabe von Variationsanteilen beeinflusst werden, welche Leistungssteigerungen möglich sind und wie viel Risiko bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration eingegangen werden soll [ARB+17].

Die mit dem Planungshorizont zunehmenden **Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten** bedeuten für Führungskräfte Chancen und Risiken zugleich: Auf der einen Seite können neue Features und Funktionen bewusst in aufeinander aufbauenden Produktgenerationen eingeplant werden. Dies verringert den Entwicklungsaufwand einer einzelnen Produktgeneration und sichert Begeisterungsmerkmale für zukünftige Generationen. Auf der anderen Seite sind weder marktseitige noch technologische Entwicklungen mit Sicherheit vorhersagbar. Zum Beispiel könnte ein geplantes Feature einer bestimmten Produktgeneration nicht rechtzeitig marktfähig sein, weil die Entwicklung länger als geplant dauert. Ebenso könnten marktseitige oder technologische Entwicklungen gänzlich andere Lösungskonzepte erfordern und die bisherigen Planungen obsolet machen. Aus diesem **Spannungsfeld** von Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten ergibt sich die Notwendigkeit, zukunftsrobuste Strategien zur Weiterentwicklung von Produktportfolios zu erarbeiten.

#### 4.5 Ableitung von Handlungsbedarfen für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

Aus der vorangegangenen Diskussion der Ergebnisse lassen sich mit Blick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios zwei übergeordnete Handlungsbedarfe für die weitere Forschung ableiten:

- 1) **Entwicklung eines Beschreibungsmodells:** Aus den Interviews gehen zahlreiche Aspekte der Weiterentwicklung von Produktportfolios hervor, die mit dem Stand der Forschung nicht beschrieben werden können. Dazu zählen zum Beispiel Auswirkungen der parallelen Weiterentwicklung, Auswirkungen von Subsystem-Variationen auf höhere Ebenen sowie die Aufgabenschwerpunkte der Produktportfolio-Ebenen. Für eine Analyse und Weiterentwicklung der Produktentstehungsprozesse müssen diese Aspekte inhaltlich präzise und formal korrekt in Modellen abgebildet werden können. Aus diesem Grund wird ein Beschreibungsmodell benötigt, das eine unternehmensunabhängige Abbildung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios gewährleistet. Hilfreich könnte in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung einer Ontologie sein, die zentrale Elemente erfasst und miteinander verknüpft.
- 2) **Entwicklung eines Referenzmodells:** Die Interviewergebnisse zeigen darüber hinaus auch, dass eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios Unternehmen vor zahlreiche Herausforderungen stellt. Zum Beispiel müssen Unternehmen die Weiterentwicklung des Produktportfolios auf allen Ebenen synchronisieren und auf ein gemeinsames Ziel ausrichten. Darüber hinaus existiert gegenwärtig noch kein Modell, welches Unternehmen ein Vorgehen zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios vorschlägt. Neben einem Beschreibungsmodell muss daher auch ein Referenzmodell entwickelt werden, welches die Hauptaufgaben der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios identifiziert und miteinander verknüpft. Das Referenzmodell soll dabei einen Handlungsrahmen bilden für die methodische Ausgestaltung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios.

## 5 Fazit

Der vorliegende Beitrag beantwortet die Frage, wie Unternehmen ihre Produktportfolios gegenwärtig weiterentwickeln und welche Handlungsbedarfe sich daraus im Hinblick auf eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios ergeben.

Aus den Interviews geht hervor, dass die Unternehmen die Weiterentwicklung Ihres Produktportfolios parallel auf den vier Ebenen Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme vorantreiben. Dabei weisen Entwicklungen auf höheren Ebenen einen zunehmend langfristigen und strategischen Charakter auf. Im Hinblick auf die Aufgaben zur Weiterentwicklung des Produktportfolios lassen sich eindeutige Schwerpunkte feststellen: Während die Suche nach den Erfolgspotentialen der Zukunft zum Beispiel für ganze Produktlinien erfolgt, werden Geschäftsmodelle für die jeweiligen Produktvarianten ausgestaltet. Darüber hinaus konfrontiert die Entwicklung von zunehmend leistungsfähigeren Produktgenerationen die Unternehmen mit einem Spannungsfeld aus Unsicherheiten und Gestaltungsfreiheiten.

In Hinblick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios werden folgende Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen:

- 1) Zahlreiche von den Interviewpartnern genannte Aspekte zur Weiterentwicklung ihrer Produktportfolios sind im Stand der Forschung nicht berücksichtigt (z. B. die Aufgabenschwerpunkte auf den Ebenen des Produktportfolios). Eine inhaltlich präzise und formal korrekte Beschreibung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios ist damit gegenwärtig nicht möglich.
- 2) Die Weiterentwicklung von Produktportfolios konfrontiert Unternehmen mit zahlreichen Herausforderungen (z. B. die Synchronisierung von Entwicklungsprojekten auf den vier Ebenen des Produktportfolios). Gegenwärtig gibt es im Stand der Forschung noch keine ganzheitliche Methodik, um diesen Herausforderungen zu begegnen.

Auf Basis dieser Schlussfolgerungen können zwei Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios abgeleitet werden: Es wird ein Beschreibungsmodell benötigt, das die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios unternehmensunabhängig abbilden kann. Außerdem muss ein Referenzmodell entwickelt werden, das die prinzipielle Vorgehensweise zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios beschreibt.

Die wissenschaftliche Bedeutung dieses Beitrags wird insbesondere durch zwei Aspekte hervorgehoben. Zum einen erweitern die Erkenntnisse der Interviewstudie den Stand der Forschung zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Dabei decken sie zahlreiche Lücken auf, die von bestehenden Ansätzen der Produktentwicklung gar nicht oder nur unzureichend adressiert werden. Zum anderen stellen die aus den Erkenntnissen abgeleiteten Handlungsbedarfe direkte Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung dar. Auf deren Basis wird die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios strukturiert. Außerdem gewähren sie einen Ausblick auf zukünftige Schwerpunkte des Themenfeldes.

Weitere Forschungsbedarfe ergeben sich aus den Limitationen der Studie. Zunächst ist festzuhalten, dass im Rahmen der Interviewstudie primär Unternehmen und Konzerne mit mehreren zehntausend Mitarbeitern betrachtet wurden. Die Ergebnisse weisen daher eine hohe Aussagekraft für Großunternehmen auf. Inwiefern sie sich auch auf kleine und mittlere Unternehmen übertragen lassen, kann im Rahmen der durchgeführten Studie nicht beantwortet werden. Zukünftige Studien sollten insofern die Weiterentwicklung von Produktportfolios in kleinen und mittleren Unternehmen betrachten, um sowohl allgemeingültige als auch spezifische Aussagen über die Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen unterschiedlicher Größenordnungen zu ermöglichen.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der vorliegenden Interviewstudie nicht explizit zwischen den Tätigkeitsbereichen der Entwicklung unterschieden, z. B. Vorentwicklung und Serienentwicklung oder Baukasten- und Plattformentwicklung. Unter anderem kann angenommen werden, dass die Vorentwicklung dank längerer Planungshorizonte und größerer Gestaltungsfreiheiten einen erheblich größeren Einfluss auf das Produktportfolio ausüben kann als die Serienentwicklung. In weiteren Studien sollten diese Tätigkeitsbereiche genauer betrachtet und differenziert analysiert werden.

In Verbindung mit der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios sollten außerdem auch Ansätze für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktvarianten betrachtet werden. Zum Beispiel versuchen Ansätze wie „Design for Flexibility“ Produkte so zu gestalten, dass sie auch zukünftigen Anforderungen gerecht werden können und damit zukunftsrobust sind. Bei Investitionsgütern hat sich das sog. Retrofitting etabliert, bei dem ältere Investitionsgüter modernisiert und damit leistungsstärker gemacht werden. Derartige Maßnahmen können auch neue Anforderungen adressieren und damit die Lebensdauer der Investitionsgüter weiter erhöhen. In zukünftigen Untersuchungen sollte daher auch analysiert werden, welche Wechselwirkungen zwischen den genannten Aspekten und der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios bestehen.

## Literatur

- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, 2015
- [ARB+16] ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: IPeM-Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 50, 2016, S. 100–105
- [ARB+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, 2017
- [ARS+19a] ALBERS, A.; RAPP, S.; SPADINGER, M.; RICHTER, T.; BIRK, C.; MARTHALER, M.; HEIMICKE, J.; KURTZ, V.; WESSELS, H.: Das Referenzsystem im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Vorschlag einer generalisierten Beschreibung von Referenzprodukten und ihrer Wechselbeziehungen. *KIT Scientific Working Papers*, 96, Karlsruhe, 2019
- [ARS+19b] ALBERS, A.; RAPP, S.; SPADINGER, M.; RICHTER, T.; BIRK, C.; MARTHALER, F.; HEIMICKE, J.; KURTZ, V.; WESSELS, H.: The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations. *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Delft, The Netherlands, 2019, S. 1693–1702
- [Coo08] COOPER, R. G.: Perspective: The Stage-Gate ® Idea-to-Launch Process—Update, What's New, and NexGen Systems. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 25, Nr. 3, 2008, S. 213–232
- [DAR+21] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J. (Hg.): *Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering*. Paderborn, 2021
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: *Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*. Hanser, München, 2019
- [GL10] GLÄSER, J.; LAUDEL, G.: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 4. Auflage, Lehrbuch, VS Verlag, Wiesbaden, 2010
- [Kai14] KAISER, R.: *Qualitative Experteninterviews – Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Lehrbuch, Springer VS, Wiesbaden, 2014
- [KG18] KRAUSE, D.; GEBHARDT, N.: *Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [Kis14] KISSEL, M. P.: *Mustererkennung in komplexen Produktportfolios*. Dissertation, Technische Universität München, München, 2014
- [LLL+15] LUTTIKHUIS, E. O.; LANGE, J. DE; LUTTERS, E.; KLOOSTER, R. TEN: Evolving Product Information in Aligning Product Development Decisions across Disciplines. *Procedia CIRP*, 29, 2015, S. 573–578

- [May15] MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. 12. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, 2015
- [UCE+20] UEMURA RECHE, A. Y.; CANGIOLIERI JUNIOR, O.; ESTORILIO, C. C. A.; RUDEK, M.: Integrated product development process and green supply chain management: Contributions, limitations and applications. *Journal of Cleaner Production*, 249, 2020
- [UE16] ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.: Product design and development. 6th Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 2016
- [WD06] WESTKÄMPER, E.; DECKER, M.: Einführung in die Organisation der Produktion. Springer-Lehrbuch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2006
- [WD10] WÖHE, G.; DÖRING, U.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 24. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2010

## Autoren

**Maurice Meyer, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Fachhochschule Bielefeld und Mechatronik an der Technischen Hochschule Köln. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Integration von Nutzungsdaten-Analysen in die strategische Produktplanung sowie in der Strategieentwicklung.

**Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.** studierte Betriebswirtschaftslehre mit Fachrichtung Innovationsmanagement und Marketing an der Universität Bayreuth. Am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Ausgestaltung und dem Management von Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Startups.

**Dr.-Ing. Christian Koldewey** studierte Maschinenbau an der Universität Paderborn und der Fachhochschule Bielefeld mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in den Fachgruppen Strategische Produktplanung und Systems Engineering von Prof. Gausemeier und Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Dort leitet er den Forschungsbereich Strategie & Innovation. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der strategischen Planung von Smart Services sowie der Geschäftsmodell- und Strategieentwicklung.

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu** studierte Mechatronik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Anschluss war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentstehung am Heinz-Nixdorf-Institut der Universität Paderborn. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier promovierte er 2010 im Bereich Systems Engineering für intelligente mechatronische Systeme. Er ist Direktor am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und Leiter der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Produktentstehung intelligenter technischer Systeme. In Personalunion ist Prof. Dumitrescu Geschäftsführer des Technologienetzwerks Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it's OWL).

**Peter M. Tröster, M.Sc.** studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2020 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am

IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Modellierung von Gestalt-Funktion-Zusammenhängen zur Analyse und Synthese neuer Variationen auf Basis der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Christopher L. Kling, M. Eng.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Produktionsmanagement (B. Sc.) an der Hochschule Karlsruhe sowie dem Schwerpunkt Produktentwicklung (M. Eng.) an der Universität Auckland. Seit 2021 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte lagen im Bereich Early Prototyping und Additive Manufacturing in der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Michael Schlegel, M.Sc.** studiert Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2020 ist er wissenschaftliche Hilfskraft am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Dr.-Ing. Simon Rapp**, ist Post-Doc in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement am IPEK, KIT. In seiner Dissertation hat er sich mit der empirisch basierten Planung, Steuerung und methodischen Unterstützung von Variationen auf Basis eines Referenzsystems im Modell der PGE beschäftigt.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers** leitet das IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen: (1) Strategien, Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses, (2) Fahrzeug- und Maschinenantriebssysteme und deren Komponenten mit Schwerpunkt Dimensionierung, Dynamik, NVH, Akustik und Komfort sowie Energieeffizienz, (3) Mechatronische Systeme sowie (4) Neue hochschuldidaktische Ausbildungskonzepte zur Vermittlung von Fachkompetenz und Professional Skills.

# **Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien für produzierende Unternehmen**

***Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh***

***Patrick Scholz, M.Sc.***

***Tim Latz, M.Sc.***

*Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT*

*Steinbachstraße 17, 52074 Aachen*

*Tel. +49 (0) 241 / 80 27405 | +49 (0) 241 / 8904 189,*

*Fax: +49 (0) 241 / 80 22293 | +49 (0) 241 / 8904 6 189*

## **Zusammenfassung**

Aufstrebende innovative Start-ups und die zunehmende Dynamik des technologischen Fortschritts sowie die damit einhergehende Disruption bestehender Geschäftsfelder führen zu maßgeblichen Veränderungen ganzer Industrien. Eine systematische Auswahl neuer Technologien und Innovationen ist daher für Unternehmen erfolgskritisch, um sich auch zukünftig im Wettbewerb nachhaltig durchsetzen zu können. Zur langfristigen Sicherung der Marktposition und Maximierung des spezifischen Technologienutzens gewinnen dabei technologiestrategische Gesichtspunkte, in Ergänzung zu rein wirtschaftlichen Zielen, zunehmend an Bedeutung.

Durch die Berücksichtigung strategischer Ziele bei der Technologieauswahl können Unternehmen zusätzliche kompetitive Vorteile gewinnen. Hierzu müssen jedoch unternehmensindividuell die strategiespezifischen Potentiale von Technologien im Rahmen der initialen Technologieauswahl identifiziert sowie beschrieben werden. Bestehende Ansätze der Technologiebewertung fokussieren allerdings vorwiegend auf eine monetäre Bewertung, sodass die technologiestrategische Unternehmensperspektive weitgehend unberücksichtigt bleibt.

Der vorliegende Beitrag zeigt daher einen Lösungsansatz zur Ableitung strategischer Potentiale von Technologien für produzierende Unternehmen auf. Hierzu wird ein Modell zur Ableitung technologiespezifischer Bedarfe ausgehend von strategischen Unternehmenszielen vorgestellt. Zusätzlich wird basierend auf diesen Erkenntnissen eine Vorgehensweise zur Ermittlung des technologiespezifischen Potentials für produzierende Unternehmen skizziert.

## **Schlüsselworte**

Strategisches Potential, Technologiepotential, Technologiebewertung, produzierende Unternehmen



# **Determining the strategic potential of technologies for manufacturing companies**

## **Abstract**

Emerging innovative start-ups and the increasing dynamics of technological progress as well as the associated disruption of existing business areas are leading to significant changes in entire industries. A systematic selection of new technologies and innovations therefore is relevant for companies in order to be able to sustainably assert themselves in competition in the future. To secure a market position in the long term and to maximize the specific benefit of technologies, strategic aspects are becoming increasingly important in addition to purely economic goals.

By taking strategic goals into account when selecting technologies, companies can gain additional competitive advantages. To achieve these advantages, the strategy-specific potentials of technologies must be identified and described for each individual company during the initial technology selection process. Existing approaches to technology assessment focus predominantly on a monetary assessment so that the technology-strategic corporate perspective is not sufficiently considered.

This paper, therefore, presents an approach to derive strategic potentials of technologies for manufacturing companies. For this purpose, a model for the derivation of technology-specific needs based on strategic corporate goals is presented. Based on these findings, a procedure for determining the technology-specific potential for manufacturing companies is outlined.

## **Keywords**

Strategic potentials, technology potential, technology assessment, manufacturing companies

# 1 Motivation und Zielsetzung

Eingangs wird in diesem Abschnitt zunächst der Betrachtungsbereich des vorliegenden Beitrags expliziert. Hierzu werden die Ausgangssituation und Motivation (Abschnitt 1.1) sowie die Zielsetzung des Beitrags (Abschnitt 1.2) erläutert.

## 1.1 Ausgangssituation und Motivation

Seit Mitte der 1980er Jahre sind Technologien als strategisch relevanter Wettbewerbsfaktor anerkannt [FH85, S. 143] und gewinnen in Bezug auf die Gewährleistung des Unternehmenserfolgs seither zunehmend an Bedeutung [GKM+18, S. 3]. Gleichzeitig entwickeln sich Technologien schneller, sodass sich ihre Lebenszyklen verkürzen [Bec18, S. 21]. Die Fähigkeit, geeignete technologische Maßnahmen und Reaktionen von dem dynamischen Wandel der Branchen abzuleiten, ist daher ein entscheidender Erfolgsfaktor im Wettbewerb [SKS+11a, S. 37].

Um keine Wettbewerbschancen zu verpassen und sich frühzeitig von Konkurrenten zu differenzieren muss gewährleistet werden, Investitionsentscheidungen aufwandsarm und schnell treffen zu können [Bul04, S. 9], [WEG20, S. 66]. Produkt- und Produktionstechnologien dienen produzierenden Unternehmen dabei nicht nur dazu, kurzfristige monetäre Vorteile, bspw. in Form von Kosteneinsparungen, zu generieren, sondern durch einen frühzeitigen Einstieg in entsprechende Technologien langfristige strategische Vorteile zu schaffen [Zot07, S. 74]. Dabei müssen jeweilige Technologiecharakteristika und Unternehmensstrategien auf ihre Zusammenhänge überprüft und geeignete Technologien so ausgewählt werden, dass vorgegebene Unternehmensziele erreicht werden und die Unternehmensleistung verbessert wird [SH02, S. 699]. Besonders in frühen Entwicklungsphasen einer Technologie ist die Bewertung des unternehmensindividuellen Potentials aufwendig und unwirtschaftlich [HPW+03, S. 47]. Es besteht somit der Bedarf nach einem Modell, das eine aufwandsarme Vorbewertung neuer Technologien für produzierende Unternehmen ermöglicht und mit Hilfe derer das strategische Potential von Produkt- und Produktionstechnologien ermittelt werden kann.

## 1.2 Zielsetzung

Mit dem vorliegenden Beitrag sollen Unternehmen daher bei einer strategiegerichteten Entscheidung für oder gegen neue Technologien unter Berücksichtigung des Unternehmensprofils unterstützt werden. Hierzu wird ein Modell zur aufwandseffizienten Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien für produzierende Unternehmen entwickelt. Voraussetzung dieser Zielerreichung ist eine Operationalisierbarkeit der Technologiekomplexität mithilfe strukturiert hergeleiteter, systematisierbarer Technologiecharakteristika. Gleichzeitig ist eine Abgrenzung und Beschreibung unterschiedlicher Strategien und zugehöriger Zielsetzungen produzierender Unternehmen essenziell, um unternehmensabhängige Technologiepotentiale zu ermitteln. Diese Potentialanalysen müssen anwender-, technologie- und branchenunabhängig durchführbar sein, um eine größtmögliche Generalisierbarkeit des Nutzens des Modells zu erzielen.

## 2 Grundlagen und Kennzeichnung der Forschungssituation

Da die Beurteilung von Potentialen im Allgemeinen bereits umfassend im Kontext der Technologiebewertung betrachtet wird, werden vor dem Hintergrund der dargestellten Zielsetzung zunächst bestehende wissenschaftliche Ansätze hinsichtlich ihrer Eignung für die dem Beitrag zugrundeliegende Problemstellung überprüft. Zur Eingrenzung des Forschungsbereichs wird in diesem Abschnitt zunächst der Begriff des strategischen Potentials hergeleitet (Abschnitt 2.1). Darauf aufbauend wird der Betrachtungsbereich des vorliegenden Beitrags abgegrenzt und es erfolgen die Analyse und kritische Würdigung der bestehenden Forschungssituation sowie die Identifikation des vorherrschenden Forschungsdefizits (Abschnitt 2.2).

### 2.1 Strategisches Potential

Die Potentiale eines Unternehmens in der Betriebswirtschaft stellen „Speicher spezifischer Stärken dar, die es ermöglichen, Unternehmen in einer veränderlichen Umwelt erfolgreich zu positionieren“ [BH17, S. 129]. Diese werden in der Betriebswirtschaftslehre allgemein mit dem auf GÄLWEILER zurückgehenden Begriff des strategischen Erfolgspotentials, welche als Größe zur Vorsteuerung des Unternehmenserfolgs zu verstehen sind, verwendet [BK96, S. 21]. Erfolgspotentiale sind hierbei erfolgsrelevante Zusammenschlüsse bestehender Ressourcen und Fähigkeiten eines Unternehmens, deren Identifikation und Ausnutzung die Grundlage für nachhaltig überdurchschnittliche Betriebsergebnisse ist. Da durch das Konzept der strategischen Erfolgspotentiale jedoch vornehmlich unternehmensinterne Aspekte adressiert werden, bleibt das, für den wirtschaftlichen Erfolg ebenfalls bedeutende, Marktumfeld in dieser Potentialinterpretation unberücksichtigt [BK96, S. 59]. Vor diesem Hintergrund führt PÜMPIN die Begriffe Nutzenpotential und strategische Erfolgsposition ein, durch welche das Konzept der strategischen Erfolgspotentiale durch das Unternehmensumfeld erweitert wird. Als Nutzenpotentiale werden hierbei „attraktive Konstellationen [...], die in der Umwelt, im Markt oder im Unternehmen selbst latent vorhanden sein können“, bezeichnet, die zum Vorteil des Unternehmens erschlossen werden können [Püm92, S. 19]. Zur erfolgreichen Erschließung dieser Nutzenpotentiale sind zunächst strategische Erfolgspositionen (SEPs) aufzubauen, welche als wettbewerbsgerichtete Bündel von Erfolgspotentialen zu verstehen sind. Technologien sind als eine Gruppe strategischer Erfolgspotentiale zum Aufbau dieser SEPs geeignet. Somit beinhalten Technologien ein hohes strategisches Potential, sofern durch diese ein Beitrag zu den definierten strategischen Zielen des Unternehmens geleistet werden kann, indem langfristig Wettbewerbsvorteile aufgebaut werden. [Bau03, S. 216 f.]

### 2.2 Kritische Würdigung bestehender Ansätze

Auf Basis der Erläuterungen zum strategischen Potential, werden nachfolgend bestehende Ansätze aus der Forschung zur Technologiebeschreibung und -bewertung sowie zur strategischen Technologieausrichtung vorgestellt und beurteilt. Zur einheitlichen Bewertung dieser Ansätze werden auf Basis der Motivation und Zielsetzung zunächst allgemeine Kriterien zur Beurteilung der Eignung bestehender Ansätze definiert.

So soll durch das Modell das Potential von Produktions- sowie Produkttechnologien betrachtet und damit das Technologiespektrum umfassend abgedeckt werden. Weiterhin sollen strategische anstelle von operativen Aspekten adressiert werden und das Modell branchenunabhängig für produzierende Unternehmen nutzbar sein. Hierzu soll die Beurteilung des Technologiepotentials auf allgemeinen strategischen Zielen produzierender Unternehmen basieren.

Im Zuge der Betrachtung und kritischen Würdigung bestehender Ansätze werden drei Schwerpunkte beleuchtet. Diese umfassen die Bereiche *Technologiebewertung*, *strategisches Management* und *Potentialermittlung*. Auf Basis der Zielsetzung werden für den vorliegenden Beitrag relevante Ansätze in den jeweiligen Schwerpunkten identifiziert und analysiert. Im Falle der Technologiebewertung (I) werden Ansätze zur Technologiebewertung losgelöst vom unternehmerischen oder branchenspezifischen Kontext betrachtet. In diesem Zusammenhang werden die Arbeiten von SCHÖNING, SERVATIUS und PEIFFER, KRÖLL, HALL, JOLLY sowie OBERSCHMIDT berücksichtigt [Sch06], [SP92],[Krö07], [Hal02], [Jol03], [Obe10]. Im Kontext des strategischen Managements (II) werden die Publikationen von GOMERINGER, BACHMANN, KLEIN, PORTER, HAX und WILDE sowie SCHUH analysiert [Gom07], [Bac15], [Kle98], [Por85], [HW01], [Sch02]. Im Bereich der Potentialermittlung (III) werden Ansätze zur Beurteilung von Potentialen im unternehmerischen Kontext beschrieben. Dabei werden die Werke von BAUERNHANSL, BINDER und KANTOWSKY sowie GRIENITZ betrachtet [Bau03], [BK96], [Gri03]. Im Folgenden wird eine zusammenfassende Einschätzung des Forschungsdefizits im Hinblick auf den Fokus des vorliegenden Beitrags vorgenommen.

In den bestehenden wissenschaftlichen Arbeiten zur Technologiebewertung (I) werden unterschiedliche Technologiecharakteristika umfassend hergeleitet und fallspezifisch betrachtet. Bspw. werden durch HALL und OBERSCHMIDT diverse Charakteristika von Technologien mit konkreten Ausprägungen definiert, welche als Ausgangspunkt für die Identifikation relevanter Technologiecharakteristika im Rahmen der Konzeption des Modells im vorliegenden Beitrag verwendet werden [Hal02], [Obe10]. Obgleich in der Summe der betrachteten Ansätze Technologien vor unterschiedlichen Gesichtspunkten bewertet werden, existiert jedoch kein Ansatz, in welchem die Bewertung des strategischen Potentials substitutiv oder komplementär zum operativen Potential von Technologien adressiert wird.

Dieser Mangel einer strategischen Perspektive kann durch die Verknüpfung mit Ansätzen des strategischen Managements (II) kompensiert werden. Dabei besteht insbesondere im Hinblick auf die Herangehensweise von SCHUH, aufgrund des Fokus auf Strategien für produzierende Unternehmen, erhöhte Relevanz für die vorliegende Erarbeitung [Sch02]. Hierbei werden jedoch weder konkrete Technologiecharakteristika berücksichtigt noch ein Ansatz zur Bewertung derer Potentiale vorgestellt. Daher dienen die Referenzstrategien produzierender Unternehmen nach SCHUH lediglich als Basis für die Ableitung strategischer Zielsetzungen produzierender Unternehmen und werden mit Aspekten weiterer Strategiemodelle erweitert.

Die identifizierten und analysierten Werke zur Potentialermittlung (III) werden als Grundlage für die Gestaltung des Bewertungsmodells des vorliegenden Beitrags verwendet. Derzeit mangelt es in diesen Ansätzen jedoch an einer adäquaten Berücksichtigung von Technologien und deren strategischer Bedeutung, da der Fokus auf der reinen Analyse des Potentialwertes liegt und dabei keine Rückschlüsse auf weitere Elemente gemacht werden.

Zusammenfassend lässt sich daher ein Forschungsdefizit hinsichtlich der Bewertung des strategischen Potentials von Technologien feststellen. Um dieses Defizit zu adressieren sind bestehende Technologiebewertungsmodelle um eine strategische Perspektive zu erweitern. Weiter ist durch eine Verknüpfung strategischer Zielsetzungen mit relevanten Technologiecharakteristika eine potentialorientierte Technologiebewertung zu ermöglichen.

### **3 Modell zur Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien**

Auf Basis der initial erläuterten Motivation und Zielsetzung sowie den subsequent dargelegten Defiziten bestehender wissenschaftlicher Ansätze werden die Anforderungen an das Modell definiert. Diese Anforderungen dienen als Rahmenbedingungen für die nachfolgende Ausgestaltung des Modells.

Gemäß der definierten Zielsetzung wird das Modell als Schnittstelle zwischen dem strategischen Management und dem Technologiemanagement konzipiert. Um dies zu ermöglichen, besteht die Anforderung, technologische Eigenschaften und deren Ausprägungsmöglichkeiten zu simplifizieren und für eine strategische Entscheidungsfindung anzupassen. Weiterhin muss die Bewertung zu einer frühen technologischen Entwicklungsphase möglichst einfach anwendbar sein, um durch die frühzeitige Technologieauswahl langfristige Wettbewerbsvorteile zu generieren. Zudem soll das Modell branchen- und technologieunabhängig anwendbar sein. Ausgehend von der Analyse bestehender wissenschaftlicher Ansätze soll die Potentialbewertung im Rahmen des Modells auf Basis konkreter strategischer Zielsetzungen erfolgen. Zudem gilt es, die Reproduzierbarkeit der Bewertungsergebnisse über definierte Technologiecharakteristika und deren Ausprägungen sicherzustellen und letztlich durch eine quantitative Bewertung des strategischen Potentials von Technologien die relative Vergleichbarkeit der Technologiealternativen zu gewährleisten.

Entsprechend der zuvor definierten Anforderungen erfolgt die Strukturierung des Modells. Die übergeordnete Herausforderung bei der Ermittlung strategischer Potentiale von Technologien besteht in der Verknüpfung der strategischen Unternehmensziele mit den Eigenschaften einer Technologie, um daraus Potentiale ableiten zu können. Für eine systematische Bewertung dieser Potentiale bedarf es daher zunächst der Strukturierung der unternehmerischen Zielsetzungen. Hierzu wird ein Beschreibungsmodell für die Darstellung der strategischen Unternehmenszielsetzungen erarbeitet. Zusätzlich ist es erforderlich, die Technologien systematisch und reproduzierbar zu charakterisieren. Hierzu wird ein zweites Beschreibungsmodell zur Technologiecharakterisierung konzipiert. Abschließend sind die beiden Beschreibungsmodelle sachlogisch miteinander zu verknüpfen und die grundlegenden Ursache-Wirkungsbeziehungen für die Ermittlung der strategischen Potentiale zu erarbeiten. Dies geschieht in einem abschließenden Erklärungsmodell.

### 3.1 Ermittlung strategischer Zielsetzungen produzierender Unternehmen

Ausgehend von den Erläuterungen zum strategischen Potential aus Abschnitt 2.1 werden in diesem Abschnitt mögliche SEPs als Grundlage für die Ermittlung der Technologiepotentiale konkretisiert. Als Ausgangspunkt für die Detaillierung möglicher SEPs werden ausgeleitet aus der Literaturanalyse, aufgrund der besonderen Relevanz im Kontext des vorliegenden Beitrags, die vier von SCHUH identifizierte SEPs *Produktdesign/ Produkttechnologie*, *Marke/ Image/ Marktzugang*, *Prozesskettenbeherrschung* und *Produktion/ Prozesstechnologie* verwendet [Sch02, S. 26 f.]. Um den strategischen Fokus des Beitrags zu gewährleisten, werden diese für die Konkretisierung zusätzlich mit den strategischen Grunddimensionen von Unternehmen nach MEFFERT verknüpft, welche ebenfalls im Rahmen einer umfassenden empirischen Analyse ermittelt wurden. Diese Grunddimensionen sind *Innovationsorientierung*, *Qualitätsorientierung*, *Markierungsorientierung*, *Programmbreite* und *Kostenorientierung* eines Unternehmens [Mef94, S. 126]. Dadurch werden die durch SCHUH identifizierten Gruppen von SEPs bezogen auf die Zielstellung des vorliegenden Beitrags zu konkreten SEPs ( $SEP_{ij}$ ) weiter detailliert. Diese sind in Bild 1 den entsprechenden SEPs zugeordnet und werden nachfolgend erläutert.

| $SEP_i$   | Konkretisierungen ( $SEP_{ij}$ )         | $SEP_i$  | Konkretisierungen ( $SEP_{ij}$ )             |
|---|--|--|--|
| <b>Produktdesign/<br/>-technologie<br/>(SEP1)</b> | Innovation ( $SEP_{11}$ )                | <b>Produktion/<br/>Prozess-<br/>technologie<br/>(SEP3)</b> | Prozessinnovation ( $SEP_{31}$ )             |
|   | Qualität und Leistung ( $SEP_{12}$ )     |  | Prozessqualität und -leistung ( $SEP_{32}$ ) |
|   | Flexibilität ( $SEP_{13}$ )              |  | Prozessflexibilität ( $SEP_{33}$ )           |
|   | Kosten ( $SEP_{14}$ )                    |  | Prozesskosten ( $SEP_{34}$ )                 |
| <b>Marke/ Image/<br/>Marktnutzung<br/>(SEP2)</b>  | Wertschätzung ( $SEP_{21}$ )             | <b>Prozessketten-<br/>beherrschung<br/>(SEP4)</b>          | Prozesskettenflexibilität ( $SEP_{41}$ )     |
|   | Soziales und Ökologisches ( $SEP_{22}$ ) |  | Prozesskettenqualität ( $SEP_{42}$ )         |
|   | Marktcharakteristik ( $SEP_{23}$ )       |  |  |

Bild 1: SEPs produzierender Unternehmen

#### SEP 1: Produktdesign/ Produkttechnologie (SEP11-SEP14)

Als Produkttechnologien werden konstituierende Elemente der verwertbaren Unternehmensleistungen bezeichnet [Zot07, S. 10]. Ein Produkt wird unmittelbar durch das Know-how der Technologie geprägt [ZBG+09, S. 131]. Als SEPs produzierender Unternehmen werden im vorliegenden Beitrag die *Innovation* ( $SEP_{11}$ ) einer Produkttechnologie zur Abbildung sozio-ökonomischer Trends durch das Produkt und deren *Qualität und Leistung* ( $SEP_{12}$ ) als impliziertes technologisches Wissen innerhalb des Produkts unterschieden. Neben den genannten Aspekten ist die Flexibilität des Produktangebots von zunehmender Bedeutung [KLJ07, S. 3 f.]. Daher wird, im Einklang mit der strategischen Grunddimension Programmbreite, die *Flexibilität* ( $SEP_{13}$ ) als weitere konkretisierte SEP eingeführt. Durch die Flexibilität wird beschrieben, „in welchem Ausmaß die von der Unternehmung erbrachten Marktleistungen die bestehenden Bedürfnisse decken können“ [Pau87, S. 98]. Weiterhin sind die Produktkosten nach wie vor ein Mittel zur marktseitigen Differenzierung, sodass *Kosten* ( $SEP_{14}$ ) im Sinne der strategischen Grunddimension Kostenorientierung ebenfalls als SEP definiert werden.

**SEP 2: Marke/ Image/ Marktzugang (SEP<sub>21</sub>-SEP<sub>23</sub>)**

Die Marken- und Imageentwicklung ist ein kontinuierlicher Prozess, welcher mit einer strategischen Positionierung startet, um zu entscheiden, welche Werte die Marke eines Unternehmens langfristig symbolisieren soll. Für einen Kunden kann eine Marke bspw. Vertrauen, Prestige oder Qualitätssicherung repräsentieren [BSS19, S. 3]. Anbieter können sich dementsprechend mit erfolgreichen Marken vom Wettbewerb differenzieren, eine Kundenbindung erzeugen oder preispolitischen Spielraum kreieren [BSS19, S. 25]. Im vorliegenden Beitrag wird diese Form des Images und der Markenbildung als *Wertschätzung* (SEP<sub>21</sub>) definiert. Neben dem produkt- und leistungsbezogenen Image wird auch das gesamtunternehmerische sozioökologische Image zunehmend wichtiger [MW11, S. 1], [SP92, S. 78]. Durch das steigende gesellschaftliche Interesse wird es für Unternehmen notwendig, eine eindeutige Positionierung diesbezüglich einzunehmen, sodass *Soziales und Ökologisches* (SEP<sub>22</sub>) als zusätzliche SEP eingeführt wird. Der von SCHUH definierte und mit Marke und Image kombinierte Faktor Marktzugang wird in der vorliegenden Arbeit als *Marktcharakteristik c* berücksichtigt. Dabei sind nicht nur der Eintritt in den und Zugang zum Markt als relevant zu erachten, sondern gleichzeitig der Absatz der Produkte sowie die Relation zu sämtlichen Marktpartnern [BH17, S. 94]. Aufgrund der allgemeinen Verbreitung und Anwendung werden dabei die von PORTER ermittelten Wettbewerbskräfte der Lieferanten, Konkurrenten, Kunden, Substitutionsprodukte sowie die der eigenen Branche berücksichtigt [Bor18, S. 10], [Por85, S. 5].

**SEP 3: Produktion/ Prozesstechnologie (SEP<sub>31</sub>-SEP<sub>34</sub>)**

Produktions- bzw. Prozesstechnologien werden zur Leistungserstellung genutzt, jedoch nicht als aktiver Bestandteil von Produkten angesehen [Ger13, S. 26]. Neuartige, innovative Produkte entstehen jedoch häufig aus ebenfalls innovativen Herstellungsverfahren [Sch15, S. 1]. Daher wird die *Prozessinnovation* (SEP<sub>31</sub>) als SEP erfasst. Außerdem werden analog zur konkretisierten Position im Bereich Produktdesign und -technologie die *Prozessqualität und -leistung* (SEP<sub>32</sub>) für strategische Entscheidungen herangezogen. Aufgrund der zunehmenden Individualisierung und wachsenden Produktvielfalt stellt die Beherrschung der Variantenvielfalt einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil dar [Mil02, S. 11]. Daher wird zur Abdeckung der strategischen Dimension Programmbreite die *Prozessflexibilität* (SEP<sub>33</sub>) in der Produktion ergänzend eingeführt. Analog zu den Erfolgspositionen der Produkttechnologien werden zudem die *Prozesskosten* (SEP<sub>34</sub>) berücksichtigt, da durch diese ein wesentlicher Teil der Produktkosten und somit aus strategischer Perspektive das Markt- und Kundensegment mitbestimmt werden [Lit94, S. 85 f.].

**SEP 4: Prozesskettenbeherrschung (SEP<sub>41</sub>-SEP<sub>42</sub>)**

Prozessketten sind Abfolgen mehrerer Aktivitäten innerhalb eines Unternehmens oder über mehrere Unternehmen hinweg und sind damit inhärenter Bestandteil produzierender Unternehmen [Wes16, S. 1]. Die Beherrschung der Prozessketten hat maßgeblichen Einfluss auf die Kosten und die Qualität der hergestellten Produkte [Göt13, S. 15]. Daher ist die *Prozesskettenflexibilität* (SEP<sub>41</sub>), als das Aufbrechen starrer Prozesskettenverflechtungen, als SEP zu betrachten [Chr96, S. 581 f.]. Dadurch wird eine erfolgreiche Reaktion auf geänderte Rahmenbedingungen und Bedarfe und somit eine wirtschaftlichere Produktion erreicht [Dre05, S. 54 f.].

Die qualitative Güte bzw. Interoperabilität einer Prozesskette wird daran gemessen, wie effizient und optimiert das Verhältnis zwischen den einzelnen Prozessen ist [SKS+11b, S. 351 f.]. Zusätzlich wird die Anzahl der einzelnen Prozesskettenglieder und der Stellenwert von Prozessschritten für den Erfolg des jeweiligen Unternehmens betrachtet, um die vorherrschende Komplexität zu berücksichtigen [SKS+11b, S. 336]. Diese Einflüsse werden vorliegend mit der SEP *Prozesskettenqualität* (SEP<sub>42</sub>) abgedeckt.

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert, sind die SEPs in Abhängigkeit der Unternehmensstrategie zu beurteilen. Daher werden für die Ableitung von Zielkategorien produzierender Unternehmen die konkretisierten SEPs bestehender Referenzstrategien produzierender Unternehmen nach SCHUH gegenübergestellt. Hierzu werden die im Rahmen der Analyse bestehender Ansätze in Abschnitt 2.2 identifizierten Strategien betrachtet. Bei diesen Strategien handelt es sich zum einen um die *Design-, Oligopol-, Marktführer-, Technology-Leverage-, Innovation-Leverage- und die Laterale Strategie* nach SCHUH [Sch02, S. 27 ff.]. Zum anderen werden die *Defender- sowie Prospector-Strategie* nach MILES und SNOW berücksichtigt [MSM+78]. Aufgrund des Fokus des vorliegenden Beitrags wird an dieser Stelle von einer umfangreichen Beschreibung der Modelle abgesehen<sup>1</sup>. Die auf Basis der Gegenüberstellung abgeleiteten strategischen Ziele produzierender Unternehmen sind in Bild 2 in Abhängigkeit der adressierten strategischen Ausrichtung und den identifizierten SEPs dargestellt.

---

<sup>1</sup> Eine detaillierte Beschreibung der Strategien ist in den Werken von SCHUH [Sch02], sowie MILES UND SNOW [MSM+78] zu finden.



|                            |                         | Konkretisierte SEPs                                 |   |                                  |                            |                                   |   |   |                                       |   |   |                                   |  |   |
|----------------------------|-------------------------|---|---|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|---|-----------------------------------|--|---|
|                            |                         | Produktdesign/<br>-technologie                      |   |                                  |                            | Marke/ Image/<br>Marktzugang      |   |   | Produktion-/<br>Prozesstechnologie    |   |   |                                   | Prozess-<br>kettenbeh.                               |   |
|                            |                         | (SEP <sub>11</sub> )                                | (SEP <sub>12</sub> )                      | (SEP <sub>13</sub> )             | (SEP <sub>14</sub> )       | (SEP <sub>21</sub> )              | (SEP <sub>22</sub> )                          | (SEP <sub>23</sub> )                    | (SEP <sub>31</sub> )                  | (SEP <sub>32</sub> )                              | (SEP <sub>33</sub> )                    | (SEP <sub>34</sub> )              | (SEP <sub>41</sub> )                                 | (SEP <sub>42</sub> )                      |
| Strategische Ausrichtungen | Design-Strategie        | Z <sub>1</sub><br>Z <sub>2</sub>                    | Z <sub>1</sub><br>Z <sub>3</sub>          |                                  | Z <sub>3</sub>             | Z <sub>3</sub>                    | Z <sub>3</sub>                                |   |                                       |   |   |                                   |  |   |
|                            | Oligopol-Strategie      |   | Z <sub>3</sub>                            |                                  | Z <sub>3</sub>             | Z <sub>3</sub>                    | Z <sub>3</sub>                                |   | Z <sub>4</sub><br>Z <sub>5</sub>      |   | Z <sub>5</sub>                          | Z <sub>4</sub><br>Z <sub>5</sub>  |  |   |
|                            | Marktführer-Strategie   |   | Z <sub>6</sub>                            |                                  | Z <sub>7</sub>             |                                   |   | Z <sub>7</sub>                          | Z <sub>4</sub>                        |   | Z <sub>7</sub>                          | Z <sub>4</sub>                    |  |   |
|                            | Technology-Leverage-St. | Z <sub>1</sub>                                      | Z <sub>1</sub><br>Z <sub>6</sub>          | Z <sub>6</sub>                   |                            |                                   |   |   |                                       | Z <sub>6</sub>                                    |   |                                   | Z <sub>9</sub>                                       |   |
|                            | Innovation-Leverage-St. | Z <sub>1</sub><br>Z <sub>2</sub><br>Z <sub>10</sub> | Z <sub>1</sub>                            |                                  | Z <sub>7</sub>             |                                   |   | Z <sub>7</sub>                          | Z <sub>10</sub>                       |   | Z <sub>10</sub>                         | Z <sub>7</sub>                    | Z <sub>11</sub>                                      |   |
|                            | Laterale Strategie      | Z <sub>10</sub>                                     |   |                                  |                            |                                   |   |   | Z <sub>10</sub><br>Z <sub>12</sub>    | Z <sub>4</sub>                                    | Z <sub>10</sub>                         |                                   | Z <sub>4</sub><br>Z <sub>11</sub><br>Z <sub>12</sub> |   |
|                            | Defender-Strategie      |   |   |                                  |                            |                                   |   | Z <sub>13</sub>                         |                                       | Z <sub>5</sub>                                    |   | Z <sub>13</sub>                   | Z <sub>5</sub>                                       |   |
|                            | Prospector-Strategie    | Z <sub>2</sub>                                      |   |                                  |                            |                                   |   | Z <sub>14</sub>                         |                                       |   |   |                                   | Z <sub>14</sub>                                      | Z <sub>14</sub>                           |
| <b>Legende</b>             |                         | SEP <sub>11</sub> = Innovation                      | SEP <sub>12</sub> = Qualität und Leistung | SEP <sub>13</sub> = Flexibilität | SEP <sub>14</sub> = Kosten | SEP <sub>21</sub> = Wertschätzung | SEP <sub>22</sub> = Soziales und Ökologisches | SEP <sub>23</sub> = Marktcharakteristik | SEP <sub>31</sub> = Prozessinnovation | SEP <sub>32</sub> = Prozessqualität und -leistung | SEP <sub>33</sub> = Prozessflexibilität | SEP <sub>34</sub> = Prozesskosten | SEP <sub>41</sub> = Prozesskettenflexibilität        | SEP <sub>42</sub> = Prozesskettenqualität |

Bild 2: Strategische Zielsetzungen produzierender Unternehmen in Abhängigkeit bestehender strategischer Ausrichtungen und konkretisierter SEPs

Für die Ableitung der strategischen Zielsetzungen werden die betrachteten Strategiemodelle entlang der zuvor definierten strategischen Erfolgspositionen kritisch reflektiert und aufgeschlüsselt. Durch die Zielsetzungen wird somit die strategische Entscheidung repräsentiert, durch welche die Besetzung der jeweiligen Erfolgsposition motiviert wird. Sämtliche auf diese Weise abgeleiteten strategischen Zielsetzungen (Z<sub>1</sub>-Z<sub>14</sub>) produzierender Unternehmen sind in Bild 3 detailliert dargestellt. Diese werden für die Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien für produzierende Unternehmen (vgl. Abschnitt 3.4) erneut aufgegriffen. Dabei werden technologische Bedarfe identifiziert, die zur Erreichung dieser Zielsetzungen zu erfüllen sind.

| Kurzdefinitionen der strategischen Zielsetzungen produzierender Unternehmen |  |  |
|---|--|--|
| Z <sub>1</sub>  | Unverwechselbares Produkt                    | Positionierung eines Produkts mit Alleinstellungsmerkmalen (z.B. hervorragende Qualität) am Markt und Erreichung einer eindeutigen Abgrenzung zu Wettbewerbern.  |
| Z <sub>2</sub>  | First-Mover-Vorteile                         | Generierung von marktstrategischem Vorsprung gegenüber Wettbewerbern in neuen Innovationsfeldern mit neuartigen, bislang nicht etablierten Technologien.         |
| Z <sub>3</sub>  | Langfristig positives Markenimage            | Positive Abgrenzung gegenüber Wettbewerbern durch Positionierung in den Bereichen Innovation, Qualität, Kosten und/oder Nachhaltigkeit.                          |
| Z <sub>4</sub>  | Kostenoptimierung der Produktionsprozesse    | Erzielung von Skaleneffekten und Ermöglichung der Produktion mit geringen Stückkosten durch den Ausbau von Effizienzen in der Prozess- und Wertschöpfungskette.  |
| Z <sub>5</sub>  | Qualitätsoptimierung der Produktionsprozesse | Ermöglichung wiederkehrend hoher, von Kunden nachgefragter Produktqualität durch beständige, optimierte Produktionsprozesse und -technologien.                   |
| Z <sub>6</sub>  | Hohe Produktkompetenz                        | Einnahme einer führenden, produktbezogenen Marktposition durch stetige Spezialisierung und Verbesserung des Angebots zur Erzielung eines Preispremiums.          |
| Z <sub>7</sub>  | Vorteilhafte Marktstellung                   | Erzielung geringerer Bezugspreise bei Zulieferern sowie höherer Verkaufspreise beim Kunden durch Alleinstellungsmerkmale und die Erzeugung von Abhängigkeiten.   |
| Z <sub>8</sub>  | Customizing-Angebot                          | Berücksichtigung von und kurzfristige Reaktion auf individuelle Kundenwünsche sowie Besetzung einer Spezialisten-Position bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit. |
| Z <sub>9</sub>  | Vertikale Integration                        | Aufnahme zusätzlicher Wertschöpfungsschritte in die internen Produktionsprozesse und somit Erhöhung des Anteils an der Gesamtwertschöpfung.                      |
| Z <sub>10</sub>   | Mass Innovation                              | Kreation von Innovationen in hoher Frequenz zur Erhöhung der Chance, gewinnbringende, langfristig erfolgreiche Innovationen hervorzubringen.                     |
| Z <sub>11</sub>   | Flexibilität in Kooperationsmöglichkeiten    | Unabhängigkeit in der Nutzung von Kooperationsmöglichkeiten, um bestmögliche Synergieeffekte zu kreieren und optimierte Markterlöse zu erzielen.                 |
| Z <sub>12</sub>   | Verfügbarkeit best of breed                  | Versammlung und Nutzung größtmöglicher externer Kompetenz im Unternehmensumfeld durch Erzeugung von gleichzeitiger Attraktivität für ebendiese Kompetenzinhaber. |
| Z <sub>13</sub>   | Minimierung Geschäftsrisiko                  | Verwaltung und Verteidigung der erarbeiteten Marktposition durch Vermeidung unsicherer strategischer und operativer Aktionen.                                    |
| Z <sub>14</sub>   | Geschäftsexpansion                           | Erschließung neuer (globaler) Märkte zur Generierung von zusätzlichen Umsätzen und Wachstumspotenzialen sowie Optimierung der Kostenstrukturen.                  |

Bild 3: Übersicht über strategische Zielsetzungen produzierender Unternehmen

### 3.2 Ermittlung von Technologiecharakteristika

Wie zu Beginn des Abschnitts erläutert, bedarf es zur Herleitung des strategischen Potentials von Technologien eines Beschreibungsmodells zur Technologiecharakterisierung. Dieses wird in einzelne Kategorien mit mehreren Merkmalen untergliedert, welche auf Basis der Analyse bestehender Technologiebeschreibungsmodelle abgeleitet werden (vgl. Abschnitt 2.2). Für die Auswahl der betrachteten Technologiecharakteristika wird entsprechend der Zielsetzung des vorliegenden Beitrags ein strategischer Fokus zugrunde gelegt. Für diese Auswahl standen die Werke von BULLINGER, SERVATIUS und PFEIFFER, KRÖLL, HALL, JOLLY und OBERSCHMIDT im Fokus [Bul04], [SP92], [Krö07], [Hal02], [Jol03], [Obe10]. Die im Rahmen des vorliegenden Beitrags identifizierten Technologiecharakteristika werden nachfolgend entlang der vorgenommenen Kategorisierung erläutert.

#### Neugestaltung

Innovationen gelten als „neuartige Produkte, Dienstleistungen, Verfahren oder Prozesse, [...] die sich gegenüber einem Vergleichszustand merklich unterscheiden“ [Ern19, S. 212]. Eine technische Neuerung kann dabei unterschiedlich aufgefasst werden. Zum einen, indem Zwecke und Mittel in einer bisher unbekannt Form verknüpft werden oder zum anderen, falls eine positive Differenzierung gegenüber bewährten Anwendungen besteht [HS11, S. 4]. Daher wer-

den Technologien in diesem Kontext anhand der Charakteristika *Reifegrad* ( $TC_1$ ) als die Entfernung einer Technologie bis zur Nutzbarkeit sowie dem *Innovationsgrad* ( $TC_2$ ) einer Technologie als dem Grad einer technischen Neuerung beschrieben werden [HSK+11, S. 333], [GGA95, S. 210 f.].

### **Prozess-/ Produktqualität**

Der Prozess-/Produktqualität wird im Zuge der Differenzierung vom Wettbewerb eine entscheidende strategische Rolle zugesprochen [Por98, S. 124 f.]. Nach DIN EN ISO 8402 wird durch Qualität die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen, bezeichnet [Din95, S. 3]. Für die Beschreibung von Technologien in dieser Hinsicht sind nach KRÖLL die Charakteristika *Funktionserfüllung* ( $TC_3$ ) und *Robustheit* ( $TC_4$ ) in Bezug auf die Funktionalität zu verwenden [Krö07, S. 96].

### **Kosten**

Trotz der strategischen Motivation des vorliegenden Beitrags, bei der Aspekte der Technologiekosten nicht im Fokus stehen, sind die Kosten allgemein auf qualitativer Basis für eine möglichst vollständige Technologiecharakterisierung zu berücksichtigen<sup>2</sup>. Hierzu werden die Faktoren *Investitionsaufwände* ( $TC_5$ ) und *Nutzungsaufwände* ( $TC_6$ ) betrachtet. Durch eine Separierung der Wirtschaftlichkeit in diese Charakteristika wird gewährleistet, dass in Anlehnung an eine *Total-Cost-of-Ownership* Bewertung sämtliche anfallende Aufwände über den Lebenszeitraum der Technologie berücksichtigt werden [GL04, S. 157].

### **Nachhaltigkeit**

Die Charakteristika Umwelt- bzw. Ökologieauswirkung, soziale Auswirkung, langfristiges Potential sowie Sicherheit zielen auf eine markierungsorientierte strategische Ausrichtung ab [Mef94, S. 134]. Nach der BRUNDTLANDT-Kommission kann ein unternehmerisches und somit auch technologisches Verhalten als nachhaltig bezeichnet werden, wenn es „die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ [Hau87]. Daher werden einerseits die direkt messbaren Mehrwerte und Vorteile der Technologien im Hinblick auf die Nachhaltigkeit berücksichtigt, indem *soziale Nachhaltigkeit* ( $TC_7$ ) und *ökologische Nachhaltigkeit* ( $TC_8$ ) betrachtet werden [MW11, S. 21]. Ökonomische Nachhaltigkeit einer Technologie wird mit den Charakteristika *langfristige Sicherheit* ( $TC_9$ ) und *Möglichkeit des IP-Schutzes (Intellectual Property)* ( $TC_{10}$ ) beschrieben [Mit09, S. 38].

### **Prozess-/ Produktflexibilität**

Die Flexibilität einer Technologie im Sinne der Prozess- bzw. Produktflexibilität wird durch KRÖLL anhand von drei Charakteristika beschrieben, welche aufgrund der Strategiefokussierung der Arbeit von KRÖLL für den vorliegenden Beitrag übernommen werden. Hierbei handelt es sich um die *Mengenflexibilität* ( $TC_{11}$ ) bezogen auf die Möglichkeit der Variation des Produktionsoutputs, die *Anpassungsflexibilität* ( $TC_{12}$ ) an geänderte Umfeldbedingungen sowie die

---

<sup>2</sup> In sechs der betrachteten acht Beschreibungsansätze werden die Kosten als relevantes Bewertungskriterium einer Technologie genannt.

*Verwendungsflexibilität (TC<sub>13</sub>)* im Sinne des flexiblen Technologieeinsatzes für unterschiedliche Aufgaben. [Krö07, S. 99]

### Unabhängigkeit

Die Unabhängigkeit einer Technologie wird durch deren Interdependenzen mit der Mikro- und Makroumwelt eines Unternehmens bestimmt und ist wesentlich für dessen wirtschaftlichen Erfolg [WAE17, S. 477]. Aus makroskopischer Sicht wird daher das Charakteristikum *politische und infrastrukturelle Unabhängigkeit (TC<sub>14</sub>)* berücksichtigt [MK11, S. 31 ff.]. Dieses wird um die *Unabhängigkeit von direkten Marktakteuren (TC<sub>15</sub>)* aus mikroskopischer Sicht ergänzt [GSW14, S. 31 f.].

| Kategorie                | Technologiecharakteristika (TC <sub>i</sub> ) | Kategorie                    | Technologiecharakteristika (TC <sub>i</sub> )                       |
|--------------------------|---|------------------------------|---|
| Neugestaltung            | Reifegrad (TC <sub>1</sub> )                  | Nachhaltigkeit               | Soziale Nachhaltigkeit (TC <sub>7</sub> )                           |
|                          | Innovationsgrad (TC <sub>2</sub> )            |                              | Ökologische Nachhaltigkeit (TC <sub>8</sub> )                       |
| Prozess-/Produktqualität | Funktionserfüllung (TC <sub>3</sub> )         |                              | Langfristige Sicherheit (TC <sub>9</sub> )                          |
|                          | Robustheit (TC <sub>4</sub> )                 |                              | Möglichkeit des IP Schutzes (TC <sub>10</sub> )                     |
| Kosten                   | Investitionsaufwände (TC <sub>5</sub> )       | Prozess-/Produktflexibilität | Mengenflexibilität (TC <sub>11</sub> )                              |
|                          | Nutzungsaufwände (TC <sub>6</sub> )           |                              | Anpassungsflexibilität (TC <sub>12</sub> )                          |
|                          |   |                              | Verwendungsflexibilität (TC <sub>13</sub> )                         |
|                          |   | Unabhängigkeit               | Politische und infrastrukturelle Unabhängigkeit (TC <sub>14</sub> ) |
|                          |   |                              | Unabhängigkeit von direkten Marktakteuren (TC <sub>15</sub> )       |

Bild 4: Technologiecharakteristika (TC<sub>1</sub>-TC<sub>15</sub>) geclustert entlang Kategorien

In Bild 4 werden die identifizierten Technologiecharakteristika entlang definierter Kategorien zusammenfassend dargestellt. Für die Operationalisierung der identifizierten Charakteristika sind diesen Ausprägungen zuzuweisen. Hierzu wird an dieser Stelle auf bestehende Ausprägungen in wissenschaftlichen Publikationen verwiesen, welche bereits umfassend etabliert sind und daher im vorliegenden Beitrag nicht wiederholt werden. Exemplarisch sind u.a. VALERDI und KOHL, GERPOTT, KRÖLL zu nennen [VJ04, S. 3], [Ger13, S. 115 f.], [Krö07, S. 97 f.].

### 3.3 Technologische Bedarfe produzierender Unternehmen sowie Zusammenhang zu Technologiecharakteristika

Die 15 identifizierten strategischen Zielsetzungen produzierender Unternehmen (vgl. Abschnitt 3.1) werden nachfolgend auf potentielle, zur Zielerreichung notwendige technologische Bedarfe untersucht. Auf Basis bestehender Erkenntnisse in der wissenschaftlichen Literatur werden Möglichkeiten der jeweiligen Zielerreichung sachlogisch geprüft und Bedarfen zugeordnet. Dabei können die zugeordneten technologischen Bedarfe individuell oder in Kombination zur Erreichung des jeweiligen strategischen Ziels beitragen. Das übergeordnete Ziel ist dabei die Erstellung eines Erklärungsmodells für die Zusammenhänge der einzelnen Betrachtungsbereiche. Für die strategische Zielsetzung *unverwechselbares Produkt (Z<sub>1</sub>)* wird das beschriebene Vorgehen exemplarisch dargestellt.

Bei der strategischen Zielsetzung *unverwechselbares Produkt* ( $Z_1$ ) werden Alleinstellungsmerkmale angestrebt, welche mit einzigartigen Produkttechnologien oder -designs erreicht werden [Sto14, S. 222]. Diese Einzigartigkeit wird erzeugt, wenn vergleichbare Produkte noch nicht am Markt angeboten werden, ein deutlicher Mehrwert gegenüber aktuellen Produkten erzeugt wird oder eine Produktbesonderheit implementiert wird [Sch02, S. 23 ff.]. Technologisch wird diese Zielsetzung erreicht, indem besonders innovative, wenig verbreitete Technologien zur Erzeugung der Einzigartigkeit genutzt werden. Weiterhin kann dieses Ziel durch den Einsatz fortschrittlicher, hochwertiger Produktionstechnologien sowie durch einen hohen Technologieschutz zur Verhinderung von Technologiepiraterie erreicht werden.

Die auf diese Weise entlang sämtlicher strategischer Zielsetzungen ( $Z_1$ - $Z_{14}$ ) produzierender Unternehmen identifizierten technologischen Bedarfe zur Zielerreichung sind aggregiert in Bild 5 dargestellt. Die Anzahl der Bedarfe kann dabei jedoch nicht mit der Komplexität bzw. Einfachheit der Zielerreichung gleichgesetzt werden. Bei den identifizierten Zusammenhängen besteht zudem kein Anspruch auf Vollständigkeit. Die Auswahl dient vielmehr als Argumentationsstütze für die Ermittlung bestehender Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen den Eigenschaften einer Technologie und dessen strategischen Potential.

| Strat. Zielsetzung                                 | Technologisches Bedürfnis      | Strat. Zielsetzung                                 | Technologisches Bedürfnis       |
|--|--------------------------------|--|---------------------------------|
| $Z_1$ Unverwechselbares Produkt                    | Hoher Innovationsgrad          | $Z_8$ Customizing-Angebot                          | Hohe Produktionsvarianzen       |
|  | Hohe Produktqualität           |  | Flexibler Betriebsmitteleinsatz |
|  | Hoher Technologieschutz        | $Z_9$ Vertikale Integration                        | Hohe Wertschöpfungstiefe        |
| Hohe Technologiereife                              | Hohe Einsatzflexibilität       |  |                                 |
| $Z_2$ First-Mover-Vorteile                         | Hoher Innovationsgrad          | $Z_{10}$ Mass Innovation                           | Geringe Investitionsaufwände    |
|  | Hoher Technologieschutz        |  | Hohes Zukunftspotenzial         |
|  | Nachhaltige Produktion         | Hohe Einsatzflexibilität                           |                                 |
| $Z_3$ Langfristig positives Markenimage            | Hohe Produktqualität           | $Z_{11}$ Flexibilität in Kooperationsmöglichkeiten | Flexibler Betriebsmitteleinsatz |
|  | Skalierbarkeit                 |  | Robust ggü. Prozessveränderung  |
|  | Hoher Innovationsgrad          |  | Hohe Prozessqualität            |
|  | Hohe Einsatzflexibilität       |  | Hoher Innovationsgrad           |
| $Z_4$ Qualitätsoptimierung der Produktionsprozesse | Hohe Prozessqualität           | $Z_{12}$ Verfügbarkeit best of breed               | Hohe Prozessqualität            |
|  | Ausgebautes Zulieferernetzwerk |  | Hoher Innovationsgrad           |
|  | Skalierbarkeit                 |  | Hoher Technologieschutz         |
|  | Geringe Nutzungskosten         |  | Hohe Einsatzflexibilität        |
| $Z_5$ Kostenoptimierung der Produktionsprozesse    | Hohe Prozessqualität           | $Z_{13}$ Minimierung Geschäftsrisiko               | Geringe Investitionsaufwände    |
|  | Geringe Wertschöpfungstiefe    |  | Hohe Technologiesicherheit      |
|  | Ausgebautes Zulieferernetzwerk |  | Unabhängigkeit von Äußerem      |
| $Z_6$ Hohe Produktkompetenz                        | Hohe Technologiereife          | $Z_{14}$ Geschäfts-expansion                       | Skalierbarkeit                  |
|  | Hohe Produktqualität           |  | Unabhängigkeit von Äußerem      |
|  | Stabile Prozessketten          |  | Etabliertes, globales Netzwerk  |
|  | Hohe Einsatzflexibilität       |  |                                 |
| $Z_7$ Vorteilhafte Marktstellung                   | Hoher Technologieschutz        |  |                                 |
|  | Geringe Wertschöpfungstiefe    |  |                                 |
|  |                                |  |                                 |

Bild 5: Verknüpfung strategischer Zielsetzungen ( $Z_1$ - $Z_{14}$ ) und technologischer Bedarfe produzierender Unternehmen

Auf Basis der in Bild 5 dargestellten technologischen Bedarfe erfolgt die Verknüpfung mit den Technologiecharakteristika aus Abschnitt 3.2. Den identifizierten Bedarfen kommt hierbei eine Brückenfunktion für die Identifikation von Wirkbeziehungen zwischen strategischen Zielsetzungen und Technologiecharakteristika zu. Hinsichtlich der Wirkbeziehungen wird auf Basis

in der wissenschaftlichen Literatur belegter Zusammenhänge die Relevanz der einzelnen Charakteristika für den jeweiligen Bedarf zwischen vollwertigen und abgeschwächten Zusammenhängen unterschieden. Darüber hinaus wird die Wirkrichtung zwischen den Technologiecharakteristika und der Zielerreichung angegeben. Das Vorgehen wird exemplarisch für das Charakteristikum *Innovationsgrad* ( $TC_2$ ) vorgestellt und wurde im Zuge der Ausarbeitungen für sämtliche Charakteristika ( $TC_1$ - $TC_{15}$ ) durchgeführt.

Da mithilfe des *Innovationsgrads* ( $TC_2$ ) die Neuartigkeit einer Technologie ermittelt wird, ist dieser vollwertig mit dem Bedürfnis nach einer innovativen Technologie verknüpft. Neuartige Technologien besitzen potentiell über einen längeren Zeitraum Relevanz am Markt als solche, die sich auf der Lebenszykluskurve bereits in einem fortgeschritteneren Stadium befinden [Lit94, S. 79 f.]. Da jedoch auch innovative Technologien schnell substituiert werden können, besteht zwischen dem Innovationsgrad und dem Zukunftspotential lediglich eine abgeschwächte Verbindung.

Auf Basis der beschriebenen technologischen Bedarfe erfolgt die Darstellung der aus der Analyse ausgeleiteten Wirkbeziehungen zwischen den strategischen Zielsetzungen ( $Z_1$ - $Z_{14}$ ) produzierender Unternehmen und den identifizierten Technologiecharakteristika ( $TC_1$ - $TC_{15}$ ). Die Wirkbeziehungen werden für die anschließende Bewertung der Potentiale in Form einer Intensitätsbeziehungsmatrix dargestellt. Dabei werden die vollwertigen, abgeschwächten und inversen Verbindungen aufgegriffen. Sämtliche identifizierte Ursache-Wirkungsbeziehungen sind in dieser Form in Bild 6 dargestellt.

|                            |                                       | Technologiecharakteristika (TC <sub>i</sub> ) |                                    |                                       |                                |   |                                     |   |   |  |   |  |  |   |   |   |
|----------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|--|---|--|--|---|---|---|
|                            |                                       | Reifegrad (TC <sub>1</sub> )                  | Innovationsgrad (TC <sub>2</sub> ) | Funktionserfüllung (TC <sub>3</sub> ) | Robustheit (TC <sub>4</sub> )  | Investitionsaufwände (TC <sub>5</sub> ) | Nutzungsaufwände (TC <sub>6</sub> ) | Soziale Nachhaltigkeit (TC <sub>7</sub> ) | Ökologische Nachhaltigkeit (TC <sub>8</sub> ) | Langfristige Sicherheit (TC <sub>9</sub> ) | Möglichkeit des IP Schutzes (TC <sub>10</sub> ) | Mengenflexibilität (TC <sub>11</sub> ) | Anpassungsflexibilität (TC <sub>12</sub> ) | Verwendungsflexibilität (TC <sub>13</sub> ) | Politische und infrastrukturelle Unabhängigkeit (TC <sub>14</sub> ) | Unabhängigkeit von direkten Marktakteuren (TC <sub>15</sub> ) |
| Strategische Zielsetzungen | 1 Unverwechselbares Produkt           |   | X                                  | X                                     | X                              |   |                                     |   |   |  | X   |  |  |   |   |   |
|                            | 2 First-Mover-Vorteile                | O   | X                                  |                                       |                                |   |                                     |   |   | X  |   |  |  |   |   |   |
|                            | 3 Positives Markenimage               |   | X                                  | X                                     | X                              |   | X                                   | X   |   |  | X   |  | X  |   |   |   |
|                            | 4 Qualitätsoptimierung Produktion     |   |                                    | X                                     | X                              |   |                                     |   |   |  | X   |  |  |   |   | O   |
|                            | 5 Kostenoptimierung Produktion        |   |                                    | X                                     | X                              |   | X                                   |   |   |  |   |  |  |   |   |   |
|                            | 6 Hohe Produktkompetenz               | O   |                                    | X                                     | X                              |   |                                     |   |   |  |   |  |  |   |   |   |
|                            | 7 Vorteilhafte Marktstellung          |   |                                    |                                       |                                |   |                                     |   |   | X  |   |  |  | X   |   |   |
|                            | 8 Customizing-Angebot                 |   |                                    |                                       |                                |   |                                     |   |   |  | O   | X                                      | X  |   |   |   |
|                            | 9 Vertikale Integration               |   |                                    |                                       |                                |   |                                     |   |   |  |   |  |  | X   |   |   |
|                            | 10 Mass Innovation                    |   |                                    |                                       |                                | X                                       |                                     |   |   |  |   |  |  | X   |   |   |
|                            | 11 Flexible Kooperationsmöglichkeiten |   | X                                  | X                                     | X                              |   | (X)                                 | (X)                                       | (X)   | (X)  |   | X                                      |  |   |   |   |
|                            | 12 Verfügbarkeit best of breed        |   | X                                  | X                                     | X                              |   |                                     |   |   |  | X   |  |  | X   |   |   |
|                            | 13 Minimierung Geschäftsrisiko        |   |                                    |                                       |                                | X                                       |                                     |   |   | X  |   |  |  |   | X   |   |
|                            | 14 Geschäftsexpansion                 |   |                                    |                                       |                                |   |                                     |   |   |  | X   |  |  |   | X   | X   |
| <b>Legende:</b>            |                                       | X = vollwertige Verbindung                    |                                    |                                       | (X) = abgeschwächte Verbindung |   |                                     | O = inverse Verbindung                    |   |  |   |  |  |   |   |   |

Bild 6: Verknüpfung der identifizierten Technologiecharakteristika (TC<sub>1</sub>-TC<sub>15</sub>) und der strategischen Zielsetzungen (Z<sub>1</sub>-Z<sub>14</sub>)

Beispielsweise können mithilfe eines hohen Innovationsgrades (TC<sub>2</sub>) einer Technologie die strategischen Ziele des Angebots eines *unverwechselbaren Produkts* (Z<sub>1</sub>), der Erzielung von *First-Mover-Vorteilen* (Z<sub>2</sub>) und der Erlangung eines *positiven Markenimages* (Z<sub>3</sub>) erreicht werden. Auch die Möglichkeit für *flexible Kooperationsmöglichkeiten* (Z<sub>11</sub>) und die *Verfügbarkeit des best of breed* (Z<sub>12</sub>) werden durch einen hohen Innovationsgrad der Technologie bedingt. Andere identifizierte strategische Ziele sind von dem Charakteristikum unberührt.

Entsprechend der Summe der in Bild 6 dargestellten Zusammenhänge werden die einzelnen strategischen Zielsetzungen durch diverse Technologiecharakteristika beeinflusst. Aufbauend auf der vorgestellten Verknüpfung zwischen strategischen Zielsetzungen und Technologiecharakteristika wird im Folgenden das Vorgehen zur Ermittlung des Potentials von Technologien für strategische Zielsetzungen und produzierende Unternehmen im Gesamten dargestellt.

### 3.4 Vorgehensweise zur Ermittlung des strategischen Potentials

Durch die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen strategischen Zielsetzungen produzierender Unternehmen und Technologiecharakteristika (vgl. Abschnitt 3.3) wird die Ermittlung des unternehmensindividuellen strategischen Potentials einzelner Technologien ermöglicht.

Für die Beurteilung des strategischen Potentials von Technologien ist zunächst eine Gewichtung der strategischen Zielsetzungen aus der Perspektive des Unternehmens vorzunehmen (Schritt 1). Hierzu werden die identifizierten Zielsetzungen produzierender Unternehmen auf Basis von Interviews mit Stakeholdern auf Relevanz für das jeweilige Unternehmen überprüft und gewichtet. Um zielführende Aussagen zu den strategischen Zielsetzungen treffen zu können, sollte diese Bewertung in der praktischen Anwendung von erfahrenen Mitarbeitern des strategischen Managements vorgenommen werden, die einen umfassenden Überblick über die Tätigkeitsfelder und Ziele des jeweiligen Unternehmens haben. Nachdem die zu bewertenden Technologien identifiziert wurden (Schritt 2) sind diese mithilfe der definierten Technologiecharakteristika aus Abschnitt 3.2 zu beschreiben (Schritt 3). Diese Beschreibung der Technologien wird durch Technologieexperten des Unternehmens sowie unter Einbezug externer Wissensträger durchgeführt. Dabei wird durch die Verwendung der definierten Charakteristika ein systematisches und reproduzierbares Bewertungsvorgehen ermöglicht. Abschließend erfolgt die Bewertung des strategischen Potentials der Technologien auf Basis der identifizierten Ursache-Wirkungsbeziehungen, bspw. analog zu Scoring-Verfahren wie der Nutzwertanalyse (Schritt 4). Hierzu werden die Ausprägungen der Technologiecharakteristika multipliziert mit der Beziehungsintensität für die jeweilige Zielsetzung aufsummiert. Auf diese Weise wird die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Technologien ermöglicht und somit die initiale Zielsetzung des Modells erfüllt. Das sequenzielle Vorgehen ist zusammenfassend in Bild 7 dargestellt.

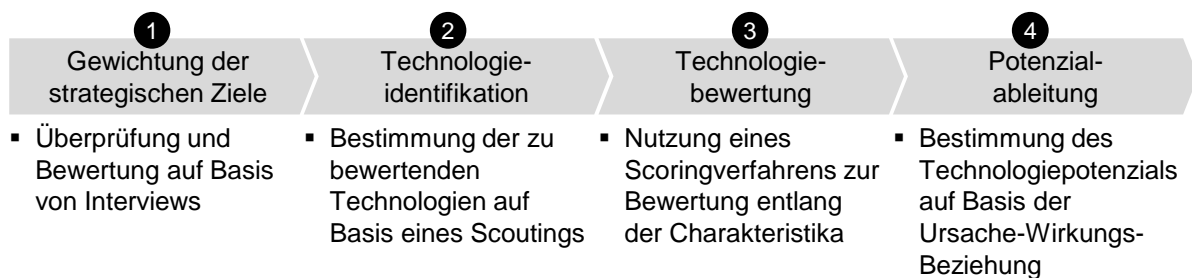


Bild 7: Vorgehen zur Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien

Zur Veranschaulichung wird das Vorgehen anhand eines anonymisierten Fallbeispiels aus der Industrie, der Zulieferer AG, dargestellt. Im Rahmen der Bewertung wurden durch die Zulieferer AG zunächst die strategischen Ziele entsprechend ihrer unternehmensspezifischen Relevanz bewertet (Schritt 1). Hierzu wurde zwischen einer hohen (Faktor 1), mittleren (Faktor 0,5), geringen (Faktor 0,25) und keiner Relevanz (Faktor 0) unterschieden. Die Relevanz des Ziels *First-Mover-Vorteile* (Z2) wurde von der Zulieferer AG beispielsweise mit mittel (Faktor 0,5) bewertet. Nach der Priorisierung der strategischen Ziele folgt die Identifikation und Bewertung der durch die Zulieferer AG vorausgewählten Produkt- und Produktionstechnologien. Im Rahmen der Validierung des konzipierten Modells wird eine Sensortechnologie als potentiell relevante Produkttechnologie im Kontext des autonomen Fahrens betrachtet, die der Rundum-Ab-sicherung beim Fahren dient (Schritt 2). Auf Basis verfügbarer technischer Informationen wird durch die Technologiemanager der Zulieferer AG in Zusammenarbeit mit Experten aus der Produktentwicklung die Bewertung der Sensortechnologie anhand der in Abschnitt 3.2 ermittelten Charakteristika vorgenommen (Schritt 3). Die Bewertung erfolgt mithilfe einer mehrstufigen Skala, deren ermittelte Ausprägungen auf einen Wert zwischen 0 und 1 normiert werden.



Die Beurteilung des Potentials der Technologie erfolgt abschließend in Form eines Scoring-Modells, mit dessen Hilfe das Technologiepotential für das Unternehmen quantifiziert und so die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Technologien sichergestellt werden kann (Schritt 4). Die Ermittlung des Potentialwerts der Sensortechnologie wird dabei auf Basis der strategischen Zielsetzungen und der o.g. technologischen Charakterisierung unter Berücksichtigung der Zusammenhangsmatrix (vgl. Bild 6) durchgeführt. Das Vorgehen sowie der ermittelte Potentialwert sind in Bild 8 dargestellt.

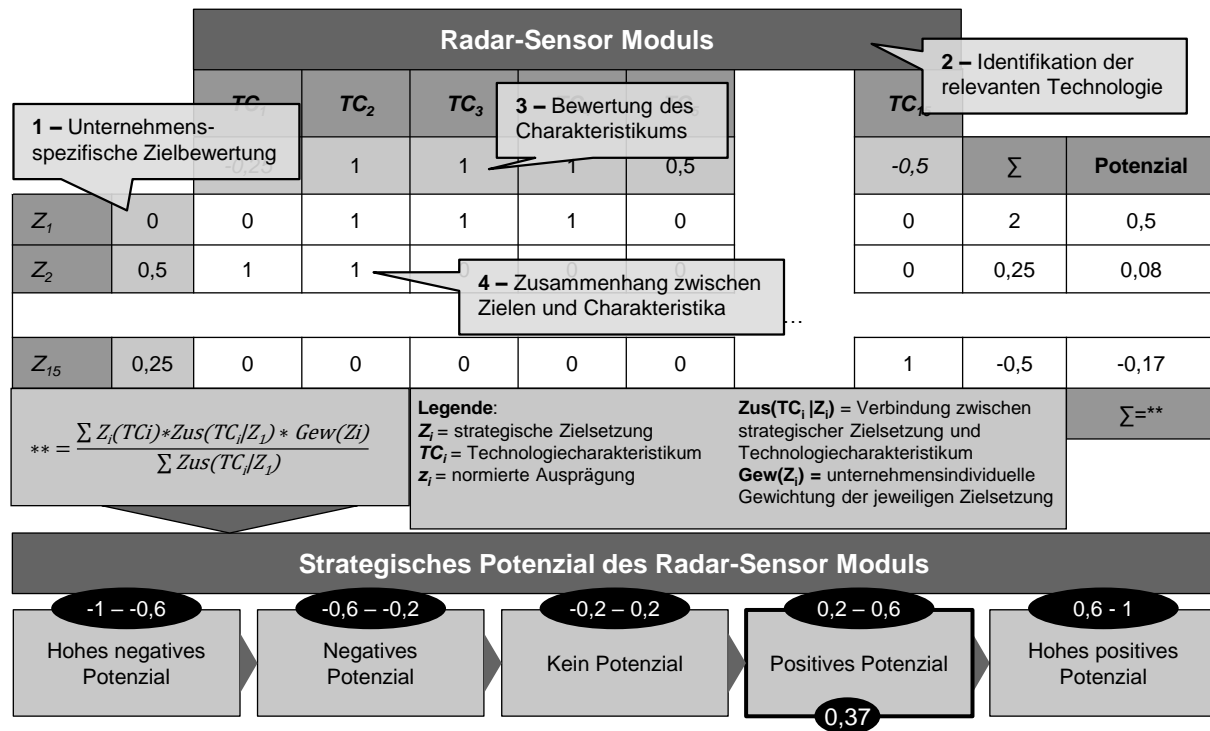


Bild 8: Bewertung des strategischen Potentials eines Radar-Sensor Moduls bei der Zulieferer AG

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das in diesem Beitrag vorgestellte Modell wurde für die Technologieauswahl von produzierenden Unternehmen entwickelt. Eine aufwandsarme Ermittlung des strategischen Potentials von Technologien für produzierende Unternehmen wird ermöglicht. Die Praxistauglichkeit des Modells konnte bereits in der vorliegenden Form durch Anwendung in der Industrie validiert und die grundlegende Richtungsentscheidungen von Technologieinvestitionen in produzierenden Unternehmen vereinfacht und beschleunigt werden. Dennoch ergeben sich ausgehend von den in diesem Betrag dargestellten Ergebnissen weitere Anknüpfungspunkte und Entwicklungsmöglichkeiten für iterative Optimierungen des vorliegenden Modells.

Zum einen ist eine Ergänzung um branchenspezifische Zielbeschreibungen denkbar. So kann die allgemeingültige Beschreibung strategischer Zielsetzungen produzierender Unternehmen im vorliegenden Modell durch eine Berücksichtigung der Eigenschaften und Schwerpunkte unterschiedlicher Branchen angepasst werden, sodass die Praxisrelevanz in spezifischen Anwendungsfällen erhöht wird. Zudem kann als Weiterentwicklung eine technologiefeldabhängige

Präzisierung der Ausprägungen der betrachteten Charakteristika vorgenommen werden. Die Einflüsse einzelner Technologiecharakteristika können durch eine feingliederigere Einflussbewertung dezidiert einzelnen Zielsetzungen zugeordnet werden, um das Abstraktionsniveau zu reduzieren und somit die Spezifität und Handlungsleitung zu erhöhen.

## Literatur

- [Bac15] BACHMANN, H.: Methode zur Bestimmung der Logik einer Technologiestrategie. 1. Aufl. Aachen: Apprimus Verl., 2015
- [Bau03] BAUERNHANSL, T.: Bewertung von Synergiepotenzialen im Maschinenbau. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2003
- [Bec18] BECKER, L.: Nachhaltiges Business Development Management. Strategien für die Transformation. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018
- [BH17] BEA, F. X.; HAAS, J.: Strategisches Management. 9., überarbeitete Auflage. Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH; Lucius, 2017
- [BK96] BINDER, V. A.; KANTOWSKY, J.: Technologiepotentiale. Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des Strategischen Technologiemanagements. Wiesbaden, s.l.: Deutscher Universitätsverlag, 1996
- [Bor18] BORN, H.-J.: Geschäftsmodell-Innovation im Zeitalter der vierten industriellen Revolution. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018
- [BSS19] BÜHLER, P.; SCHLAICH, P.; SINNER, D.: Medienmarketing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019
- [Bul04] BULLINGER, H.-J.: Trendbarometer Technik. Visionäre Produkte, neue Werkstoffe, Fabriken der Zukunft. München: Hanser, 2004
- [Chr96] CHRYSOLOURIS, G.: Flexibility and Its Measurement. In: CIRP Annals. 45. Jg., 1996, Nr. 2, S. 581-587
- [Din95] DIN EN ISO 8402 DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (08.1995). Qualität – Begriffe
- [Dre05] DREHER, S.: Flexible Integration von Rapid Prototyping Prozessketten in die Produktenstehung. Technische Universität Berlin, 2005
- [Ern19] ERNER, M.: Management 4.0 – Unternehmensführung im digitalen Zeitalter. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019
- [FH85] FRIAR, J.; HORWITCH, M.: The emergence of technology strategy: A new dimension of strategic management. In: Technology in Society. 7. Jg., 1985, Nr. 2, S. 143-178
- [Ger13] GERPOTT, T. J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart Germany: Schäffer-Poeschel Verlag, 2013
- [GGA95] GREEN, S. G.; GAVIN, M. B.; AIMAN-SMITH, L.: Assessing a multidimensional measure of radical technological innovation. In: Engineering Management, IEEE Transactions on. 42. Jg., 1995, S. 203-214
- [GKM+18] GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V.; MARTINEZ-COVARRUBIAS, J. L.; LIM, M. K.: Managing Innovation and Operations in the 21st Century. Boca Raton: CRC Press, 2018
- [GL04] GROB, H. L.; LAHME, N.: TOTAL COST OF OWNERSHIP-ANALYSE MIT VOLLSTÄNDIGEN FINANZPLÄNEN. IN: GROB, H. L.; BENKENSTEIN, M. (HRSG.): Controlling. Lerneinheiten zum Wissensnetzwerk Controlling. München: Vahlen, 2004, S. 157-164
- [Gom07] GOMERINGER, A.: Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte. Stuttgart, Heimsheim: Univ; Jost-Jetter-Verl., 2007
- [Göt13] GÖTZFRIED, A.: Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren. München: Utz, 2013

- [Gri03] GRIENITZ, V.: Erschließen von technologischen Erfolgspotenzialen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 98. Jg., 2003, Nr. 9, S. 421-426
- [GSW14] GRIMM, R.; SCHULLER, M.; WILHELMER, R.: Portfoliomanagement in Unternehmen. Leitfaden für Manager und Investoren. Wiesbaden: Springer Gabler, 2014
- [Hal02] HALL, K.: Ganzheitliche Technologiebewertung. Deutscher Universitätsverlag, 2002
- [Hau87] HAUFF, V.: Unsere gemeinsame Zukunft. Greven [Federal Republic of Germany]: Eggenkamp Verlag, 1987
- [HPW+03] HUNT, F. H.; PROBERT, D. R.; WONG, J. C.; PHAAL, R.: Valuation of technology: exploring a practical hybrid model. In: , 2003, S. 47-53
- [HS11] HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement. 5., überarb., erg. und aktual. Aufl. München: Vahlen, 2011
- [HSK+11] HAAG, C.; SCHUH, G.; KREYSA, J.; SCHMELTER, K.: Technologiebewertung. In: Schuh, G.; KlapPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 309-366
- [HW01] HAX, A. C.; WILDE, D. L.: The Delta project. Discovering new sources of profitability in a networked economy. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2001
- [Jol03] JOLLY, D.: The issue of weightings in technology portfolio management. In: Technovation. 23. Jg., 2003, Nr. 5, S. 383-391
- [Kle98] KLEIN, M.: Erfolgsfaktoren technologieorientierter Wettbewerbsstrategien. Eine modellbasierte Analyse der Wettbewerbswirkungen forschungsintensiver Produktinnovationen. 1. Aufl. Berlin: Duncker & Humblot, 1998
- [KLJ07] KINKEL, S.; LAY, G.; JÄGER, A.: Mehr Flexibilität durch Organisation: Stellenwert strategischer Flexibilitätsziele, Nutzung organisatorischer Befähiger und Erreichbarkeit von Flexibilitätszuwachsen. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2007
- [Krö07] KRÖLL, M.: Methode zur Technologiebewertung für eine ergebnisorientierte Produktentwicklung. Heimsheim: Jost-Jetter, 2007
- [Lit94] LITTLE, A. D.: Management erfolgreicher Produkte. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1994
- [Mef94] MEFFERT, H.: Marketing-management. Analyse - Strategie - Implementierung. Wiesbaden: Gabler, 1994
- [Mil02] MILBERG, J.: Erfolg in Netzwerken. In: Milberg, J.; Schuh, G. (Hrsg.): Erfolg in Netzwerken. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg, 2002, S. 5-16
- [Mit09] MITTELSTAEDT, A.: Strategisches IP-Management - mehr als nur Patente. Geistiges Eigentum schützen und als Wettbewerbsvorsprung nutzen. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2009
- [MK11] MAYER, T.; KNOBLICH, R.: Der Nationalstaat im Globalisierungsprozess. In: Mayer, T. (Hrsg.): Globalisierung im Fokus von Politik, Wirtschaft, Gesellschaft. Eine Bestandsaufnahme. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 2011, S. 29-50
- [MSM+78] MILES, R. E.; SNOW, C. C.; MEYER, A. D.; COLEMAN, H. J.: Organizational Strategy, Structure, and Process. In: The Academy of Management Review. 3. Jg., 1978, Nr. 3, S. 546
- [MW11] MEYER, M.; WASSMANN, J.: Strategische Corporate Social Responsibility. Konzeptionelle Entwicklung und Implementierung in der Praxis am Beispiel "dm-drogerie markt". Würzburg: Betriebswirtschaftliches Inst. Lehrstuhl für BWL und Marketing, 2011
- [Obe10] OBERSCHMIDT, J.: Multikriterielle Bewertung von Technologien zur Bereitstellung von Strom und Wärme. Diss. Universität Göttingen Göttingen, 2010
- [Pau87] PAULI, J.: So wird Ihr Unternehmen flexibel. Leitlinien und Maßnahmen. Zürich: Verl. Industrielle Organisation, 1987

- [Por85] PORTER, M. E.: Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press, 1985
- [Por98] PORTER, M. E.: Competitive advantage. New York, London: Free Press, 1998
- [Püm92] PÜMPIN, C.: Strategische Erfolgspositionen. Methodik der dynamischen strategischen Unternehmensführung. Bern: Haupt, 1992
- [Sch02] SCHUH, G.: Referenzstrategien in einer vernetzten Welt. In: Milberg, J.; Schuh, G. (Hrsg.): Erfolg in Netzwerken. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg, 2002, S. 17-31
- [Sch06] SCHÖNING, S.: Potenzialbasierte Bewertung neuer Technologien. Aachen: Shaker, 2006
- [Sch15] SCHMIDT, T.: Potentialbewertung generativer Fertigungsverfahren für Leichtbauteile. Technischen Universität Hamburg-Harburg, 2015
- [SH02] SUN, H.; HONG, C.: The alignment between manufacturing and business strategies: its influence on business performance. In: Technovation. 22. Jg., 2002, Nr. 11, S. 699-705
- [SKS+11a] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; SCHUBERT, J.; NOLLAU, S.: Grundlagen des Technologiemanagements. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 33-54
- [SKS+11b] SCHUH, G.; KAMPKER, A.; STICH, V.; KUHLMANN, K.: Prozessmanagement. In: Schuh, G.; Kampker, A. (Hrsg.): Strategie und Management produzierender Unternehmen. Handbuch Produktion und Management 1. 2., vollst. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, S. 327-382
- [SP92] SERVATIUS, H.-G.; PEIFFER, S.: Technologiefrühaufklärung. Identifikation und Bewertung von Ansätzen zukünftiger Technologien. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1992
- [Sto14] STOCKMAR, J.: Erfolgsfaktoren für Automobilzulieferer – Strategien für 2020. In: Ebel, B.; Hofer, M. B. (Hrsg.): Automotive Management. Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft. 2., überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin: Springer Gabler, 2014, S. 215-234
- [VJ04] VALERDI, R.; J KOHL, R.: An Approach to Technology Risk Management. Engineering Systems Division Symposium, 2004
- [WAE17] WELGE, M. K.; AL-LAHAM, A.; EULERICH, M.: Strategisches Management. Grundlagen - Prozess - Implementierung. 7., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017
- [WEG20] WÖRDENWEBER, B.; EGGERT, M.; GRÖSSER, A.: Technologie- und Innovationsmanagement im Unternehmen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2020
- [Wes16] WESTERMEIER, M.: Qualitätsorientierte Analyse komplexer Prozessketten am Beispiel der Herstellung von Batteriezellen, 2016
- [ZBG+09] ZAHN, E.; BULLINGER, H.-J.; GAGSCH, B.; WESTKÄMPER, E.; BALVE, P.; GAUSEMEIER, J.; PFÄNDER, T.; WENZELMANN, C.; SCHLOSKE, A.; THIEME, P.; BLEICHER, K.; DIERKES, M.; WILDEMANN, H.; ACKERMANN, K.-F.; BAHNER, J.; ANTONI, C. H.: Neues Denken in der Unternehmensführung. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, S. 109-222
- [Zot07] ZOTTER, K.-A.: Entwicklung prozesstechnologischer Systeme in Unternehmungen. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag, 2007

## Autoren

**Prof. Dr.- Ing. Dipl.- Wirt. Ing. Günther Schuh** leitet den Lehrstuhl für Produktionssystematik der RWTH Aachen und ist Mitglied des Direktoriums des Werkzeugmaschinenlabors (WZL) der RWTH Aachen und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Weiterhin ist er Direktor des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen. Professor Schuh ist zudem in mehreren Aufsichts- und Verwaltungsräten tätig

und war von 2008 bis 2012 Prorektor für Industrie und Wirtschaft der RWTH Aachen. Maßgebliche Methoden und Instrumente zum Komplexitätsmanagement, zur ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung und zum partizipativen Change-Management sowie das Konzept der Virtuellen Fabrik gehören zu seinen wichtigsten Forschungsergebnissen.

**Patrick Scholz, M.Sc. RWTH** studierte Maschinenbau mit der Fachrichtung Produktionstechnik an der RWTH Aachen. Seit 2017 ist Herr Scholz wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologiemanagement und seit 2021 Leiter der Gruppe Technologieplanung am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen an welchem er zudem von 2019 bis 2021 die Leitung des Geschäftsfelds Leichtbau-Produktionstechnik innehatte. Im Rahmen seiner Tätigkeit am Fraunhofer IPT führte er bereits diverse Beratungsprojekte im Technologie- und Innovationsmanagement durch. Seine Forschungsarbeiten befassen sich mit der Auswahl und Bewertung von Technologien. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der effizienten Gestaltung von Entscheidungsprozessen auf Basis von individuellen Potentialen und Risiken.

**Tim Latz, M.Sc. RWTH** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen. Seit 2019 ist Herr Latz wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technologiemanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Im Rahmen seiner Tätigkeit am Fraunhofer IPT führte er bereits diverse Beratungs- sowie Forschungsprojekte im Technologie- und Innovationsmanagement durch. Seine Forschungsarbeiten befassen sich mit der Beschleunigung des Transfers von Technologien aus der Forschung in die Industrie. Dabei fokussiert er die idealtypische Ausgestaltung entsprechender Technologietransfereinrichtungen.

## **Session X**



# Konzept einer KPI-basierten Methodik zur strategischen Bewertung von Plattformvarianten

**Christian Frank, M.Sc.**

Volkswagen AG; Technische Universität Braunschweig  
Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg; Universitätsplatz 2, 38106 Braunschweig  
Tel. +49 (0) 172 / 34 34 094  
E-Mail: christian.frank4@volkswagen.de

**Dr.-Ing. Kai Kuchenbuch**

Volkswagen AG  
Berliner Ring 2, 38440 Wolfsburg  
Tel. +49 (0) 151 / 62 81 06 80  
E-Mail: kai.kuchenbuch@volkswagen.de

**Dipl.-Ing. Tobias Huth**

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor**  
Technische Universität Braunschweig  
Universitätsplatz 2, 38106 Braunschweig  
Tel. +49 (0) 531 / 39 16 66 -75 / -71  
E-Mail: {tobias.huth/t.vietor}@tu-braunschweig.de

## Zusammenfassung

Viele etablierte OEMs in der Automobilindustrie nutzen eine Baukasten bzw. Plattformstrategie, um große Produktportfolios kosteneffizient entwickeln zu können. Im Mittelpunkt steht dabei die synergetische Ableitung differenzierter Produktvarianten. Diese entstehen durch den Einsatz austauschbarer Module sowie der flexiblen Skalierung spezifischer Umfänge der Plattform (bspw. Mittelboden) und bilden die Grundlage, um Bedarfe unterschiedlicher Märkte und Segmente zu bedienen. Im Kontext der Transformation von Verbrenner- zu Elektrofahrzeugen sind sowohl das bestehende Plattformvarianten-Portfolio der Verbrenner als auch neu geplante Plattformvarianten für Elektrofahrzeuge hinsichtlich ihres Anbieternutzens zu bewerten und zu vergleichen. Dazu können verschiedene Bewertungskriterien (KPI) wie bspw. Absatzvolumen, Aufwand, Ergebnisbeitrag verwendet werden. Darüber hinaus ist auch der Kundennutzen in die Bewertung zu integrieren. Kunden wählen entsprechend spezifischer Präferenzen Produkte aus, die das subjektive Anforderungskollektiv erfüllen. Die Variationsumfänge der einzelnen Plattformvarianten sind, neben hutspezifischen Umfängen, durch kundenerlebbare Eigenschaften und Funktionen des Gesamtfahrzeugs wahrnehmbar. Folglich tragen diese als Determinanten maßgeblich zur Kaufentscheidung und damit gleichzeitig zum Anbieternutzen bei. Dieses Paper adressiert zunächst den Bedarf einer ganzheitlichen Methodik zur Bewertung von Plattformvarianten. Dazu wird außer der wissenschaftlichen Herleitung zusätzlich die Evaluation des Praxisbedarfs, im Rahmen einer Fragebogenstudie mit Experten der Marke Volkswagen,



herangezogen. Abschließend wird ein Lösungskonzept einer Bewertungsmethodik vorgestellt, die das aufgezeigte Potential aufgreift. Ziel ist es, strategische Entscheidungen zur Variantenreduktion,- vermeidung, - oder auch gezielter - -erzeugung datenbasiert mit KPIs zu unterstützen und somit zur Optimierung des Portfolios von Plattformvarianten beizutragen.

### **Schlüsselworte**

Plattform, Plattformvariante, Transformation, Komplexitätsmanagement, Variantenmanagement

---

*Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Publikation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen Aktiengesellschaft.*

---

# Concept of a KPI-based methodology for the strategic evaluation of platform variants

## Abstract

Many established OEMs in the automotive industry use a modular system or platform strategy in order to be able to develop large product portfolios in a cost-efficient manner. The focus is on the synergetic derivation of differentiated product variants. These are created through the use of interchangeable modules and the flexible scaling of specific dimensions of the platform (e.g. middle floor) and form the basis for serving the needs of different markets and segments. In the context of the transformation from internal combustion to electric vehicles, both the existing platform variant portfolio for internal combustion engine vehicles and the newly planned platform variants for electric vehicles must be assessed and compared with regard to their benefit. Various evaluation criteria (KPI) such as sales volume, effort, profit contribution can be used for this. In addition, the customer benefit must also be integrated into the assessment. In accordance with their specific preferences, customers select products that best meet the subjective collective requirements. In addition to hat-specific scopes, the range of variations of the individual platform variants can be perceived through the characteristics and functions of the vehicle that can be experienced by the customer. As a result they make a significant contribution to the purchase decision and thus at the same time to the benefit for the company. This paper first addresses the need for a holistic methodology to evaluate platform variants. In addition to the scientific derivation, the evaluation of the practical needs is also used as part of a questionnaire study with experts from Volkswagen brand. Finally, a solution concept for an evaluation method is presented that takes up the potential shown. The aim is to support strategic decisions on reducing, avoiding, or even more targeted generation of variants based on data with KPIs and thus contributing to the optimization of the portfolio of platform variants.

## Keywords

platform, platform variant, transformation, complexity management, variety management

---

*The results, opinions and conclusions expressed in this publication are not necessarily those of Volkswagen Aktiengesellschaft.*

---



## 1 Einleitung

Das heutige globale Wettbewerbsumfeld, in dem Trends wie Connected Car, Elektromobilität und autonomes Fahren Einzug halten, stellt die Automobilindustrie vor gravierende Herausforderungen [GKM+16-ol]. Sowohl die Produkte als auch deren Entstehungsprozesse sind vielfältig und zunehmend von hoher Komplexität geprägt [LRZ06], [Ebe15], [He113]. Ein wesentlicher Auslöser der Komplexitätszunahme ist die fortschreitende Differenzierung der Produkte, die sich auf eine wachsende Individualisierung der Kundenanforderungen zurückführen lässt [Win16], [WFO09], [Hof17]. Der Fokus auf die Erfüllung divergierender Kundenwünsche, die Erschließung neuer Marktsegmente sowie weiterer Kundengruppen, führt branchenunabhängig, zu einem Anstieg der Produktvielfalt, die sowohl negative als auch positive Auswirkungen (Kosten/ Nutzen) hat [HB08], [DSM13], [Fir03], [Kes12].

Zur systematischen Steuerung der Varianz und der nachhaltigen Sicherung von Wettbewerbsvorteilen ist ein ganzheitliches Variantenmanagement als Kernkompetenz elementar [SW97]. Dabei wird das Ziel verfolgt kunden- und marktseitig geforderte externe Produktvarianz mit möglichst geringer interner Varianz bereitzustellen [Kes12], [EKL20]. In der Praxis wird als Grundlage für breite Produktspektren oft auf Plattformstrategien zurückgegriffen [SWC07]. Mithilfe einer einheitlichen Plattform können verschiedene Produkte einer Produktfamilie abgeleitet werden [KG18]. Die Praxis (vgl. Abschnitt 2.1) zeigt allerdings, dass auch innerhalb einer Plattform Varianz existiert, die zwar die Differenzierung kundenwahrnehmbarer Eigenschaften ermöglicht, gleichzeitig aber Komplexität und folglich Aufwände und Kosten verursacht.

Vor diesem Hintergrund entsteht der Bedarf einer Bewertungsmethode, die sowohl die Anbieter- als auch Kundensicht integriert und so Variantenentscheidungen im Rahmen eines ganzheitlichen Plattformvariantenmanagements unterstützt.

## 2 Stand der Forschung

Viele Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen nutzen Plattformstrategien zur Ableitung von Produkten innerhalb einer Produktfamilie. Damit können unternehmenswirksame Effekte wie „Economies of Scale and Scope“ sowie die Reduzierung von Komplexitätskosten realisiert und gleichzeitig wettbewerbsfähige Produkte in unterschiedlichen Märkten angeboten werden [Sim04], [KG01], [SR17], [WSC03]. In der folgenden Untersuchung liegt der Schwerpunkt auf der Nutzung von Plattformen im Kontext der Automobilindustrie.

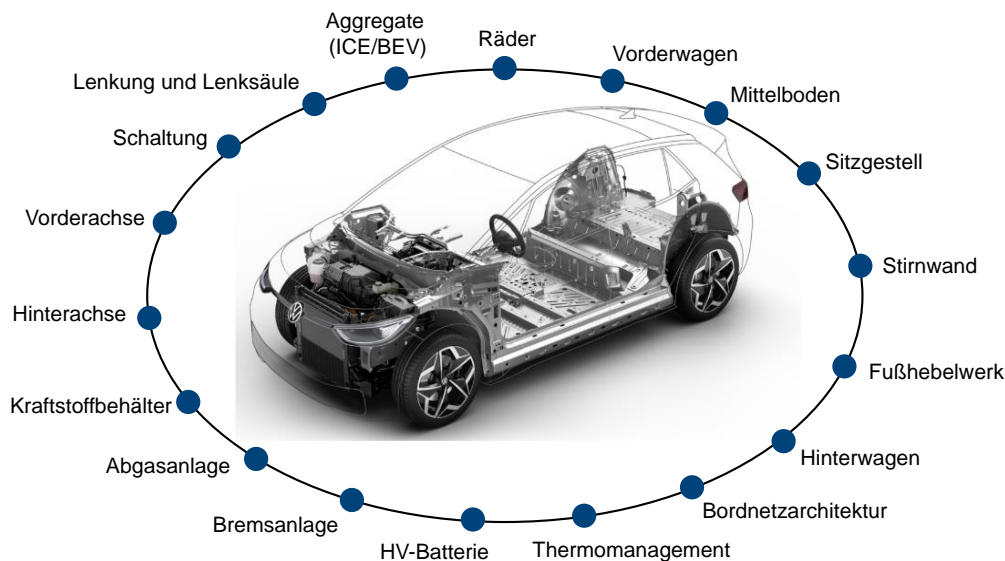
### 2.1 Plattformen als Grundlage für die effiziente Gestaltung von Produktfamilien

Der Begriff „Plattform“ ist in der Literatur nicht einheitlich definiert [Cor02]. Aus gängigen Definitionen der Plattform lassen sich folgende Charakteristika ableiten [SR17], [LRZ06], [FG13], [RU98], [PW99], [ML97], [Höl05]:

- Die Plattform bildet eine einheitliche Basis (Funktionen, Schnittstellen, Komponenten) zur Ableitung von Produktvarianten.
- Varianten werden durch die Variation von austauschbaren Modulen erzeugt - im Kontext der Automobilindustrie durch das Hinzufügen von individuell gestalteten Hüten z.B. durch Beplankung (Exterieur) und Verkleidungen (Interieur) [VS13].
- Der Einsatz erfolgt produktübergreifend.
- Die Plattform ist zeitlich stabil.

Unter dem Begriff der Fahrzeugplattform werden physikalische Elemente eines Fahrzeugs verstanden, die strukturelle Rahmenbedingungen für die Ableitung verschiedener Modelle definieren [MR00]. Nach HÜTTENRAUCH und BAUM gibt die Plattform als technische Basis einen Gestaltungsrahmen für die Hauptfahrzeugdimensionen (Länge, Breite) vor, ohne dabei direkten Einfluss auf die Außenhaut des Fahrzeugs auszuüben [HB08].

In der Automobilindustrie beträgt der Anteil der produktseitigen Kosten des Plattformumfangs zwischen 30% und 60% [Kra05]. Aus diesem Grund und der mittel- bis langfristigen Ausrichtung einer Plattform (zeitliche Stabilität) werden meist Kerntechnologien in der Plattform gebündelt [KG18]. BRAESS und SEIFFERT geben als Plattformumfänge die Bodengruppe d.h. Trägerstrukturen (einschließlich Stirnwand), die im Hinterwagenbereich auch längenvariabel gestaltet sind, sowie Antriebsstrang, Achsen, Lenkstrang an [BS13]. Nach KRUSCHWITZ umfasst eine Plattform exemplarisch folgende Bestandteile (Bild 1):



*Bild 1: Umfang einer Plattform in Anlehnung an KRUSCHWITZ [Kru00], [Hen19-ol]*

Die Entwicklung der Plattform sowie die Entwicklung der daraus abgeleiteten Produkte läuft nach ENGELN parallel [Eng06]. Ist die Entwicklung der Plattform abgeschlossen, kann mit der Ableitung neuer Produkte flexibel auf marktseitige Anforderungen reagiert werden [Hof17]. Die allgemeine produkt- und prozesstechnologische Entwicklung fordert aber auch während der Nutzungsphase einer Plattform Anpassungen. Dabei werden technologische Optimierungen an dezidierten Subsystemen vorgenommen, um im Rahmen der Plattformerweiterung Kostenreduktionen und neue Funktionalitäten zu realisieren [ML97], [Cor02], [VS13]. Damit eine

kontinuierliche Wettbewerbsfähigkeit gewährleistet ist, muss großen Technologiesprünge in Form einer Neudefinition der Plattform Rechnung getragen werden [Cor02], [VS13].

Die Wahl des Zeitpunkts für die Neuentwicklung einer Plattform ist ein wesentliches Problem und neben den Entscheidungen darüber, wie viele Produkte aus einer Plattform abgeleitet werden und wie viele Plattformen entwickelt werden müssen, um die Angebotsvarianz vor Kunde darzustellen, Bestandteil des Plattformmanagements [Cor02], [SR17].

Die Plattformstrategie kann durch andere Produktstrukturstrategien überlagert werden. In der Automobilindustrie ist es gängig, den Gleichteilanteil durch den übergreifenden Einsatz von Modulen im Rahmen eines Baukastens auszuweiten. So kann durch die Kombination der Plattform mit anderen Modulumfangen die Vielfalt an Produkten zusätzlich vergrößert werden [KG18], [VS13].

TESCH zeigt in seiner Arbeit, dass in Zukunft vermehrt skalierbare Plattformkonzepte Einzug halten werden, die Voraussetzungen für unterschiedliche Fahrzeugproportionen und damit kundenwahrnehmbare Individualität erfüllen. Demzufolge erweitert er das Begriffsverständnis der Plattform wie folgt: „Der technikgetriebene Produktumfang wird als skalierbare Plattform definiert und in einzelne Bestandteile weiter herunter gebrochen. Dies sind der Plattformkern, der Skalierungsanteil der Plattform und der bereits beschriebene Komponenten-Baukasten“ [Tes10].

Eine empirische Analyse im Rahmen des Forschungsprojekts „Strukturvariabilität“, welches in Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München und der BMW Group entstand, untersucht die Maßketten der Karosseriebauformen einer Limousine, eines Geländewagens und eines Roadsters und geht insbesondere auf die in Bild 2 gezeigten Fahrzeugmaße ein (eine ausführliche Beschreibung der Maßkonzeption erfolgt in BRAESS und SEIFFERT) [BS13], [Tes10]. Diese Maße werden insbesondere durch die Gestaltung der in Bild 1 gezeigten Plattformumfänge beeinflusst (z.B. Mittelboden → L101 Radstand).

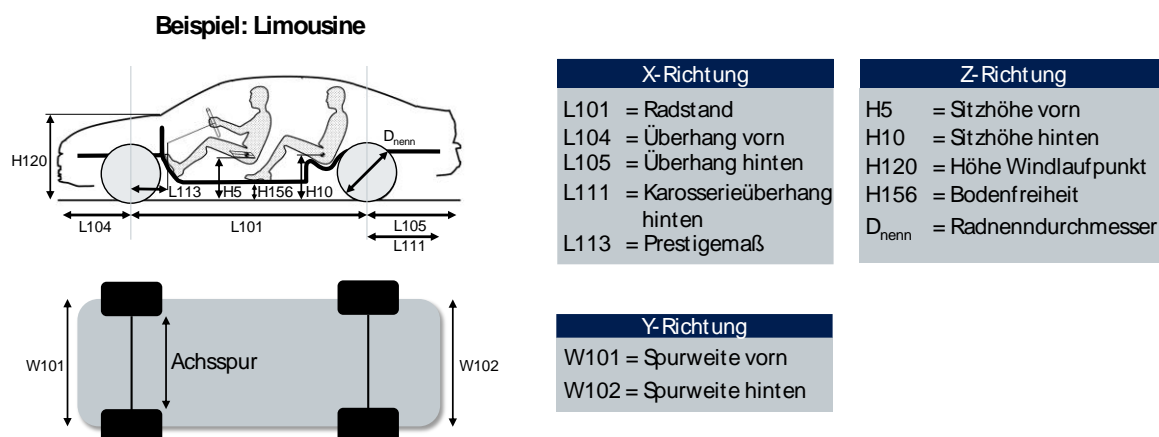


Bild 2: Fahrzeugmaße in Anlehnung an TESCH [Te10]

Aus der Analyse gehen deutliche Unterschiede zwischen den Karosseriebauformen hinsichtlich der Ausprägungen der jeweiligen Maße hervor. Während die Radstände und Überhänge bei SUVs und Limousinen ähnlich ausgeprägt sind, sind diese Maße bei Roadstern kurz gehalten. In der Breite unterschieden sich die SUVs deutlich von den Limousinen und Roadstern, da im

Gelände mit einer breiteren Spur die Kippneigung reduziert werden kann. Die größten Unterschiede sind bei der Betrachtung der Z-Maßkette festzustellen. Die geforderte Differenzierung in Z-Richtung hat große Auswirkungen auf die Gestaltung der Bodengruppe. Im Vordergrund der Differenzierung stehen hier vor allem die Bodenfreiheit, Rädergröße und Sitzhöhe sowie die Höhe des Windlaufpunktes. Hier ergeben sich für die betrachteten Fahrzeugkonzepte jeweils unterschiedliche Ausprägungen [Te10].

Produkte eines Produktportfolios können, der Systematik von LEMKE [Lem13-ol] folgend, Karosserieformen und Fahrzeugsegmente zugeordnet werden. Das Bild 3 zeigt ein generisches Produktportfolio mit dem Fokus der weltweit aus dem MQB abgeleiteten „A-Sedan“-Fahrzeuge.

|     | Kurzheck | Sedan | Kombi | SUV/ CUV | Pickup | MPV |
|-----|----------|-------|-------|----------|--------|-----|
| A00 |          |       |       |          |        |     |
| A0  |          |       |       |          |        |     |
| A   |          |       |       |          |        |     |
| B   |          |       |       |          |        |     |
| C   |          |       |       |          |        |     |






| A – Segment „Sedan“  |  | MQB   |
|--|--|---|
| Modell A   | Modell B   | Modell C  |
|   |   |  |
| Modell D   | Modell E   |   |
|  |  |   |

Bild 3: Generisches A-Segment Produktportfolio

Darauf aufbauend stellt Bild 4 eine detailliertere Untersuchung der zuvor definierten Fahrzeugumfangs dar. Betrachtet wird die Variantenvielfalt flexibel skalierbarer Umfänge des MQB. In Ergänzung zu TESCH geht daraus hervor, dass auch Fahrzeuge gleicher Fahrzeugsegmente und Karosserieformen auf verschiedenen Varianten der Plattform basieren müssen.

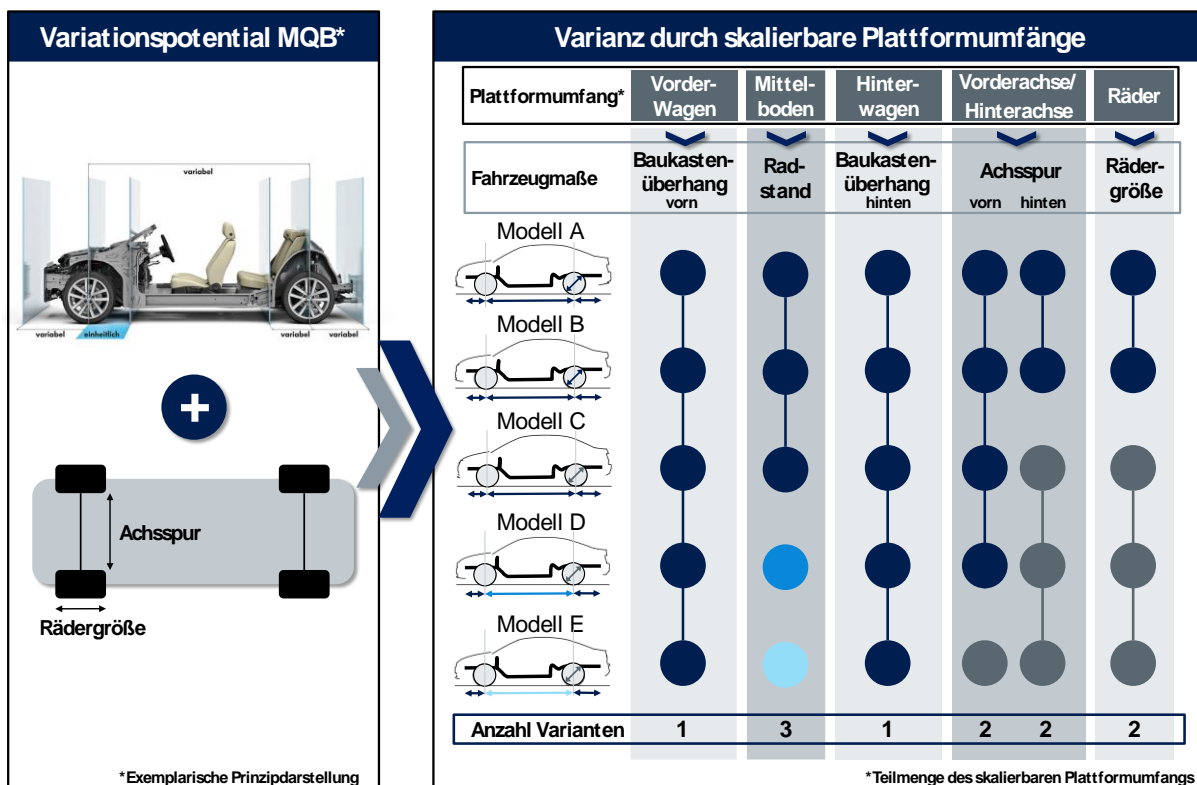


Bild 4: Variationspotential von Plattformumfängen am Beispiel des MQB [Vol12-ol]

Vor diesem Hintergrund wird das in diesem Paper dargelegte Begriffsverständnis um den Begriff der „Plattformvariante“ erweitert. Zur Herleitung werden die Charakteristika einer Plattform mit der Definition einer Variante entsprechend Bild 5 kombiniert [Hei99], [Lin94].

| Autor          | Definition  | Visualisierung |
|----------------|---|----------------|
| HEINA [He9]    | Unterscheidet sich ein Produkt in mindestens einer Merkmalsausprägung von der Grundversion, liegt eine Variante vor.  |                |
| LINGNAU [Li94] | Varianten sind definiert als Gegenstände mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Komponenten, die Ähnlichkeiten in Bezug auf mindestens eines der Merkmale Geometrie, Material oder Technologie aufweisen. Neue Varianten entstehen durch Veränderung eines oder mehrerer bestehenden Merkmale. |                |

Bild 5: Definition - Varianten

Hieraus resultiert die Definition der Plattformvariante, die in der weiteren Untersuchung gleichermaßen die Betrachtungsebene der Varianz beschreibt: „Eine Plattformvariante (PV) entsteht durch die Variation der Merkmalsausprägungen einer Plattform (PF). Dazu gehören der skalierbare Anteil der Plattform (skalierbare Umfänge wie z.B. Mittelboden → Radstand, Hinterwagen → Überhang hinten etc.) sowie der Plattform zugeordnete Modulumfangs (z.B. HV-Batterie)“.

## 2.2 Strategische Relevanz

Die Automobilindustrie steckt derzeit in der größten Transformation ihrer Geschichte [Hoe-ol]. Zur Erreichung der Pariser Klimaschutzziele ist die Entwicklung klimaneutraler Mobilitätskonzepte erforderlich [HB21]. Im Mittelpunkt steht dabei der Wechsel der Antriebstechnologie von



verbrennungsmotorischen hin zum elektrifizierten Antriebsstrang und folglich die konsequente Elektrifizierung des Produktportfolios [Pul21], [HB21].

Einer Studie des „Center of Automotive Management“ zur Folge ist mit unterschiedlichen Transformationsgeschwindigkeiten, d.h. abweichenden Hochlauf-Szenarien bzgl. Elektrofahrzeugen, in den Kernregionen China, Europa, Nordamerika zu rechnen [BG21]. Die Marke Volkswagen hat sich im europäischen Markt das Ziel gesetzt, die Transformation zu beschleunigen und bereits in 2030 70% des Absatzes durch BEV (Battery Electric Vehicle) zu realisieren (vgl. Bild 6) und damit einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten [Bra21].

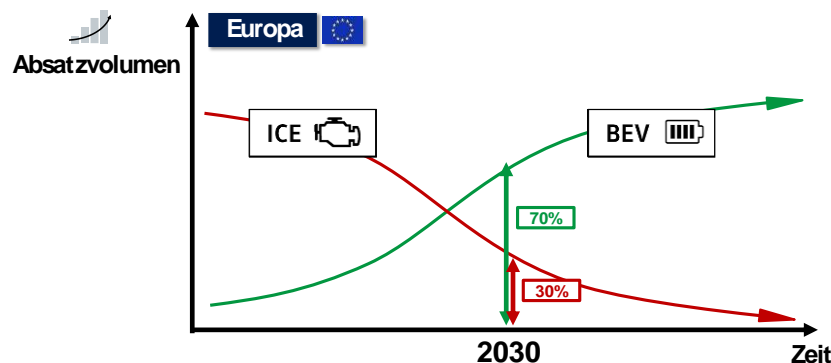


Bild 6: ICE-BEV Absatzentwicklung in Europa in Anlehnung an BUCHTA et al. [BK19]

In anderen Regionen werden Verbrenner (ICE – Internal Combustion Engine) hingegen noch länger Bestandteil des Produktportfolios bleiben [Gel21-ol]. Vor diesem Hintergrund stehen etablierte OEMs in der Übergangsphase vor der Herausforderung eines ambidextären Managements. Neben Verbrennungstechnologien, mit denen weiterhin Umsatz generiert wird, sind gleichzeitig Investitionen in neue Antriebstechnologien unternehmerisch zu steuern [Pro19].

Flexible Baukästen (und Plattformen), wie z.B. der MEB oder MQB bei der Volkswagen AG (andere OEMs siehe LAMPON et al.), bilden dabei die Basis für die Entwicklung unterschiedlicher Plattformvarianten, mit denen der Bedarf an differenzierten Produkten in verschiedenen Märkten und Segmenten gedeckt werden kann [LCF17].

Aufgrund sinkender Absatzvolumen in der Transformationsphase (Bild 7) muss das bestehende ICE-Portfolio und die zugehörigen Plattformvarianten sowohl aus Anbieter- (KPI wie z.B. Aufwand, Ergebnisbeitrag) als auch aus Kundensicht (Kundennutzen) bewertet werden [BG21]. Darauf basierend lassen sich Entscheidungen für die sukzessive Reduzierung der ICE-Modellvielfalt (ICE-Strategien etablierter OEMs siehe KÖLLNER) unterstützen [Kö21a].

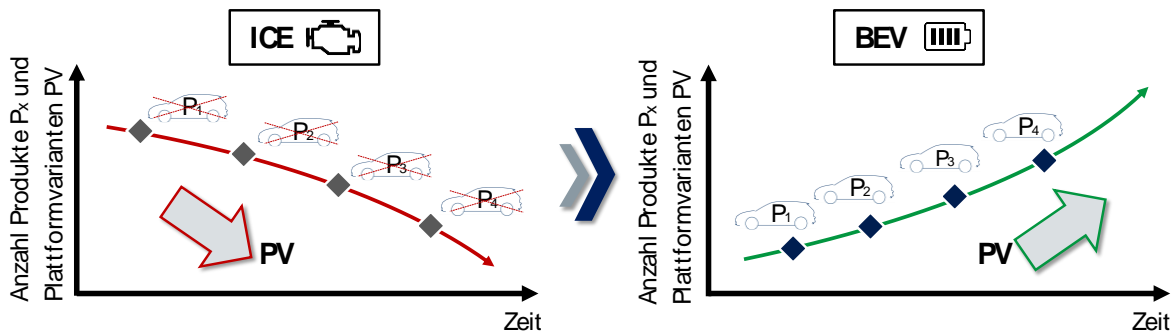


Bild 7: Transformation von ICE zu BEV

Mit ansteigenden Volumina der BEVs und steigender Modellvielfalt gerät auch der systematische Aufbau von BEV-Plattformvarianten in den Vordergrund [BG21]. Hierbei muss ganzheitlich bewertet und strategisch entschieden werden, wie viele Plattformvarianten mit welchen Merkmalsausprägungen in der jeweiligen Phase des Hochlaufs notwendig sind.

Eine Baukasten-/Plattformstrategie ermöglicht sowohl die flexible Gestaltung des Hochlaufs als auch die zielgerichtete Reduktion von Varianz. Dabei sind alle Varianten einer Plattform innerhalb von Entwicklungs- und Nutzungsphase zu betrachten (Bild 8).

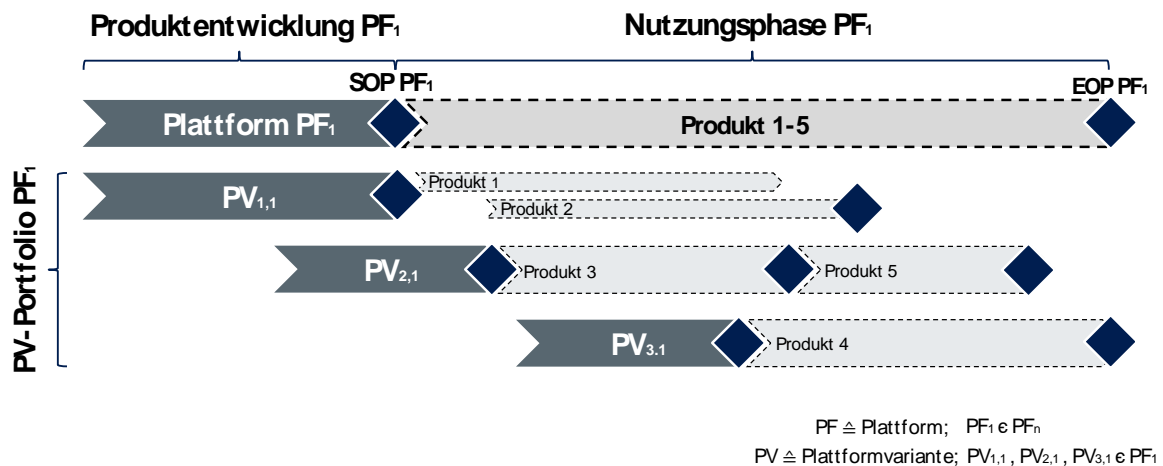


Bild 8: Lebenszyklus von Plattformen und Plattformvarianten

Während des Lebenszyklus einer Plattform entsteht damit ein Plattformvarianten-Portfolio, welches im Mittelpunkt eines ganzheitlichen Plattformvariantenmanagements steht. Ziel dessen ist es, Variantenentscheidungen mit einer Bewertung sowohl aus Anbieter- als auch aus Kundensicht zu unterstützen und die Plattformvarianz aktiv zu managen. Im Kontext der Anbietersicht sind insbesondere initiale Aufwände in der Produktentwicklung, Produktion, Beschaffung usw. sowie Pflegeaufwände entlang des Lebenszyklus (bspw. Ertüchtigung entsprechend neuer Gesetzgebungen) von Bedeutung. Darüber hinaus sind Erfolgsgrößen wie Absatzvolumen und der Beitrag zum Unternehmensergebnis relevant. Aus Kundensicht ist hingegen der Nutzen durch wahrgenommene Differenzierung einzelner Plattformvarianten, die im nächsten Abschnitt erläutert wird, zu berücksichtigen.

## 2.3 Kundenwahrnehmung

Entsprechend der Definition einer Plattformvariante haben die skalierbaren Plattformumfänge und zur Plattform gehörenden Module auch Einfluss auf kundenwahrnehmbare Eigenschaften des Gesamtfahrzeugs. Zwar können Kunden Plattformumfänge in den meisten Fällen nicht direkt sehen, nehmen aber deren Ausgestaltung indirekt über verschiedene Gesamtfahrzeug-Eigenschaften wahr.

Zur Beschreibung der Differenzierung gegenüber Wettbewerbern und Vorgängerprodukten eignen sich klassische Eigenschaftsbereiche wie z.B. Fahrleistungen, Verbrauch, Variabilität, Innenraum und Stauraum. Diese werden mithilfe eines Produktprofils in der frühen Phase in ihren Ziel-Ausprägungen festgelegt. ZIEMANN stellt in seiner Arbeit einen umfassenden Eigenschaftskatalog dar, der sich über drei Ebenen hinweg detailliert [Zie07].

Zur Veranschaulichung des Einflusses von Plattformvarianten auf die Eigenschaften ist in Bild 9 ein Beispiel gezeigt. Die Ergonomie stellt die lösungsneutrale Beschreibung der Qualität der Mensch-Maschine-Schnittstellen in den Mittelpunkt. Darüber hinaus wird auch die Güte der Sitzposition beschrieben, d.h. Körperwinkel des in Normposition sitzenden Fahrers und resultierende Freiräume [Zie07].

Durch die Dimensionierung und damit Ausprägung des Sitzgestells und den damit einhergehenden Komponenten wird die Eigenschaft der Sitzposition durch die Plattformvariante kundenwahrnehmbar beeinflusst.

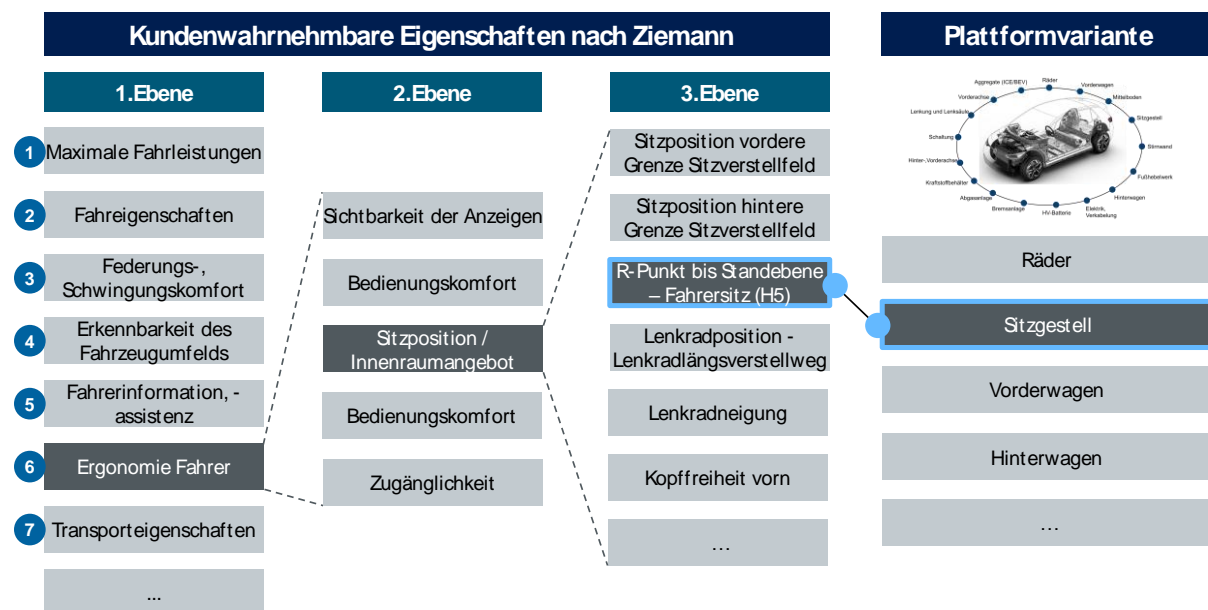


Bild 9: Wirkzusammenhang von Plattformvarianten und Produkteigenschaften

## 2.4 Zwischenfazit

Die vorangegangene Untersuchung hat zunächst gezeigt, dass mit der Nutzung von Plattformen, Baukästen und Modulen das Ziel verfolgt wird, aufwandsminimal eine größtmögliche Produktvarianz darzustellen.

Plattformen sind innerhalb einer Produktfamilie jedoch nicht immer identisch. Um diese Ebene der Varianz zu beschreiben, wurde der Begriff der Plattformvariante eingeführt. Darauf aufbauend wurde die strategische Relevanz einer Methodik zur aktiven Steuerung des Plattformvarianten-Portfolios im Kontext der Transformation sowie die Relevanz von Plattformvarianten für kundenwahrnehmbare Eigenschaften und damit den Kundennutzen dargelegt.

Im Kontext eines ganzheitlichen Plattformvariantenmanagements schließen zusammenfassend folgende strategische Fragestellungen an:

- Wie kann der Anbieternutzen einer Plattformvariante spezifiziert und quantifiziert werden?
- Wie können Entscheidungen des Plattformvarianten-Portfolios (Reduzierung, Generierung, Vermeidung) ganzheitlich bewertet werden?
- Welche Unternehmensbereiche, mit welchen Funktionen, müssen aktiv in das Plattformvariantenmanagement eingebunden werden (Beherrschen der Vielfalt)?
- Wie kann eine quantitative Bewertung des Kundennutzens einer Plattformvariante in der Produktentwicklung bei der Generierung von Plattformvarianten unterstützen?

### **3 Anforderungen an ein geeignetes Konzept zur Bewertung von Plattformvarianten**

Der vorherige Abschnitt hat wesentliche Fragestellungen eines ganzheitlichen Plattformvariantenmanagements herausgearbeitet. Bevor bestehende Ansätze hinsichtlich ihrer Eignung für ein ganzheitliches Plattformvariantenmanagement untersucht werden, sind zunächst Anforderungen an ein Konzept zur Bewertung von Plattformvarianten zu definieren. Diese wurden auf Basis einer umfangreichen Literaturanalyse sowie einer Fragebogenstudie mit Experten aus der Praxis abgeleitet.

Zentrale Aufgabe des Variantenmanagements ist die Optimierung der Vielfalt mittels Entscheidungsunterstützung hinsichtlich der vier Grundausrichtungen (Variantenvermeidung, -generierung, -beherrschung, -reduzierung) des Variantenmanagements [Hei99]. Zur Weiterentwicklung des Variantenportfolios sollten grundsätzlich unterschiedliche Szenarien ausgearbeitet und verglichen werden [Rat93]. Dazu sind variantenbezogene Daten zu erheben, die als Grundlage einer transparenten Entscheidung im Rahmen der zu entwickelnden Bewertungsmethodik fungieren [Ava06]. Als Grundvoraussetzung einer geeigneten Bewertung ist hier die Betrachtungsebene der Varianz festzulegen, die sich von der Produktebene bis auf die Teilebene erstrecken kann [Lin09]. Darüber hinaus muss die Varianz entsprechend ihrer Anzahl und zeitlichen Entwicklung im Unternehmen auswertbar sein [Hei99]. Für Variantenentscheidungen auf der betrachteten Ebene sind die Kosten/ Nutzen-Aspekte zu bewerten und in Form von quantitativen Bewertungskriterien zu beschreiben [Rat93], [Hü12]. Bei der Einführung neuer Varianten treten neben initialen auch Aufwände über den Produktlebenszyklus auf, die in die Bewertung einer Variantenentscheidung zu integrieren sind [Hei99].

Im Rahmen eines ganzheitlichen Variantenmanagements ist der Wirkzusammenhang zwischen den Kosten einer Variante und den beeinflussten Nutzenattributen aufzuzeigen [Hü12]. Hierbei sind sowohl Veränderungen des Anbieternutzens als auch des Kundennutzens zu berücksichtigen [Hei99], [Hü12]. Dies sollte durch geeignete KPIs unterstützt werden [HHV06].

In Zusammenhang mit wachsender Produktvielfalt sind ferner auch Mengeneffekte, das heißt Auswirkungen einer Veränderung des Variantenportfolios auf bestehende Varianten („Verbundeffekt“, „Kannibalisierungseffekt“) in den Entscheidungsprozess miteinzubeziehen [Hei99], [HP07].

Zur Bestätigung des Forschungsbedarfs in der Praxis und der Ableitung von zusätzlichen Anforderungen an ein ganzheitliches Konzept zur Bewertung von Plattformvarianten wurde im Umfeld der Marke Volkswagen PKW eine Fragebogenstudie mit 69 Experten verschiedener Geschäftsbereiche (Strategie, Baureihe, Konzeptentwicklung, Produktion, Finanz) durchgeführt. Im Folgenden werden wesentliche Erkenntnisse auf Basis der Ergebnisse der Fragebogenstudie zusammengefasst: (Die konkrete Auswertung der jeweiligen Fragebogenitems ist dem Anhang zu entnehmen)

Es besteht Konsens darüber, dass ein systematisches Plattformvariantenmanagement während der Transformation von Verbrenner- zu Elektrofahrzeugen an Relevanz gewinnt. Die Experten bestätigen, dass Kunden die Ausprägungen der Plattformvarianten durch beeinflusste Eigenschaften auf Gesamtfahrzeugebene wahrnehmen. Zusätzlich sollte ihrer Meinung nach die Generierung zusätzlicher Plattformvarianten zu durch den Kunden wahrnehmbaren Differenzierungen führen. Weiterhin ist die kundenseitige Bewertung (Kundenpräferenzen) von wahrnehmbaren Eigenschaften bei der Bewertung von Plattformvarianten in der Produktentwicklung zu integrieren. Neben der Notwendigkeit die Kundensicht in das Konzept zur Bewertung zu integrieren, leiten sich weitere Anforderungen aus der Praxis ab. Es besteht der Bedarf Variantenentscheidungen auf Basis aussagekräftiger KPIs faktenbasiert zu unterstützen, um Varianten in Zukunft transparent und ganzheitlich zu bewerten. Hierbei gilt es insbesondere auf finanzielle Ergebnis- und Aufwandsgrößen auf Plattformvariantebene zurückzugreifen. Dabei sind Kennzahlen (inkl. Daten zu deren Erarbeitung) aus allen beteiligten Geschäftsbereichen zu implementieren.

Mit einem Konzept, welches die aufgezeigten Anforderungen berücksichtigt, kann neben Variantenentscheidungen bereits entwickelter Plattformen auch die Ausgestaltung des Variantenportfolios zukünftiger Plattformen (im Rahmen von neuentwickelten Baukästen) aktiv gesteuert werden.

## **4 Ansätze des Variantenmanagements**

Auf Basis der hergeleiteten Anforderungen erfolgt nun eine Untersuchung bisheriger Ansätze des Variantenmanagements auf ihre Eignung im Kontext der Plattformvarianz.

HEINA entwickelt einen Ansatz zur integrierten Kosten-Nutzenbewertung zur Optimierung der Vielfalt (auf Produktebene). Dazu werden mittels Grenzkostenplan- und Prozesskostenrechnung die Kosten der Varianten der direkt und indirekt beteiligten Bereiche ermittelt. Auf Basis von unterschiedlichen Ausprägungen kundenrelevanter Merkmale und der Beurteilung der so entstehenden Varianten werden Teilnutzenwerte für jede Variante hergeleitet. Zur Variantenentscheidung wird ein Verhältnis aus relativen Kosten und relativem Nutzen einer Variante (Abweichung von Standardprodukt) gebildet. Die Ergebnisse werden in einer Kosten/ Nutzen-

Matrix dargestellt. Variantenentscheidungen können durch die resultierende Kennzahl bewertet werden [Hei99].

Andere Ansätze legen hingegen den Schwerpunkt auf eine der wesentlichen Grundausrichtungen des Variantenmanagements. GEMBRYNS und MEFFERT fokussieren in ihren Arbeiten die Reduzierung von variantenreichen Produktportfolios. Ziel dabei ist es, Varianten zu eliminieren, die keinen Wertbeitrag für das Unternehmen realisieren. GEMBRYNS nutzt zur Identifikation eliminierungswürdiger Exoten eine initiale ABC-Analyse (Umsatzverteilung) sowie die absolute Produkt/ Teile- oder Prozessvariantenvielfalt. Diese werden anhand von Kriterien wie Erlös- bzw. Deckungsbeitraganteil bewertet. Auf Basis der Ergebnisse werden Reduzierungsmaßnahmen definiert, die nachfolgend mithilfe von Szenarioanalysen geranked und zur Entscheidung gebracht werden [Gem98].

MEFFERT stellt eine Entscheidungsroutine zur systematischen Eliminierung von Produkten aus dem bestehenden Produktprogramm vor. Hinweise auf Potentiale zur Eliminierung werden dabei durch die Position der Produkte im Lebenszyklus oder die Auswertung von Programmstrukturanalyse bereitgestellt. Darüber hinaus werden Kapazitätsauslastungen und externe Informationen (Entwicklungen Politik, Gesellschaft, Ökonomie) einbezogen. Eliminierungskandidaten werden daraufhin mit qualitativen und quantitativen Daten (bspw. Überalterung, Deckungsbeitrag) iterativ bewertet. Dabei werden auch Verbundeffekte berücksichtigt. Abschließend wird die Eliminierungsstrategie definiert, die darin münden kann ein Produkt direkt vom Markt zu nehmen oder eine Desinvestitionsstrategie zu verfolgen [MBK15].

DÜLME entwickelt ebenfalls einen Ansatz zur Konsolidierung des Produktportfolios. Dieser Ansatz fußt neben einer systematischen Analyse (Stärken/ Schwächen) der Produkte auf einer technischen sowie marktseitigen Vernetzungsanalyse, die Interdependenzen zwischen Produkten identifiziert. Ausgehend vom Vernetzungsgrad und Differenzierungsbeitrag, der durch einen Vergleich mit dem Wettbewerb (Wettbewerbsanalyse) und einer Bestimmung der Zukunftsrelevanz (Trendanalyse) hergeleitet wird, werden Kandidaten zur Eliminierung oder Investition hergeleitet. Abschließend werden konkrete Maßnahmen zur Umsetzung definiert [Dül18].

Im Kontext der Produktgenerationsentwicklung erarbeitet PEGLOW einen Bewertungsprozess für Varianten in der Angebotsphase, welcher an die ASD Prinzipien (Agile Systems Design) angelehnt ist. Mithilfe an die Situation angepasster Bewertungselemente (Produktstrategie, Design, Erprobungskonzept etc.) werden Anwender-, Kunden- und Anbieternutzen qualitativ bewertet. Die Flexibilität des Bewertungsprozesses resultiert hierbei aus variablen und fixen Bewertungselementen. Als fixe Elemente fungieren die produktstrategische Ausrichtung sowie das Design. Abhängig vom technischen Umfang der Varianten können flexibel Elemente wie Erprobungs-, Fertigungs-, Beschaffungs- oder Logistikkonzept integriert werden [Peg19].

AVAK entwickelt eine Methode für ein Variantenmanagement von modularen Produktfamilien in der Marktphase. Zentrales Element ist dabei ein „Varianten-Trichter“. Das erste Gate filtert Konzepte für Modulvarianten heraus, die nicht kompatibel zur Produktstruktur und bestehenden Schnittstellen sind. Das zweite Gate fokussiert die Bewertung und Verbesserung der Konzepte. Dazu werden die Effekte der neuen Variante modelliert und mittels statistischer Methoden bewertet. Für eine fundierte Entscheidungsgrundlage werden darüber hinaus die erwarteten

Nutzen berechnet. Das vom Entscheider ausgewählte Konzept wird abschließend durch iterative Veränderung der Eigenschaften und die Beobachtung der Auswirkungen auf die Entscheidungskriterien schrittweise verbessert [Ava06].

BAHNS et. al beschreiben einen Ansatz, der die Pflege von Produktfamilien aufgreift. Der Ansatz liefert ein Grobkonzept bestehend aus drei Phasen. In der Vorlaufphase werden die Änderungsauslöser analysiert und bewertet. Dabei werden Auswirkungen auf andere Produkte in der Produktfamilie sowie Veränderungen in resultierenden Eigenschaften identifiziert. In der Durchführungsphase werden die eigentlichen Änderungen in der Dokumentation sowie Detailkonstruktionen umgesetzt. Abschließend erfolgt in der Integrationsphase die Integration der Änderungen in der Wertschöpfungskette [BK13].

BARTUSCHAT stellt ein Konzept zur Variantenbeherrschung vor. Seine Methode deckt sowohl die Produktdefinition als auch Rationalisierungsbestrebungen nach Serienanlauf ab. Im Mittelpunkt steht dabei die Variantenanalyse- und Synthese. Zunächst werden die Eigenschaften der Varianten mithilfe einer Eigenschaftsmatrix zusammengefasst. Anschließend werden die differenzierten Varianten hinsichtlich ihres Absatzes untersucht, um daraus resultierend ein mengentheoretisches Modell abzuleiten, welches diese in muss, kann und kann/ muss kategorisiert. Muss-Varianten sind dabei von Reduzierungen auszuschließen. Unter Berücksichtigung der Selbstkosten einer Variante werden mithilfe einer Bezugsmatrix die Korrelationen von Kostenstellen mit dem Variantenportfolio dargestellt. Diese bilden die Grundlage für Reduzierungsschwerpunkte. Bei der Variantensynthese steht die Optimierung der Vielfalt nach Kostenaspekten sowie das Produktcontrolling im Vordergrund. Das Produktcontrolling gewährleistet zu jedem Zeitpunkt die Bereitstellung von Informationen zu variantenabhängigen Kosten und bildet damit die Grundlage zur Planung und Rationalisierung des Variantenangebots [Bar95].

WEISER entwickelt eine Methode für ein holistisches Variantenmanagement modularer Produktfamilien (VM<sub>ahead</sub>). Die Methode ist dabei auf die Gebrauchsgüterindustrie zugeschnitten und verfolgt das Ziel eine nachhaltig stabile modulare Produktarchitektur entlang der Lebenszyklus eines Produkts zu gewährleisten. Die Methode ist in eine Vorleistungsphase und Anwendungsphase aufgeteilt. Die Vorleistungsphase dient der initialen Implementierung der Methodik während die Anwendungsphase die Nutzung der Methodik bei verschiedenen Variantenentscheidungen beinhaltet. Die Bewertung von Modulvarianten als Grundlage für Variantenentscheidungen basiert auf den Kriterien: Modulwiederverwendung, strategischer Einfluss sowie Einfluss auf die modulare Produktarchitektur. Die Komplexitätskosten werden durch eine Extrapolation der bereits bewerteten Referenzbeispiele abgeschätzt. Der strategische Einfluss wird durch Strategieelementlisten unterstützt, wobei passende Aspekte ausgewählt und in Vorlagen bewertet werden. Abschließend wird bewertet inwieweit die neue Variante Schnittstellen verletzt und Bauräume anzupassen sind [Wei18].

Die Bewertung der Ansätze ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Ein Ansatz, der die Anforderungen (vgl. Abschnitt 3) erfüllt, konnte nicht recherchiert werden.

Tabelle 1: Analyse wissenschaftlicher Ansätze des Variantenmanagements

**Bewertungsschema**

nicht erfüllt
  bedingt erfüllt
  erfüllt

Ansätze des VARIANTENMANAGEMENT

Bewertung / Steuerung von variantenreichen Produktfamilien

Adhler Bewertungsprozess in einer variantenreichen Produktgeneration (zentriert) nach REQLOW

Integrierte Kosten-Nutzen-Bewertung von Varianten nach HEINZ

Berücksichtigung variantenreicher Produktprogramme nach GERBRS

Produkteliminierung nach MEFFERT et al.

Methode zur zukunftsorientierten Konsolidierung des Produktportfolios nach DULME

Ansatz zur Produktfamilienpflege nach Variant Management Funnel nach BÄHNSER et al.

Kostenorientierte Variantenexplizierung nach BÄHNSER et al.

Methodik eines hochfrequenten Variantenmanagements modularer Produktfamilien nach WESER

|                                   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Produktstruktur (Ebene)           | Gesamtprodukt  | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● |
|                                   | Plattform (Plattform-varianten)                                    | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
|                                   | Module   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | ● |
|                                   | Komponenten  | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ◐ | ◐ | ● | ◐ |
| Kundenorientierung                | Integration des Kundennutzens in die Bewertung (einer Variante)    | ● | ◐ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
|                                   | Integration der Kundenpräferenzen bzgl. Produkteigenschaften       | ○ | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Anwendungsbereich                 | Variantenbeherrschung  | ○ | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ● | ◐ | ● | ◐ |
|                                   | Variantenvermeidung  | ○ | ◐ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◐ | ○ | ◐ |
|                                   | Varianten-Generierung (bestehendes Portfolio)                      | ● | ● | ○ | ○ | ◐ | ○ | ◐ | ○ | ● |
|                                   | Variantenreduzierung   | ○ | ◐ | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ○ |
| Bewertung / Variantenentscheidung | Nutzung von Quantitativen Kennzahlen                               | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ○ | ○ | ○ | ◐ |
|                                   | Berücksichtigung Kosten/ Aufwänden (inkl. Komplexitätskosten)      | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ○ | ○ | ○ | ● |
|                                   | Berücksichtigung des Anbieternutzens (quantitative Ergebnisgrößen) | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ○ | ◐ | ○ | ○ |
|                                   | Berücksichtigung von Pflege (-Aufwänden) (Lebenszyklus)            | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
|                                   | Berücksichtigung von Verbundeffekten                               | ○ | ○ | ◐ | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Übergreifend                      | Nachvollziehbarkeit des Ansatzes                                   | ◐ | ◐ | ● | ● | ● | ● | ◐ | ◐ | ◐ |
|                                   | Durchgehende methodische Unterstützung                             | ○ | ◐ | ◐ | ◐ | ◐ | ○ | ◐ | ◐ | ● |

Die vorgestellten Ansätze betrachten Varianz auf der Ebene des Gesamtprodukts bzw. auf Komponenten- oder Modulebene und sind daher im Kontext der Plattformvarianz nicht einsetzbar. Weiterhin fokussieren die meisten Ansätze nur Teilbereiche des Variantenmanagements, unterstützen dadurch nur singuläre Variantenentscheidungen und können nicht ganzheitlich angewendet werden. Zur Bewertung von Varianten werden teilweise KPI in Form von Ergebnis und Aufwandsgrößen auf der jeweilig betrachteten Ebene genutzt um Variantenentscheidungen zu unterstützen. Dabei werden jedoch Aufwände der Pflege entlang des Produktlebenszyklus vernachlässigt.

Wenige Ansätze berücksichtigen die Auswirkungen von Variantenentscheidungen auf das bestehende Produktportfolio (z.B. Verbundeffekte, Kannibalisierungseffekte). Für eine ganzheitliche Betrachtung müssen aber auch die Auswirkungen im Produktportfolio als quantifizierbare Größe in die Bewertung einfließen.



Der Kundennutzen wird in einigen Ansätzen bei der Bewertung zwar berücksichtigt, aber eine Methode, um Aussagen in quantitativer Form bezüglich bestehender Kundenpräferenzen unterschiedlicher Kundengruppen abzuleiten, erfolgt nur bedingt.

Sowohl die Analyse bisheriger Ansätze als auch die Analyse in der Praxis unterstreicht den Bedarf einer KPI-basierten Methode zur Bewertung von Plattformvarianten unter Berücksichtigung des Kundennutzens beeinflussbarer Produkteigenschaften.

## 5 Konzeptrahmen und Ausblick

Ziel des weiterführenden Forschungsvorhabens ist es, ein Konzept zu entwickeln, welches eine ganzheitliche Bewertungsmethodik für Plattformvarianten bereitstellt. Damit sollen zukünftig Entscheidungen im Kontext des Plattformvarianten-Managements KPI-basiert getroffen werden, um ein optimales Plattformvarianten-Portfolio darzustellen. Dazu zeigt das Bild 10 einen generischen Konzeptrahmen.

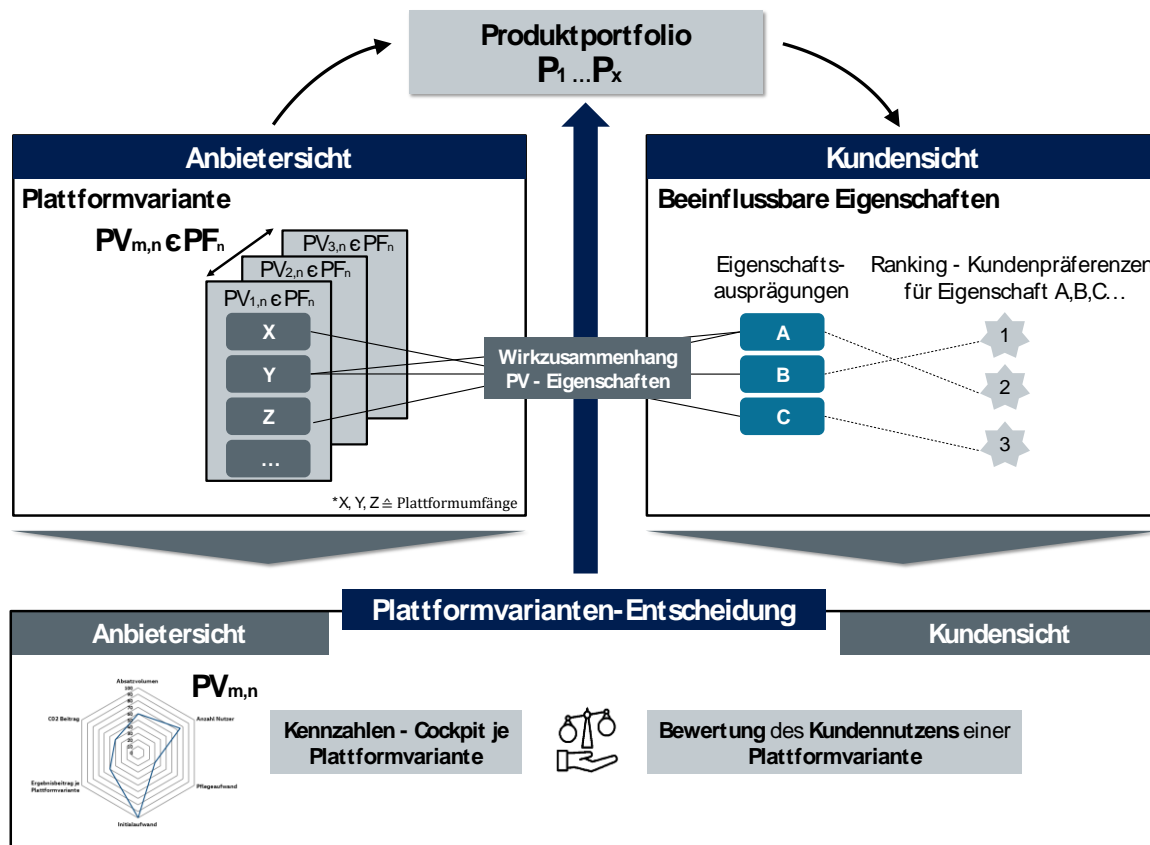


Bild 10: Konzeptrahmen für eine Bewertungsmethodik von Plattformvarianten im Rahmen eines ganzheitlichen Plattformvariantenmanagements

Mithilfe eines Kennzahlen-Cockpits, welches für jede Plattformvariante des Varianten-Portfolios erstellt wird, können Plattformvarianten (PV) in einer Plattform (PF) quantitativ hinsichtlich wesentlicher Unternehmens-KPI verglichen werden. Dazu gehören:

- Umsatz der Plattformvariante  $PV_{m,n}$  durch die  $PV_{m,n}$  nutzenden Produkte ( $P_x$ ); Umsätze differieren je nach Segment und Preispositionierung in unterschiedlichen Märkten (Ländern)
- Absatzvolumen der Plattformvariante  $PV_{m,n}$  realisiert durch die  $PV_{m,n}$  nutzenden Produkte ( $P_x$ )
- Initiale Aufwände z.B.:
  - a. Entwicklungsaufwände zur Konstruktion, Absicherung, Erprobung der Plattformvariante (Deltaumfänge im Vergleich zur Basis-Plattform)
  - b. Produktionsaufwände zur Einrüstung der Plattformvariante in bestehende Werke (inkl. Kosten für Lagervorhalte neuer Bauteilumfänge)
  - c. Qualitätssicherung (Aufwände für den Freigabeprozess inklusive Bemusterung)
- Aufwände entlang des Produktlebenszyklus
  - a. Komplexitätskosten durch gestiegene Plattformvariantenvielfalt (Pflege von Stücklisten, Dokumentationsmehraufwand)
  - b. Aufwände zur Ertüchtigung der Plattformvarianten durch geänderte Gesetzeslage (NCAP, UN ECE)
- Berücksichtigung von Verbund- und Mengeneffekten:
  - a. Durch neue Plattformvarianten (und Produkte) ändern sich die KPIs der anderen Plattformvarianten (und Produkte); eine Variantenentscheidung sollte in Summe eine positive Auswirkung auf das Unternehmensergebnis haben

Zudem muss die Auswirkung der Plattformvarianz auf den Kundennutzen in der Bewertung berücksichtigt werden. Bei der Ausrichtung der Plattformvariante am Kundennutzen unterstützt ein Ranking der Kundenpräferenzen hinsichtlich der Produkteigenschaften, die durch die Plattformvariante beeinflusst werden.

Im Rahmen der zu entwickelnden Methodik sollen strategische Variantenentscheidungen auf einer quantitativen Analyse von Aufwands- und Ergebnisgrößen (plattformvarianten-spezifische KPIs) sowie der Bewertung des bereitgestellten Kundennutzens basieren. Die Anwendbarkeit in der Praxis ist mit einer durchgehenden methodischen Unterstützung zu gewährleisten.

## 6 Anhang

|  |  |
|--|--|
| In der <b>Transformationsphase</b> (sinkende ICE Volumen, steigende BEV Volumen) gewinnt ein <b>systematisches Plattformvariantenmanagement an Bedeutung</b>               |  |
| *Kunden können <b>Eigenschaften/ Funktionen</b> , die durch skalierbare <b>Merkmale</b> in der <b>Plattform</b> beeinflusst werden am/im Fahrzeug wahrnehmen               |  |
| Eine <b>Skalierung der Plattform-Parameter</b> (siehe*) die zu einer <b>neuen Plattformvariante</b> führen, sollte durch <b>Kunden wahrnehmbar</b> sein                    |  |
| Die <b>kundenseitige Bewertung</b> von Eigenschaften und Funktionen sollte in der <b>Produktentwicklung bei der Bewertung der Plattformvarianten</b> berücksichtigt werden |  |
| <b>Eine ganzheitliche Bewertungsmethodik ...</b>   |  |
| ...muss <b>Variantenentscheidungen</b> auf Basis aussagekräftiger <b>KPIs (Kennzahlen)</b> für Plattformvarianten ermöglichen  |  |
| ...muss <b>Entscheidungen zur Variantenreduzierung</b> unterstützen  |  |
| ...muss <b>Entscheidungen zur Variantenvermeidung</b> unterstützen   |  |
| ... muss finanziellen <b>Ergebnisgrößen</b> auf Plattform-Variantenebene berücksichtigen   |  |
| ... muss <b>finanzielle Aufwandsgrößen</b> auf Plattform-Variantenebene berücksichtigen  |  |
| ... muss <b>geschäftsbereichs-übergreifende</b> Daten berücksichtigen (E,P,V,B)  |  |
| ...hilft bei der <b>Ausgestaltung der Plattformvarianz (Variantenportfolio) zukünftiger Baukästen</b>  |  |
| ...muss die <b>Kundensicht integrieren</b> (siehe *)   |  |

## Literatur

- [Ava06] AVAK, B.: Variant management of modular product families in the market phase. Zugl.: Zürich, Techn. Hochsch., Diss., 2006, Düsseldorf, 2006
- [Bar95] BARTUSCHAT, M.: Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der Serienfertigung. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1994. Vulkan-Verl., Essen, 1995
- [BG21] BRATZEL, S.; GIRARDI, L.: Auswirkungen von MarkthochlaufSzenarien der Elektromobilität auf die Absatzplanung von Automobilherstellern. Eine Analyse am Beispiel von Volkswagen, 2021
- [BK13] BAHNS, T.; KRAUSE, D.: Pflege modularer Produktfamilien nach dem Markteintritt durch die Produktentwicklung. In (Krause, D.; Paetzold, K.; Wartzack, S. Hrsg.): Design for X. Beiträge zum 24. DfX-Symposium September 2013. TuTech Verl., Hamburg, S. 209–220, 2013
- [BK19] BUCHTA, A.; KOWALSKI, M.: Leading the Transformation., London, 2019
- [Bra21] BRANDSTÄTTER, R.: Strategie-Update bei Volkswagen: „Die Transformation zur Elektromobilität war nur der Anfang“, 2021
- [BS13] BRAESS, H.-H.; SEIFFERT, U. HRSG.: Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013
- [Cor02] CORNET, A.: Plattformkonzepte in der Automobilentwicklung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, s.l., 2002

- [DSM13] DA CUNHA REIS, A.; SCAVARDA, L. F.; MOREIRA PANCIERI, B.: Product variety management: A synthesis of existing research, 2013
- [Dül18] DÜLME, C.: Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Dissertation, 2018
- [Ebe15] EBEL, B.: Modellierung von Zielsystemen in der interdisziplinären Produktentstehung. Dissertation, Karlsruhe, 2015
- [EKL20] EHRENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren. Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung, 2020
- [Eng06] ENGELN, W.: Methoden der Produktentwicklung. Oldenbourg Industrieverl., München, 2006
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. HRSG.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013
- [Fir03] FIRCHAU, N. L.: Variantenoptimierende Produktgestaltung. Cuvillier Verlag, Göttingen, 2003
- [Gel21-ol] GELOWICZ, S.: Die Nachfrage soll es richten: VW hält weiter am Verbrenner fest. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/die-nachfrage-soll-es-richten-vw-haelt-weiter-am-verbrenner-fest-a-1008235/>, Letzter Zugriff: 11. Juli 2021
- [Gem98] GEMBRY, S.-N.: Ein Modell zur Reduzierung der Variantenvielfalt in Produktionsunternehmen. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1998, Berlin, 1998
- [GKM+16-ol] GAO, P.; KAAS, H.-W.; MOHR, D.; WEE, D.: Automotive revolution – perspective towards 2030. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry/de-de>, Letzter Zugriff: 25. Juni 2021
- [HB08] HÜTTENRAUCH, M.; BAUM, M.: Effiziente Vielfalt. Die dritte Revolution in der Automobilindustrie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008
- [HB21] HERRMANN, F.; BEINHAEUER, W.: Strukturwandel in der Automobilindustrie – wirkt die Pandemie als Beschleuniger? Auswirkungen von Elektromobilität und Digitalisierung auf die Beschäftigung. ifo Schnelldienst 05/2021, S. 16–19, 2021
- [Hei99] HEINA, J.: Variantenmanagement. Kosten-Nutzen-Bewertung zur Optimierung der Variantenvielfalt. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, s.l., 1999
- [Hel13] HELLENBRAND, D.: Transdisziplinäre Planung und Synchronisation mechatronischer Produktentwicklungsprozesse. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2013. Dr. Hut, München, 2013
- [Hen19-ol] HENSSLER, S.: VW: Modularer E-Antriebs-Baukasten (MEB) wird als Motorsport-Plattform erschlossen. <https://www.elektroauto-news.net/2019/vw-modularer-e-antriebs-baukasten-meb-als-motorsport-plattform>
- [HHV06] HALMAN, J. I. M.; HOFER, A. P.; VAN VUUREN, W.: Platform-driven development of product families. Linking theory with practice: Product platform and product family design methods and applications. Springer, New York [u.a.], S. 27–47, 2006
- [Hoe21-ol] HOENIG, A.: “Autogipfel”: die größte Transformation der Industrie. <https://www.absatzwirtschaft.de/autogipfel-mit-merkel-die-groesste-transformation-der-industrie-178533/>, Letzter Zugriff: 11. Juli 2021
- [Hof17] HOFFMANN, C.-A.: Methodik zur Steuerung modularer Produktbaukästen. Dissertation, 2017
- [Höl05] HÖLTÄ-OTTO, K.: Modular product platform design. Helsinki University of Technology, Espoo, 2005
- [HP07] HERMANN, A.; PEINE, K.: Variantenmanagement. In (Albers, S. Hrsg.): Handbuch Produktmanagement. Strategieentwicklung - Produktplanung - Organisation - Kontrolle. Gabler, Wiesbaden, S. 651–676, 2007
- [Hü12] HÜLLE, J.: Strategische Steuerung der Variantenvielfalt. Der Analytic Network Process (ANP) zur kosten-nutzenoptimalen Produktvariantenbewertung. Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2012. Cuvillier, Göttingen, 2012

- [Kes12] KESPER, H.: Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2012. Verl. Dr. Hut, München, 2012
- [KG01] KRISHNAN, V.; GUPTA, S.: Appropriateness and Impact of Platform-Based Product Development. *Management Science* 1/47, S. 52–68, 2001
- [KG18] KRAUSE, D.; GEBHARDT, N.: Methodische Entwicklung Modularer Produktfamilien. Hohe Produktvielfalt Beherrschbar Entwickeln. Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [Kra05] KRAUS, P. K.: Plattformstrategien. Realisierung einer varianz- und kostenoptimierten Wertschöpfung. Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2005. Meisenbach, Bamberg, 2005
- [Kru00] KRUSCHWITZ, R.: Automobilentwicklung im Spannungsfeld zwischen Klein- und Luxusfahrzeugen: Entwicklungen im Karosseriebau. Tagung Hamburg, 11. und 12. Mai 2000 ; [6. Hamburger Karosseriebautagung] = Developments in chassis engineering. VDI-Verl., Düsseldorf, S. 15–40, 2000
- [LCF17] LAMPÓN, J. F.; CABANELAS, P.; FRIGANT, V.: The new automobile modular platforms: from the product architecture to the manufacturing network approach, 2017
- [Lem13-ol] LEMKE, H.: Die Modul-Baukasten-Strategie des Volkswagen-Konzerns im Zusammenspiel mit globalen Systemlieferanten. <https://fdokument.com/document/die-modul-baukasten-strategie-des-volkswagen-die-modul-baukasten-strategie-des.html>, Letzter Zugriff: 24. Juni 2021
- [Lin94] LINGNAU, V.: Variantenmanagement. Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1994. Schmidt, Berlin, 1994
- [Lin09] LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009
- [LRZ06] LINDEMANN, U.; REICHWALD, R.; ZÄH, M.F. HRSG.: Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2006
- [MBK15] MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing. Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung: Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [ML97] MEYER, M. H.; LEHNERD, A. P.: The power of product platforms. Building value and cost leadership. Free Press, New York, 1997
- [MR00] MUFFATTO, M.; ROVEDA, M.: Developing product platforms. *Technovation* 11/20, S. 617–630, 2000
- [Peg19] PEGLOW, N.: Agiler Bewertungsprozess in einer variantenreichen PGE - Produktgenerationsentwicklung. In (Binz, H. et al. Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019, S. 183–192, 2019
- [Pro19] PROFF, H.: Multinationale Automobilunternehmen in Zeiten des Umbruchs. Herausforderungen - Geschäftsmodelle - Steuerung, 2019
- [Pul21] PULS, T.: Strukturwandel in der Automobilindustrie – wirkt die Pandemie als Beschleuniger? Das Geschäftsmodell der deutschen Autohersteller und der Strukturwandel. *ifo Schnelldienst* 05/2021, S. 3–6, 2021
- [PW99] PILLER, F. T.; WARINGER, D.: Modularisierung in der Automobilindustrie. Neue Formen und Prinzipien; Modular Sourcing, Plattformkonzept und Fertigungssegmentierung als Mittel des Komplexitätsmanagements. Shaker, Aachen, 1999
- [Rat93] RATHNOW, P. J.: Integriertes Variantenmanagement. Bestimmung, Realisierung und Sicherung der optimalen Produktvielfalt. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1993
- [RU98] ROBERTSON, D.; ULRICH, K.: Planning for Product Platforms: *Sloan Management Review*, S. 19–31
- [Sim04] SIMPSON, T. W.: Product platform design and customization. Status and promise. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 1/18, S. 3–20, 2004

- [SR17] SCHUH, G.; RIESENER, M.: Produktkomplexität managen. Strategien - Methoden - Tools. Hanser, München, 2017
- [SW97] SCHUH, G.; WIENDAHL, H.-P.: Komplexität und Agilität. Steckt die Produktion in der Sackgasse? Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1997
- [SWC07] SUH, E. S.; WECK, O. L. DE; CHANG, D.: Flexible product platforms. Framework and case study. Research in Engineering Design 2/18, S. 67–89, 2007
- [Tes10] TESCH, F. L.: Bewertung der Strukturvariabilität von Pkw-Karosseriederivaten. Zugl.: MÜNchen, Techn. Univ., Diss., 2010. Verl. Dr. Hut, München, 2010
- [Vol12-ol] VOLKSWAGEN AG: MQB - modular transverse Matrix. <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/modular-transverse-matrix-3655>, Letzter Zugriff: 25. Juni 2021
- [VS13] VIETOR, T.; STECHERT, C.: Produktarten zur Rationalisierung des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses. In (Feldhusen, J.; Grote, K.-H. Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, S. 817–871, 2013
- [Wei18] WEISER, A.-K.: Methodik eines holistischen Variantenmanagements modularer Produktfamilien. Dissertation, Karlsruhe, 2018
- [WFO09] WALLENTOWITZ, H.; FREIALDENHOVEN, A.; OLSCHESKI, I.: Strategien in der Automobilindustrie. Technologietrends und Marktentwicklungen. Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2009
- [Win16] WINZER, P.: Generic Systems Engineering. Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016
- [WSC03] WECK, O. L. DE; SUH, E. S.; CHANG, D.: Product Family and Platform Portfolio Optimization: ASME 2003 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, S. 175–185, 2003
- [Zie07] ZIEMANN, A.: Zielsystemmanagement für die Produktentstehung von PKW. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2006. Books on Demand, Norderstedt, 2007

## Autoren

**Christian Frank, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der TU Berlin. Seit 2019 promoviert er am Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig in Kooperation mit der Volkswagen AG. Der Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf strategischer Bewertung und Steuerung von Baukasten- und Plattformvarianz.

**Dr.-Ing. Kai Kuchenbuch** leitet innerhalb der Konzeptentwicklung der Volkswagen AG die Unterabteilung zur technischen Steuerung von Neufahrzeugen/Plattformen sowie der technischen Portfolioausrichtung. Dr. Kuchenbuch studierte an der RWTH-Aachen Maschinenbau und promovierte danach an der TU Braunschweig. Seit 2009 ist er in unterschiedlichen Positionen u.a. in der Volkswagen-Konzernforschung sowie bei Volkswagen Nutzfahrzeuge tätig gewesen.

**Dipl.-Ing. Tobias Huth** ist Leiter der Arbeitsgruppe integrierte Produktentwicklung am Institut für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig. Er forscht im Bereich des Systems Engineerings und der Produktentwicklungsprozesse.

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor** ist Leiter des Instituts für Konstruktionstechnik der TU Braunschweig und Vorstandssprecher des Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik.

Er forscht u. a. auf den Gebieten des Systems Engineerings, der additiven Fertigungsverfahren und des Multi-Material-Leichtbaus.

# **Die Entstehung von Absorptive Speciation Technologies – Eine Fallstudie zur technologischen Artenbildung in der Kameraindustrie**

***Dr. rer. pol. Hüseyin Caferoglu***

*RWTH Aachen University, Institute for Technology & Innovation Management (TIM)*

*Kackertstr. 7, 52072 Aachen*

*Tel. +49 (0) 241 / 80 99 187*

*E-Mail: caferoglu@time.rwth-aachen.de*

***Dr. rer. nat. Lothar Walter***

*Universität Bremen, Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI)*

*Enrique-Schmidt-Straße 1, 28359 Bremen*

*Tel. +49 (0) 421 / 21 86 68 08*

*E-Mail: lothar.walter@innovation.uni-bremen.de*

## **Zusammenfassung**

Neue Marktnischen und spezifische Kundenbedürfnisse können in der Regel nicht mit bestehenden Produkten und Technologien eines Mainstream-Marktes befriedigt werden. Hingegen erschließen Absorptive Speciation Technologies, die Zweige von Mainstream-Technologien sind, diese Marktnischen, indem sie Wissen aus mainstream-fernen Technologien zur Befriedigung spezifischer Kundenbedürfnisse integrieren. Für Unternehmen ist die Entwicklung von Absorptive Speciation Technologies eine besondere Herausforderung, denn sie müssen nicht nur die Marktnischen identifizieren, sondern auch technisches Mainstream-Wissen mit Wissen aus mainstream-fernen Technologien kombinieren. Daher stellt sich die Frage, wie Absorptive Speciation Technologies entstehen und insbesondere, wie Unternehmen es schaffen, diese zu entwickeln.

In diesem Beitrag wird die Frage anhand einer qualitativen Fallstudie beantwortet. Hierfür werden am Beispiel der Kameraindustrie drei Absorptive Speciation Technologies, nämlich die Kapselkamera, die Actionkamera und die Netzwerkkamera, untersucht. Unter Hinzuziehung öffentlich zugänglicher Quellen, wie wissenschaftlicher Publikationen, Zeitschriftenartikel, Experteninterviews und Patente, wird der Entstehungsprozess der Absorptive Speciation Technologies näher beleuchtet und im Detail ausgewertet. Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass Unternehmen mit Kompetenzlücken bei der Entwicklung von Absorptive Speciation Technologies konfrontiert sind. Des Weiteren scheinen Strategien zum Schließen von Kompetenzlücken von der Komplexität der Absorptive Speciation Technologies sowie dem Vorwissen und der Größe eines Unternehmens abhängig zu sein. Während beispielsweise Start-ups Kooperationen und eine Zusammenarbeit mit externen Partnern bevorzugen, tendieren etablierte und größere Unternehmen dazu, interne Ressourcen zu nutzen. Der vorliegende Beitrag liefert mehrere theoretische sowie betriebswirtschaftliche Implikationen. Zum Beispiel wird Unternehmen



empfohlen, Informationen aus Patenten zur Früherkennung von Absorptive Speciation Technologies zu nutzen.

### **Schlüsselworte**

Speciation, Technologische Artenbildung, Absorptive Speciation Technology, Mainstream-Technologie, Patentrecherche

# **The emergence of absorptive speciation technologies – A case study for technological speciation in the camera industry**

## **Abstract**

New market niches and specific customer needs cannot usually be satisfied with existing products and technologies of a mainstream market. Instead, they can be tapped using absorptive speciation technologies, which are branches of mainstream technologies and emerge by integrating knowledge from distant technologies that relate to the niche market. The development of absorptive speciation technologies is a challenge for companies, as they must have competencies in the mainstream as well as distant technologies. Therefore, the question arises as to how absorptive speciation technologies emerge and, in particular, how companies manage to develop them.

To answer this question, this paper uses a qualitative case study and examines the emergence of three absorptive speciation technologies in the camera industry, namely the capsule camera, the action camera, and the network camera. For this purpose, publicly available sources such as scientific publications, journal articles, expert interviews and patents are studied and evaluated. The results of the study confirm that companies face competency gaps in the development of absorptive speciation technologies. Strategies for closing competency gaps appear to depend on the complexity of the absorptive speciation technologies as well as the prior knowledge and size of a company. For instance, while startups prefer collaborations and cooperation with external partners, established and larger companies tend to use internal resources. Finally, the paper provides several theoretical as well as managerial implications; for example, it recommends companies to use patent data for early detection of absorptive speciation technologies.

## **Keywords**

Speciation, Technological Speciation, Absorptive Speciation Technology, Mainstream-Technology, Patent Search



## 1 Marktnischen als Potential für die technologische Artenbildung

Der demografische Wandel, das steigende Umweltbewusstsein und der Trend hin zur veganen Ernährung sind drei Beispiele für Entwicklungen, die zu langfristigen Veränderungen in den Anforderungen und Wünschen von Kunden führen, die neue Bedürfnisse wecken und die Entstehung von neuen Marktnischen begünstigen [DL94]. Die Befriedigung dieser neu aufkommenden Kundenbedürfnisse ist jedoch mit den bestehenden Produkten und Technologien des Mainstream-Marktes nur in geringem Maße oder nur teilweise möglich. Als Folge wenden sich unbefriedigte Kunden von den Mainstream-Produkten und Technologien ab und suchen nach Alternativen für ihre spezifischen Bedürfnisse und Wünsche [DL94]. Aus dieser Situation resultieren für Unternehmen besondere Chancen, aber auch einige Risiken. Beispielsweise ergeben sich für Unternehmen mit passenden technischen Lösungen Wachstumspotentiale bei der Erschließung neuer Marktnischen, dagegen verlieren etablierte Unternehmen Marktanteile aufgrund des Rückgangs des Mainstream-Marktvolumens [DS00].

Um neue Marktnischen zu erschließen und spezifische Kundenbedürfnisse zu befriedigen, können Unternehmen die Mainstream-Technologien erweitern oder modifizieren. Um die Frage zu beantworten, wie diese Technologien entstehen, hat LEVINTHAL aus evolutionsorientierter Perspektive den Begriff der technologischen Speciation – also der technologischen Artenbildung – eingeführt [Lev98]. In Analogie zu dem in der Biologie genutzten Begriff der Speciation, bei der neue Arten als Ergebnis eines Anpassungsprozesses an die Selektionskräfte ökologischer Nischen entstehen, betont die technologische Artenbildung die Anwendungs- und damit Marktnischen als treibende Kraft bei der Entstehung neuer Technologien [AL02], [Lev98], [MC19]. Insofern bilden sich aufgrund spezifischer Kundenbedürfnisse Marktnischen als Potential für eine technologische Artenbildung dergestalt heraus, dass die Mainstream-Technologie in der Nische neu eingesetzt und durch technische Funktionsänderungen an die Kundenbedürfnisse angepasst wird. Im Ergebnis zweigt eine sogenannte Speciation Technology von der Mainstream-Technologie ab und schlägt einen eigenen Evolutionspfad ein. Wird bei einer solchen Abzweigung die Grenze der Mainstream-Technologie als Folge der Anpassung an die Kundenbedürfnisse erweitert, so wird auch von einer Absorptive Speciation Technology gesprochen [Caf21].

Über die Entstehung der technologischen Artenbildung, insbesondere der Absorptive Speciation Technologies, ist bisher nur wenig bekannt; auch wenn vereinzelt in der Literatur neben der Definition auch die Messbarkeit der Absorptive Speciation Technologies diskutiert wird [AL02], [Lev98], [MC19]. Offensichtlich ist die Frage nach dem Entstehungsprozess nicht einfach zu beantworten, denn die Entwicklung einer Absorptive Speciation Technology stellt für Unternehmen eine besondere Herausforderung dar. Neben der Fähigkeit, Marktnischen zu identifizieren, bedarf es darüber hinaus noch der Fähigkeit, Wissenskomponenten aus voneinander fernem Technologien, nämlich technisches Mainstream-Wissen und technisches Anwendungswissen, miteinander zu kombinieren. Es besteht Grund zu der Annahme, dass die Unternehmen für gewöhnlich nicht über diese nötigen Kompetenzen für die Entwicklung einer Absorptive Speciation Technology verfügen. Etablierte Unternehmen verfügen zwar über das technische

Mainstream-Wissen, haben aber womöglich eine Kompetenzlücke im technischen Anwendungswissen. Auf der anderen Seite befinden sich Nischenunternehmen in Bezug auf das technische Anwendungswissen im Vorteil, aber sie sind durch eine Kompetenzlücke hinsichtlich des technischen Mainstream-Wissens gekennzeichnet.

Dieser vorliegende Beitrag stellt sich daher die zentrale Frage, wie technologische Artenbildungen bzw. Absorptive Speciation Technologies entstehen, und versucht, relevante Mechanismen und Determinanten des Entstehungsprozesses solcher Technologien zu identifizieren. Dabei geht es auch um die Fragen, ob Mainstream- oder Nischenunternehmen die Produktentwicklung und Markteinführung vorantreiben und welche Strategien diese Unternehmen zur Schließung der Kompetenzlücken verfolgen.

Die genannten Forschungsfragen werden im Folgenden konzeptionell und fallbasiert beantwortet. Als Fallstudie zur technologischen Artenbildung dient die Kameraindustrie und es wird anhand der Analyseobjekte Kapsel-, Action- und Netzwerkkamera der Entstehungsprozess der Absorptive Speciation Technologies beleuchtet. Zunächst werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen zur Speciation und zu den Absorptive Speciation Technologies dargelegt. Das Kapitel 3 widmet sich dem methodischen Vorgehen und stellt den sechs Dimensionen umfassenden Analyserahmen sowie die Datenerhebung für die Fallstudie vor. Die konkreten Ergebnisse der Fallstudie erfolgt in Kapitel 4. Hierbei werden drei Analyseobjekte präsentiert sowie die identifizierten Gemeinsamkeiten und Differenzen diskutiert. Das Kapitel 5 schließt sodann den Beitrag mit einem Resümee.

## 2 Speciation und Absorptive Speciation Technologies

In diesem Kapitel geht es um die theoretischen Grundlagen zu dem – ursprünglich aus der Biologie stammenden – Begriff der Speciation und zu dem – im Technologie- und Innovationsmanagement genutzten – Begriff der Absorptive Speciation Technologies.

Der in der Evolutionsbiologie genutzte Begriff Speciation bezeichnet die Entstehung von neuen biologischen Arten als Folge einer Anpassung der Ursprungsart an ihre ökologischen Nischen. Neue Arten entstehen nach CHARLES DARWIN durch natürliche Selektion und eine stetige, aber langsame Veränderung innerhalb einer Population [DB67], [SN12-ol]. Durch die Abtrennung einer selektierten Art wird ein neuer Weg der Evolution eingeschlagen [AL02]. Als Beispiel seien die von Darwin untersuchten Finken auf den pazifischen Galápagos-Inseln erwähnt, deren unterschiedliche Schnabelformen auf einen physischen Anpassungsprozess zurückzuführen sind [SHH+19]. CHARLES DARWIN zu Ehren werden diese Finken auch Darwin-Finken genannt [Kro15].

In Anlehnung an die Theorie der natürlichen Selektion aus der Biologie hat LEVINTHAL den Begriff der Speciation in den technologischen Kontext zur Erklärung der Entstehung neuer Technologien übertragen [AL02], [Lev98]. Im Mittelpunkt dieser technologischen Artenbildung steht eine – die spezifischen Kundenbedürfnisse umfassende – Marktnische, die durch die vorhandene Mainstream-Technologie nicht bedient werden kann. Demzufolge können die spezifischen Kundenbedürfnisse nicht befriedigt werden und folgerichtig müssen sich neue Technologien – Speciation Technologies – diesen Anforderungen stellen. Eine solche Speciation

Technology tritt dann als Abzweigung der Mainstream-Technologie auf und passt sich den Kundenbedürfnissen entsprechend an.

Wird mit einer solchen Abzweigung die bestehende technologische Grenze der Mainstream-Technologie erweitert, indem technisches Anwendungswissen aus – von der Mainstream-Technologie – fernen Branchen integriert wird, spricht man von Absorptive Speciation Technologies<sup>1</sup> [Caf21]. Dementsprechend setzen diese Technologien zur Befriedigung von Kundenbedürfnissen zusätzliche Funktionen in die Mainstream-Technologie ein. Ein Beispiel hierzu stellt die Kapselkamera dar, welche zu endoskopischen Zwecken in der Medizin eingesetzt wird. Dabei nutzt die Kapselkamera einerseits kameratechnisches Mainstream-Wissen der Kompaktkamera, wie Linse oder Bildsensor, und integriert es zusammen mit medizintechnischem Anwendungswissen, um die Fortbewegung der Kapselkamera, beispielsweise im Magen-Darm-Trakt, zu ermöglichen [AM11].

Die Entstehung einer solchen Absorptive Speciation Technology setzt somit voraus, dass die mit der Mainstream-Technologie bewanderten Marktteilnehmer auch die Fähigkeit besitzen, spezifische Kundenbedürfnisse – die eine Marktnische formen – zu identifizieren. Des Weiteren müssen sich die Marktteilnehmer konkret mit den neuen Marktnischen auseinandersetzen und kompetenzerweiterndes, technisches Wissen antizipieren und bestehende Kompetenzlücken schließen. Im Falle des Nischenmarktes für die Kapselkamera – um ein Beispiel zu nennen – müssen die Marktteilnehmer über technisches Wissen im Umfeld der Endoskopie, der Hepatologie oder der Gastroenterologie verfügen. Erst mit diesem Wissen sind sie dann dazu in der Lage, eine Kapselkamera für die Untersuchung des Magen-Darm-Traktes zu entwickeln und als neues Produkt erfolgreich in diesem Nischenmarkt abzusetzen.

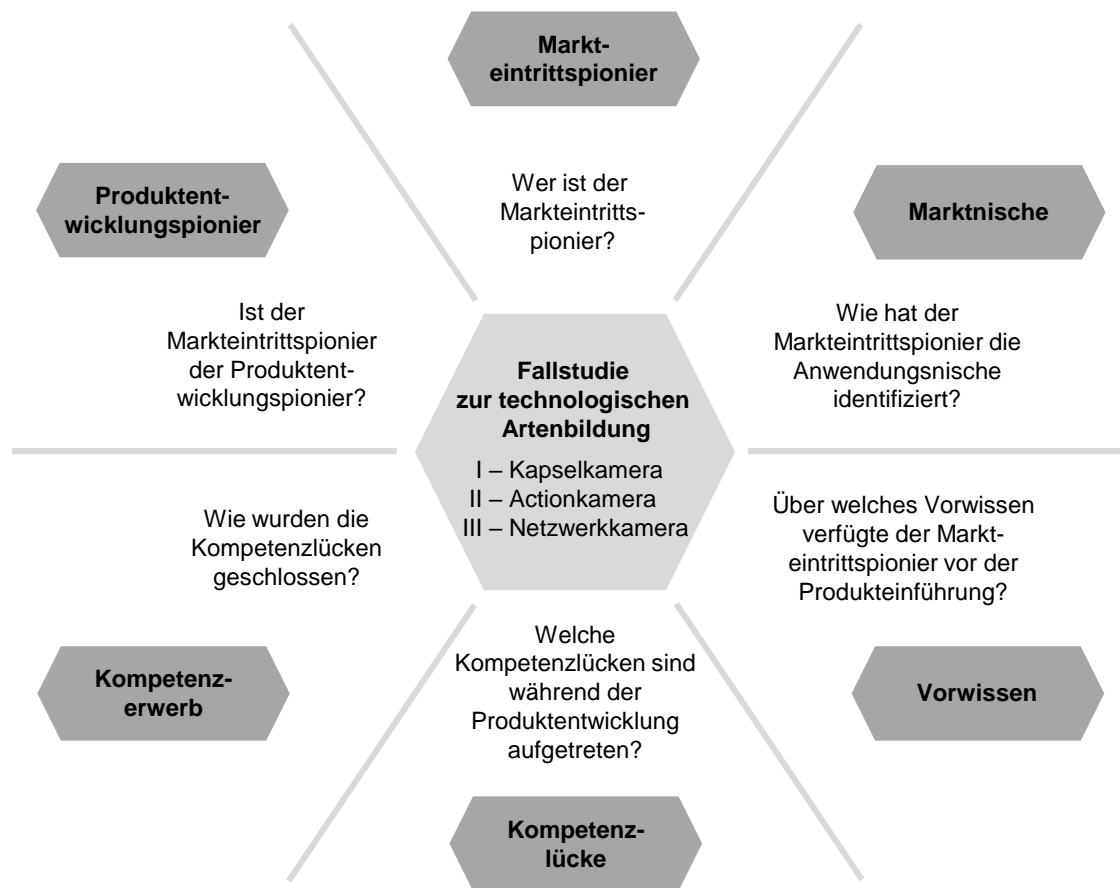
### 3 Forschungsmethodik und Datenerhebung

Um die Entstehung von Absorptive Speciation Technologies zu verstehen, wird eine Fallstudienanalyse nach YIN durchgeführt und am Beispiel der technologischen Artenbildungen in der Kameraindustrie demonstriert [Yin17]. Die Kameraindustrie wird deshalb ausgewählt, da sie sich mit der Kompaktkamera als Mainstream-Technologie im Markt über lange Jahre etabliert und schon zahlreiche technologische Artenbildungen hervorgebracht hat [MC19]. Repräsentativ für eine technologische Artenbildung in der Kameraindustrie seien

- die Kapsel-,
- die Action- und
- die Netzwerkkamera genannt.

---

<sup>1</sup> Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass CAFEROGLU zwischen zwei Idealtypen von Speciation Technologies unterscheidet [Caf21]. Neben dem in diesem Beitrag thematisierten Typ der Absorptive Speciation Technology, der Anwendungswissen aus fremden Branchen nutzt, bleibt der zweite Typ der Reconfigurative Speciation Technology in der technologischen Grenze der Mainstream-Technologie und rekonfiguriert deren Funktionen, sodass keine bzw. nur geringe technologische Änderungen auftreten. Als Beispiel sei die Smartphone-Kamera aufgeführt, bei der die technischen Elemente der Kompaktkamera (Mainstream-Technologie), wie der Bildsensor – zunächst zum Nachteil der Bildqualität –, miniaturisiert wurden, ohne dass neue Funktionen geschaffen wurden.



*Bild 1: Sechs Dimensionen umfassender Analyserahmen für die Fallstudie zur technologischen Artenbildung in der Kameraindustrie (Quelle: Eigene Darstellung)*

Diese Kameras haben bisher in vielen Marktnischen eine Anwendung gefunden und werden im Folgenden als Analyseobjekte I, II und III für die Fallstudie ausgewählt:

- Die Kapselkamera ist – wie der Name schon suggeriert – eine kapselförmige Kamera. Sie findet insbesondere in der Medizintechnik ihre Anwendung und kommt beispielsweise zur Bildübertragung aus dem Magen-Darm-Trakt im Rahmen einer endoskopischen Untersuchung zum Einsatz.
- Eine wasserdichte und robuste Kamera stellt die Action-Kamera dar, die mit Hilfe fortschrittlicher Bildstabilisierungstechnik die Aufnahme von Sportaktivitäten ermöglicht.
- Die Netzwerkkamera befriedigt das Bedürfnis der Fernüberwachung in der Sicherheitsbranche, indem sie die aufgenommenen Bilder über eine Internetverbindung an den Nutzer überträgt.

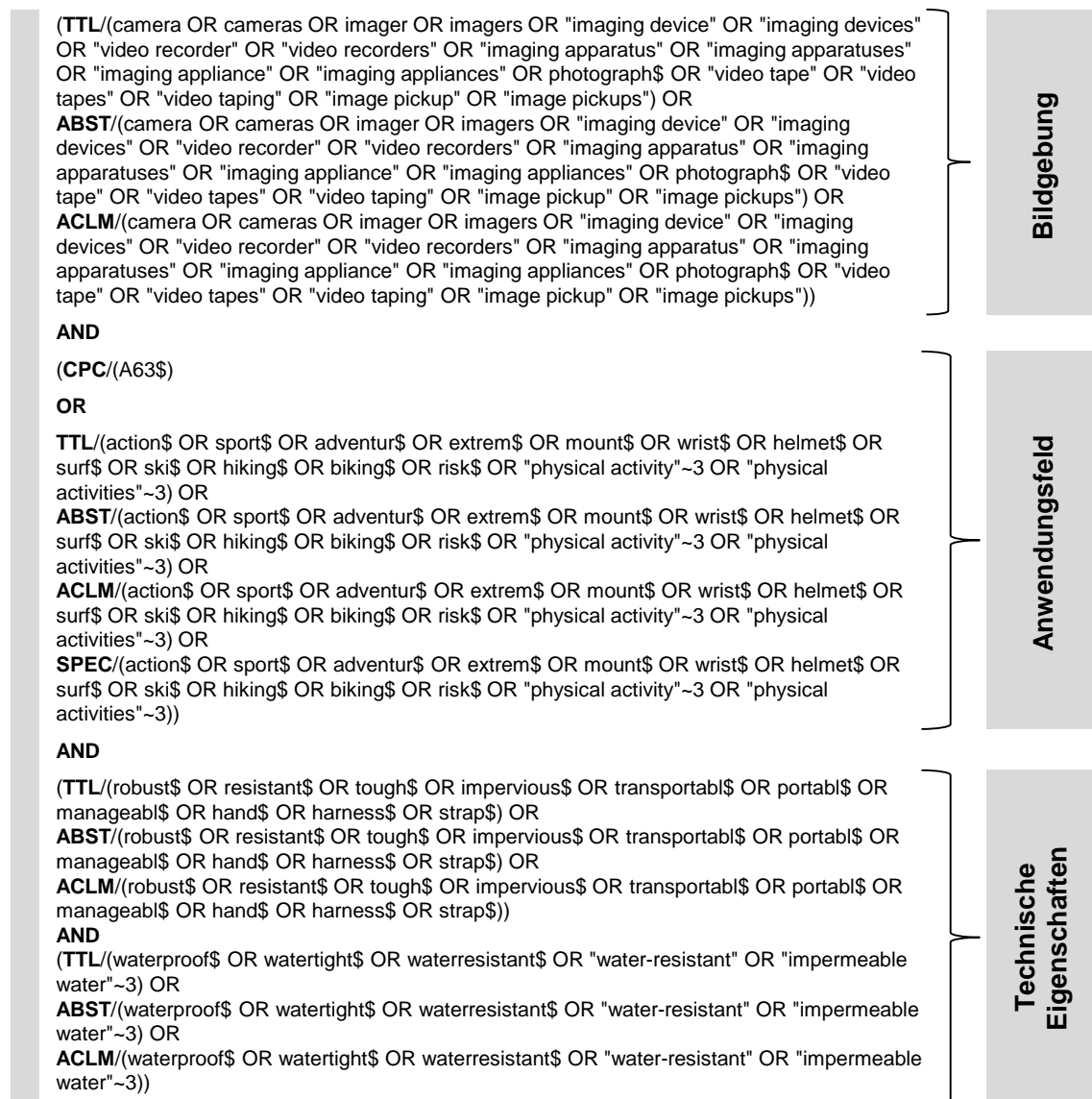
Für die Fallstudienanalyse wird eigens ein Analyserahmen entwickelt, der die relevanten Mechanismen und Determinanten des Entstehungsprozesses von Absorptive Speciation Technologies berücksichtigt. Dieser besteht aus sechs Dimensionen, welche aus dem strategischen Marketing abgeleitet werden. In Anlehnung an die Untersuchungen von BUCHHOLZ zur zeitoptimalen Ausgestaltung der Produktentwicklung ergeben sich die Dimensionen Markteintritts- und Produktentwicklungspionier [Buc98]. Ergänzend dienen die Marktsegmentierungsstrategien nach KOTLER ET AL. als Inspiration für die Dimension der Marktnische [KKO17]. Aus der Untersuchung von HELFAT und LIEBERMAN zu den notwendigen Kompetenzen und Fähigkeiten

für einen Markteintritt werden die Dimensionen Vorwissen, Kompetenzlücke und Kompetenzerwerb abgeleitet [HL02]. Mit diesem Analyserahmen wird die Fallstudie zur technologischen Artenbildung in der Kameraindustrie strukturiert sowie die Möglichkeit für ein systematisches Vorgehen bei der Datenerhebung geschaffen. Bild 1 zeigt den Analyserahmen, bestehend aus den sechs genannten Dimensionen und jeweils einer zugeordneten Frage.

Die den Dimensionen zugeordneten Fragen adressieren auf den Entstehungsprozess einer Absorptive Speciation Technology und damit auf die jeweiligen Analyseobjekte:

- Bei der Dimension **Markteintrittspionier** geht es um die Frage, wer der Markteintrittspionier der Absorptive Speciation Technology ist. Mit der Beantwortung dieser Frage sollen Informationen zum jeweiligen Unternehmen, den Gründern, den Entwicklern sowie zur Markteinführung der jeweiligen Absorptive Speciation Technology gegeben werden.
- Die Dimension **Marktnische** zielt auf die Frage, wie der Markteintrittspionier die Anwendungsnische identifiziert hat; denn Anwendungsnischen gelten als anziehende Kraft und bilden die Grundvoraussetzung für die Entstehung der Absorptive Speciation Technologies.
- Die Dimension **Vorwissen** spielt bei der Entstehung einer Absorptive Speciation Technology eine wichtige Rolle, da das Vorwissen einen Einfluss auf die Markteintrittsentscheidung ausübt und bei der Produktentwicklung eingesetzt wird [Cat06], [HL02]. Unter Vorwissen werden die Kompetenzen und Erfahrungen verstanden, die die Mainstream-Technologie oder die Anwendungsnische betreffen. Demnach geht es bei dieser Dimension um die Beantwortung der Frage, über welches Vorwissen der Markteintrittspionier vor der Produkteinführung verfügte.
- Welche Kompetenzlücken während der Produktentwicklung aufgetreten sind, steht im Mittelpunkt der Dimension **Kompetenzlücke**. Da die Herausforderung bei der Entwicklung von Absorptive Speciation Technologies in der Kombination von voneinander fernen Technologien begründet liegt und das technische Wissen die Mainstream-Technologie oder die Anwendungsnische betrifft, besteht Grund zu der Annahme, dass Markteintrittspioniere Kompetenzlücken in einer der beiden Wissensquellen aufweisen.
- Zur erfolgreichen Produktentwicklung müssen Markteintrittspioniere die fehlenden Kompetenzlücken schließen und so steht die Frage, wie dies geschieht, im Fokus der Dimension **Kompetenzerwerb**. Mithin soll mit dieser Dimension aufgedeckt werden, welche Strategie Markteintrittspioniere zum Zwecke der Lückenschließung verfolgen.
- Die Dimension **Produktentwicklungspionier** beschäftigt sich mit der Frage, ob die Markteintrittspioniere von Absorptive Speciation Technologies auch die Pioniere der Produktentwicklung sind. Diese Frage folgt der Überlegung von BUCHHOLZ, wonach die Pionierposition im Markteintritt und die in der Produktentwicklung von zwei unterschiedlichen Unternehmen bekleidet werden können [Buc98].





*Bild 2: Suchbefehl für US-Patenterteilung zum Analyseobjekt II – Actionkamera (Quelle: Eigene Darstellung)*

Die qualitativ ausgewerteten Daten, die der Fallstudienanalyse zugrunde liegen, werden auf unterschiedliche Art und Weise erhoben. Neben wissenschaftlichen Publikationen, Fachjournalen, Zeitschriften, Technik-Magazinen, Blog-Beiträgen oder veröffentlichten Experteninterviews werden auch Patentinformationen als Datenquellen verwendet, die allesamt in öffentlich zugänglichen Datenbanken kostenfrei recherchiert werden können:

- Bei der Recherche in den online verfügbaren Datenbanken nach wissenschaftlichen Publikationen, Fachjournalen usw. werden spezifische Suchbefehle oder die Google-Suche ge-

nutzt. All diese Recherchen beschränken sich stets auf die Produktnamen, wie beispielsweise GoPro für eine Actionkamera, oder auf den Markteintrittspionier, wie beispielsweise Nicholas D. Woodman<sup>2</sup> oder das Unternehmen GoPro Inc.<sup>3</sup>

- Als Sekundärdaten werden Experteninterviews herangezogen, um gewissermaßen „Insider-Informationen“ über die Entstehung einer Absorptive Speciation Technology zu erhalten. Als Experten werden Personen angesehen, die sich als Erfinder oder Unternehmensgründer in der Kameraindustrie hervorgetan haben und als Markteintrittspioniere gelten. Als Beispiel sei Nicholas Woodman, Gründer und CEO von GoPro in San Mateo, Kalifornien, USA, genannt.
- Für die Patentrecherchen werden die öffentlich frei zugänglichen Datenbanken der Patentämter, wie z.B. DEPATISnet<sup>4</sup> oder PatFT<sup>5</sup>, genutzt. Es werden Patenterteilungen jeweils zu einer Absorptive Speciation Technology recherchiert, wobei die Erstellung der Suchbefehle für die drei Analyseobjekte I, II, und III einheitlich erfolgt. Dabei wird mit diversen Schlüsselwörtern in den einzelnen Textbestandteilen eines Patents nach entsprechenden Merkmalen unter Berücksichtigung der Block-Building-Strategie recherchiert [WS16]. Bild 2 zeigt beispielhaft den Suchbefehl nach US-Patenterteilungen zum Analyseobjekt II – Actionkamera, wie er für eine Recherche in der PatFT-Datenbank des US-amerikanischen Patent- und Markenamtes eingesetzt werden kann. Der Befehl gruppiert dabei mehrere Schlüsselwörter in drei Merkmalsblöcke. Der erste Merkmalsblock adressiert die Mainstream-Technologie und sucht mit Begriffen der Bildgebung im Titel (TTL), in der Zusammenfassung (ABST) und in den Ansprüchen (ACLM) eines US-Patents. Der zweite Merkmalsblock bildet die Anwendungsnische ab und betrifft im vorliegenden Beispiel der Actionkamera diverse Sportaktivitäten und wird durch die CPC-Patentklasse<sup>6</sup> A63\$ - Sport, Spiele, Vergnügung eingegrenzt; des Weiteren sollen Begriffe zu Sportaktivitäten im beschreibenden Teil (SPEC) des Patents vorkommen. Weitere charakteristische technische Eigenschaften der Actionkamera, wie Wasserdichtigkeit oder Tragbarkeit, werden durch den dritten Merkmalsblock umfasst.

Je nach den Fragen, die den Dimensionen Markteintrittspionier, Marktnische, Vorwissen, Kompetenzlücke, Kompetenzerwerb und Produktentwicklungspionier zugrunde liegen, können die recherchierten Daten aus unterschiedlichen Quellen für die Beantwortung nützlich sein. So werden insbesondere Patentinformationen zur Beantwortung der Frage herangezogen, ob der Markteintrittspionier auch der Produktentwicklungspionier ist (Dimension Produktentwicklungspionier). Die recherchierten Daten aus all den anderen genannten Quellen dienen dagegen vorwiegend der Beantwortung der Fragen, die im Mittelpunkt der restlichen fünf Dimensionen stehen.

---

<sup>2</sup> Vgl. [https://en.wikipedia.org/wiki/Nick\\_Woodman](https://en.wikipedia.org/wiki/Nick_Woodman), Abruf 27.01.2021

<sup>3</sup> Vgl. <https://gopro.com/de/de/>, Abruf 27.01.2021

<sup>4</sup> Vgl. <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=index&action=index>, Abruf 27.01.2021

<sup>5</sup> Vgl. <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>, Abruf 27.01.2021

<sup>6</sup> Vgl. <https://www.cooperativepatentclassification.org/index>, Abruf 27.01.2021

## 4 Ergebnisse der Fallstudie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fallstudie zur technologischen Artenbildung in der Kameraindustrie im Detail vorgestellt. Entsprechend den drei ausgewählten Analyseobjekten Kapsel-, Action- und Netzwerkkamera erfolgt die Präsentation der recherchierten Ergebnisse in jeweils einem Unterkapitel. Die Struktur dieser drei Unterkapitel orientiert sich dabei an dem sechs Dimensionen umfassenden Analyserahmen, wie er im vorangegangenen Kapitel 3 beschrieben ist. Ein weiteres abschließendes Unterkapitel widmet sich der vergleichenden Diskussion der Einzelergebnisse der drei Analyseobjekte I, II und III.

### 4.1 Analyseobjekt I – Kapselkamera

Die Kapselkamera unterscheidet sich von der Mainstream-Technologie der Kompaktkamera im Wesentlichen durch ihre Größe. Sie konnte ihre Funktionsfähigkeit auf kleinstem Raum erst mit Hilfe kameraferner Technologien, wie stromsparender Sensoriken oder lichtemittierender Dioden, voll entfalten [IMG+00].

**Markteintrittspionier:** Der Markteintrittspionier der Kapselkamera ist Given Imaging Ltd., ein israelisches Start-up, welches 1998 von Gavriel Iddan und Gavriel Meron gegründet wurde [Adl17], [IMG+00], [NT08], [WRW11]. Dieser Pionier brachte 2001 unter dem Produktnamen M2A die erste Kapselkamera auf den Markt. Die Entwicklung dieser Kapselkamera M2A wurde maßgeblich durch den Co-Gründer Gavriel Iddan in den Jahren 1981 bis 1995 vorangetrieben [Adl17].

**Marktnische:** Die Idee zur Entwicklung einer Kapselkamera bekam Iddan 1981 durch einen Kontakt mit dem Gastroenterologen Professor Eitan Scapa [Adl17], [Idd14]. Scapa berichtete Iddan über die Herausforderungen und Schwierigkeiten bei endoskopischen Untersuchungen des Dünndarms. Um Licht und Videobilder zu erzeugen, führe er relativ breite Kabel in den Magen-Darm-Trakt der Patienten ein und bedauerlicherweise würden diese Kabel bei den Patienten oftmals erhebliche Schmerzen hervorrufen [Eur17-ol].

**Vorwissen:** Nun hatte Iddan keinerlei Kompetenzen im Bereich der Medizintechnik, gleichwohl verfügte er aufgrund seiner Berufserfahrung in der Rüstungsindustrie und zweier Aufenthalte bei Kameraherstellern über einiges Vorwissen: So war er beim Rüstungsunternehmen RAFAEL Armament Development Authority als Elektro-Optik-Ingenieur tätig und arbeitete am sogenannte Seeker von Raketen. Diese Seeker – Augen der Rakete – werden für das Auffinden von Zielen sowie für die zielgerichtete Steuerung von Raketen eingesetzt [Isr01-ol]. Iddan war überzeugt, dass er diese Technologie auch auf die Medizintechnik übertragen könne [Sha15-ol]. In zwei Sabbatjahren sammelte Iddan weiteres Vorwissen, denn er hospitierte unter anderem bei Elscint, einem Technologieunternehmen für bildgebende Verfahren in der Medizintechnik, und bei Eastman Kodak, einem in diesen Jahren führenden Kamerahersteller [Adl17], [Erb17].

**Kompetenzlücke:** Iddan setzte sein Vorwissen gezielt ein und entwickelte eine schluckbare Minirakete, die sich im Verdauungstrakt selbstständig fortbewegt und dabei Bilder aus dem Körperinneren an ein externes Gerät übermittelt [Sha15-ol]. Allerdings waren bei der technischen Umsetzung einige Hindernisse zu überwinden, denn der eingesetzte Bildsensor sowie das

Belichtungselement waren hohe Stromverbraucher und daher für die lange Reise durch das Körperinnere nicht geeignet [Adl17], [Idd14]. Da die derzeit verfügbaren Kameraelemente keine geeignete Lösung anboten, bedurfte es der eigenständigen Entwicklung einer Miniaturkamera, woraus Kapitalbedarf und Organisationaufwand resultierten.

**Kompetenzerwerb:** Um die aufgetretenen Kompetenzlücken zu schließen, kooperierte Iddan gezielt mit anderen Experten, namentlich Gavriel Meron und Eric Fossum.

Mit Meron, damaliger CEO bei APPLITec, einem Hersteller von Videokameras für medizinische Endoskope, arbeitete Iddan seit 1995 zusammen. Meron verfügte über wichtige Managementfähigkeiten und besaß Erfahrungen auf dem Anwendungsmarkt der Endoskopie [Adl17], [HSJ17], [The02-ol]. Als späterer Mitgründer der Given Imaging Ltd. überzeugte Meron Investoren und generierte Kapital für Forschung und Entwicklung und rekrutierte die nötigen Experten, um die Entwicklung der Kapselkamera voranzutreiben [Adl17], [Idd14].

Mit dem Elektroingenieur Eric Fossum gewann Iddan einen Experten für strom- und platzsparende sowie kostengünstig herstellbare Sensoren. Laut ADLER unterstützte Fossum das Entwicklungsteam von Given Imaging Ltd. in großem Maße bei der Entwicklung der Sensortechnik für die Kapselkamera [Adl17].

Neben Iddan und Meron setzte sich auch Paul Swain mit der Entwicklung einer Kamera für die kabellose Endoskopie auseinander. Auf einer Konferenz 1997 begegneten sich Meron und Swain, woraufhin Swain bei Given Imaging Ltd. einstieg und die Entwicklung der Kapselkamera mit vorantrieb [Adl17], [Idd14]. Zu diesem Zeitpunkt war es Swain und seinem Team bereits gelungen, hochauflösende Bilder aus dem Inneren eines Schweinemagens zu übermitteln, ohne dass dafür Glasfaser- oder ähnliche Kabel durch Mund oder Anus eingeführt werden mussten [SGM97].

Alles in allem konnte durch die Herstellung spezieller Bildsensoren und durch die Erfindung lichtemittierender Dioden die Kapselkamera nun stromsparend arbeiten, sodass Anfang des Jahres 1999 zum ersten Mal ein funktionsfähiger Prototyp einer Kapselkamera hergestellt werden konnte [Adl17].

**Produktentwicklungspionier:** Die Analyse der Patentlandschaft offenbart, dass die Produktentwicklung der Kapselkamera mindestens 20 Jahre vor dem Markteintritt stattgefunden hat. Als Beleg kann die Erfindung einer photographischen Kapsel, die im Verdauungstrakt für diagnostische Zwecke eingesetzt wird, aufgeführt werden. Sie wurde im Jahre 1978 von Stanley H. Zisking zum Patent angemeldet und 1980 als US-Patent 4,217,045 <sup>7</sup> erteilt.

Auch Hersteller der Mainstream-Technologie haben schon früh Erfindungen zur Kapselkamera zum Patent angemeldet. So beschreibt etwa das US-Patent 4,278,077 <sup>8</sup> der Olympus Optical Co., Ltd. aus dem Jahre 1979 eine kapselförmige Miniaturkamera für endoskopische Zwecke. Gleichwohl kam erst 2005 eine Kapselkamera von Olympus auf den Markt [Oly07-ol].

---

<sup>7</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US4217045A/en?q=US+4217045>, Abruf 22.02.2021

<sup>8</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US4278077A/en?q=US+4278077+>, Abruf 22.02.2021

## 4.2 Analyseobjekt II – Actionkamera

Actionkameras sind durch mehrere technische Funktionen, wie Wasserdichtigkeit, Widerstandsfähigkeit und diverse Befestigungsmöglichkeiten am Nutzer, gekennzeichnet. Demzufolge sind sie im Allgemeinen klein und haben einen weiten Blickwinkel und sind somit im Vergleich zu Kompaktkameras in Anwendungsnischen, wie dem Wassersport, einsetzbar.

**Markteintrittspionier:** GoPro Inc., ein US-amerikanisches Start-up, ist Markteintrittspionier der Actionkamera. Das Unternehmen wurde im Jahre 2002 von Nicholas Woodman – ursprünglich unter dem Namen Woodman Labs – gegründet und führte zwei Jahre später die erste Actionkamera unter dem Produktnamen GoPro Hero 35mm in den Markt ein [Mac13-ol], [OM15].

**Marktnische:** Den Bedarf einer Actionkamera leitete Woodman aus seinen eigenen Bedürfnissen und Erfahrungen ab. Als leidenschaftlicher Surfer stellte er nämlich fest, dass es keine akzeptable Kamera auf dem Markt gibt, die es ihm ermöglicht, von sich und seinen Freunden eindrucksvolle Aufnahmen ihrer sportlichen Aktivitäten auf dem Wasser zu machen [Blo19-ol], [Mac13-ol]. Daraufhin modifizierte er eine Surfbrettleine dahingehend, dass er eine Kodak-Einwegkamera an seinem Handgelenk tragen konnte, die es ihm dann ermöglichte, erste Action-Bilder beim Surfen aufzunehmen [Mac13-ol]. Mithin war seine Geschäftsidee geboren, denn die Aufnahmen waren ganz gut gelungen.

**Vorwissen:** Im Surfsport sah Woodman also eine Anwendungsnische für die Kameraindustrie. Er spürte aufgrund seiner sportlichen Erfahrung bisher nicht entdeckte Kundenbedürfnisse auf und konnte diese als Lead-User in die Produkthanforderungen für eine Actionkamera umsetzen.

Darüber hinaus verfügte Woodman auch über Managementerfahrung, denn er gründete nach seinem Visual Arts Studium unter anderem die Online-Spiele- und Marketingplattform Funbug.com, welche ein Investitionsvolumen von 3,9 Millionen US-Dollar einwarb [Blo19-ol], [Bre15-ol], [Mac13-ol]. Gleichwohl scheiterte das Unternehmen, einhergehend mit dem Platzen der Dotcom-Blase.

**Kompetenzlücke:** Angetrieben durch seinen Unternehmergeist, arbeitete Woodman weiter an der Geschäftsidee einer Actionkamera. Er experimentierte zunächst mit einem Neopren-Armband und einem wasserfesten Gehäuse, auf das eine Kamera aufgesetzt werden konnte, um Bilder während des Surfens aufzunehmen [Mac13-ol]. Er musste jedoch feststellen, dass für die Bildaufnahmen auf dem Wasser das Entscheidende nicht das Armband, sondern die Kamera selbst ist [Cha13]. Aber all die verfügbaren Kameras wurden den Bedürfnissen der Surfer nicht gerecht und so sah sich Woodman dazu gezwungen, eine neue Kamera zu entwickeln und herzustellen. Für eine eigenständige Kameraentwicklung fehlte ihm jedoch das notwendige technische Wissen [Cha13].

**Kompetenzerwerb:** Um die gewünschte Kamera zu entwickeln und für den Nischenmarkt anbieten zu können, suchte Woodman auf Messen nach einem geeigneten Kamerahersteller, dessen Kamera er modifizieren und lizenzieren konnte [Blo19-ol], [Cha13], [Mac13-ol]. Nach zweijähriger Suche wurde er auf einen Lieferanten in China aufmerksam und beauftragte diesen mit der Produktion der gewünschten wasserfesten Kamera. Als Folge der Zusammenarbeit entstand die erste 35mm-Actionkamera mit wasserfestem Gehäuse und einer Befestigungsmöglichkeit am Handgelenk des Surfers. Weitere Modifikationen und Verbesserungen hinsichtlich

der Kameragröße, Bildqualität und Halterung für die Actionkamera führten dazu, dass diese auch beim Tauchen, Wandern oder im Motorsport eingesetzt werden kann [Gop20-ol].

**Produktentwicklungspionier:** Es sind zahlreiche Patente dokumentiert, deren Erfindungen die Grundidee einer Actionkamera aufgreifen und bereits Jahre vor dem Markteintritt der Actionkamera veröffentlicht wurden. So beschreibt etwa das 1975 von W. Haking Industries, Ltd. angemeldete US-Patent 4,041,507<sup>9</sup> die Erfindung eines Kameragehäuses zum Gebrauch einer Kamera unter Wasser. Das US-Patent 4,509,667<sup>10</sup> aus dem Jahr 1984 von Kent J. Meldrum beschreibt dagegen einen wasserfesten Gurt, der um das Handgelenk getragen wird und eine sichere Fixierung einer Kamera auch bei Bewegungen gewährleistet.

Patente, deren beschriebene Erfindungen sich mit den Herausforderungen einer Actionkamera auseinandersetzen, werden außerdem von Kameraherstellern der Mainstream-Technologie gehalten. Als Beispiel sei die Pentax Corporation genannt. Sie hat im Jahre 1990 unter ihrem Anmeldenamen Asahi Kogaku Kogyo das US-Patent 5,070,348<sup>11</sup> angemeldet, um einen Patentschutz für eine wasserresistente Kamera zu erhalten.

### 4.3 Analyseobjekt III – Netzwerkkamera

Netzwerkkameras unterscheiden sich von der Mainstream-Technologie durch den zusätzlichen Einsatz von Computertechnologien und werden speziell für die Videoüberwachung verwendet. Sie sind mit dem Internet verbunden, über das sie angesteuert und Bild- sowie Videoaufnahmen in die Ferne übertragen können.

**Markteintrittspionier:** Das schwedische Unternehmen Axis Communications AB ist Markteintrittspionier der Netzwerkkamera. Es wurde 1984 als IT-Unternehmen von Martin Gren, Mikael Karlsson und Keith Bloodworth gegründet und führte 1996 die erste Netzwerkkamera unter dem Produktnamen Axis 2000 in den Markt ein [Sdm11-ol]. Die Schlüsselrolle bei der Entwicklung der Netzwerkkamera spielten der Co-Gründer Martin Gren und der angestellte Ingenieur Carl-Axel Alm [Axi19-ol], [Sdm11-ol], [Sec16-ol].

**Marktnische:** Auf die Idee einer Netzwerkkamera wurde Gren durch einen Kunden während einer Geschäftsreise in Tokio aufmerksam [Axi19-ol], [Git11-ol], [Sdm11-ol]. Im Lager des Kunden befand sich ein großer Bestand nicht verkaufter analoger Kameras und der Kunde fragte Gren, ob er diese auch an ein Netzwerk anschließen könne, um sie für weitere Anwendungen nutzbar zu machen. Zu diesem Zeitpunkt war Gren noch nicht bewusst, welches Anwendungspotential eine derartige Vernetzung mit sich bringen würde. Sie hätten die Netzwerkkamera daraufhin zwar entwickelt, weil sie es konnten, aber eine konkrete Geschäftsidee für die Netzwerkkamera hätten sie zu diesem Zeitpunkt noch nicht gehabt [Axi19-ol], [Sec15-ol].

---

<sup>9</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US4041507A/en?q=US+4041507+>, Abruf 22.02.2021

<sup>10</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US4509667A/en?q=US+4509667+>, Abruf 22.02.2021

<sup>11</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US5070348A/en?q=US+5070348+>, Abruf 22.02.2021

**Vorwissen:** Die Kompetenzen der Axis Communications AB lagen ursprünglich in der Netzerkanbindung diverser Hardware und somit im Umgang mit Protokollkonvertern zur Anbindung von Druckern, Druckservern oder netzwerkgebundenen optischen Speichermedien [Sdm11-ol], [Sec15-ol].

In Bezug auf die Marktnische der Netzwerkkamera sind die Kompetenzen und die Erfahrungen des Ingenieurs Alm hervorzuheben. Dieser arbeitete zu Beginn der 1990er Jahre nämlich an der Entwicklung eines netzwerkbasiereten Videokonferenzsystems [Axi19-ol], [Git11-ol], [Sdm11-ol].

**Kompetenzlücke:** In Zusammenarbeit mit Alm entwickelte Gren ein webbasiertes Fernüberwachungssystem mit einer Netzwerkkamera. Trotz der technischen Errungenschaften der webbasierten Fernüberwachung entsprach die Kamera Axis 200 nicht von Anfang an den Erwartungen der Sicherheitsbranche [Axi19-ol], [Sec16-ol]. Mit einer Bildrate von lediglich ca. 3 Bildern pro Minute war diese Netzwerkkamera für die breite Anwendung in der Sicherheitsüberwachung zunächst völlig ungeeignet. Ihr Anwendungspotential lag anfangs nur in der Fernüberwachung, wie der Überwachung von Bohrplattformen. Es bedurfte demzufolge einer Weiterentwicklung der verwendeten Kamertechnologie.

**Kompetenzerwerb:** Um den gewünschten Anforderungen hinsichtlich der Bildqualität der Kamera gerecht zu werden, gründete Gren einen eigenen Geschäftsbereich innerhalb der Axis Communications AB, der sich lediglich mit der Forschung und Weiterentwicklung der Netzwerkkamera beschäftigte [Sec15-ol]. Erste Erfolge erzielte der Geschäftsbereich dann mit einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung, dem ARTPEC Chip [Axi19-ol]. Mit diesem Chip war die Möglichkeit der Videoüberwachung mit einer Aufnahme von 30 Bildern pro Sekunde gegeben.

**Produktentwicklungspionier:** Die Produktentwicklung der Netzwerkkamera fand bereits einige Jahre vor dem Markteintritt statt, wie es zahlreiche Patente nahelegen. Im Jahre 1991 hat als Beispiel Fujitsu Ltd. ein Verfahren zur Übertragung von Bildern einer Überwachungskamera mittels einer Internetverbindung (Breitband ISDN) zum US-Patent 5,270,811<sup>12</sup> angemeldet; und Hitachi Ltd. stellte 1994 in ihrem US-Patent 5,585,839<sup>13</sup> ein Konversations- bzw. Überwachungssystem vor, bei dem die von der Kamera aufgenommenen Daten über ein integriertes Sprach- und Datennetzwerk weitergeleitet werden.

Auch Mainstream-Kamerahersteller halten Patente zur Netzwerkkamera. Die Olympus Optical Co. Ltd. kann als Beispiel genannt werden. Sie stellte 1994 im US-Patent 5,724,155<sup>14</sup> eine Kamera vor, die Bildaufnahmen mittels Internet an einen weit entfernten Standort übermitteln kann. Das Patent liefert jedoch keine konkreten Informationen zum Anwendungsbereich der Überwachung.

---

<sup>12</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US5270811A/en?q=US+5270811+>, Abruf 22.02.2021

<sup>13</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US5585839A/en?q=US+5585839+>, Abruf 22.02.2021

<sup>14</sup> Vgl. <https://patents.google.com/patent/US5724155A/en?q=US+5724155+>, Abruf 22.02.2021

#### 4.4 Vergleichende Diskussion der Analyseergebnisse

Die nachfolgende Diskussion der Ergebnisse zu den Analyseobjekten Kapsel-, Action- und Netzwerkkamera erfolgt mit dem Ziel, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich der Entstehung von Absorptive Speciation Technologies zu identifizieren.

**Markteintrittspionier:** Bei allen drei untersuchten Analyseobjekten traten Nischenunternehmen unterschiedlicher Unternehmensgrößen als Markteintrittspioniere hervor. So wurden die beiden Start-up-Unternehmen Given Imaging Ltd. und GoPro Inc. eigens zur Entwicklung einer Absorptive Speciation Technology – also der Kapsel- respektive der Actionkamera – gegründet. Dagegen trat das etablierte und in einer fremden Branche aktive Unternehmen Axis Communications AB mit einer eigens entwickelten Netzwerkkamera in die Marktnische der Videoüberwachung ein.

**Marktnische:** Hinsichtlich des Erkennens einer Marktnische ist festzustellen, dass die Markteintrittspioniere entweder die Anwendungsmöglichkeiten von Kameras in fachfremden Bereichen erkannten oder selbst eben nicht erkannten. Die Geschäftsidee bzw. den Impuls zur Entwicklung und Herstellung einer entsprechenden Kamera bekamen die Pioniere hingegen intern oder extern. Bild 3a zeigt die Einteilung der Pioniere in das Portfolio Impulsgeber versus Anwendungszweck.

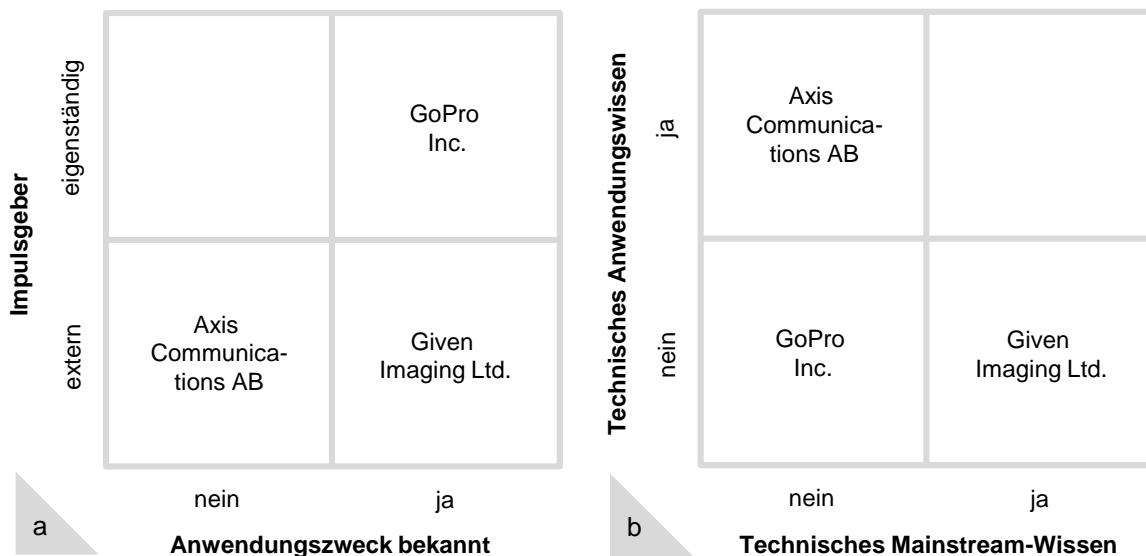


Bild 3: Einteilung der Markteintrittspioniere nach (a) Impulsgeber versus bekanntem Anwendungszweck und nach (b) Anwendungs- versus Mainstream-Wissen (Quelle: Eigene Darstellung)

Im Falle der GoPro Inc. leitete Nick Woodman die Idee zu einer Actionkamera aus seinen eigenen Bedürfnissen ab. Als Lead-User war er mit den Bedürfnissen und Anforderungen an eine Kamera zur Aufnahme von eindrucksvollen Bildern beim Surfen sehr vertraut. Im Falle der Given Imaging Ltd. erhielt Gavriel Iddan vom Gastroenterologen Scapa – also extern – den Impuls für die Entwicklung einer Kapselkamera. Professor Scapa schilderte Iddan das Kundenbedürfnis und informierte infolgedessen auch über den Anwendungszweck. Dagegen hatte der Pionier Axis Communications AB nicht nur keine eigene Idee für eine Netzwerkkamera, ihm



war auch keine Marktnische bewusst. Erst durch einen Kunden wurde der Gründer des Pioniers auf die Idee einer Netzwerkkamera aufmerksam gemacht, die sich dann später für den Einsatz einer Videoüberwachung als geeignet herausstellte.

**Vorwissen.** Bei allen drei Markteintrittspionieren ist festzustellen, dass sie über kein konkretes Vorwissen zur Entwicklung einer – für den jeweils spezifischen Anwendungszweck – geeigneten Kamera verfügten. Dessen ungeachtet, brachten die Pioniere aber aus anderen technischen Gebieten Wissen mit und sie verfügten zum Teil auch über Managementenerfahrungen.

**Kompetenzlücke.** Demzufolge waren die Markteintrittspioniere mit einigen Kompetenzlücken konfrontiert, die sich je nach Anwendungs- und Mainstream-Wissen unterschiedlich darstellten, wie es Bild 3b in einem Portfolio verdeutlicht.

So verfügte Given Imaging Ltd. über technisches Mainstream-Wissen, welches der Gründer Iddan durch seine frühere Tätigkeit bei einem Kamerahersteller mitbrachte; aber es mangelte dem Unternehmen an Anwendungswissen für eine Kapselkamera. Das Unternehmen Axis Communications AB besaß dagegen durch seinen Ingenieur Alm, der Erfahrungen in der Entwicklung netzbasierter Videokonferenzsysteme mitbrachte, technisches Anwendungswissen, aber es verfügte über keinerlei kameratechnisches Mainstream-Wissen. Bei GoPro Inc. bestanden die Lücken sowohl im technischen Anwendungs- als auch im technischen Mainstream-Wissen, denn ihr Gründer Woodmann hatte mit einem Studium in Visual Arts keinen (kamera-)technischen Hintergrund, um die Entwicklung einer Actionkamera eigens umzusetzen und voranzutreiben.

**Kompetenzerwerb.** Zur Schließung der Kompetenzlücken gingen die Unternehmen unterschiedliche Wege und ihre Strategien waren unternehmensgrößenabhängig. Die Start-ups präferierten den Weg der Kooperation mit externen Partnern, gleichwohl bestand ein Unterschied in der Abhängigkeit des technischen Vorwissens bzw. der Komplexität der Absorptive Speciation Technologies.

An der Kapselkamera wird dies besonders deutlich, denn ohne Kompetenzen in der medizintechnischen Anwendungsnische ist eine erfolgreiche Entwicklung einer solchen Kamera nicht möglich. Given Imaging Ltd. rekrutierte auch nicht ohne Grund Fachexperten aus fremden Branchen, um die Kapselkamera von Grund auf eigenständig entwickeln zu können. Eine Actionkamera ist im Gegensatz dazu vergleichsweise weniger komplex und so gelang dem jungen Unternehmen GoPro Inc. durch eine Auftragsfertigung die erfolgreiche Entwicklung ihrer Kamera GoPro Hero 35mm. Das etablierte Unternehmen Axis Communications AB stützte sich hingegen auf unternehmensinterne Ressourcen und entwickelte in einem für diesen Zweck eigens gegründeten Geschäftsbereich eine marktfähige Netzwerkkamera.

**Produktentwicklungspionier.** Die Fallstudie zur Entstehung technologischer Artenbildung hat zudem gezeigt, dass Nischenunternehmen, wie GoPro Inc. oder Given Imaging Ltd., eine Pionierrolle im Markteintritt übernahmen. Hinsichtlich der Produktentwicklung nahmen sie dagegen eine Folgerrolle ein. Die Pionierrolle in der Produktentwicklung hatten andere Nischenhersteller, wie die W. Haking Industries Ltd., oder auch etablierte Mainstream-Hersteller, wie Olympus Optical Co. oder Pentax Corporation, inne, die bereits Jahre vor dem Markteintritt als Patentanmelder zu identifizieren sind. Einen besonderen Fall stellt in diesem Zusammenhang

die Kapselkamera dar, zu der grundlegende Erfindungen vom Mainstream-Unternehmen Olympus Optical Co. mehr als 20 Jahre vor dem Markteintritt als Patent beim US-amerikanischen Patent- und Markenamt angemeldet wurden.

## 5 Resümee

Mit diesem Beitrag wird anhand einer qualitativen Fallstudie die Entstehung technologischer Artenbildung in der Kameraindustrie an den Analyseobjekten Kapsel-, Action- und Netzwerkkamera untersucht. Unter Hinzuziehung öffentlich zugänglicher Quellen, wie wissenschaftlicher Publikationen, Zeitschriftenartikel, Experteninterviews, aber auch Patenten, wird der Entstehungsprozess der jeweiligen Absorptive Speciation Technologies beleuchtet und im Zuge eines eigens hierfür entworfenen, sechs Dimensionen umfassenden Analyserahmens jeweils im Detail ausgewertet. Eine abschließende und die Fallstudie übergreifende Diskussion fasst die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Entstehung von Absorptive Speciation Technologies zusammen.

Die Erkenntnisse dieses Beitrags erweitern den theoretischen Rahmen von Absorptive Speciation Technologies und lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

- Nischenunternehmen übernehmen – insbesondere in der Kameraindustrie – die Pionierrolle beim Markteintritt von Absorptive Technologies, aber hinsichtlich der Produktentwicklung nehmen sie eine Folgerolle ein. Als Produktentwicklungspioniere treten unter anderem etablierte Mainstream-Hersteller auf, die teilweise Jahrzehnte vor dem Markteintritt Erfindungen zu den Absorptive Technologies zum Patent angemeldet haben.
- Die Identifikation von Anwendungsnischen folgt keiner systematischen Marktbeobachtung, sondern die Bedürfnisse der Anwender bzw. Kunden machen die Pioniere auf eine Marktnische aufmerksam. Auch der Anwendungszweck war nicht allen Pionieren von Anfang an bekannt.
- Durch auftretende Kompetenzlücken sind die Unternehmen bei der Entwicklung von Absorptive Speciation Technologies besonders gefordert. Je nach der Lücke müssen die Unternehmen sich spezifisches Anwendungswissen oder konkretes Mainstream-Wissen aneignen.
- Die Strategie zur Schließung der Kompetenzlücken scheint vom Vorwissen, der Komplexität der vorliegenden Absorptive Speciation Technologies sowie der Unternehmensgröße abzuhängen. Start-ups präferieren die Kooperation und Zusammenarbeit mit externen Partnern; etablierte und größere Unternehmen setzen dagegen eher auf die Verwendung unternehmensinterner Ressourcen.

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Fallstudie leiten sich für Unternehmen auch strategisch-praktische Implikationen ab:

- Unternehmen wird die Entwicklung einer systematischen Vorgehensweise zur Identifikation von Anwendungsnischen empfohlen. Neben dem direkten Kontakt zu Anwendern aus fachfremden Bereichen wird das Überwachen von anderen Marktteilnehmern anhand von Patentdaten angeraten. Patente können mit ihren beschriebenen Erfindungen Anregungen

zu möglichen Anwendungen liefern und – in Verbindung mit der Beobachtung, dass Patente zu Absorptive Speciation Technologies bereits Jahre vor dem Markteintritt angemeldet werden – frühzeitig potenzielle Anwendungsnischen aufdecken.

- Unternehmen sollten eine offene Innovationskultur pflegen und eine hohe Kooperationsbereitschaft mitbringen, da die Entwicklung von Absorptive Speciation Technologies die Erweiterung von bestehenden Kompetenzen hinsichtlich neuer Technologien erfordert. Demnach kann eine Forschungs- und Entwicklungsarbeit in multidisziplinären Teams oder mit externen Partnern als ist ein wichtiger Bestandteil im Unternehmen zur Generierung von Anwendungswissen angesehen werden.

Der vorliegende Beitrag ist durch zwei Limitationen gekennzeichnet. Erstens kann die Verwendung von Sekundärdaten, insbesondere von Interviews in Zeitungsartikeln, zu gewissen Verzerrungen in der Fallstudienanalyse führen. Interviews in Zeitungsartikeln können zu Marketingzwecken ausgenutzt werden, um gewisse Mythen zu kommunizieren. Zweitens beschränkt sich die Analyse auf US-Patenterteilungen, und zwar wohlwissend, dass dadurch mögliche Produktentwicklungspioniere, die in einem anderen Land Patente angemeldet haben, ignoriert werden. Hinzu kommt die zeitliche Einschränkung der US-Patentdatenbank, welche Patentinformationen erst ab dem Jahr 1976 öffentlich zur Verfügung stellt. Folgerichtig können Produktentwicklungspioniere vor 1976 nicht identifiziert werden.

Ungeachtet dessen bietet der vorliegende Beitrag auch erhebliches Potential für weitere Forschungsarbeiten. Der Forschungsansatz zur Entstehung von Absorptive Speciation Technologies fokussiert in diesem Beitrag auf die Kameraindustrie und kann durch die Einbeziehung weiterer Fallstudien zur Kameraindustrie, aber auch zu anderen Industriebereichen, wie beispielsweise der Textilindustrie, erweitert werden. Beides hätte einen positiven Effekt auf die Repräsentativität der Studie. Auf der anderen Seite wären Fallstudien vorstellbar, die eigens durchgeführte Interviews als Primärdaten nutzen. Ein derartiger Ansatz würde ein vollständiges Bild über die Entstehungsgeschichte der Absorptive Speciation Technologies liefern und somit eine Basis für umfassende Analysen schaffen. Last but not least könnten zukünftige Forschungsarbeiten die Verbreitung und Industrialisierung der Absorptive Speciation Technologies untersuchen oder Methoden entwickeln, die ex-ante eine Prognose zur Entstehung von Absorptive Speciation Technologies ermöglichen.

## Literatur

- [Ad17] ADLER, S.N.: The history of time for capsule endoscopy. *Annals of translational medicine*, 2017, Vol. 5, No. 9, p. 194. DOI: 10.21037/atm.2017.03.90.
- [AM11] ADLER, S.N.; METZGER, Y.C.: PillCam COLON capsule endoscopy: recent advances and new insights. *Therapeutic advances in gastroenterology*, 2011, Vol. 4, No. 4, pp. 265 – 268. DOI: 10.1177/1756283X11401645.
- [AL02] ADNER, R.; LEVINHAL, D.A.: The Emergence of Emerging Technologies. *California Management Review*, 2002, Vol. 45, No. 1 pp. 50–66. DOI: 10.2307/41166153.
- [Axi19-ol] AXIS COMMUNICATIONS AB: Die Überwachung verändern: Die Erfinder der ersten Netzwerk-Kamera. Vgl. <https://www.axis.com/de-de/newsroom/article/die-uberwachung-verandern-die-erfinder-der-ersten-netzwerk-kamera>, Letzter Zugriff: 27. Mai 2019.

- [Blo19-ol] BLOOMBERG: GoPro CEO Nick Woodman on "Bloomberg Studio 1.0". Unter Mitarbeit von Emily Chang. 2019. Vgl. <https://www.bloomberg.com/news/videos/2019-05-02/gopro-ceo-nick-woodman-on-bloomberg-studio-1-0-video>, Letzter Zugriff: 2. Mai 2019.
- [Bre15-ol] BRETT, G.: How GoPro cameras have made nothing unfilmable, by the man who invented them. 2015. Vgl. <https://www.telegraph.co.uk/technology/11434321/How-GoPro-cameras-have-made-nothing-unfilmable-by-the-man-who-invented-them.html>, Letzter Zugriff: 28. Februar 2015.
- [Buc98] BUCHHOLZ, W.: Timingstrategien - Zeitoptimale Ausgestaltung von Produktentwicklungsbeginn und Markteintritt. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 1998, Vol. 50, Nr. 1, S. 21–40. DOI: 10.1007/BF03371488.
- [Caf21] CAFEROGLU, H.: Thinking inside the box or outside the box? Introducing reconfigurative and absorptive speciation technologies. 2021. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.
- [Cat06] CATTANI, G.: Technological pre-adaptation, speciation, and emergence of new technologies. How Corning invented and developed fiber optics. *Industrial and Corporate Change*, 2006, Vol. 15, No. 2, pp. 285–318. DOI: 10.1093/icc/dtj016.
- [Cha13] CHAPMAN, L.: How I Built GoPro Extreme Sports Camera. 2013. Vgl. <https://www.wsj.com/articles/SB10001424127887323836504578551811267374452>, Letzter Zugriff: 1. Dezember 2020.
- [DL94] DALGIC, T.; LEEUW, M.: Niche Marketing Revisited: Concept, Applications and Some European Cases. *European Journal of Marketing*, 1994, Vol. 28, No. 4 pp. 39–55. DOI: 10.1108/03090569410061178.
- [DB67] DARWIN, C.R.; BRONN, H.G.: Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampf um´s Dasein. 3. Aufl., Stuttgart: Schweizerbart 1867.
- [DS00] DAY, G.S.; SCHOEMAKER, P.J.H.: Avoiding the Pitfalls of Emerging Technologies. *California Management Review*, 2000, Vol. 42, No. 2, pp. 8–33. DOI: 10.2307/41166030.
- [Erb17] ERBER, J.A.: The History and Development of the Small Bowel Capsule. Comparison of Current Available Capsule Platforms. In: David J. Hass (Hg.): *Capsule Endoscopy*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1–22, 2017.
- [Eur17-ol] EUROPÄISCHES PATENTAMT: Making gastrointestinal diagnostics easier to digest. Hg. v. Europäisches Patentamt. 2017. Vgl. <https://www.epo.org/learning-events/european-inventor/finalists/2011/iddan.html>, Letzter Zugriff: 14. November 2019.
- [Git11-ol] GIT-SICHERHEIT: Ray-Mauritsson wirft einen Blick auf die Entwicklung der Videotechnik | GIT-SICHERHEIT.de – Portal für Safety und Security. 2011. Vgl. <https://www.git-sicherheit.de/nachrichten/ray-mauritsson-wirft-einen-blick-auf-die-entwicklung-der-videotechnik>, Letzter Zugriff: 4. Dezember 2020.
- [Gop20-ol] GOPRO: Kamera Zubehör | GoPro. 2020. Vgl. <https://gopro.com/de/shop/mounts-accessories>, Letzter Zugriff: 1. Dezember 2020.
- [HL02] HELFAT, C.E.; LIEBERMAN, M.B.: The birth of capabilities: market entry and the importance of pre-history. *Industrial and Corporate Change*, 2002, Vol. 11, No. 4, pp. 725–760. DOI: 10.1093/icc/11.4.725.
- [HSJ17] HILL, C.W.L.; SCHILLING, M.A.; JONES, G.R.: *Strategic management: An Integrated Approach, Theory & Cases*. 12e. Boston, MA: Cengage Learning, 2017.
- [Idd14] ID DAN, G.J. (2014): A Short History of the Gastrointestinal Capsule. In: Martin Keuchel, Friedrich Hagenmüller and Hisao Tajiri (Hg.): *Video Capsule Endoscopy*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–3, 2014.
- [IMG+00] ID DAN, G.; MERON, G.; GLUKHOVSKY, A.; SWAIN, P. (2000): Wireless capsule endoscopy. *Nature*, 2000, Vol. 405, No. 6785, pp. 417. DOI: 10.1038/35013140.
- [Isr01-ol] ISRAEL21C STAFF: Camera-in-a-pill gives a closer look. 2001. Vgl. <https://www.israel21c.org/camera-in-a-pill-gives-a-closer-look/>, Letzter Zugriff: 14. November 2019.

- [KKO17] KOTLER, P.; KELLER, K.L.; OPRESNIK, M.O.: Marketing-Management: Konzepte - Instrumente - Unternehmensfallstudien, 15., aktualisierte Auflage, Pearson, Hallbergmoos, 2017
- [Kro15] KRONBERG, I.: DARWINFINKEN. Wie ihnen der Schnabel gewachsen ist. 2015. Vgl. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/biuz.201590039>, Letzter Zugriff: 28. Januar 2020.
- [Lev98] LEVINTHAL, D.A.: The Slow Pace of Rapid Technological Change. Gradualism and Punctuation in Technological Change. *Industrial and Corporate Change*, 1998, Vol. 7, No. 2, pp. 217–247. DOI: 10.1093/icc/7.2.217.
- [Mac13-ol] MAC, R.: The Mad Billionaire Behind GoPro: The World's Hottest Camera Company. 2013. Vgl. <http://www.forbes.com/sites/ryanmac/2013/03/04/the-mad-billionaire-behind-gopro-the-worlds-hottest-camera-company/print/>, Letzter Zugriff: 10. Dezember 2019.
- [MC19] MOEHRLE, M.G.; CAFEROGLU, H.: Technological speciation as a source for emerging technologies. Using semantic patent analysis for the case of camera technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, Vol. 146, pp. 776–784. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.07.049.
- [NT08] NAKAMURA, T.; TERANO, A.: Capsule endoscopy: past, present, and future. *Journal of gastroenterology*, 2008, Vol. 43, No. 2, pp. 93–99. DOI: 10.1007/s00535-007-2153-6.
- [SN12-ol] SAFRAN, R.J.; NOSIL, P.: Speciation: The Origin of New Species. 2012. Vgl. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/speciation-the-originof-new-species-26230527>, Letzter Zugriff: 31. Januar 2018.
- [Oly07-ol] OLYMPUS: News Release: Olympus Launches High-resolution Capsule Endoscope in U.S.A. 2007. Vgl. <https://www.olympus-global.com/en/news/2007b/nr070921capsulee.html>, Letzter Zugriff: 1. Dezember 2020.
- [OM15] ORTIZ, M.J.; MOYA, J.A.: The action cam phenomenon. A new trend in audiovisual production. *Communication & Society*, 2015, Vol. 28, No. 3, pp. 51 – 64. DOI:10.15581/003.28.3.51-64.
- [SHH+19] SADAVA, D.; HILLIS, D.M.; HELLER, H.C.; HQacker, S.D.; MARKL, J.: *Purves Biologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019.
- [Sdm11-ol] SDM: Interview with Martin Gren, inventor of the network camera. 2011. Vgl. <https://www.sdmmag.com/articles/87054-interview-with-martin-gren-inventor-of-the-network-camera>, Letzter Zugriff: 8. Januar 2020.
- [Sec15-ol] SECURITY ELECTRONICS AND NETWORKS: Martin Gren: IP CCTV's Founding Father. 2015. Vgl. <https://securityelectronicsandnetworks.com/articles/2015/12/08/martin-gren-ip-cctvs-founding-father/>, Letzter Zugriff: 11. Februar 2021.
- [Sec16-ol] SECURITY NEWS DESK: IP security camera and network video surveillance visionary. 2016. Vgl. <https://securitynewsdesk.com/ip-security-camera-and-network-video-surveillance-visionary/>, Letzter Zugriff: 29 September 2020.
- [Sha15-ol] SHAMAH, D.: Pillcam's inventor regrets sale of "Biblical" tech to foreign firm. 2015. Vol. <https://www.timesofisrael.com/pillcams-inventor-regrets-sale-of-biblical-tech-to-foreign-firm/>, Letzter Zugriff: 14. November 2019.
- [SGM97] SWAIN, C.P; GONG, F; MILLS, T.N.: Wireless transmission of a colour television moving image from the stomach using a miniature CCD camera, light source and microwave transmitter. *Gastrointestinal Endoscopy*, 1997, Vol. 45, No. 4, p. AB40, DOI:10.1016/S0016-5107(97)80063-6.
- [The02-ol] THE WALL STREET TRANSCRIPT: Gavriel Meron - Given Imaging Inc (givn). 2002. Vgl. <https://www.twst.com/interview/gavriel-meron-given-imaging-inc-givn>, Letzter Zugriff: 5. November 2019.
- [WS16] WALTER, L.; SCHNITTKER, F.: *Patentmanagement – Recherche, Analyse, Strategie*. Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2016.
- [WRW11] WHITMER, B.A.; RAPHAEL, M.; WARREN, B.: Video Capsule Endoscopy: The Past, Present, and Future. In: *J Gastrointest Dig Syst* 01 (S1), 2011. DOI: 10.4172/2161-069X.S1-001.
- [Yin17] YIN, R.K.: *Case Study Research ans Application – Design and Methods*. Sixth Edition: Sage Publications, Los Angeles, 2017.

## Autoren

**Dr. rer. pol. Hüseyin Caferoglu** ist seit April 2021 als Postdoc am Institut für Technologie- und Innovationsmanagement (TIM) der RWTH Aachen University tätig. Er forscht auf dem Gebiet des Technologie- und Innovationsmanagements und setzt sich insbesondere mit der Generierung von Wissen aus Patentinformationen auseinander. Seine Forschungsinteressen umfassen Themen rund um die Entstehung, Konvergenz und Diffusion von Technologien. Zuvor promovierte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) der Universität Bremen. Zwischen 2012 und 2017 studierte er an der Universität Bremen Wirtschaftsingenieurwesen mit der Vertiefung Systementwicklung und Innovationsmanagement.

**Dr. rer. nat. Lothar Walter** war nach Studium und Promotion in Physik an den Universitäten in Darmstadt, Würzburg und Bremen von 1993 bis 2001 für neugegründete Unternehmen im Bereich der Medizintechnik in den neuen Bundesländern aktiv. Für diese Unternehmen war er für die Erarbeitung von Vertriebskonzepten sowie für die Realisierung und Umsetzung eines für Medizinproduktehersteller geforderten Qualitätsmanagements verantwortlich. Seit 2001 ist er als Akademischer Oberrat am Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) im Fachbereich Wirtschaftswissenschaft der Universität Bremen tätig. Als Senior Researcher der Universität Bremen forscht er auf dem Gebiet des Patentmanagements; insbesondere stehen hier Fragen zum methodischen Erfinden, zur Organisation der Patentarbeit und zur Wissenserschließung aus Patenten mittels computergestützter Analysen im Vordergrund.



## **Plenum V**





## **Die Kraft von Startup-Partnerschaften für das Innovationssystem eines Automobilzulieferers**

**Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.**

**Dr.-Ing. Christian Koldewey**

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu**

*Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn*

*Fürstenallee 11, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 60 62 67*

*E-Mail: {jan-philipp.hemkentokrax/christian.koldewey/roman.dumitrescu}@hni.upb.de*

**Dr.-Ing. Daniel Eckelt**

*HELLA Corporate Center GmbH*

*Rixbecker Straße 75, 59552 Lippstadt*

*Tel. +49 (0) 29 41 / 38 57 96*

*E-Mail: daniel.eckelt@hella.com*

**Lennard Haarmann, M.Sc.**

*Fraunhofer Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM*

*Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 54 65 325*

*E-Mail: lennard.haarmann@iem.fraunhofer.de*

### **Zusammenfassung**

Die deutsche Automobil- und Zuliefererindustrie zählt zu den innovativsten Branchen weltweit. Ein besonderes Augenmerk der Investitionen in Forschung und Entwicklung liegt dabei auf den Themen Elektromobilität und automatisiertes Fahren. Jedes dritte Patent, das im Rahmen der Elektromobilität angemeldet wird, kommt aus Deutschland. Die Innovationsstärke der Branche ist stark von Zulieferern geprägt – rund 75% der Innovationen stammen von ihnen.

Die Innovationszyklen in der Automobilindustrie betragen etwa drei bis fünf Jahre. Vor allem in dynamischen Bereichen wie automatisiertes Fahren und Elektromobilität sind sie eher kürzer. Zudem konkurrieren in der frühen Entwicklungsphase oft verschiedene Technologien. Für Automobilzulieferer ist dies eine große Herausforderung. Die Festlegung auf eine Technologie ist mit hohen finanziellen Investitionen und dem Aufbau von personellen Ressourcen und Kompetenzen verbunden. Die parallele Entwicklung alternativer Technologien ist daher häufig nicht umsetzbar. Außerdem herrscht ein hoher Kosten- und Wettbewerbsdruck, so dass Schnelligkeit, Gespür für die richtige Technologie und Kostenkontrolle zählen, um am Markt zu reüssieren.

Diese Herausforderungen resultieren bei Herstellern und Zulieferern in einer Neuausrichtung ihrer Innovationsstrategien. Damit verbunden ist die Transformation ihres Innovationssystems.

Es ist bislang stark auf interne Forschung und Entwicklung sowie Partnerschaften mit etablierten Akteuren ausgelegt, wohingegen das Markt- und Technologieumfeld eine stärkere Kooperation mit innovativen Startups fordert. Der vorliegende Beitrag adressiert die Möglichkeiten, die die Öffnung des Innovationssystems für Startup-Partnerschaften im Sinne der Open Innovation bietet und wie eine Partnerschaft erfolgreich implementiert werden kann.

Die Grundlage hierfür liefert ein Projekt mit dem Automobilzulieferer HELLA. In den Bereichen automatisiertes Fahren und Elektromobilität agiert HELLA als führender Anbieter von RADAR Sensoren, intelligenten Batteriesensoren und Batteriemanagementsystemen. Im Rahmen des Projekts wurden zunächst die geographischen Besonderheiten der Startup-Landschaft in Europa, USA, Israel und China charakterisiert. Anschließend wurden drei praktische Innovationspfade in Partnerschaftsmodellen definiert und ein Phasenmodell zur Integration von Startups als neue Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem von HELLA entwickelt. Auf Basis einer umfassenden Expertenbefragung wurden abschließend Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentiale von Startup-Partnerschaften formuliert.

### **Schlüsselworte**

Open Innovation, Corporate Venturing, Automobilindustrie

# **The power of corporate-startup-partnerships for the innovation system of automotive suppliers**

## **Abstract**

The German automotive and supplier industry is one of the most innovative sectors worldwide. A special focus of research and development investments is on the topics of electromobility and automated driving. Every third patent registered in the context of electromobility comes from Germany. Being responsible for 75% of innovations, the innovation strength of the industry is strongly driven by automotive suppliers.

Innovation cycles in the automotive industry are about three to five years. They tend to be shorter, especially in dynamic areas such as automated driving and electromobility. In addition, different technologies often compete in early development phases, creating uncertainty for the companies.

This is a major challenge for automotive suppliers as committing themselves to a technology is associated with high financial investments and the build-up of human resources and competences. Therefore, the development of alternative technologies is often not feasible. In addition, there is high cost and competitive pressure, so that development speed, a feeling for the right technology and cost control are important in order to succeed.

As a result of these challenges manufacturers and suppliers are reorienting their innovation strategy which requires the transformation of their innovation system. These innovation systems, which up to now have been strongly oriented towards internal research and development as well as cooperation with established players, cannot meet market demand holistically. The possibilities offered by opening up the innovation system for startup partnerships in the sense of open innovation and the question how a partnership can be successfully implemented are the subject of this article.

The basis for this article is provided by a project with the automotive supplier HELLA. In the areas of automated driving and electromobility, HELLA acts as a leading supplier of RADAR sensors, intelligent battery sensors and battery management systems. As part of the project, the geographical characteristics of the startup landscape in Europe, the USA, Israel and China were first characterised. Afterwards, three practical innovation paths in partnership models were defined and a phase model for integrating startups as new value creation partners into HELLA's innovation system was developed. Finally, success factors and potential benefits of startup partnerships were formulated on the basis of a comprehensive survey of experts.

## **Keywords**

Open Innovation, Corporate Venturing, Automotive



“We are going to be partnering more and more and more.”

– John Krafcik, ehemaliger CEO Waymo

## 1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag adressiert Innovationspartnerschaften zwischen etablierten (*Corporate*) und jungen Unternehmen (*Startup*) – sogenannte *Corporate-Startup-Partnerschaften*, die in der Automobil- und Mobilitätsbranche zunehmend an Bedeutung gewinnen [BGD+19, S. 9].

Kaum eine andere Branche ist so sehr von der Innovationskraft und Wertschöpfung ihrer Zulieferer geprägt wie die Automobilindustrie [CZC13, S. 665], [YHG14, S. 298]. 75% der Innovationen entfallen nach Angaben des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) auf Zulieferer [VDA18-ol]. Dabei stammt jedes dritte Patent, das im Rahmen der Elektromobilität angemeldet wird, aus Deutschland [VDA20-ol]. Allerdings sind nicht alle Innovationsvorhaben mit Zulieferern erfolgreich, insbesondere hinsichtlich radikaler Innovationen [ST09, S. 52f.], [GZW+10, S. 648f.]. Im Zuge des technologischen Wandels, getrieben durch die Megatrends Autonomes Fahren, Elektromobilität und Konnektivität sowie weiterer Mobilitätstrends wie Shared Mobility [Tee18, S. 505ff.], [SLM17, S. 239f.], [RKB+17, S. 305f.] verkürzen sich Innovationszyklen [Wag12, S. 37] und führen zu einer enormen Technologieunsicherheit unter Herstellern und Zulieferern [Tee18, S. 501f.], [FKL17, S. 17]. Der hohe Kosten- und Innovationsdruck in der Automobilindustrie [GKB18, S. 1], [GKM+16, S. 13], [IAM10, S. 246] wird weiter verschärft und zieht tiefgreifende Veränderungen der Geschäftsmodelle und Lieferketten nach sich [SBM+15, S. 109], [LSW+18-ol, S. 6]. Die Steigerung der Innovationskraft unter strikter Kostenkontrolle bildet daher die zentrale Herausforderung für Hersteller und Zulieferer [GKB18, S. 1], [IAM10, S. 246]. Vor diesem Hintergrund nehmen Startups eine wichtige Rolle im Innovationssystem ein, da das Wissen, um wettbewerbsfähig zu bleiben, nicht ausschließlich innerhalb der Grenzen etablierter Unternehmensnetzwerke gefunden werden kann [SHS19, S. 165].

Startups werden nachfolgend in Anlehnung an KOLLMANN ET AL. definiert: Zu ihnen zählen Unternehmen, die jünger als 10 Jahre alt sind, ein geplantes Mitarbeiter- und Umsatzwachstum aufweisen und über innovative Produkte, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle oder Technologien verfügen [KHJ+19-ol, S. 22]. Sie bilden eine Untergruppe der Zulieferer [ZBW16, S. 162], deren Ideen sich im Vergleich durch einen höheren Neuheitsgrad und Kundennutzen auszeichnen [HRS19, S. 1750]. Weitere charakteristische Merkmale von Startups sind ihre Risikobereitschaft [OZ14, S. 392; WC15, S. 66] gepaart mit einfachen Organisationsstrukturen, die es ihnen erlauben, Produkte auch in schnelllebigen, disruptiven Märkten zu entwickeln [DEB09, S. 415], [HRS19, S. 1740]. Aus diesem Grund kooperieren sowohl Hersteller als auch Zulieferer vermehrt mit jungen, innovativen Unternehmen [WC15, S. 66f.]. Doch trotz der anerkannten Bedeutung von Startups als Quelle radikaler Innovationen [GZW+10, S. 649], [BH10, S. 689] und ihrer zunehmenden Bedeutung in der Automobil- und Mobilitätsindustrie [BGD+19, S. 9], wird die Zusammenarbeit von Startups und etablierten Unternehmen als herausfordernd beschrieben [HRB+17, S. 21]. In der Praxis werden Startup-Ideen seltener umgesetzt als Ideen etablierter Zulieferer, die neben technischen vor allem wirtschaftliche Kriterien erfüllen

[HRS19, S. 1750]. Zudem bleibt das Vorgehen zur erfolgreichen Implementierung einer Corporate-Startup-Partnerschaft in der Theorie weitestgehend unberücksichtigt [DB20, S. 1].

Der vorliegende Beitrag adressiert diese Forschungslücke. Am Beispiel des Automobilzulieferers HELLA GmbH & Co. KGaA wird aufgezeigt, wie Startups nachhaltig in das Innovationssystem etablierter Unternehmen integriert werden. Darüber hinaus wird untersucht, welche Erfolgsfaktoren bei der Integration ausschlaggebend sind und welche Nutzenpotentiale sich für die Akteure ergeben. Hierzu werden drei leitende Forschungsfragen aufgestellt.

- 1) Wie werden Startups in das Innovationssystem eines Automobilzulieferers integriert?
- 2) Welche Faktoren beeinflussen den Erfolg einer Innovationspartnerschaft?
- 3) Welche Nutzenpotentiale bietet eine Innovationspartnerschaft mit einem Startup?

Das Ergebnis ist ein Phasenmodell zur nachhaltigen Integration von Startups als neue Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem etablierter Unternehmen.

## 2 Ausgangslage

Im Folgenden wird ein Überblick zur Open Innovation in der Automobilindustrie gegeben. Abschnitt 2.1 betrachtet hierzu zunächst den Status Quo des automobilen Wertschöpfungsnetzwerks. In Abschnitt 2.2 wird der Prozess der Open Innovation beschrieben sowie die Begrifflichkeiten Corporate Venturing und Corporate-Startup-Partnerschaft in den Kontext eingeordnet. Abschnitt 2.3 beleuchtet anschließend Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentiale, die mit Corporate-Startup-Partnerschaften assoziiert werden.

### 2.1 Das automobile Wertschöpfungsnetzwerk – Status Quo

Im Rahmen des komplexen Wertschöpfungsprozesses von Fahrzeugen, der sich über verschiedene Bereiche wie Entwicklung, Beschaffung und Produktion erstreckt, sind Automobilhersteller in erheblichem Maße auf vorgelagerte Zuliefererstrukturen angewiesen [Sch08, S. 193]. „In der praxisorientierten Literatur wird häufig von der automobilen Zulieferpyramide gesprochen“ [Sch08, S. 194]. Hierzu zählen auf tiefster Ebene Rohmaterial-, Halbfabrikat- oder Normteillieferanten (Tier 3), Komponentenlieferanten (Tier 2) sowie System- und Modullieferanten (Tier 1) auf den nachgelagerten Wertschöpfungsebenen und der Hersteller (OEM) an der Spitze der Pyramide [Sch08, S. 193]. Weitere Partner sind Entwicklungsdienstleister [Kle17, S. 83].

Im Laufe der Zeit hat sich die automobile Zulieferpyramide zu einem immer komplexeren Wertschöpfungsnetzwerk zahlreicher miteinander verbundener Unternehmen gewandelt [Sch08, S. 193]. Heute erfährt diese Entwicklung, infolge der vier Megatrends Autonomes Fahren, Konnektivität, Elektromobilität und Shared Mobility, eine zunehmende Beschleunigung [ifo19, S. 29]. Sie führen zum Eintritt neuer sowie dem Ausscheiden etablierter Akteure und erfordern zudem eine stärkere Vernetzung der Akteure untereinander.

Die Trends des Autonomen Fahrens und der Elektromobilität bilden das Eintrittstor für Zulieferer neuer Komponenten wie Sensorik, Hochleistungselektronik oder neuartigen Energiespeichern. Gleichzeitig sind etablierte Zulieferer und Entwicklungsdienstleister, beispielweise mit

Fokus auf konventionelle Antriebe, durch die Substitution spezifischer Komponenten in ihrer Existenz bedroht. Im Kontext von Shared Mobility und Konnektivität zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Hier bilden neu entstehende Mobilitätskonzepte und -services sowie die zunehmende Menge an Fahrzeugdaten die Grundlage für den Eintritt von Technologiekonzernen und diversen Dienstleistern. Darüber hinaus drängen entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses innovative Startups in den Automobilmarkt.

Für Hersteller und Zulieferer stellen Startups nicht nur Wettbewerber, sondern auch potenzielle neue und attraktive Kooperationspartner dar. Sie dienen als Quelle radikaler Innovationen [GZW+10, S. 649], die von etablierten Akteuren nur sehr schwer hervorgebracht werden können [SHS19, S. 165]. Startups werden daher zukünftig eine zentrale Rolle im automobilen Wertschöpfungsnetzwerk einnehmen.

## 2.2 Open Innovation – Corporate-Startup-Partnerschaften in der Automobilindustrie

In der Automobilindustrie herrscht ein hoher Kosten- und Innovationsdruck [GKB18, S. 1], [GKM+16, S. 13], [IAM10, S. 246]. Um am Markt zu reüssieren, müssen Unternehmen schnell Ideen entwickeln und sie einer wirtschaftlichen Verwertung zuführen [Rob07, S. 36]. Innovationen stellen somit ein wichtiges Instrument moderner Wettbewerbsprozesse dar – Cooper spricht in diesem Zusammenhang von *new product warfare* [Coo01, S. 1f.]. Dabei entstanden Innovationen lange Zeit ausschließlich innerhalb der Unternehmensgrenzen [Che06b, S. 21]. Entscheidend für den unternehmerischen Erfolg war eine leistungsstarke Abteilung für Forschung und Entwicklung (F&E) [BJW10, S. 1], [IAM10, S. 247]. Infolge steigender Kosten für die interne Entwicklung, kürzerer Produktlebenszyklen [Che06a, S. 20] und der zunehmenden Verfügbarkeit von Risikokapital (Venture Capital) [Che03, S. 36] vollzog sich zu Beginn des 21. Jahrhunderts ein Paradigmenwechsel hin zur *Open Innovation*. Chesbrough definiert Open Innovation als: „[...] *use of purposive inflows and outflows of knowledge to accelerate internal innovation, and expand the markets for external use of innovation, respectively*“ [Che06c, S. 1]. Die Öffnung des Innovationsprozesses legt den Grundstein für Partnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups. Bild 1 veranschaulicht den Prozess der Open Innovation.



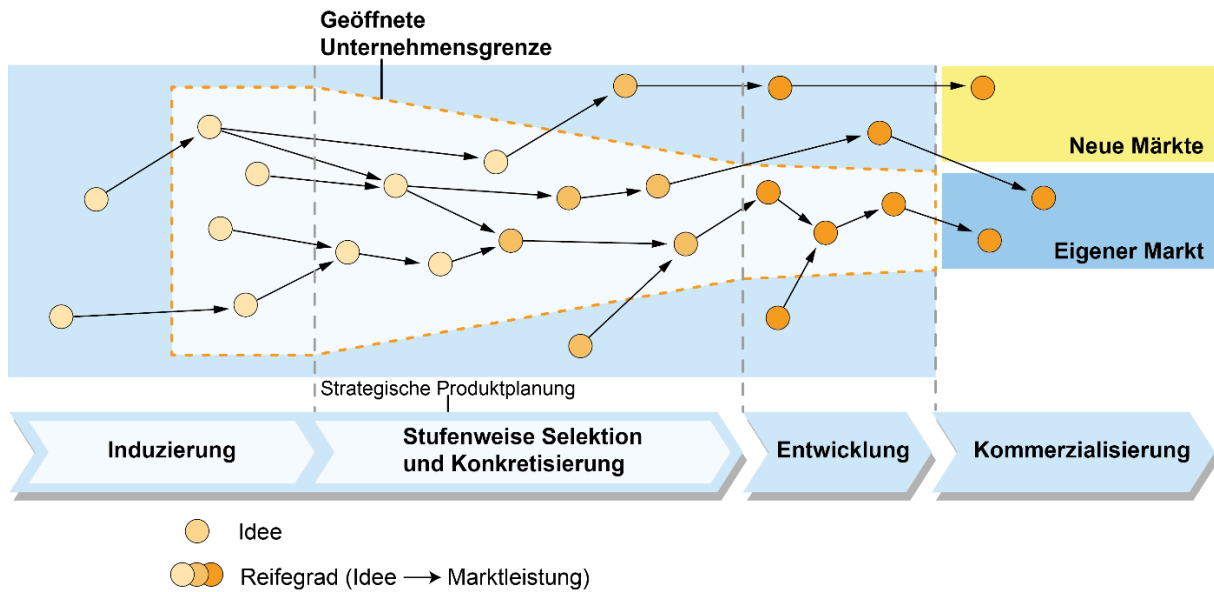


Bild 1: Open Innovation [Ech14, S. 16] in Anlehnung an [Che03, S. 37], [Che06c, S. 3]

Der Begriff Corporate Venturing (CV) beschreibt die Gesamtheit der Mechanismen, die von Unternehmen zum Aufbau dieser Beziehungen eingesetzt werden [NYZ09, S. 59], wie Corporate Venture Capital (CVC), Corporate Acceleratoren<sup>1</sup> und Inkubatoren<sup>2</sup>. CV schlägt somit die Brücke zwischen den Akteuren und bildet den Rahmen für Corporate-Startup-Partnerschaften [NM11, S. 30], [PSM+19, S. 5]. CVC stellt einen typischen CV-Mechanismus und eine Variante des klassischen Venture Capitals (VC) dar. VC beschreibt eine unter Verlustrisiko getätigte Investition zur Finanzierung eines jungen Unternehmens [Grü19-ol]. Beim CVC investieren Unternehmen in Startups, um Zugang zu neuen Technologien, Märkten und Geschäftsmodellen zu erhalten. Anders als VC-Gesellschaften verfolgen sie damit neben finanziellen auch strategische Ziele [PSM+19, S. 19], [WC15, S. 70]. In den meisten Fällen verfügen etablierte Unternehmen über dedizierte CVC-Einheiten, um den Ansprüchen an Flexibilität, Agilität und unternehmerischen Freiraum der VC-Landschaft gerecht zu werden [PSM+19, S. 10], [WC15, S. 70]. Diese Rolle nimmt im Beispiel die CVC-Einheit HELLA Ventures ein. Bild 2 illustriert die Beziehung von Open Innovation, Corporate Venturing und Corporate Venture Capital.

<sup>1</sup> Kurz- bis mittelfristiges Entwicklungsprogramm von etablierten Unternehmen für schnell wachsende Startups. Im Austausch gegen Firmenanteile erhalten Startups finanzielle Unterstützung und Mentoring [PSM+19, S. 19].

<sup>2</sup> Entwicklungsprogramm etablierter Unternehmen für interne und externe Startups, die Zugang zu Einrichtungen, Fachwissen und technischer Unterstützung erhalten [PSM+19, S. 19].

**Open Innovation**

„Open Innovation is the use of purposive inflows and outflows of knowledge to accelerate internal innovation, and expand the markets for external use of innovation, respectively“ [Che06c, S. 1]

**Corporate Venturing**

„[...] corporate venturing is an emerging practice that allows a company to source new innovative opportunities and do speed up a solution that is already showing successful results“ [SAR+20, S. 6]

**Corporate Venture Capital**

„In the case of corporate venture capital, corporations target equity investment at start-ups that are of strategic interest beyond a purely financial return“ [PSM+19, S. 19]

*Bild 2: Framework Open Innovation, Corporate Venturing und Corporate Venture Capital*

Corporate-Startup-Partnerschaften gewinnen branchenübergreifend zunehmend an Bedeutung [DFH+20, S. 6], [BGD+19, S. 5f.]. Insbesondere in technologiegetriebenen, disruptiven Branchen, wie der Automobil- und Mobilitätsindustrie, erkennen etablierte Unternehmen das Potential von Startups [BGD+19, S. 9]. CVC stellt in diesem Zusammenhang ein zentrales Instrument dar. BRIGL ET AL. stellen in ihrer Studie zu Corporate-Startup-Partnerschaften fest, dass 17% der insgesamt 570 befragten Unternehmen der DACH Region<sup>3</sup> über mindestens eine CVC-Einheit in ihrer Organisation verfügen [BGD+19, S. 6]. Die Zahl jährlicher Corporate Investments hat sich im Zeitraum zwischen 2013 und 2019 mehr als verdreifacht von 980 auf 3.232 Investments. Das Investitionsvolumen stieg dabei von \$19 auf \$134 Billionen an [PS19-ol, S. 7].

## 2.3 Nutzenpotentiale und Erfolgsfaktoren von Corporate-Startup-Partnerschaften

Corporate-Startup-Partnerschaften bieten zahlreiche Vorteile für die beteiligten Akteure. Ihre Realisierung ist jedoch mit Herausforderungen verbunden [MMV+10, S. 53]. Nachfolgend werden zentrale Nutzenpotentiale, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren betrachtet.

Startups gelten als anerkannte Quelle radikaler Innovationen [GZW+10, S. 649], [BH10, S. 689]. Ihre Ideen bieten oftmals einen höheren Neuheitsgrad und Kundennutzen als Ideen etablierter Lieferanten [HRS19, S. 1750]. Partnerschaften mit jungen, innovativen Unternehmen liefern Konzernen somit Impulse für neue Technologien, Geschäftsmodelle und Arbeitsweisen [Fre19a, S. 30], [DFH+20, S. 11], [BGD+19, S. 7]. Sie gewährleisten darüber hinaus Zugang zu hochqualifizierten, potenziellen Arbeitskräften [DFH+20, S. 11]. Zudem zeichnen sich Startups durch ihre einfachen Organisationsstrukturen aus, die es ihnen erlauben, Produkte auch in schnelllebigen, disruptiven Märkten zu entwickeln [DEB09, S. 415], [HRS19, S. 1740]. Sie

<sup>3</sup> Akronym für Deutschland, Österreich und Schweiz.

ermöglichen etablierten Unternehmen im Rahmen einer Partnerschaft somit eine erhebliche Beschleunigung des Entwicklungsprozesses [DFH+20, S. 11] und verkürzen die Time-to-Market<sup>4</sup> [LMP+13, S. 44]. Startups auf der anderen Seite erhalten Zugang zu Kunden, Technologien und Produktionskapazitäten [Fre19a, S. 30], [SHS19, S. 165]. Außerdem fehlt Startups die nötige Akzeptanz und Reputation am Markt. SIMON ET AL. merken hierzu an: „[...] *it is difficult for startups to obtain proof of concept*“ [SHS19, S. 169]. Etablierte Unternehmen fungieren daher als Referenzkunden zur Erschließung von Zielmärkten [SHS19, S. 172]. Trotz dieser **zahlreichen Nutzenpotentiale** erfüllen Corporate-Startup-Partnerschaften nur selten die Erwartungen [DFH+20, S. 13], [BGD+19, S. 11].

Ursächlich sind **diverse Herausforderungen**: Fehlendes Branchenwissen der Startups führt häufig zu Komplikationen in der Partnerschaft und der Kundenbeziehung [GS20, S. 14]. Insbesondere in stark reglementierten Branchen wie der Automobilindustrie erschweren hohe Qualitätsstandards die schnelle Lieferung erster Ergebnisse durch Startups [HRB+17, S. 14]. Erhebliches Konfliktpotential bietet zudem der Umgang mit Intellectual Property (IP) im Rahmen einer Partnerschaft. Das Risiko des IP-Missbrauchs wirkt sich negativ auf die Bereitschaft von Startups aus, eine Partnerschaft mit einem etablierten Unternehmen einzugehen [SHS19, S. 173]. Nicht zuletzt führen inhärente organisationskulturelle Unterschiede zwischen den Akteuren zu Missverständnissen und Konflikten in der Partnerschaft [GZW+10, S. 640].

Um diese Herausforderungen zu bewältigen und die Zusammenarbeit nachhaltig positiv zu gestalten, müssen **zentrale Erfolgsfaktoren** berücksichtigt werden. Ausgangspunkt einer möglichen Corporate-Startup-Partnerschaft bildet daher stets die Identifikation einer Win-Win-Konstellation, in der die Interessen beider Partner berücksichtigt werden [Fre19b, S. 19]. Dabei müssen Ziele, Vorstellungen und Meilensteine eindeutig definiert und kommuniziert werden [DFH+20, S. 18], [BGD+19, S. 15ff.]. Insbesondere für Partnerschaften mit Kapitalbeteiligung (CVC Investments) besitzen zudem die Unterstützung aus dem Top Management [DFH+20, S. 17], [NHR+19, S. 753f.], [IAM10, S. 253] sowie der strategische Fit des Startups zum Kerngeschäft des Unternehmens erfolgsrelevanten Charakter [BGD+19, S. 19f.], [BM14, S. 283].

Auf operativer Ebene ist die Mindestgröße der Pilotprojekte entscheidend für den Erfolg einer Partnerschaft [DFH+20, S. 19]. Außerdem erfordern Corporate-Startup-Partnerschaften häufig einen kulturellen Wandel seitens des etablierten Unternehmens [WB14, S. 821], der mit dem Aufbau von Respekt [BGD+19, S. 29] und Vertrauen [SHS19, S. 174] einhergeht.

### 3 Methodik

Die Beantwortung der leitenden Forschungsfragen erfordert ein geeignetes Forschungsdesign, das gewährleistet, relevante Daten zu erheben und zu analysieren. In Abschnitt 3.1 wird zunächst das Forschungsdesign erläutert. In Abschnitt 3.2 folgt die Vorstellung des Anwendungsunternehmens. Das Kapitel schließt mit einem Überblick zur Datenerhebung und -analyse.

---

<sup>4</sup> Dauer von der Produktentwicklung bis zur Marktreife [Kre18-ol.].

### 3.1 Forschungsdesign – Fallstudienuntersuchung

Die Fallstudienuntersuchung ist ein weit verbreitetes Forschungsinstrument, das dazu dient, komplexe Phänomene, über die ein geringer Kenntnisstand besteht, unter Berücksichtigung relevanter Kontextbedingungen zu untersuchen [Yin14, S. 4]. Sie eignet sich insbesondere zur Beantwortung von Fragestellungen nach dem *Wie* und *Warum* [Yin14, S. 9ff.]. Vor dem Hintergrund des geringen Forschungsstands über die erfolgreiche Implementierung von Corporate-Startup-Partnerschaften (vgl. Kapitel 1) fällt die Wahl für das methodische Vorgehen zur Beantwortung der leitenden Forschungsfragen auf die Fallstudienuntersuchung. Ihre methodische Stärke liegt in der Berücksichtigung verschiedener Datenquellen, die sich im Sinne der Datentriangulation komplementär ergänzen und dem übergeordneten Ziel der Theorieentwicklung dienen [Eis89, S. 535f.], [Yin14, S. 17; 120f.]. Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Fallstudienuntersuchung das Ziel auf Basis von Experteninterviews, ergänzenden Gesprächsprotokollen sowie internen Unternehmensdokumenten Rückschlüsse auf die nachhaltig erfolgreiche Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA zu erhalten. Sie wurde in Anlehnung an das Standardwerk von YIN konzipiert und gliedert sich in sechs aufeinanderfolgende, iterative Prozessschritte wie Bild 3 verdeutlicht [Yin14, S. 1].

“The path begins with a thorough literature review and the careful and thoughtful posing of research questions or objectives” [Yin14, S. 3]. Der Prozessschritt Plan wurde somit im Rahmen der beiden vorangegangenen Kapitel adressiert. Die Untersuchung wird anschließend als Einzelfallstudie des Anwendungsunternehmens HELLA GmbH & Co. KGaA konzipiert (*Design*). In diesem Zuge wird ein Fallstudienprotokoll<sup>5</sup> zur Dokumentation angefertigt (*Prepare*). Die Prozessschritte *Collect* (Datenerhebung) und *Analyze* (Datenanalyse) werden im Abschnitt 3.2 näher beleuchtet. Kapitel 4 dokumentiert die Ergebnisse der Fallstudie und bildet den abschließenden Prozessschritt *Share*.

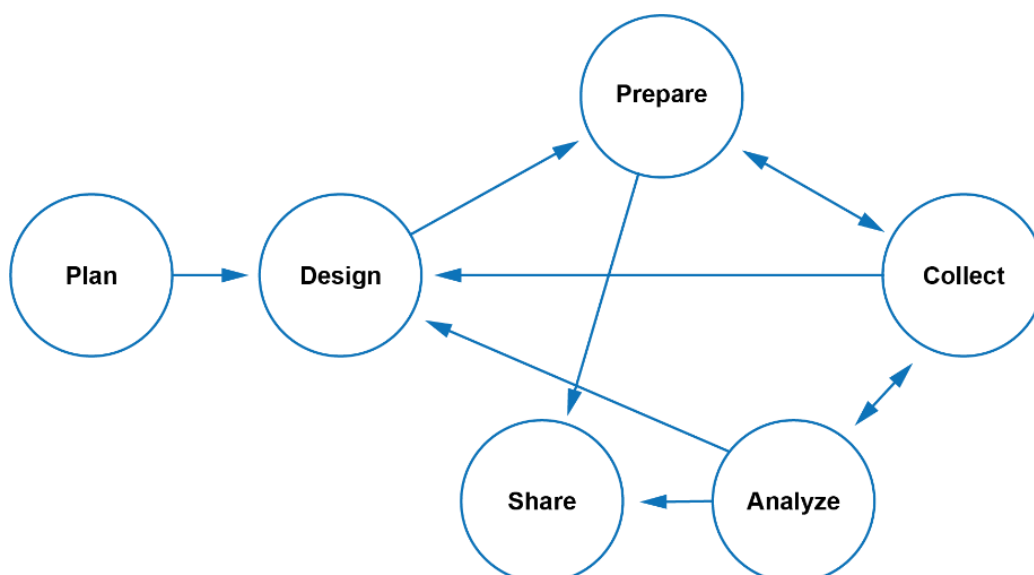


Bild 3: Vorgehen im Rahmen einer Fallstudienuntersuchung [YIN14, S. 1]

<sup>5</sup> Das Fallstudienprotokoll dient als strukturgebendes Element und dokumentiert das Vorgehen der Untersuchung

## 3.2 Das Anwendungsunternehmen HELLA GmbH & Co. KGaA

HELLA ist ein börsennotiertes, global aufgestelltes Familienunternehmen mit über 125 Standorten in rund 35 Ländern. Mit einem währungs- und portfoliobereinigten Umsatz von 6,5 Milliarden Euro (berichtet: 6,4 Milliarden Euro) im Geschäftsjahr 2020/2021 sowie über 36.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zählt HELLA zu den weltweit führenden Automobilzulieferern. Spezialisiert auf innovative Lichtsysteme und Fahrzeugelektronik ist HELLA seit mehr als hundert Jahren ein wichtiger Partner der Automobilindustrie sowie des Aftermarket. Darüber hinaus entwickelt, fertigt und vertreibt HELLA im Segment Special Applications Licht- und Elektronikprodukte für Spezialfahrzeuge.

## 3.3 Datenerhebung und Datenanalyse

Im Rahmen der Datenerhebung wurden zwölf leitfadengestützte Experteninterviews mit Führungskräften und Verantwortlichen der Produktbereiche Driver Assistance Systems und Energy, des Bereichs Corporate Legal Germany sowie des Corporate Venture Capitalist HELLA Ventures geführt. Die Interviews dauerten 30 bis 45 Minuten und wurden im Einvernehmen mit den Gesprächspartnern aufgezeichnet und transkribiert. Sie dienen als Primärdatenquelle und werden durch zusätzliche Gesprächsprotokolle aus begleitenden Terminen mit den Experten sowie interne Unternehmensdokumente komplementär ergänzt (Datentriangulation). Zur Durchführung und Strukturierung der Interviews wurde in Anlehnung an KAISER sowie GLÄSER und LAUDEL ein Interviewleitfaden entwickelt, der den Gesprächspartnern vorab zur Verfügung gestellt wurde [Kai14], [GL10].

Das gesammelte Datenmaterial wurde anschließend einer qualitativen Inhaltsanalyse nach

MAYRING unterzogen, um den Integrationsprozess von Startups in das Innovationssystem von HELLA systematisch zu erfassen und in einem Phasenmodell abzubilden [May15]. Die Datenanalyse erfolgte entlang eines Kodierleitfadens<sup>6</sup> und gliedert sich in drei aufeinander aufbauende Analyseschritte. In einem ersten Schritt wurden unter Verwendung des Kodierleitfadens induktiv Kategorien zur Systematisierung des Integrationsprozesses von Startups gebildet. Dazu wurden zunächst alle inhaltstragenden Textstellen paraphrasiert, bedeutungsgleiche Paraphrasen gestrichen sowie sich aufeinander beziehende Paraphrasen gebündelt und mit Schlagwörtern kodiert [May15, S. 70f.]. Das Ergebnis ist ein umfangreiches Kategoriensystem. Um Redundanzen und wiederkehrende Codes (Kategorien) zu vermeiden, wurde das Kategoriensystem nach Durchsicht von etwa 50% des Datenmaterials einer Revision unterzogen. Anschließend erfolgte die Durchsicht und Kategorisierung des gesamten Datenmaterials entlang des überarbeiteten Kategoriensystems [May15, S. 86]. In einem zweiten Analyseschritt wurde eine weitere Reduktion des Datenmaterials durch Bündelung der Einzelcodes aus Analyseschritt 1 zu Unterkategorien erzielt. Die Unterkategorien wurden inhaltlich definiert und neu kodiert. Dieser Analyseschritt wurde anschließend wiederholt, um inhaltsnahe Unter- in Hauptkategorien zu bündeln. Sie bilden die Grundlage für das Phasenmodell. Abschließend wurden zentrale Erfolgsfaktoren dieses Vorgehens aus den Interviews extrahiert und den Experten im

---

<sup>6</sup> Der Kodierleitfaden enthält Angaben und Regeln zum Kodieren des Datenmaterials.

Rahmen einer Erfolgsfaktorenanalyse nach GAUSEMEIER und PLASS zur Bewertung vorgelegt, um die Ergebnisse inhaltlich weiter anzureichern [GP14, S. 140].

## 4 Ergebnisse

Für eine erfolgreiche Integration von Startups als neue Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem etablierter Unternehmen müssen zahlreiche Besonderheiten zwischen den mitunter äußerst ungleichen Akteuren berücksichtigt werden. In Abschnitt 4.1 werden daher zunächst charakteristische Merkmale der Startup-Landschaft sowie drei typische Innovationspfade skizziert. Abschnitt 4.2 beschreibt das konkrete Vorgehen zur Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA. Das Kapitel schließt mit der Betrachtung zentraler Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentiale einer Partnerschaft zwischen HELLA und Startups in Abschnitt 4.3.

### 4.1 Startup-Landschaft und Innovationspfade bei HELLA

Die Experteninterviews zeigen, dass sich Startups je nach geographischer Lage deutlich in ihren Profilen unterscheiden. Für HELLA sind im betrachteten Marktsegment im Wesentlichen Startups aus Europa, USA, China und Israel von Bedeutung. Die diversifizierte Startup-Landschaft lässt sich entlang charakteristischer Eigenschaften der Gründer (Gründerprofil) sowie der Kapitalverfügbarkeit und Investitionsbereitschaft (Investitionskultur) genauer differenzieren. Bild 4 veranschaulicht die Startup-Profile der verschiedenen Wirtschaftsräume.

In **Europa** und speziell Deutschland sind Gründer oftmals junge, ambitionierte Personen, die nach einer Startup-Erfahrung suchen. Aufgrund der häufig noch nicht vorhandenen Fehlerkultur in Unternehmen und der geringen Risikobereitschaft vieler Investoren haben es Startups, abgesehen von Startup-Hotspots wie Berlin, schwer [WSP17, S. 74]. Internationale Venture Capital Gesellschaften sind traditionell risikoaffiner und bieten daher mehr Chancen. In den **USA** hingegen haben es Gründer meist einfacher. Die offenere und Risiko-tolerantere Investitionskultur gepaart mit einer hohen Kapitalverfügbarkeit und positiven Fehlerkultur (Fail-Fast-Einstellung) bieten optimale Bedingungen für die hochqualifizierten Gründer [WSP17, S. 74f.]. Sie zeichnen sich durch ihren Pragmatismus und eine starke Bedarfsorientierung aus, die in Startup-Ökosystemen wie dem Silicon Valley, in New York oder Boston auf fruchtbaren Boden und zahlreiche visionäre Investoren trifft [SG21, S. 18f.]. Darüber hinaus existiert in den USA ein historisch gewachsenes Netzwerk aus erfolgreichen Gründern und zahlreichen Intermediären wie u.a. Investoren, Unternehmensberatungen und Universitäten [WSP17, S. 71]. Ein gänzlich anderes Startup-Profil skizziert sich in **China**. Die pragmatischen und stark geschäftsorientierten Gründer werden im Rahmen von staatlichen Förderprogrammen und Agenden großzügig finanziell unterstützt – entsprechend stark ist die Bindung an den Staat. Innovationen werden vor allem in den Startup-Ökosystemen Peking und Shanghai gefördert [SG21, S. 18f.]. Eine besondere Startup-Landschaft hat sich zudem in **Israel** entwickelt. Die Gründer, meist jungen bis mittleren Alters, haben oftmals einen Hintergrund in der Militärforschung. Kapital wird den innovativsten Technologie-Startups sowohl von nationalen als auch internationalen VC-Gesellschaften zur Verfügung gestellt. Zudem zählt Tel Aviv zu den weltweit führenden Startup-Hotspots [SG21, S. 19].



Bild 4: Startup-Profile ausgewählter Wirtschaftsräume

Im Fokus der Partnerschaften produzierender Unternehmen stehen im Wesentlichen Produktinnovationen. Hier können drei typische Innovationspfade unterschieden werden. Der *erste* Pfad mündet in der **Erweiterung des Produktportfolios** auf dem bereits adressierten Markt, zum Beispiel eine neue RADAR-Variante mit erweiterter Funktionalität. Die Kombination von komplementärem Wissen der beiden Partner ermöglicht es, Synergieeffekte und Wettbewerbsvorteile im Rahmen der Zusammenarbeit zu realisieren. Pfad *zwei* beschreibt die **Entwicklung eines neuen Produkts** für einen neuen Markt, zum Beispiel Sensor-Typen für automatisierte Fahrwendungen, die bislang nicht im Produktportfolio waren. Unklare Marktanforderungen bergen diverse Risiken bei einer ausschließlich internen Entwicklung. Durch eine Partnerschaft können die Risiken besser verteilt werden. Der *dritte* Pfad wird besprochen, wenn das Startup eine Technologie zur Verfügung stellt, die eine deutliche Leistungssteigerung eines bereits im Markt befindlichen Produkts verspricht. Es handelt sich um eine **Verbesserung des bestehenden Produktportfolios** auf dem bereits adressierten Markt, die kurzfristig umgesetzt wird.

## 4.2 Die Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA

Die Integration von Startups als Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem von HELLA gilt den zuvor beschriebenen Innovationspfaden und gliedert sich in vier Phasen (Bild 5).

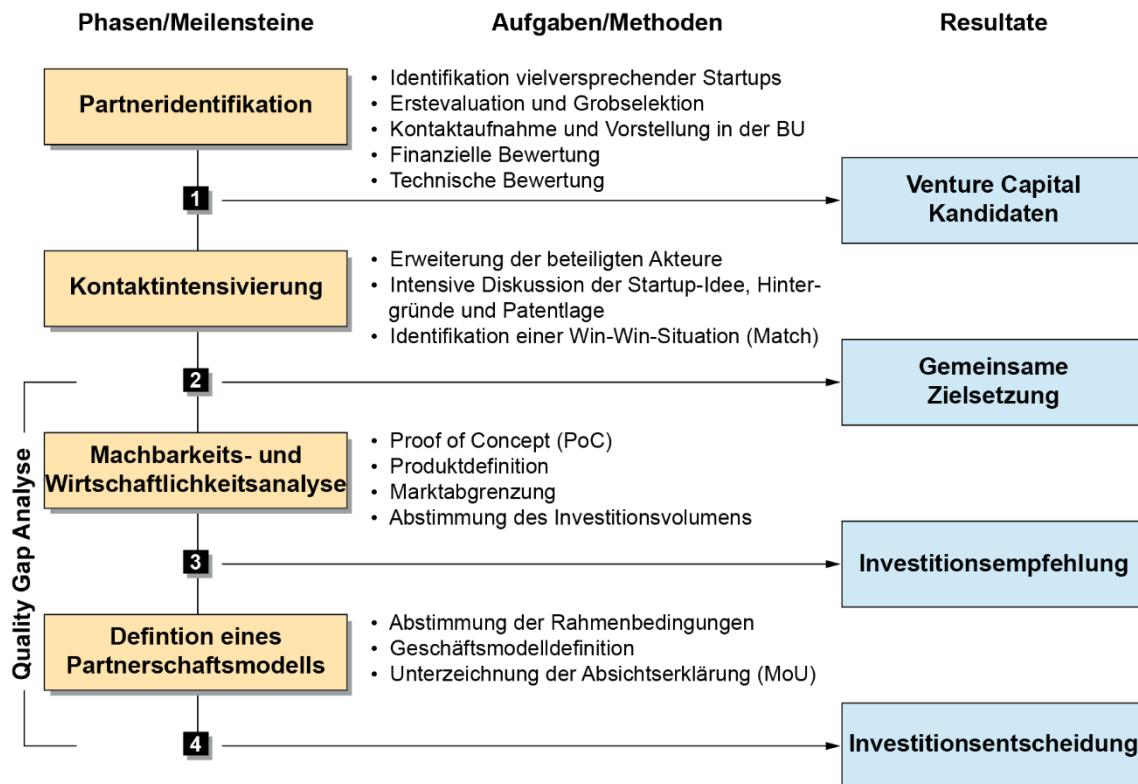


Bild 5: Phasen-Meilenstein-Diagramm zur Integration von Startups als Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem von HELLA

Der Prozess beginnt mit der **Partneridentifikation** (Phase 1). Entlang definierter Suchfelder werden Startups identifiziert, bewertet und selektiert. Im Rahmen der **Kontaktintensivierung** (Phase 2) erweitert sich der Kreis der Akteure. Es werden Potentiale identifiziert, um zu einer gemeinsamen Zielsetzung zu gelangen. **Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalysen** (Phase 3) dienen dazu, die technische und ökonomische Umsetzbarkeit der Startup-Idee zu evaluieren und eine Investitionsempfehlung abzugeben. Es folgt die **Definition eines Partnerschaftsmodells** (Phase 4) mit Unterzeichnung der Absichtserklärung, die als Grundlage für die finale Investitionsentscheidung dient und in die Vertragsverhandlungen überleitet. Hier werden die zuvor unverbindlichen Rahmenbedingungen der Absichtserklärung fixiert. Parallel dazu wird im Rahmen der **Quality Gap Analyse** die Prozessreife des Startups für eine gemeinsame Produktentwicklung geprüft. Die einzelnen Phasen bedingen sich gegenseitig und werden in Abhängigkeit der Resultate am Ende einer Phase bei Bedarf erneut durchlaufen.

### Phase 1 – Partneridentifikation

Die Partneridentifikation gliedert sich in drei aufeinanderfolgende Schritte. Zunächst erfolgt die initiale Partnersuche entlang strategischer Suchfelder der CVC-Einheit HELLA Ventures. Der Suchfokus liegt auf Startups der Klassifizierung Series A/B<sup>7</sup>. Ausgewählte Startups werden nach einer Grobselektion und dem Erstkontakt durch die CVC-Einheit in der Business Unit

<sup>7</sup> Series A/B Startups zählen in Anlehnung an die Klassifizierung nach KOLLMANN ET AL. zur Startup-Stage. Sie verfügen über ein marktreifes Angebot und können erste Umsätze und Nutzer verzeichnen [KHJ+19-ol, S. 25].



(BU) vorgestellt und anschließend entlang technischer sowie wirtschaftlicher Kriterien bewertet. Von zentraler Bedeutung ist in diesem Zusammenhang neben der strategischen Relevanz des Startups auch die Fähigkeit der Gründer zur Umsetzung ihrer Idee, wie ein Experte erklärt:

*„Tolle Ideen haben ist eine Sache [...], sie entsprechend umzusetzen ist wichtig [...]. Dazu braucht es ein Team, das erfahren ist in der Umsetzung von Innovationen.“*

Die Bewertung der Startups erfolgt anhand von ausgewählten Kriterien, die einzelfallspezifisch adaptiert und in einer Scorecard zusammengefasst werden. Während die finanzielle Bewertung primär in den Aufgabenbereich der CVC-Einheit fällt, ist die Business Unit aufgrund ihrer umfangreichen Kompetenzen für die technische Bewertung zuständig. Das Resultat der Partneridentifikation ist eine Auswahl geeigneter Startups, die für ein Investment in Frage kommen.

## **Phase 2 – Kontaktintensivierung**

Nach der Identifikation, Auswahl und Vorstellung geeigneter Startups durch HELLA Ventures folgen trilaterale Gespräche zwischen Verantwortlichen der Business Unit, der CVC-Einheit und des Startups. Hierbei werden die Startup-Idee sowie Hintergründe der Unternehmung und die aktuelle Patentlage diskutiert. Entscheidend ist in der Folge, dass Potentiale identifiziert werden, über die ein sog. Match zwischen den Akteuren entsteht, wie ein Experte betont:

*„Im Prinzip muss der Match hergestellt werden. Wir als HELLA bringen den Marktzugang und die Automotive Erfahrung. Und auf der anderen Seite muss das Startup ein für Automotive relevantes Produkt haben, wo wir Marktpotential erkennen.“*

Die Identifikation des Matches zwischen den Akteuren ist insbesondere im Hinblick auf die Gestaltung einer eindeutigen Zielsetzung von Bedeutung. Diese kann sich jedoch laut Experten im Verlauf einer Partnerschaft durchaus ändern und somit als sog. „Moving Target“ herausstellen.

## **Phase 3 – Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalyse**

In dieser Phase geht es vor allem darum, die technische Umsetzbarkeit der Startup-Idee sowie ihr Integrationspotential in ein Produkt mit HELLA zu evaluieren. Dazu erbringt das Startup zunächst einen Proof of Concept, indem ein konkreter Use Case beschrieben und das Konzept erprobt wird. Im Zuge der anschließenden Prototypentwicklung wird das Integrationspotential der Technologie ermittelt. Die Experten sprechen vom Proof von Integration Capability (PoIC):

*„Das ist nochmal ein detailliertes Proof of Concept. Man könnte es in diesem Fall als Proof of Integration Capability bezeichnen. Jetzt geht es nicht nur darum, dass die Technologie funktioniert, sondern sich auch sinnvoll integrieren lässt in unser Produkt.“*

Diese wichtige Phase im Rahmen der Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA wird jedoch häufig durch protektionistische Maßnahmen zum IP-Schutz erschwert. Da das IP von entscheidender strategischer Bedeutung für das Fortbestehen des Startups ist, agieren Startups sehr vorsichtig im Umgang mit Informationen, die ihr IP betreffen. Um Entwicklungs-

verzögerungen in dieser Phase zu vermeiden, werden Geheimhaltungsvereinbarungen unterzeichnet und bei Bedarf Evaluierungslizenzverträge geschlossen. Dabei handelt es sich um eine vorvertraglich zugesicherte Testlizenz zur Evaluierung der Startup-Technologie im Rahmen der Prototypentwicklung, für die das Startup im Gegenzug erste Lizenzzahlungen erhält.

#### **Phase 4 – Definition eines Partnerschaftsmodells**

Im Vergleich zur vorherigen Phase, in der die Umsetzbarkeit der Startup-Idee evaluiert wird, dient diese Phase der Definition eines geeigneten Geschäftsmodells sowie der Gestaltung der Rahmenbedingungen einer Partnerschaft. Zentrales Element ist in diesem Zusammenhang das Memorandum of Understanding (MoU). Das MoU ist eine unverbindliche Absichtserklärung, mit der sich die Akteure grundsätzlich einverstanden erklären, in eine Partnerschaft einzutreten. Sie bildet die Grundlage für die Investitionsentscheidung, wie ein Experte erläutert:

*„Während es beim Proof of Concept im Wesentlichen um technische Inhalte geht, ist das MoU die Beschreibung des Geschäftsmodells, der Partnerschaft und der Rollen. [...] Auf dieser Basis wird dann ein Investment getätigt.“*

Eine entscheidende Herausforderung in diesem Zusammenhang ist die Verteilung der Rollen. Üblicherweise agieren Corporates als Tier 1, während Startups die Rolle der Technologielieferanten einnehmen, um Missverständnissen in der Kundenkommunikation vorzubeugen. Im Anschluss an die Definition des Partnerschaftsmodells und der damit verbundenen Investitionsentscheidung treten die Akteure in die Vertragsverhandlungen ein. Die unverbindlichen Rahmenbedingungen, auf die sich die Partner im MoU verständigt haben, werden konkretisiert und fixiert. Es dominieren Aspekte zur Rollenverteilung, Exklusivrechten sowie IP-Richtlinien. Aus Startup-Perspektive ist diese Phase mit der Frage nach der eigenen Autonomie verbunden.

#### **Quality Gap Analyse**

Parallel zu den Phasen drei und vier verläuft die Quality Gap Analyse – ein Prüfverfahren, um Qualitäts- und Sicherheitsstandards der Automobilindustrie sicherzustellen und die Prozessreife des Startups für eine gemeinsame Produktentwicklung zu evaluieren. Das Ergebnis ist eine Gap-Liste, auf der Mängel und Handlungsbedarfe vermerkt sind, die im Rahmen der Partnerschaft sukzessive durch das Startup aufgearbeitet werden müssen. Die Quality Gap Analyse bildet die Grundlage für den Vertragsabschluss und ist darüber hinaus Voraussetzung für die Freigabe einer drauffolgenden Kundenakquisition und Serienentwicklung.

#### **Fazit**

Das Vorgehen zur nachhaltig erfolgreichen Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA gliedert sich entlang zentraler Meilensteine in vier Phasen sowie die phasenübergreifende Quality Gap Analyse. Bei dem Aufbau der Partnerschaften zählen Geschwindigkeit und Flexibilität. Deshalb wird die hier vereinfacht dargestellte starre Abfolge von Phasen und Meilensteinen häufig situationsbedingt angepasst.

### 4.3 Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentiale einer Startup-Partnerschaft

Im Rahmen der Datenanalyse wurden 20 charakteristische Erfolgsfaktoren einer Corporate-Startup-Partnerschaft extrahiert, die den Experten im Rahmen einer Erfolgsfaktorenanalyse vorgelegt werden. Die Bewertung erfolgt aus Perspektive des Anwendungsunternehmens und dient der Identifikation konkreter Handlungsbedarfe. Bewertet wird die Bedeutung des Erfolgsfaktors von 0 (*unwichtig*) bis 4 (*wichtig*) und die Ausprägung des Erfolgsfaktors für eine ausgewählte Partnerschaft von 0 (*schwach*) bis 4 (*stark*). In einem zweiten Schritt folgt die Visualisierung der Umfrageergebnisse im Erfolgsfaktoren-Portfolio. Dazu wird die mittlere Bedeutung des Erfolgsfaktors auf der Ordinate und das gewichtete Mittel der Ausprägung eines Erfolgsfaktors auf der Abszisse abgetragen. Es ergeben sich drei Bereiche im Portfolio: (1) kritische Erfolgsfaktoren, die eine hohe Bedeutung haben, aber im Rahmen der Partnerschaft nicht stark ausgeprägt sind – hier besteht Handlungsbedarf; (2) ausgeglichene Erfolgsfaktoren, die in ihrer Bewertung hinsichtlich Bedeutung und Ausprägung ausbalanciert sind und (3) überbewertete Erfolgsfaktoren, die positiv bewertet werden, aber nur von geringer Bedeutung für den Erfolg der Partnerschaft sind [GP14, S. 140]. Das Portfolio in Bild 6 zeigt exemplarisch Stärken und Schwächen einer Partnerschaft, aus denen sich Handlungsempfehlungen und Implikationen für das Management einer Corporate-Startup-Partnerschaft ableiten lassen.

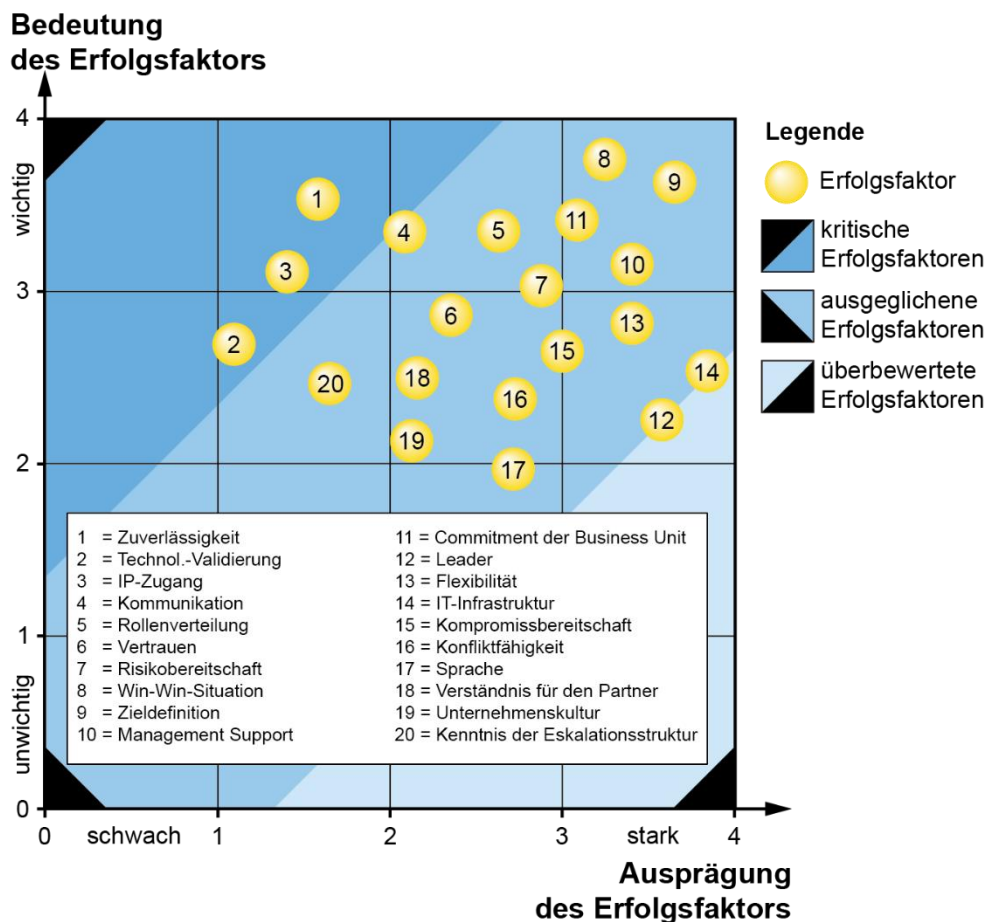


Bild 6: Exemplarisches Erfolgsfaktoren-Portfolio einer ausgewählten Startup-Partnerschaft

Das Portfolio verdeutlicht, dass alle extrahierten Erfolgsfaktoren zum Erhebungszeitpunkt von den Experten als wichtig eingestuft werden. Einzelne Faktoren wie *Unternehmenskultur* und *Sprache* werden dabei weniger wichtig bewertet, während die Identifikation einer *Win-Win-Situation* und eine eindeutige *Zieldefinition* von zentraler Bedeutung für den Erfolg einer Corporate-Startup-Partnerschaft sind.

Die Studienergebnisse zeigen zudem, dass ein Großteil der erhobenen Faktoren im Hinblick auf ihre Bedeutung für den Erfolg sowie ihrer Ausprägung in der betrachteten Partnerschaft ausgeglichen sind. Sie offenbaren daher keinen direkten Handlungsbedarf. Zu den kritischen Erfolgsfaktoren, die unmittelbaren Handlungsbedarf implizieren, zählen neben dem *IP-Zugang* und der *Technologievalidierung* auch die *Zuverlässigkeit* und *Kommunikation* zwischen den Partnern. Alle vier Faktoren besitzen eine hohe Bedeutung für den Erfolg einer Corporate-Startup-Partnerschaft, werden allerdings relativ schwach bewertet. Zu den überbewerteten Erfolgsfaktoren zählen das Vorhandensein eines *Leaders* und einer geeigneten *IT-Infrastruktur*.

Den Nutzen einer Corporate-Startup-Partnerschaft schätzen die Experten trotz der zuvor in Abschnitt 4.2 adressierten Herausforderungen als vielversprechend ein. Entsprechend der Expertenmeinungen können sie eine risikoärmere und kapitalschonendere Alternative zur klassischen in-house-Entwicklung darstellen:

*„[...] genau das ist der Nutzen, dass wir als HELLA mit einem überschaubaren Risiko Ideen verifizieren können. Wenn es nicht funktioniert, müssen wir nicht 80 Leute entlassen, sondern schauen, wie man mit dem Startup weitermacht. Das Risiko [...] ist ein anderes.“*

Darüber hinaus fungieren Startups als Beschleuniger im Entwicklungsprozess. Durch ihre hohe Agilität können Ideen schnell und unkompliziert umgesetzt werden. Zudem ermöglichen sie durch das frühe Verfügbarmachen bestimmter Technologien die Entwicklung neuer Produkte und Produktgenerationen, wie ein Experte schildert:

*„[Der Nutzen ist] eine deutliche Beschleunigung des Entwicklungsprozesses, der uns dahin bringt, dass wir unser Produkt als Erster auf den Markt bringen können. Also ein Zeitfaktor, der dort im Mittelpunkt steht.“*

### **Fazit:**

Im Zuge der Datenanalyse wurden 20 Erfolgsfaktoren für Corporate-Startup-Partnerschaften aus den Experteninterviews extrahiert. Die Identifikation einer Win-Win-Situation sowie eine eindeutige Zieldefinition sind dabei von besonderer Bedeutung, um Nutzenpotentiale zu realisieren. Partnerschaften mit Startups dienen etablierten Unternehmen in diesem Zusammenhang als risikoarme und kapitalschonende Variante, den Entwicklungsprozess zu beschleunigen.

## **5 Diskussion der Ergebnisse und Auswirkungen auf die Innovationslandschaft in der Automobilindustrie**

Startups sind agil, innovativ und haben Zugang zu Kapital. In Kapitel 4 haben wir aufgezeigt, wie ein komplementäres Innovationssystem aus Automobilzulieferern und Startups erfolgreich

etabliert wird. Nachfolgend diskutieren und interpretieren wir die Ergebnisse vor dem Hintergrund bestehender Erkenntnisse. Im Rahmen von zwei Zukunftsentwürfen adressieren wir abschließend Auswirkungen dieser Entwicklung für die automobilen Innovationslandschaft.

## **5.1 Diskussion der Ergebnisse zur Startup-Landschaft und Innovationspfaden bei HELLA**

Startups aus Europa, USA, China und Israel sind für HELLA im betrachteten Marktsegment der Fahrerassistenzsysteme von besonderer Bedeutung. Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass es sich um eine heterogene Innovationslandschaft handelt. Sie unterstreichen in diesem Zusammenhang bestehende Erkenntnisse der Forschung. In einer Studie zu europäischen Startup-Ökosystemen von GRILO ET AL. beklagen Startups den erschwerten Zugang zu geeigneten Finanzierungsinstrumenten [GAZ+17, S. 545]. Diese Erkenntnis deckt sich mit dem von den Experten skizzierten Startup-Profil für Europa. HE ET AL. zeigen auf, dass in China derzeit staatliche Fördermaßnahmen, wie die 2015 verabschiedete Agenda „*mass entrepreneurship and innovation*“ dominieren [HLQ19, S. 564]. Die Interviewergebnisse der vorliegenden Studie unterstreichen diese Erkenntnis. Das Startup-Profil in den USA wird hingegen entscheidend durch das Silicon Valley geprägt. HENTON und HELD sprechen von einem besonderen „*innovation habitat*“ [HH13, S. 548f.]. Im Rahmen der vorliegenden Studie verweisen die Experten ebenfalls auf die Bedeutung des Silicon Valley als Ökosystem für Startups und Investoren. Für die Praxis lassen sich aus den individuellen Startup-Profilen einer heterogenen Innovationslandschaft besondere Anforderungen an Flexibilität, Akzeptanz und kulturellem Verständnis ableiten. Versäumen es etablierte Unternehmen, sich der Startup-Kultur zu öffnen, verlieren sie den Wettbewerb um die innovativsten und vielversprechendsten Startups.

Finden Startup und HELLA schließlich zusammen, zeigen die Studienergebnisse drei mögliche Innovationspfade auf: 1) Erweiterung des Produktportfolios, 2) Entwicklung eines neuen Produkts und 3) Verbesserung des bestehenden Produktportfolios. Sie implizieren, dass Corporate-Startup-Partnerschaften unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. Vor allem Pfad 3 unterstreicht in diesem Zusammenhang bestehende Erkenntnisse aus der Forschung, wonach Startups eine wichtige Quelle radikaler Innovationen in der Automobilindustrie darstellen [GZW+10, S. 649], [BH10, S. 689]. Auf Seiten der etablierten Unternehmen erfordert es daher ein notwendiges Maß an Flexibilität, um einen geeigneten Innovationspfad zu identifizieren.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse zur Integration von Startups als Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem von HELLA**

Die Integration von Startups als Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem von HELLA gliedert sich entlang zentraler Meilensteine in vier Phasen sowie die phasenübergreifende Quality Gap Analyse. Sie werden schrittweise und in Abhängigkeit der Zielerreichung iterativ durchlaufen. Dieses Vorgehen weist inhaltliche Überschneidungen zum Management von Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Marktteilnehmern auf, das von GULATI [Gu198, S. 298-306] sowie KALE und SINGH [KS09, S. 47-51] in drei Phasen gegliedert wird: (1) Entstehung der Partnerschaft, (2) Gestaltung der Partnerschaft und (3) Entwicklung der Partnerschaft.

Phase 1, Gestaltung einer Partnerschaft, ist geprägt durch die Identifikation und Auswahl eines geeigneten Partners. Die Studienergebnisse zeigen, dass auch im Rahmen von Corporate-Startup-Partnerschaften zunächst geeignete Startups identifiziert werden. HELLA verfolgt in diesem Zusammenhang konkrete Suchstrategien. Darüber hinaus werden verschiedene Kriterien zur Bewertung potenzieller Partner herangezogen. DE GROOTE und BACKMANN unterscheiden hierzu in ihrer Studie zu Kriterien der Partnerauswahl in Corporate-Startup-Partnerschaften zwischen *project-related-criteria* und *partner-related-criteria* [DB20, S. 21f.]. *Project-related-criteria* umfassen Kriterien wie die strategische Relevanz des Projektes, während *partner-related-criteria* impliziten Charakter besitzen und Aspekte wie Vertrauen adressieren. Die Studienergebnisse liefern in diesem Zusammenhang einen wertvollen Beitrag. Sie validieren zum einen ausgewählte Studienergebnisse von DE GROOTE und BACKMANN und erweitern darüber hinaus das Portfolio der *partner-related-criteria* um das Kriterium „Fähigkeit der Startup-Gründer, ihre Idee in der Praxis umzusetzen“. Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass es sich um ein entscheidendes Kriterium im Rahmen der Auswahl eines Partners handelt. Verantwortliche aus Unternehmen müssen diese Kriterien berücksichtigen und einzelfallspezifisch adaptieren, um vielversprechende Startups identifizieren und selektieren zu können.

In Phase 2, Gestaltung einer Partnerschaft, nach GULATI sowie KALE und SINGH wird eine geeignete Struktur entwickelt, die die Rahmenbedingungen der Partnerschaft abbildet und fixiert. Im Hinblick auf das Vorgehen zur Integration von Startups in das Innovationssystem von HELLA weist insbesondere Phase 4 hohe inhaltliche Überschneidungen auf. Die Definition eines Partnerschaftsmodells dient dazu, ein geeignetes Geschäftsmodell zu ermitteln und Rahmenbedingungen festzulegen. Die Studienergebnisse deuten dabei auf die zentrale Rolle der Absichtserklärung (MoU) hin. Sie bildet einen entscheidenden psychologischen Meilenstein, um Vertrauen zwischen den Akteuren zu schaffen. Im Vergleich zu Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Marktteilnehmern, werden Corporate-Startup-Partnerschaften dabei noch stärker durch IP-Regelungen und fehlendes Branchenwissen der Startups beeinflusst. Diese Erkenntnis unterstreicht die Ergebnisse von HOMFELDT ET AL. und SIMON ET AL. Darüber hinaus verdeutlichen die Aussagen der Experten, dass etablierte Unternehmen Startups in der Folge umfangreichen Qualitätsprüfverfahren unterziehen [MMV+10, 56f.] und verschiedene Maßnahmen wie Evaluierungslizenzverträge einsetzen, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Für die Praxis implizieren sie daher die Notwendigkeit eines gezielten, auf die Besonderheiten von Corporate-Startup-Partnerschaften ausgerichteten Managements.

Phase 3, Entwicklung der Partnerschaft, ist in Anlehnung an GULATI sowie KALE und SINGH geprägt durch den eigentlichen Beginn der Zusammenarbeit und den weiteren Aufbau von Vertrauen zwischen den Partnern. Im Vergleich zu den Studienergebnissen findet diese Phase im Vorgehen zur Integration von Startups in das Innovationssystem etablierter Unternehmen nicht explizit Berücksichtigung. Die Aussagen der Experten implizieren jedoch, dass im Anschluss an einen erfolgreichen Integrationsprozess Startup und Unternehmen unmittelbar in eine gemeinsame Kundenakquisition und Serienentwicklung übergehen. Aus Unternehmensperspektive besteht dabei die Möglichkeit, das Startup zu einem späteren Zeitpunkt zu übernehmen. Im Falle einer weniger erfolgreichen Zusammenarbeit deuten die Interviewergebnisse auf alternative Exit-Strategien hin, wobei entweder ein anderes Kooperationsmodell gewählt oder die Partnerschaft aufgelöst wird.

Der Vergleich der Erkenntnisse von GULATI sowie KALE und SINGH mit den Studienergebnissen zeigt, dass sich Corporate-Startup-Partnerschaften trotz inhaltlicher Parallelen von Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Marktteilnehmern unterscheiden. Ursächlich sind inhärente organisationskulturelle Unterschiede zwischen den Akteuren. Startup-Partnerschaften stellen komplexe organisationale Beziehungen dar. Vor diesem Hintergrund bilden die Studienergebnisse eine idealtypische, aber keine endgültige Abfolge von Phasen und Meilensteinen. Praktiker müssen daher jede Corporate-Startup-Partnerschaft individuell betrachten.

### **5.3 Diskussion der Ergebnisse zu Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentialen einer Startup-Partnerschaft**

Die Ergebnisse der Erfolgsfaktorenanalyse zeigen, dass insbesondere die Identifikation einer Win-Win-Situation und eine eindeutige Zieldefinition von entscheidender Bedeutung für den Erfolg einer Corporate-Startup-Partnerschaft sind. Sie unterstreichen in diesem Zusammenhang die Erkenntnisse von DÖRNER ET AL. [DFH+20, S. 18], BRIGL ET AL. [BGD+19, S. 15ff.] und FREYTAG [Fre19b, S. 19]. Im Hinblick auf die Studie von NEUMANN ET AL. spiegeln sie zudem die Bedeutung des Top-Management-Support für CVC-Investments wider [NHR+19, S. 753f.].

Darüber hinaus liefert die Extraktion von insgesamt 20 relevanten Erfolgsfaktoren neben der Validierung bestehender Forschungsergebnisse einen wertvollen Beitrag zur Erfolgsfaktorenforschung im Kontext von Corporate-Startup-Partnerschaften. Sie offenbart in diesem Zusammenhang, dass es eine Vielzahl von Variablen gibt, auf die Unternehmen direkt oder indirekt Einfluss nehmen können. Daraus ergibt sich für Unternehmen die Notwendigkeit eines kontinuierlichen Monitorings ihrer Partnerschaften mit Startups, um entlang begrenzter Ressourcen Erfolgsfaktoren entsprechend der Bedarfe zu adressieren und Nutzenpotentiale zu realisieren.

Das entscheidende Nutzenpotential für etablierte Unternehmen sehen die Experten in einer risikoarmen und kapitalschonenden Beschleunigung des Entwicklungsprozesses. Sie stützen damit die Studienergebnisse von DÖRNER ET AL. und LAZZAROTTI ET AL., die in Corporate-Startup-Partnerschaften einen Katalysator im Entwicklungsprozess sehen [DFH+20, S. 11], der die Time-to-Market für Unternehmen entscheidend verkürzt [LMP+13, S. 44]. Diese Erkenntnis impliziert das enorme Zukunftspotential von Partnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Startups in technologiegetriebenen Branchen, wie der Automobilindustrie, die durch eine hohe Dynamik geprägt ist.

Doch während die Potentiale von Corporate-Startup-Partnerschaften vielversprechend erscheinen, sorgen sie nicht selten für Interessenskonflikte. Beziehungen zwischen etablierten Unternehmen und Startups bewegen sich daher in Spannungsfeldern, die durch inhärente organisationskulturelle Unterschiede der Akteure geprägt sind. Manager und Praktiker müssen daher die richtige Balance finden und ein realistisches Erwartungsmanagement aufbauen.

### **5.4 Auswirkungen für die Innovationslandschaft der Automobilindustrie**

Die voran diskutierten Ergebnisse unterstreichen mit Nachdruck die zunehmende Bedeutung von Corporate-Startup-Partnerschaften sowohl in der Forschung als auch der Praxis. Doch es

schließt sich eine zentrale Frage an: „*Welche Auswirkungen hat die aufgezeigte Entwicklung auf die gesamte Innovationslandschaft in der Branche?*“ Aus dieser resultieren weitere Fragen:

- Verlagern sich Innovationskapazitäten von den Konzernen in die Startups?
- Welche Auswirkungen hat dies auf die Innovationstiefe bei den Konzernen?
- Welche Rahmenbedingungen müssen erfüllt sein, sowohl im Unternehmen als auch in seinem Umfeld?

Ausgehend von den Erkenntnissen der Interviewstudie zeigen wir in den nächsten Absätzen zwei mögliche Zukunftsentwürfe auf. Einmal können sich Startup-Partnerschaften in der Innovationslandschaft aus verschiedenen Gründen nicht durchsetzen. Im zweiten Entwurf greifen die richtigen Komponenten ineinander und eine gänzlich neue Innovationslandschaft entsteht.

### **Zukunftsentwurf 1: Startup-Partnerschaften bleiben hinter ihren Erwartungen**

In den Konzernen fehlt es an Konsequenz. Zwar wird die Bedeutung von Startup-Partnerschaften erkannt, aber es fehlt an geeigneten Strukturen. Zum einen wird nicht konsequent an den Zugangspunkten zu den Startups gearbeitet. Es fehlen Abteilungen, die sich an den Startup-Hotspots ansiedeln und den Kontakt zu den Geldgebern sowie den Startups pflegen. Zum anderen ist die Vernetzung in die Entwicklungsbereiche nicht hinlänglich ausgebildet.

Auch die Entwicklungen im Umfeld erhöhen nicht den Druck, Startup-Partnerschaften stärker in den Fokus zu rücken: Nicht zuletzt die Corona-Pandemie und die Bauteilknappheit haben dazu geführt, dass der vorausgesagte, disruptive Wandel in der Automobilindustrie deutlich an Fahrt verloren hat. Automobiles Fahren, Connectivity und die Shared Mobility spielen nur untergeordnete Rollen. Dementsprechend ist der Innovationsdruck bei den Konzernen eher rückläufig. Der Kostendruck bleibt zwar unverändert hoch, aber das weiterhin hohe Marktvolumen führt zu keinem Handlungsdruck bezogen auf die Erneuerung der Innovationsprozesse.

Die Startup-Landschaft bleibt weiterhin sehr fokussiert auf die hinlänglich bekannten Hotspots, wie Silicon Valley und Israel. Deutschland und die gesamte Europäische Union sind nicht in der Lage, namhafte Technologie-Startups hervorzubringen. Das liegt zum einen an den fehlenden Startup-Ökosystemen – also der räumlich konzentrierten Anordnung von u.a. Hochschulen, Venture Capital-Gebern und Startups. Zum anderen liegt es an der Risikoaversion der Gesellschaft. Selbst die jungen High Potentials fokussieren den Sicherheitsgedanken und heuern lieber bei großen Konzernen als bei Startups an.

**Fazit:** Ja, es wird Startup-Partnerschaften geben, aber nur in geringem Ausmaß. Attraktive Startups mit qualitativ ausgereiften Produkten und guter Vernetzung zu den OEMs kommen weiterhin aus den USA oder Israel. Die Auswirkungen auf die Innovationsprozesse in den etablierten Unternehmen sind nicht nennenswert.

### **Zukunftsentwurf 2: Startups sind aus den Innovationsprozessen nicht mehr wegzudenken**

Es waren die frühen Erfolgsgeschichten, die den Stein ins Rollen gebracht haben. Die von den Unternehmenslenkern als Testballon vorgegebenen Partnerschaften waren direkt so erfolgreich, dass ein Umdenken in den Innovationsabteilungen stattgefunden hat. Es wurden Venture-Gesellschaften aufgebaut und an den Startup-Hotspots angesiedelt. Für die Führung dieser neuen



Gesellschaften wurden erfolgreiche Manager ausgewählt, die eng mit den Entwicklungsbereichen vernetzt und dort hoch anerkannt sind. Diese enge Vernetzung und das Vertrauen zwischen den Venture-Bereichen und den Innovationsabteilungen gilt als Erfolgsfaktor, denn es gewährleistet die notwendige Schnelligkeit bei der Akquisition attraktiver Startups.

Zudem hat sich auch im Umfeld der Unternehmen viel verändert. Die Experten sprechen von „New Mobility“ – nichts ist mehr, wie es einmal war. Die wesentlichen Treiber des disruptiven Wandels sind die Megatrends **Autonomes Fahren**, **Connectivity**, **Elektromobilität** und **Shared Mobility (ACES)**. Die boomenden Märkte nach der Corona-Pandemie haben dazu geführt, dass die Nachfrage nach neuen Technologien stark zugenommen hat. Darüber hinaus hat das eigene Automobil durch hohe Home-Office-Quoten weiterhin an Bedeutung verloren. Immer weniger Leute sind bereit viel Kapital über Tage hinweg in der Garage stehen zu lassen. Die Flottenanbieter forcieren die Themen **Autonomes Fahren**, **Connectivity** und **Elektromobilität**. Der Innovationsdruck steigt und die Innovationszyklen verkürzen sich weiterhin. Durch die Entwicklung der **Shared Mobility** stagniert aber auch die Nachfrage am Automobilmarkt, weshalb der Kostendruck weiter steigt. Unternehmen, die jetzt nicht Umdenken und ihren Innovationsprozess neu aufstellen, verfügen nur noch über wenig Chancen, am Markt zu reüssieren.

Startup-Partnerschaften gelingen nur, wenn auch Startups verfügbar sind. Und das sind sie. Ihre Gründer lassen sich meist als bestens vernetzte, Industrie-erfahrene und willensstarke Manager charakterisieren. Ihnen gelingt es, die klügsten Köpfe um sich zu versammeln und eng mit Corporate Venture Capital-Gebern zusammen zu arbeiten. Zahlreiche Geschichten von jungen Leuten, die durch Aktien-Optionen direkt am Erfolg des Startups partizipieren konnten, weckt bei immer mehr High Potentials den Wunsch nach finanzieller Unabhängigkeit und Aufstieg. Die etablierten Konzerne können dies in ihren Tarifstrukturen nicht bieten, Startups schon. Mit dieser Entwicklung sind auch in Europa Startup-Ökosysteme entstanden, die immer neue Erfolgversprechende Startups hervorbringen.

**Fazit:** Es passt alles zusammen. Die innovativen und agilen Startups beschleunigen die Innovationsprozesse der Konzerne. Letztere leisten im Rahmen der Industrialisierung ihren Mehrwert, insbesondere in den späteren Phasen des Innovationsprozesses. Insgesamt verlagert sich ein gehöriges Stück der Innovationskapazität von den Konzernen in die Startups.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge des disruptiven technologischen Wandels in der Automobilindustrie verändern sich Geschäftsmodelle und Innovationszyklen werden kürzer. Startups gewinnen vor diesem Hintergrund als Innovationspartner etablierter Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Ein Vorgehen zur erfolgreichen Implementierung von Corporate-Startup-Partnerschaften wird jedoch weder in der Forschung noch der Praxis ausreichend berücksichtigt. Der vorliegende Beitrag liefert daher einen wertvollen Impuls, indem er das Vorgehen zur nachhaltig erfolgreichen Integration von Startups als neue Wertschöpfungspartner in das Innovationssystem eines Automobilzulieferers sowie damit verbundener Nutzenpotentiale und Erfolgsfaktoren untersucht.

Im Rahmen einer Einzelfallstudie des Anwendungsunternehmens HELLA GmbH & Co. KGaA wurde eine explorative Interviewstudie mit Experten durchgeführt. Gesprächsprotokolle aus

ergänzenden Terminen mit den Experten sowie interne Unternehmensdokumente dienen dazu, die Interviews inhaltlich weiter anzureichern. Aus dem gesammelten Datenmaterial konnten anschließend ein Vorgehen zur Integration von Startups in das Innovationssystem etablierter Unternehmen, sowie relevante Erfolgsfaktoren und Nutzenpotentiale abgeleitet werden.

Die Studienergebnisse zeigen, dass HELLA sich in einer heterogenen Innovationslandschaft bewegt. Je nach geographischer Lage besitzen die Startups aus Europa, USA, China und Israel unterschiedliche Profile und Eigenschaften. Um eine gemeinsame Produktinnovation zu realisieren, gibt es bei HELLA drei Innovationspfade: 1) Erweiterung des Produktportfolios, 2) Entwicklung eines neuen Produkts und 3) Verbesserung des bestehenden Produktportfolios. Das Vorgehen innerhalb dieser Pfade wird durch ein Phasen-Meilenstein-Diagramm dargestellt. Die einzelnen Phasen werden dabei schrittweise und unter Berücksichtigung der Erreichung von Resultaten iterativ durchlaufen. Kritische Herausforderungen stellen insbesondere IP-Regelungen sowie fehlendes Branchenwissen der Startups dar. Für Startups stellt sich im Rahmen von Partnerschaften mit etablierten Unternehmen und damit verbundener Investitionen zudem stets die Frage nach Selbstbestimmtheit und Autonomie. Darüber hinaus ließen sich 20 relevante Erfolgsfaktoren für Corporate-Startup-Partnerschaften extrahieren. Die Identifikation einer Win-Win-Situation zwischen den Akteuren sowie eine eindeutige Zieldefinition besitzen besonders erfolgsrelevanten Charakter. Die Experten gaben zudem an, mit Startup-Partnerschaften eine risikoarme und kapitalschonende Beschleunigung des Entwicklungsprozesses zu verfolgen, um dem hohen Kosten- und Innovationsdruck in der Branche zu begegnen.

Die Ergebnisse liefern wichtige Implikationen für Theorie und Praxis. Startups erweitern als neue Innovationspartner etablierter Unternehmen das automobiler Wertschöpfungsnetzwerk. Doch trotz der enormen Potentiale von Corporate-Startup-Partnerschaften handelt es sich um komplexe organisationale Beziehungen. Praktiker müssen daher ein Verständnis für diese Unterschiede und ein realistisches Erwartungsmanagement entwickeln. Darüber hinaus bewegen sich Partnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Startups in einem Spannungsfeld aus Strukturierung und Flexibilität. Das entwickelte Phasen-Meilenstein-Diagramm bildet vor diesem Hintergrund ein idealtypisches, aber kein endgültiges Vorgehen. Vielmehr erfordert jede Corporate-Startup-Partnerschaft eine individuelle Betrachtung. Zudem implizieren die Studienergebnisse die Notwendigkeit, Partnerschaften einem regelmäßigen Monitoring zu unterziehen. Das Erfolgsfaktoren-Portfolio eignet sich dabei als Evaluierungsinstrument, um aktuelle Entwicklungen nachzuvollziehen und Handlungsbedarfe frühzeitig zu identifizieren. Die Untersuchungsergebnisse liefern somit einen wertvollen Beitrag zur Open Innovation und der Erfolgsfaktorenforschung im Kontext von Corporate-Startup-Partnerschaften.

Die Studie ist durch einige Limitationen gekennzeichnet, aus denen sich weiterer Forschungsbedarf ableiten lässt. Infolge der Konzipierung als Einzelfallstudie besitzen die Ergebnisse nur eine eingeschränkte Verallgemeinerbarkeit. Zudem wurden im Rahmen der Untersuchung ausschließlich Produktinnovationen betrachtet und interne Erfolgsfaktoren erfasst. Vor dem Hintergrund der Digitalisierung und globaler Trends, wie der Shared Mobility, gewinnen Prozess- und Dienstleistungsinnovationen zunehmend an Bedeutung. Eine Validierung des Vorgehens zur Integration von Startups hinsichtlich Prozess- und Dienstleistungsinnovationen bietet Raum für weitere Forschung. Darüber hinaus drängt sich die Frage auf, inwieweit Umweltfaktoren

den Erfolg einer Corporate-Startup-Partnerschaft beeinflussen. Sie gewinnt insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Corona-Pandemie an Bedeutung.

## Literatur

- [BGD+19] BRIGL, M.; GROSS-SELBECK, S.; DEHNERT, N.; SCHMIEG, F.; SIMON, S.: After the honeymoon ends – Making corporate-Start-up relationships work. Boston Consulting Group, Juni 2019
- [BJW10] BARTL, M.; JAWECKI, G.; WIEGANDT, P.: Co-Creation in new product development: Conceptual framework and application in the automotive industry. 2010 Conference Proceedings R&D Management Conference-Information-Imagination and Intelligence, Manchester, UK, 1–9
- [BM14] BAUER, F.; MATZLER, K.: Antecedents of M&A success: The role of strategic complementarity, cultural fit, and degree and speed of integration. *Strategic Management Journal*, Vol. 352, 2014
- [Che03] CHESBROUGH, H. W.: The Era of Open Innovation. In: MIT Sloan Management Review, MIT Sloan School of Management (Hrsg.), Vol. 44(3), 35-41, 2003
- [Che06a] CHESBROUGH, H. W.: Open business models: How to thrive the new innovation landscape. Boston, Mass, Harvard Business School Press, 2006
- [Che06b] CHESBROUGH, H. W.: Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Boston, Mass, Harvard Business School Press, 2006
- [Che06c] CHESBROUGH, H. W.: Open Innovation: A new paradigm for understanding industrial innovation. In: Chesbrough, H. W.; Vanhaverbeke, W.; West, J. (Hrsg.): Open Innovation: Researching a New Paradigm, New York: Oxford University Press, 1–12, 2006
- [Coo01] COOPER, R. G.: Winning at new products - Accelerating the process from idea to launch. Basic Books, New York, 3. ed, repr, 2001
- [CZC13] CABIGIOSU, A.; ZIRPOLI, F.; CAMUFFO, A.: Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry. *Research Policy*, Vol. 423, 2013
- [DB20] DE GROOTE, J. K.; BACKMANN, J.: Initiating open innovation collaborations between incumbents and startups – How can David and Goliath get along? *International Journal of Innovation Management*, Vol. 24(2), 2020, S. 1-33
- [DEB09] DAVIS, J. P.; EISENHARDT, K. M.; BINGHAM, C. B.: Optimal Structure, Market Dynamism, and the Strategy of Simple Rules. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 543, 2009
- [DFH+20] DÖRNER, K.; FLÖTOTTO, M.; HENZ, T.; STRÅLIN, T.: You can't buy love – Reimagining corporate-Start-up partnerships in the Dach region. McKinsey & Company, Oktober 2020
- [Ech14] ECHTERHOFF, N.: Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 332, Paderborn, 2014
- [Eis89] EISENHARDT, K. M.: Building Theories from Case Study Research. *The Academy of Management Review*, Vol. 144, 1989
- [FKL17] FIXSON, S. K.; KHACHATRYAN, D.; LEE, W.: Technological Uncertainty and Firm Boundaries: The Moderating Effect of Knowledge Modularity. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 641, 2017
- [Fre19a] FREYTAG, R.: On a growth track with startups: how established companies can pursue innovation. *Strategy & Leadership*, Vol. 474, 2019
- [Fre19b] FREYTAG, R.: Strategic negotiations: three essentials for successful partnerships with startups. *Strategy & Leadership*, Vol. 471, 2019
- [GAZ+17] GRILO, A.; ÁGUEDA, A.; ZUTSHI, A.; NODEHI, T.: Relationship between Investors and European Startup Ecosystems Builders. *International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, 2017, 538-550

- [GKB18] GNAMM, J.; KALMBACH, R.; BUERGIN, M.: Innovation in the Automotive Industry – No More Experiments. Bain & Company, Juni 2018
- [GKM+16] GAO, P.; KAAS, H. W.; MOHR, D.; WEE, D.: Automotive revolution-perspective towards 2030 – How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry. McKinsey & Company, Januar 2016
- [GL10] GLÄSER, J.; LAUDEL, G.: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2012
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage, Hanser, München, 2014
- [Grü19-ol] GRÜNDERSZENE. Venture Capital (VC). Unter: <https://www.businessinsider.de/gruenderszene/lexikon/begriffe/venture-capital-vc/>, 2. Juli 2021
- [GS20] GOLDBERG, J. M.; SCHIELE, H.: Innovating with dominant suppliers: Lessons from the race for laser light. International Journal of Innovation Management, Vol. 2401, 2020
- [GZW+10] GASSMANN, O.; ZESCHKY, M.; WOLFF, T.; STAHL, M.: Crossing the Industry-Line: Breakthrough Innovation through Cross-Industry Alliances with ‘Non-Suppliers’. Long Range Planning, Vol. 435-6, 2010
- [HH13] HENTON, D.; HELD, K.: The dynamics of Silicon Valley – Creative destruction and the evolution of the innovation habitat. Social Science Information, Vol. 52(4), 2013
- [HLQ19] HE, C.; LU, J.; QIAN, H.: Entrepreneurship in China. Small Business Economics, Vol. 52, 2019
- [HRB+17] HOMFELDT, F.; RESE, A.; BRENNER, H.; BAIER, D.; SCHÄFER, T. F. L.: Identification an generation of innovative ideas in the procurement of the automotive industry. International Journal of Innovation Management, Vol. 2107, 2017
- [HRS19] HOMFELDT, F.; RESE, A.; SIMON, F.: Suppliers versus start-ups: Where do better innovation ideas come from? Research Policy, Vol. 487, 2019
- [IAM10] ILL, S.; ALBERS, A.; MILLER, S.: Open innovation in the automotive industry. R&D Management, Vol. 403, 2010
- [ifo19] IFO INSTITUT: Fahrzeugbau – wie verändert sich die Wertschöpfungskette? Bayerischer Industrie- und Handelskammertag e. V. (BIHK), München, 2019
- [Kai14] KAISER, R.: Qualitative Experteninterviews - Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. Springer VS, Wiesbaden, 2014
- [Kle17] KLEINERT, I.: Strukturwandel in der Automobilindustrie: Wandel der Innovationssysteme der deutschen Automobilindustrie durch Elektromobilität. Dissertation, Fachbereich Sozialwissenschaften, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2017
- [KHJ+19-ol] KOLLMANN, T.; HENSELLEK, S.; JUNG, P. B.; KLEINE-STEGEMANN, L.: Deutscher Startup Monitor 2019: Mehr Mut, neue Wege. Unter: [https://deutscherstartupmonitor.de/wp-content/uploads/2020/09/dsm\\_2019.pdf](https://deutscherstartupmonitor.de/wp-content/uploads/2020/09/dsm_2019.pdf), 29. Juni 2021
- [Kre18-ol] KREUTZER, R. T.: Time-to-Market. Unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/time-market-54271/version-277318>, 8. September 2021
- [LMP+13] LAZZAROTTI, V.; MANZINI, R.; PELLEGRINI, L.; PIZZURNO, E.: Open Innovation in the automotive industry: Why and How? Evidence from a multiple case study. International Journal of Technology Intelligence and Planning, Vol. 91, 2013
- [LSW+18-ol] LUCKERT, M.; SCHIFFER, M.; WIENDAHL, H. H.; SCHÖLLHAMMER, O.; KÖPLER, J.: Zulieferer vor der Zerreißprobe - Wie Zulieferer im Automobil- und Maschinenbau den Wandel durch Industrie 4.0 meistern können. Unter: [https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Publicationen/Studien/Studie\\_Zulieferer-vor-der-Zerreissprobe\\_WEB\\_offen.pdf](https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Publicationen/Studien/Studie_Zulieferer-vor-der-Zerreissprobe_WEB_offen.pdf), 29. Juni 2021
- [May15] MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim, 12., überarb. Aufl., 2015

- [MMV+10] MINSHALL, T.; MORTARA, L.; VALLI, R.; PROBERT, D.: Making “Asymmetric” Partnerships Work. *Research-Technology Management*, Vol. 533, 2010
- [NHR+19] NEUMANN, M.; HINTZEN, D.; RIEL, A.; WALDHAUSEN, G.; DISMON, H.: Startup Engagement as Part of the Technology Strategy Planning – How Rheinmetall Automotive Increases Innovation by Using Corporate Venturing. In: Walker, A.; O'Connor, R. V.; Messnarz, R. (Eds.): *Systems, Software and Services Process Improvement*, Springer International Publishing, Cham, 2019
- [NM11] NAPP, J. J.; MINSHALL, T.: Corporate Venture Capital Investments for Enhancing Innovation – Challenges and Solutions. *Research-Technology Management*, Vol. 54(2), 2011, S. 27-36
- [NYZ09] NARAYANAN, V. K.; YANG, Y.; ZAHRA, S. A.: Corporate venturing and value creation – A review and proposed framework. *Research Policy*, Vol. 38(1), 2009
- [OZ14] OUMET, P.; ZARUTSKIE, R.: Who works for startups? The relation between firm age, employee age, and growth. *Journal of Financial Economics*, Vol. 1123, 2014
- [PS19-ol] PRATS, J.; SIOTA, J.: How Corporations Can Better Work With Startups. Unter: <https://hbr.org/2019/06/how-corporations-can-better-work-with-startups>, 29. Juni 2021
- [PSM+19] PRATS, M.; SIOTA, J.; MARTINEZ-MONCHE, I.; MARTÍNEZ, Y.: Open innovation – Increasing your corporate venturing speed while reducing costs. IESE Business School University of Navarra, Januar 2019
- [RKB+17] RICHTER, C.; KRAUS, S.; BREM, A.; DURST, S.; GISELBRECHT, C.: Digital entrepreneurship – Innovative business models for the sharing economy. *Creativity and Innovation Management*, Vol. 26(3), 2017, S. 300-310
- [Rob07] ROBERTS, E. B.: Managing Invention and Innovation. *Research-Technology Management*, Vol. 501, 2007
- [SAR+20] SIOTA, J.; ALUNNI, A.; RIVEROS-CHACÓN, P.; WILSON, M., DINNETZ, M. K.: Corporate Venturing. Insights for European Leaders in Government, University and Industry. Publications Office of the European Union, Luxemburg, 2020
- [SBM+15] SIERZCHULA, W.; BAKKER, S.; MAAT, K.; VAN WEE, B.: Alliance Formation in the Automobile Sector during an Era of Ferment. *Creativity and Innovation Management*, Vol. 241, 2015
- [Sch08] SCHONERT, T.: Interorganisationale Wertschöpfungsnetzwerke in der deutschen Automobilindustrie: Die Ausgestaltung von Geschäftsbeziehungen am Beispiel internationaler Standortentscheidungen. Gabler, Wiesbaden, 2008
- [SG21] STARTUP GENOME: The Global Startup Ecosystem Report GSER 2021. Unter: <https://startupgenome.com/reports/gser2021>, 2021
- [SHS19] SIMON, F.; HARMS, R.; SCHIELE, H.: Managing corporate-startup relationships: what matters for entrepreneurs, In: *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, Vol. 11(2), 164-186, 2019
- [SLM17] SVAHN, F.; MATHIASSEN, L.; LINDGREN, R.: Embracing Digital Innovation in Incumbent Firms: How Volvo Cars Managed Competing Concerns. *MIS Quarterly*, Vol. 411, 2017
- [ST09] SONG, M.; THIEME, J.: The Role of Suppliers in Market Intelligence Gathering for Radical and Incremental Innovation \*. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 261, 2009
- [Tee18] TEECE, D. J.: Tesla and the Reshaping of the Auto Industry. *Management and Organization Review*, Vol. 143, 2018
- [VDA18-ol] VDA - VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE: Jahresbericht 2018. Unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/jahresbericht-2018.html>, 16. November 2018
- [VDA20-ol] VDA - VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE: Jahresbericht 2020. Unter: <https://www.vda.de/de/services/Publikationen/vda-jahresbericht-2020.html>, 13. November 2020
- [WB14] WEST, J.; BOGERS, M.: Leveraging External Sources of Innovation: A Review of Research on Open Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 314, 2014

- [WC15] WEIBLEN, T.; CHESBROUGH, H. W.: Engaging with Startups to Enhance Corporate Innovation. In: California Management Review, Haas School of Business University of California Berkeley (Hrsg.), Vol. 57(2), S. 66-90, SAGE Publishing, 2015
- [WSP17] WROBEL, M.; SCHILDHAUER, T.; PREISS, K.: Kooperationen zwischen Startups und Mittelstand. Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft gGmbH, Berlin, 2017
- [YHG14] YENIYURT, S.; HENKE, J. W.; YALCINKAYA, G.: A longitudinal analysis of supplier involvement in buyers' new product development: working relations, inter-dependence, co-innovation, and performance outcomes. Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 423, 2014
- [Yin14] YIN, R. K.: Case study research - Design and methods. SAGE, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington, DC, 5. edition, 2014
- [ZBW16] ZAREMBA, B. W.; BODE, C.; WAGNER, S. M.: Strategic and Operational Determinants of Relationship Outcomes With New Venture Suppliers. Journal of Business Logistics, Vol. 372, 2016

## Autoren

**Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.** studierte Betriebswirtschaftslehre mit Fachrichtung Innovationsmanagement und Marketing an der Universität Bayreuth. Am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Ausgestaltung und dem Management von Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Startups.

**Dr.-Ing. Daniel Eckelt** studierte an der Universität Paderborn Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau. 2017 promovierte er am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn bei Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier. Seitdem ist Daniel Eckelt bei HELLA tätig. Zunächst im Programm Management für Automatisiertes Fahren, verantwortlich für verschiedene Kundenprojekte im Bereich der RADAR-Entwicklung. Seit 2020 berichtet er an die Leiterin des Konzernbüros und verantwortet strategische Transformationsprojekte mit globaler Reichweite.

**Lennard Haarmann, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn. Am Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Innovationsmanagement. Schwerpunkte seiner Forschungsarbeiten bilden Strategien, Methoden und Werkzeuge für die Erschließung von digitalen Innovationspotentialen. Sein Fokus liegt dabei auf der Erschließung von Innovationspotentialen durch Corporate-Startup-Kollaborationen.

**Dr.-Ing. Christian Koldewey** studierte Maschinenbau an der Universität Paderborn und der Fachhochschule Bielefeld mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in den Fachgruppen Strategische Produktplanung und Systems Engineering von Prof. Gausemeier und Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Dort leitet er den Forschungsbereich Strategische Planung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der strategischen Planung von Smart Services sowie der Geschäftsmodell- und Strategieentwicklung.

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu** studierte Mechatronik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Anschluss war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentstehung am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier promovierte er 2010 im Bereich Systems Engineering für

intelligente mechatronische Systeme. Er ist Direktor am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und Leiter der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Produktentstehung intelligenter technischer Systeme. In Personalunion ist Prof. Dumitrescu Geschäftsführer des Technologienetzwerks Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it's OWL).

## **Plenum VI**





# **Foresight, Innovation und Science-Fiction: Methodische Ansätze zur Vorbereitung auf eine unerwartete Zukunft**

**Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf**

*Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung  
Institut für Human Engineering & Empathic Design HEED der HS-Pforzheim  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Tel. +49 (0) 711 / 97 02 457, Fax. +49 (0) 711 / 97 02 299  
E-Mail: sven.schimpf@innovation.fraunhofer.de*

**Prof. Dr.-Ing. Dr. Michael Lauster**

*Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-technische Trendanalysen  
Lehrstuhl für Technologieanalysen und -vorausschau in der Sicherheitsforschung der  
RWTH Aachen  
Appelsgarten 2, 53864 Euskirchen  
Tel. +49 (0) 22 51 / 18 117, Fax. +49 (0) 22 51 / 18 277  
E-Mail: michael.lauster@int.fraunhofer.de*

## **Zusammenfassung**

Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung des methodischen Werkzeugkastens im Innovationsmanagement sind analytische und datenbasierte Methoden auf dem Vormarsch. Neben der damit verbundenen Chance für Effizienz und Effektivität im Innovationprozess besteht die Gefahr, an Vorstellungs- und Gestaltungskraft zu verlieren, da unerwartete Optionen häufig keinen Platz in etablierten Strukturen, Bewertungs- und Analysemustern finden. Science-Fiction als fiktionale Kunstform mit wissenschaftlichen Elementen bietet im Innovationsprozess die Möglichkeit, über bekanntes hinaus in eine unerwartete Zukunft zu blicken. In der Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen kann Science-Fiction zu einer gesteigerten Vorstellungskraft beitragen, indem unerwartete, wünschenswerte oder auch dystopische Aspekte der Zukunft Berücksichtigung eingebracht werden. In diesem Beitrag haben wir einen Überblick zu den Möglichkeiten, Chancen und Risiken des methodischen Einsatzes von Science-Fiction im Innovationprozess zusammengestellt.

## **Schlüsselworte**

Innovationsmanagement, Innovation 2030, Science-Fiction, Narrative, Zukunftsforschung, Innovationsprozess, Foresight

# **Foresight, Innovation and Science-Fiction: Methods to Prepare for an unexpected Future**

## **Abstract**

With the continuous development of the methodological toolbox in innovation management, analytical and data-based methods are on the rise. In addition to the associated opportunity for efficiency and effectiveness in the innovation process, there is the danger of losing imagination and creative power, as unexpected options often find no place in established structures, evaluation and analysis patterns. Science-Fiction as a fictional art form with scientific elements offers the possibility in the innovation process to look beyond the known into an unexpected future. In the planning, development and implementation of innovations, Science-Fiction enables imagination by integrating unexpected, desirable or dystopian aspects of the future. In this article, we have compiled an overview of the possibilities, opportunities and risks of the methodical use of Science-Fiction in the innovation process.

## **Keywords**

Innovation Management, Innovation 2030, Science-Fiction, Storytelling, Future Studies, Innovation Process, Foresight

## 1 Auf dem Weg in eine unerwartete Zukunft

Durch die Unsicherheit der aktuellen - und durch die Covid-19 Pandemie geprägte Lage, hat die Auseinandersetzung mit der Zukunft in Unternehmen, ebenso wie in der öffentlichen Diskussion, einen Aufschwung erfahren. In den letzten Jahren konnten jedoch Beispiele beobachtet werden, bei denen Foresight-Ansätze an ihre Grenzen gestoßen sind. In diesen Fällen war häufig zu beobachten, dass sich die Zukunft abseits der bis dahin üblichen Pfade oder jenseits analytisch erstellter Prognosen entwickelt hat. Treiber waren unterschiedlichen Ursprungs. Ebenso wie unvorhersehbare Ereignisse oder Entwicklungen existieren Beispiele, in denen die Zukunft durch visionäre Unternehmensleitbilder geprägt wurde. Über diese Beispiele hinweg scheint Science-Fiction als Impulsgeber in der Lage zu sein, zur Entwicklung visionärer Leitbilder ebenso wie zu einer verbesserten Vorbereitung auf eine unerwartete Zukunft beitragen zu können.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Foresight, Innovation und Science-Fiction ist dabei kein neues Phänomen [Cla62], [Elk79], [Cla99]. Bei der Betrachtung der derzeitigen Ansätze in Industrie und Forschung scheint der Einsatz von Science-Fiction jedoch aktuell eine Renaissance zu erleben [Zai19]. Der Einsatz von Science-Fiction in Foresight und Innovation ist beispielsweise in Organisationen der Luft- und Raumfahrt wie die European Space Agency [RGW02], Unternehmen wie Tesla, Amazon oder Merck und innovationssystembezogene Analysen wie beispielsweise zur Zukunft von Städten [Pät15] zu beobachten. Durchgängig lässt sich beobachten, dass Science-Fiction jenseits methodischer Ansätze in der Lage ist, die Vorstellungskraft anzuregen, Emotionen zu erwecken und zu inspirieren [Sig10]. Potential von Science-Fiction wird auch in einem Beitrag zu größeren gesellschaftliche Transformationen gesehen. Hier kann Science-Fiction Einblicke in eine zukünftige Welt jenseits inkrementeller Weiterentwicklungen ermöglichen und wegen aus langjährig entstanden Paradigmen und Innovationspfaden aufzeigen. Hier wird die Chance gesehen, dass Science-Fiction in der Lage ist, Ressourcen, die für die Abwendung einer eher dystopisch anmutenden zukünftigen Umweltzerstörung durch die Menschheit in ausreichendem Maße zu mobilisieren und die Möglichkeiten bei der Gestaltung einer wünschenswerten Zukunft in den Vordergrund von Innovationsprozessen zu rücken, ganz entsprechend der Aussage von Dennis Gabor in seinem Buch »*Inventing the future*« aus dem Jahr 1963: »*The future cannot be predicted, but futures can be invented*« [Gab63].

Dieser Beitrag zielt darauf ab den aktuellen Stand des Einsatzes von Science-Fiction in methodischen Ansätzen des Foresight und der Innovation entlang des Innovationsprozesses darzustellen, einzuordnen und kritisch zu diskutieren. Unser Anliegen ist es dabei, zu einem gezielten und methodischen Einsatz von Science-Fiction bei der Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen anzuregen.

## 2 Unterschiedliche Welten einer Galaxie: Foresight, Innovation und Science-Fiction

Für jede Diskussion ist ein gemeinsames Verständnis der Grundbegriffe notwendig. Genau das ist das Ziel dieses Kapitels, ganz ohne dabei eine Allgemeingültigkeit dieser Definitionen in Anspruch zu nehmen oder in die Tiefe der definitorischen Ansätze einzutauchen. Zu den wesentlichen Begriffen im Kontext dieses Beitrages zählen die des Foresight, der Innovation und der Science-Fiction.

**Foresight:** Der Begriff des Foresight in der Innovationsforschung beschreibt die methodische Untersuchung der Zukunft, in dieser breiten Definition synonym zu den Begriffen der strategischen Vorausschau oder der Zukunftsanalyse. Seit den 1980er Jahren hat der Begriff an Bedeutung gewonnen und wird heute neben der ursprünglichen Verwendung für die technologiebezogenen Zukunftsanalyse auf makroökonomischer Ebene auch häufig für umfassende, systemische Zukunftsanalysen für alle Ebenen von Organisationen über Regionen bis zu Volkswirtschaften verwendet [Mil08]. Das Ziel eines Foresights wird dabei als Vorbereitung auf zukünftige Chancen und Bedrohungen sowie die Identifikation von gegenwärtigen Themen, die für die Zukunft von großer Bedeutung sein können verstanden [Cuh20]. In Anlehnung an dieses Verständnis und das damit zusammenhängende Ziel ordnen wir Foresight als Bestandteil der frühen Innovationsphasen im Kontext eines weit gefassten Innovationsprozesses ein.

**Innovation:** In Anlehnung an die Begriffsdefinition der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung umfasst das Begriffsverständnis einer Innovation im Rahmen dieses Beitrags technische, organisatorische sowie soziale Innovationen [OEC18]. Eine Innovation wird als erfolgreich umgesetzte Idee verstanden, wobei die Umsetzung in Form neuer Technologien, Produkte, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle oder integrierter Lösungen auf Märkten, in Organisationen oder in der Gesellschaft erfolgen kann [Fra18]. Der für die Einordnung methodischer Ansätzen notwendige Innovationsprozess ist dabei an dieses Verständnis angelehnt und wird in Kapitel 3 näher ausgeführt.

**Science-Fiction:** In einer Analyse von Science-Fiction Literatur der European Space Agency ESA aus dem Jahr 2002 bezeichnet Jean-Claude Dunyach Science-Fiction als »*Fiktion mit einer Prise Wissenschaft*«, daher eine fiktionale Kunstform mit einer wissenschaftlichen Komponente als Ausgangspunkt, Aspekt der Originalität oder Bestandteil der Lösung [Dun02]. Durch diese wissenschaftliche Komponente unterscheidet sich Science-Fiction beispielsweise vom Fantasy-Genre. Geprägt wurde der Begriff Science-Fiction wesentlich durch Hugo Gernsback, der den Begriff der Scientification 1926 über die Bestandteile der Narrative, der wissenschaftlichen Informationen und der Vorausschau charakterisierte [Ger26]. Als Medien der Science-Fiction werden grundsätzlich alle zur Dokumentation möglichen Medien, wie beispielsweise Literatur, Film, Comics, Hörspiel oder -buch verstanden [Ste10].

Grenzgänger zwischen den Welten der Science-Fiction und anderen Feldern bestehen bereits seit langer Zeit, wie Karlheinz Steinmüller anhand einer Gegenüberstellung von Science-Fiction und Zukunftsforschung beschreibt [Ste92], [Ste16]. Im Zusammenwirken zwischen den Welten gilt es, Ziele und Unsicherheiten zu verstehen, zu antizipieren und in der Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen zu berücksichtigen. Die Nutzung von Science-

Fiction im Foresight kann daher ebenso als optionale Vorhersage wie als Mittel zur Vorbereitung auf eine mögliche Zukunft verstanden werden. Die mit Innovation verbundene Unsicherheit ist eng verbunden mit der angestrebten Innovationshöhe. Dabei kann Science-Fiction, je nach Autor oder Regisseur, ebenso wahrscheinliche wie unwahrscheinliche Bilder der Zukunft beinhalten. Für eine detaillierterer Diskussion des Zusammenspiel zwischen Science-Fiction und Rationalität sei auf den Beitrag von Charles Elkins in der Zeitschrift *Science-Fiction Studies* aus dem Jahr 1979 verwiesen [Elk79]. Ebenso gilt es zu berücksichtigen, dass Science-Fiction neben einer möglichen Realitätsferne selbst auch mit eigenen Wahrnehmungsverzerrungen behaftet sein kann. Umfassend wurde dieser Aspekt mit Blick beispielsweise auf die eher begrenzte Diversität unter den Autoren und Akteuren im Science-Fiction Genre vor einigen Jahren von Karen Hurley diskutiert [Hur08]. Hierzu muss ergänzt werden, dass mit einem aktuellen Blick auf aktuelle Science-Fiction Werke, die Diversität unter den Autoren grundsätzlich zuzunehmen scheint [WK20].

Als Grenzgänger selbst ist auch der Begriff des Design Fiction zu verstehen, abgeleitet von den Ansätzen des Design Thinking und des Storytelling, im engen Sinne als diegätische oder narrative Prototypen der Zukunft [Mic20], unter dem aber sowohl Ansätze des spekulativen Designs als auch eine Vielzahl der interdisziplinären und kombinatorischen Ansätze im Zwischenraum von Science-Fiction, Foresight und Innovation verstanden werden [Lin15]. Noch breiter gefasst wird dieser Begriff zum Teil auch als alle Aspekte des Zusammenspiels zwischen Design, Wissenschaft, Realität und Fiktion [Ble09]. Neben einem steigenden Interesse der Wissenschaft an der Grenzregion zwischen Science-Fiction und Management hat insbesondere der Zusammenhang zwischen Science-Fiction und der Entwicklung von Technologien, Produkten und Dienstleistungen eine hohe und steigende Aufmerksamkeit erfahren [AAD20].

### **3 Vorgehensweise zur Zuordnung methodischer Ansätze im Innovationsprozess**

Die Identifikation von methodischen Ansätzen zur Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess wurde eine Literaturanalyse in den Bereichen des Technologie- und Innovationsmanagements sowie des Designs durchgeführt. Basierend auf begrifflichen Überschneidungen und gemeinsamen Zielsetzungen wurden die methodischen Ansätze zur Nutzung von Science-Fiction den Phasen des Innovationsprozesses zugeordnet. Aus dieser Zuordnung entwickelte sich auch der Schwerpunkt auf die frühen Phasen des Innovationsprozesses. Über die Einordnung hinaus werden in diesem Beitrag die Nutzung von Science-Fiction Ansätzen bezüglich Chancen und Risiken bei der Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen diskutiert.

Der Innovationsprozess ist ein Phänomen der beständigen Neuinterpretation und Weiterentwicklung, je nach dessen Einsatzbereich und -zweck. Unterschiedliche Prozessdarstellungen umfassen einzelne Teilbereiche bis hin zu allen für Innovationssysteme relevante Phasen. Innovationssysteme werden dazu in ihrer Gesamtheit als Kombination aller Akteure und Faktoren verstanden, die Innovationen entlang ihres Lebenszyklus beeinflussen [Fra18]. In einem weiteren Verständnis gehört das frühzeitige Erkennen der technischen Machbarkeit ebenso zum In-

novationsprozess wie das Erkennen des Nachfragepotentials und die strategische Unternehmensplanung [Mar69], [VDI78]. Als Teil der strategischen Unternehmensplanung ebenso wie des frühzeitigen Erkennens technischer Machbarkeit und Nachfragepotentials gehört der Blick in die Zukunft. Eine Übersicht mit zahlreichen Beispielen für Innovationsprozesse hat beispielsweise Markus Bircher zusammengetragen [Bir05]. Im Mittelpunkt dieses Beitrags steht die aktivitätsorientierte Untergliederung insbesondere der frühen Innovationsphasen, bei denen die Begrifflichkeiten zur Benennung der Phasen an den Konzepten zur Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess angelehnt sind.

Die frühen Innovationsphasen von der Vorbereitung bis zur Entwicklung von Konzepten und ersten Prototypen können dazu jeweils anhand des Beitrages zur Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen wie folgt beschrieben werden:

- 1) **Strategische Planung:** Entwicklung von Visionen, Missionen und strategischen Zielen.
- 2) **Foresight und Zukunftsanalyse:** Ausblick und Bewertung möglicher zukünftiger Entwicklungen.
- 3) **Technologieanalyse und -bewertung:** Analyse technologischer Möglichkeiten und Entwicklungstrends sowie deren Bewertung.
- 4) **Markt- und Nutzeranalyse:** Analyse und Vorausschau von Marktentwicklungen und Nutzerverhalten sowie deren Bewertung.
- 5) **Ideengenerierung und Bewertung:** kreative Inspiration, Ideenentwicklung und -bewertung.
- 6) **Konzeptentwicklung und -validierung:** Ausarbeitung von Konzepten für mögliche Innovationen bis hin zur Validierung dieser Konzepte mit Hilfe einfacher Prototypen.

Die Einordnung der methodischen Ansätze ebenso wie die Bezeichnung der Phasen im Innovationsprozess ist dabei nicht als definitive und einzige Bezeichnung oder Einordnung zu verstehen. Jede der Phasen kann mit überschneidenden oder synonymen Begriffen bezeichnet werden. Ebenso können viele der vorgestellten Methoden neben der schwerpunktmäßigen Einordnung auch in anderen Phasen zum Einsatz kommen.

## 4 Einordnung methodischer Ansätze zur Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess

Durchgängig durch alle methodischen Ansätze zur Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess spielen Geschichten und Narrative eine wesentliche Rolle, beispielsweise als Mischform aus Geschichtsforschung, fachdisziplinärem Wissen und spekulativen Gebrauchserzählungen [Lau20]. Es ist zu beobachten, dass Science-Fiction Narrative sich dabei sogar als Rollenmodelle für Branchen oder Industrien entwickeln können. Hierzu gehören beispielsweise die häufig zitierten Asimovschen Gesetze in der Robotik, die Nennung von Minority Report als Referenz für eine »*Computing-Future*« oder die Referenz auf Star Trek als Rollenmodell für die Raumfahrt aber auch die Übertragung dieser Narrative über Branchen hinweg, wie beispielsweise die der Asimovschen Gesetze von der Robotik in die Softwareentwicklung [Ble09], [Mic20], [Fei07].

Grundsätzlich beschreibt Arno Dirlewanger die verschiedenen Ansätze zur Nutzung von Science-Fiction mit den Formen der direkten Analogien, der Metapher und der assoziativen Anregung [Dir16]. Parallel zu gängigen Innovations- und Kreativitätsmethoden und neben einem grundsätzlichen Effekt von Science-Fiction auf die Vorstellungskraft, auch unabhängig assoziativer Ansätze, decken diese Formen einen Großteil der Möglichkeiten zur Nutzung von Science-Fiction ab. In der praktischen Umsetzung lässt sich dies beispielweise von dem Modell verdeutlichen, dass Science-Fiction Ansätze ihren Mehrwert häufig nicht bei der kompletten Übernahme in die Praxis entfalten sondern vielmehr durch die Übertragung ihrer tatsächlich übertragbaren Bestandteile. In den folgenden Kapiteln werden die in der Literatur identifizierten Ansätze in die Phasen des Innovationsprozesses eingeordnet, kurz beschrieben und kritisch diskutiert.

## 4.1 Strategische Planung

Science-Fiction, mit einer oftmals utopischen Weltsicht, eignet sich um Ziele zu setzen, die über die evolutionäre Weiterentwicklung bisher eingesetzter Technologien und Lösungen in visionärer Art und Weise weit hinausgehen können [Mic20]. Die Nutzung von Science-Fiction dient hierbei nicht nur dem Blick in die Zukunft selbst, sondern kann darüber hinaus zu einer hohen Akzeptanz in technozentrischen Umfeldern beitragen [CN20]. In der Literatur wird insbesondere die Unterstützung von Science-Fiction bei der Entwicklung von Visionen und die Reflexion bereits existierender strategischer Ziel hervorgehoben.

### **Visions- und Leitbildentwicklung mit Hilfe von Science-Fiction**

Gemeinsame Visionen oder Leitbilder können in Form kollektive Projektion, synchroner Voradaption oder funktionalem Äquivalent als kognitiver Aktivator, individueller Mobilisator oder interpersoneller Stabilisator die zielgerichtete Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen unterstützen [HM92]. Pragmatisch formuliert dienen eine gemeinsame Vision und gemeinsame Leitbilder als Leitplanken und Zielsetzung für die Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen.

Für die Entwicklung von Visionen und Leitbildern kann Science-Fiction zur Orientierung dienen, um eine überzogene Selektion und Eliminierung von Optionen zu vermeiden und realitätsorientierte Zukunftsvorstellungen durch wünschenswerte oder derzeit eher unvorstellbare Aspekte zu ergänzen. Ute Hoffmann und Lutz Marz schlagen dazu einen Blick in die Vergangenheit ebenso wie die Untersuchung des Spannungsverhältnisses zwischen Leitbildern, Science-Fiction und der gegenwärtigen Wirklichkeit vor [HM92]:

- Der Blick in die Vergangenheit und die Untersuchung bisheriger Parallelen zwischen Science-Fiction und Realität in einem Anwendungsfeld ermöglicht es, bisherige Überschneidungen transparent zu machen und in der Science-Fiction dargestellte Entwicklungsoptionen die nicht oder noch nicht realisiert wurden herauszuarbeiten.
- Die noch nicht realisierten Entwicklungsoptionen aus der Science-Fiction können in einem zweiten Schritt dann als Basis für die Leitbildentwicklung verwendet werden. Dies ermöglicht die Entwicklung von Leitbildern über bisher gegebene Eingriffspunkte hinaus, das



Hinterfragen den Aufbruch aus bisherigen Entwicklungspfaden oder die Ergänzung bisheriger Leitbilder durch ambitionierte Aspekte.

Anhand der Beispiele der autofreien Stadt oder des bargeldlosen Bezahls zeigen die Autoren auf, dass Visionen, Leitbildern und Science-Fiction oftmals in einem Spannungsfeld zur aktuellen Wirklichkeit stehen und die Grenzen in der Zukunftsdarstellung verschwimmen können. Ebenso wird von den Autoren der begeisternde Aspekt von Science-Fiction, insbesondere für technologieaffine Mitarbeiter, Partner und Nutzer, als wichtiger Erfolgsfaktor für die Entwicklung von Leitbildern hervorgehoben.

### **Reflexion strategischer Ziele anhand von Science-Fiction**

Strategische Ziele stellen eine wesentliche Komponente der strategischen Planung dar, um Organisationen und Gesellschaften eine längerfristige Orientierung zu ermöglichen oder große Herausforderungen gemeinsam zu bewältigen. Der adressierte Zeithorizont dieser Ziele muss dabei entsprechend der Branche und des Umsetzungfeldes von Innovationen.

Um Lösungsmuster anhand der Nutzung von Science-Fiction zu identifizieren, haben Olivia Bina, Sandra Mateus, Lavinia Pereira und Annalisa Caffa Science-Fiction Werke mit Blick auf die sieben Grand Societal Challenges des Horizon 2020 Programms der Europäischen Kommission<sup>1</sup> mit den folgenden Schritten untersucht und ausgewertet [BMP+17]:

- 1) Spezifikation von Informationsquellen aus der Science-Fiction, in diesem Fall Science-Fiction Bücher und Filme zur Menschheit auf der Erde.
- 2) Übersetzung strategischer Ziele oder Herausforderung in Fokusthemen wie hier beispielsweise der Urbanisierung und wirtschaftliche Entwicklung.
- 3) Einordnung der Science-Fiction Inhalte auf einem historischen und zukünftigen Zeitstrahl.
- 4) Inhaltsanalyse und Bildung von Dimensionen und Unterdimensionen entlang der Fokusthemen.
- 5) Ableitung von Mustern zur Beschreibung einer zukünftigen Gesellschaft und der damit verbundenen Herausforderungen.
- 6) Diskussion von Mustern und Herausforderungen mit Blick auf strategische Ziele oder Herausforderungen.

Der Mehrwert für die strategische Planung und in diesem speziellen Fall die Forschungspolitik wird von den Autoren in zwei Punkten gesehen: (1) Identifikation von Warnsignalen für zukünftige Entwicklungen und (2) Identifikation von möglichen Entwicklungen, die in der aktuellen strategischen Ausrichtung wenig oder überhaupt keine Berücksichtigung finden. Darüber hinaus kann die Reflexion der strategischen Planung anhand von Entwicklungen der Science-Fiction auch wünschenswerte Zukünfte stärker in den Fokus rücken, als dies durch die Extrapolation bisheriger Entwicklungen geschehen würde.

---

<sup>1</sup> <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges> (Letzter Zugriff : Juni 2021)

## 4.2 Foresight und Zukunftsanalyse

Viele der Möglichkeiten und Lösungen, die wir heute als scheinbar normal wahrnehmen, finden sich in der Science-Fiction Literatur der Vergangenheit wieder. Dazu gehören Solarkollektoren, Übersetzungsgeräte ebenso wie die Möglichkeit den Mond zu erreichen [Ste10]. Eine Reise in das letzte Jahrhundert der Science-Fiction und der Technologieentwicklung zeigt parallelen, in denen Science-Fiction sich immer wieder mit etwas Vorlauf nah an der tatsächlichen Technologieentwicklung bewegt [Mic20]. Mindestens ebenso häufig entspricht jedoch die in Science-Fiction beschriebene Zukunft (bisher) nicht der nachfolgenden Gegenwart, versinnbildlicht beispielsweise durch die zusammenfassende Bemerkung »*Fiction is not fact – not even if it is Science-Fiction*« [BSV13].

Aufgrund der potentiellen thematischen Nähe zwischen Foresight, Zukunftsanalyse und Science-Fiction finden sich Gegenüberstellungen dieser Themen in der Literatur [BMP+17], [Ste18], [Ste10], [Ste16]. Der Blick in die Zukunft wird im Innovationsprozess als Basis für Backcasting und die Ableitung möglicher und erfolgsversprechender Handlungsoptionen oder dem Umgang mit daraus entstehenden Chancen und Risiken verwendet [Dre96].

An der Schnittstelle zwischen Foresight, Zukunftsanalyse und Science-Fiction ist die Liste der methodischen Ansätze eher lang. Hierzu gehört die Sammlung möglicher Zukunftsaspekte aus der Science-Fiction, die Integration in die Szenariotechnik, die Nutzung von vordefinierten Szenario-Archetypen sowie die Integration von Science-Fiction Aspekten in so-genannte Wild Cards.

### Strukturierte Sammlung möglicher Zukunftsaspekte aus der Science-Fiction

Wie sich die Nutzung von Science-Fiction für Foresight und Zukunftsanalyse eignet, zeigt sich am Beispiel der Stadtentwicklung. Im Forschungsprogramm »*Experimenteller Wohnungs- und Städtebau*« des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit wurden von Mitarbeitern der BTU Cottbus-Senftenberg Aspekte wie städtische Komplexität, gesellschaftliche und politische Realität, strukturelle und sektorale Aspekte und die Stadtentwicklung als Handlungsthema betrachtet [PMK+15]. Zu den Schritten der Analyseverfahren gehörten [PMK+15]:

- 1) Sammlung von Primärdaten, ergänzt durch eine Sekundärrecherche aus der Science-Fiction.
- 2) Entwicklung einer Anleitung zur systematischen Analyse der Daten aus der Science-Fiction mit Blick auf das Anwendungsfeld.
- 3) Herstellung der medienübergreifenden Vergleichbarkeit.
- 4) Datenaufbereitung und Dokumentation für Nachvollziehbarkeit und Interpretation der Ergebnisse.

In der Studie werden eine Vielzahl an Aspekten aus der Science-Fiction strukturiert gesammelt, thematisch gruppiert und deren Relevanz mit Bezug auf planerische Herausforderungen bewertet. Es ergibt sich eine umfangreiche und inspirierende Sammlung an Details, die in der Science-Fiction dargestellt sind und potentiell für die Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovation im Bereich der Stadtentwicklung Verwendung finden können.

## Zukunftsszenarien und Science-Fiction

Die Szenariotechnik verfolgt das Ziel, durch das Vorausdenken der Zukunft in Form der Antizipation möglicher zukünftiger Entwicklungen, Chancen und Risiken frühzeitig zu erkennen und diese in die strategische Planung einfließen zu lassen [Son65], [GFS95], [Pil08].

Mit der Abkehr vom Format der Kurzgeschichten hat sich die Grenze zwischen Science-Fiction und Zukunftsszenarien immer weiter aufgelöst. Einerseits wurden im Science-Fiction Genre Zukunftsbilder utopischer und dystopischer Art entwickelt, um nicht zuletzt auf potentielle Gefahren und Chancen möglicher und unmöglicher zukünftiger Entwicklungen hinzuweisen [Mar92]. Andererseits hat die Szenariotechnik in der Zukunftsforschung dazu geführt, dass nicht nur wahrscheinliche, sondern ebenso unwahrscheinliche Zukünfte im Möglichkeitsraum Berücksichtigung finden. Dominic Idier liefert zum Verständnis dieses Grenzbereiches beispielsweise eine Gegenüberstellung von Science-Fiction und der Szenariotechnik [Idi00].

Zur Entwicklung so- genannter Value-Scenarios mit Hilfe von Science-Fiction schlägt Ian S. King die folgenden Schritte vor [Kin21]:

- 1) Beschreibung der Rollen von direkten und indirekten Stakeholdern in einem dedizierten Science-Fiction Szenario.
- 2) Umfassende Analyse des Impacts einer Lösung auf die Stakeholder dieses Szenarios.
- 3) Berücksichtigung der weitergehenden Entwicklung über Monate und Jahre auch über den Zeithorizont der Szenarien hinaus.
- 4) Analyse von systemischen Effekten einer Lösung im Science-Fiction Szenario als Bestandteil eines umfassenderen Systems.

Die Nutzung von Science-Fiction als Value-Scenarios kann dabei Einblicke in das gesellschaftliche Zusammenspiel einer Era geben und durch die narrative Komponente eine gemeinsame Basis für die Konzeptentwicklung schaffen. Die Ergänzung der methodischen Entwicklung von Zukunftsszenarien durch Science-Fiction geprägte und nutzerorientierte Value-Szenarien ermöglicht die Berücksichtigung nicht nur des möglichen, sondern verstärkt auch des unerwarteten und derzeit als unrealistisch angenommenen Zukunftsraumes.

## Szenarioarchetypen aus der Science-Fiction

Der Einsatz von Archetypen in Form vordefinierter und quasi-standardisierter Zukunftsbilder in der Szenarioentwicklung hat seinen Charme in der Einfachheit ihrer Anwendung. Insbesondere in heterogenen, konfliktären Gruppen stellen sie eine homogene Diskussions- und Arbeitsgrundlage dar [Del98]. Auf Basis einer Analyse und Interpretation von 140 Science-Fiction Filmen konnten Alessandro Fergnani und Zhaoli Song mit Hilfe der Grounded Theory die folgenden sechs Szenarioarchetypen extrahieren [FS20]:

- »*Wachstum und Verfall*« beinhaltet die Fortführung des aktuellen, kapitalistischen Status Quo unter Berücksichtigung eines wachsenden Technologieeinsatzes.
- »*Bedrohungen und neue Hoffnung*« stützt sich stark auf der aktuellen Situation, die durch ein einzigartiges Ereignis aus der Bahn geworfen wird oder geworfen werden kann.
- »*Trümmerwelten*« orientiert sich an einer Welt nach einem katastrophalen Ereignisses, durch das der heutige Status Quo in unterschiedlicher Weise komplett zerstört wurde.

- Die »*Mächte der Finsternis*« stellt eine Zukunft dar, in der ein katastrophales Ereignis stattgefunden hat und sich darauffolgend die Machtverhältnisse in einer wenig wünschenswerten Weise verändert haben.
- »*Durcheinander*« fasst Zukünfte zusammen, in denen sich die Welt ohne ersichtliche Steuerungsmechanismen in einem chaotischen Zustand befindet.
- »*Umkehrung*« bezieht sich auf die Umkehr der Weltordnung dahingehend, dass eine andere Machtform über die Menschheit dominiert.

Ebenso wie die vorgestellten Science-Fiction basierten Value-Scenarios eignen sich diese sechs Archetypen nach Einschätzung der Autoren insbesondere als Ergänzung sonstiger, eher klassisch entwickelter Zukunftsszenarien um diese durch unerwartete Krisensituationen zu ergänzen.

### Wild Cards und Science-Fiction

Der Ansatz der Wild Cards dient dem Zweck, zum aktuellen Zeitpunkt als sehr unwahrscheinlich anmutende, überraschende und ebenso einschneidende Ereignisse in die Abbildung möglicher Zukunftsentwicklungen aufzunehmen. Karlheinz Steinmüller beschreibt die Nutzung von Wild Cards anhand von Projektbeispielen in den folgenden Schritten [Ste18]:

- 1) Spezifikation des Suchfeldes anhand relevanter Themenfelder.
- 2) Sammlung einer großen Anzahl möglicher Wild Cards durch individuelle Suche oder in einem Expertenworkshop mit Repräsentanten aus den Themenfeldern.
- 3) Bewertung des Impacts der Wild Cards.
- 4) Priorisierung der Wild Cards durch Stakeholder.

Die Schnittstelle zur Science-Fiction wird als (1) mögliche Quelle für Wild Cards und als (2) narratives Element zur Beschreibung und Kommunikation der Wild Card selbst und deren Impact beschrieben [Ste18]. Der Mehrwert wird darauf basierend sowohl in der Nutzung von Kreativität und Vorstellungskraft aus der Science-Fiction als auch in der Kommunikationsstärke von Narrativen gesehen und unterscheidet sich damit leicht von der Entwicklung eigener, Science-Fiction orientierter Zukunftsszenarien als Ergänzung anderweitig entwickelter Szenarien.

## 4.3 Technologieanalyse und -bewertung

Der Einfluss von Science-Fiction auf die Technologieentwicklung kann in zwei Bereiche untergliedert werden [BSV13]. Zu den eher seltenen Beispielen gehört die komplette Übernahme von Lösungen. Als Beispiele hierzu werden häufig beispielsweise der von Arthur C. Clarke beschriebene Kommunikationssatellit oder das von Jules Verne beschriebene Untersee-Boot genannt. Aktueller sind z.B. die Smartwatches, deren klobiger und sicherlich weniger potenter Vorläufer das Armband-Sprechgerät von Commander McLane und seiner Besatzung aus der Serie Raumpatrouille ist [HL66]<sup>2</sup>. Dessen Funktion wurde vollständig übernommen und ist, um etliche Fähigkeiten erweitert, heute zu einer Selbstverständlichkeit geworden.

---

<sup>2</sup> z.B. Folge 2: Planet außer Kurs, Filmmminute 3:27

Schon in den ersten rudimentären Anwendungen, wenn auch noch nicht weit entwickelt (gemessen an den Vorbildern in der Science-Fiction) sind Künstliche Intelligenzen, die eben gerade beginnen, in unseren Alltag einzuziehen. Bekannte Vorbilder sind z.B. Colossus, der das Atomwaffenarsenal der USA kontrollieren sollte und sich dabei der Kontrolle seiner Schöpfer entzog oder der neurotische Missionscomputer HAL 9000 aus 2001: Odyssee im Weltraum, der Lügen musste (aber eigentlich nicht konnte) und darüber verrückt wurde [JB70], [KC68]. Die »bewußten Maschinen«, die unmittelbar nach der Erfindung der ersten Computer in der Literatur auftauchen, sind eine Fortsetzung von Narrativen über geschaffene (im Gegensatz zu geborenen) Wesen, die es bereits seit der Antike gibt. Die Faszination, selbst Leben zu schaffen, sei es auf Silikon- oder Kohlenstoffbasis, treibt zahlreiche Forschungsrichtungen an und erschafft mit Hilfe moderner Prozessor- und Speichertechnologien bzw. durch genetic engineering mit CRISPR-CAS eine Flut neuer Anwendungen. Interessanter Weise sind die Erzählungen über diese künstlichen Wesen schon seit den ersten Anfängen meist mit einer negativen Konnotation versehen (am denke z.B. an Pandora oder den Golem, in neuerer Zeit an den Terminator und die Matrix), und sie geben Anlaß zu Spekulationen über die Auswirkungen solcher Schöpfungen. Damit dienen sie, über ihre Funktion als Vorbilder für tatsächliche Produktentwicklungen hinaus, auch als Mittel, um über zukünftige gesellschaftliche Entwicklungen nachzudenken.

Noch vollständig im Reich der Science-Fiction, aber bereits in der Erforschung und mit einem Geschäftsmodell ausgestattet, ist der Weltraum-Aufzug, ein »Seil«, das sich von der Erdoberfläche bis zum geostationären Orbit erstreckt und an dem »Aufzugskabinen« in den Weltraum aufsteigen können, ohne auf einen klassischen Raketenantrieb angewiesen zu sein. Derzeit existiert noch keine Technologie, die in der Lage wäre, ein Seil zu spinnen, dessen Reißlänge groß genug wäre, um mehr als 36.000 km zu überbrücken, dazu kommen zahlreiche weitere Probleme, wie z.B. der Schutz des Seils vor Korrosion in der Atmosphäre oder space debris. Nichts desto weniger gibt es ein internationales Konsortium, das sich mit Forschung und Entwicklung beschäftigt und so bald wie mit einem Weltraum-Aufzug auf den Markt gehen möchte.<sup>3</sup>

Es gibt zahlreiche weitere Beispiele, die Fantasie der Science-Fiction-Autoren bietet reichlich Potential zur Übertragung in die Realität. Neben den konkreten Umsetzungen in Produktideen sind allerdings indirekte Inspiration und Einflussnahme durch Science-Fiction, vor allem auch im Hinblick auf philosophische Makrototalmodelle von alternativen Gesellschaftsformen, weit- aus häufiger (wie etwa bei Aldous Huxleys »*Brave New World*« [Hux32] oder »1984« von George Orwell [Orw49]). Sie zielen damit eher in den Bereich der sozialen und politischen Innovationen.

Für die Technologieanalyse und Bewertung werden in der Literatur die Sammlung von Technologien aus der Science-Fiction in einer Art Bestandsaufnahme sowie die Bewertung möglicher Folgen von Technologien in einem Science-Fiction orientierten Technologie-Assessment beschrieben.

---

<sup>3</sup> International Space Elevator Consortium: <http://www.isec.org> (Letzter Zugriff: September 2021)

## **Bestandsaufnahme von Technologien aus der Science-Fiction**

In der Technologie- und Marktanalyse ist die am häufigsten genannte Form die Bestandsaufnahme genannter technologischer Lösungen aus der Science-Fiction als Input für den Innovations- und Technologieentwicklungsprozess, wie beispielsweise in der Analyse der European Space Agency aus dem Jahr 2002. Hier wurden Science-Fiction Konzepte in funktionalen Bereichen wie der Antriebstechnik, Startsysteme oder Robotik und kynetische Kreaturen gesammelt [RGW02]. Die Vorgehensweise für eine solche Bestandsaufnahme am Beispiel dieser Analyse wird wie folgt beschrieben [RGW02]:

- 1) Analyse vergangener und gegenwärtiger Science-Fiction Literatur, grafischer Konzepte und Filme.
- 2) Identifikation darin beschriebener innovativer Technologien und Konzepte.
- 3) Bewertung und Auswahl anhand der (1) Eignung für den Einsatzbereich, hier der weltraumtechnischen Anwendung oder der (2) langfristigen Umsetzung konkreter Vorhaben, hier entsprechen in der europäischen Raumfahrt.
- 4) Dokumentation und Kommunikation der identifizierten Technologien und Konzepte in Datenblättern und technischen Dossiers.

In dieser Vorgehensweise werden bewusst unterschiedliche Reife- und Realitätsgrade berücksichtigt und sowohl Technologiekonzepte aufgenommen, die vielleicht als unrealistisch befunden oder möglicherweise bereits ausprobiert wurden und nicht funktioniert haben [RGW02].

Besonders zu eigenen scheint sich die Bestandsaufnahmen von Technologien aus der Science-Fiction für die Identifikation emergenter Technologien und Technologiefelder, bei denen traditionelle und vergangenheitsbezogene Methoden des Technologiemanagement an die Grenzen kommen [Ale09].

## **Technologie-Assessment durch Science-Fiction**

Der aus dem englischsprachigen übernommene Begriff des Technologie-Assessment lässt sich kurz mit dem Ziel zusammenfassen, die Folgen einer Technologie frühzeitig zu erkennen und zu bewerten. Der Begriff des Technologie-Assessment wird häufig synonym zur Technologiefolgenabschätzung verwendet, kann aber genau genommen auch als dessen Voraussetzung angesehen werden, da Folgen einer Technologie ohne ein zugrundeliegendes Assessment kaum einschätzbar sind [Zwe92].

Mögliche Vorteile die aus der Nutzung von Science-Fiction im Technologie-Assessment entstehen können, gehen von der Nutzerzentrierung bis zu Lerneffekten einer reflexiven Governance und berücksichtigen insbesondere die soziotechnischen Effekte des Technologieeinsatzes [MB08]. Die Beiträge von Science-Fiction zur Technologiefolgenabschätzung Axel Zweck in einem Beitrag über das Zusammenspiel der beiden Disziplinen 1992 in die folgenden Punkte kategorisiert [Zwe92]:

- Lektüre von Science-Fiction im Sinne der Verantwortung für eine potentielle, utopische Zukunftsentwicklung und die damit verbundene Auseinandersetzung mit psychologischen und sozialen Folgen.

- Literarische Extrapolation von Folgen bereits heute existierender oder abzusehender Entwicklungen, um mögliche Aspekte für die Zukunft abzuleiten.
- Loslösung von Zwängen der Naturgesetze und dem eng damit zusammenhängenden Status Quo des technologischen Entwicklungsstandes.

Zusammenfassend stellt der Autor den Beitrag von Science-Fiction als eine Art Probedenken dar, in dem das hypothetische Denken über die Wissenschaft in Richtung des Vorstellbaren erweitert und mit Hinblick auf soziotechnische Auswirkungen in die Technologiefolgenabschätzung eingebracht wird [Zwe92].

#### 4.4 Markt- und Nutzeranalyse

Bei der Science-Fiction unterstützten Marktanalyse steht häufig der Nutzer im Mittelpunkt, und Ansätze aus dem Human oder Life-Centered Design werden dementsprechend durch die Komponente der Science-Fiction ergänzt.

In der Markt- und Nutzeranalyse finden sich in der Literatur hierzu die Einbindung von aus Science-Fiction Welten stammende Future-Personas die Berücksichtigung und Analyse atypischer Nutzer in Science-Fiction Pastiche Szenarien.

##### Future Personas in Science-Fiction Welten

Das Konzept der Future Persona basiert auf den grundlegenden Prinzipien des durch Allen Cooper ursprünglich geprägten Begriffes der Persona als fiktionaler Nutzer, der jeweils eine Nutzergruppe repräsentiert [Coo06]. Dieser wird mit einer persönlichen Note beschrieben und benannt, um das empathische Nutzerverständnis im Design- oder Entwicklerteam zu unterstützen.

Die Future Persona ist ein zur ursprünglichen Persona ergänzender Ansatz, bei dem der Blick jenseits der heutigen Nutzergruppen auf die Zukunft gerichtet wird. Alessandro Fergnani beschreibt die Entwicklung von Future Personas insbesondere als Bestandteil von Szenarios, um auch dort die Nutzerperspektive besser einnehmen zu können [Fer19]. Seine Empfehlung zur Entwicklung von Future Personas im Kontext von Zukunftsszenarien beinhaltet die folgenden Schritte [Fer19]:

- 1) Definition des Umfangs und von Schwerpunkten für die Future Personas mit Bezug auf das anvisierte Zielpublikum.
- 2) Entwicklung von Szenario-Datenblättern zur Darstellung der wichtigsten Unsicherheiten, Wertschöpfungsaspekten, Auswirkungen und als Basis für die Entwicklung von Future Personas.
- 3) Beschreibung von Future Persona in Datenblättern zur Übergeordneten Darstellung und Zuordnung in jedem Szenario.
- 4) Spezifikation der Future Personas durch die integrale Detaillierung von Szenario- und Future Persona Datenblättern.
- 5) Portraitierung der Future Personas durch persönliche Narrative zur Kommunikation von Wertsystemen, Weltansichten und vorherrschender Ideologien der Szenarien.
- 6) Illustration der Future Personas in einfachen Skizzen.

## 7) Kommunikation der Future Personas in der Organisation.

Zusammenfassend wird angemerkt, dass Future Personas Zukunftsszenarien vor allem zur Kommunikation und mit Hinblick auf die Schaffung von Empathie unterstützen können. Insbesondere werden die Potentiale hervorgehoben, die entstehen können, wenn die Entwicklung von Future Personas durchgängig in die Szenariotechnik integriert wird. Der Begriff der Szenarien wird vom Autor eher weniger entsprechend der strukturierten Szenariotechnik als vielmehr als der Science-Fiction sehr nahe stehenden Zukunftsbilder verwendet.

### **Analyse atypischer Nutzer in Science-Fiction basierten Pastiche Szenarien**

Pastiche Szenarien betrachten implizite Aspekte einer User Experience durch die genaue Beobachtung und Wiedergabe von Verhaltensmustern ähnlich eines Skriptes für Bücher oder Filme. Mark A. Blythe und Pete C. Wright betrachten Science-Fiction als mögliche Quelle zur Erstellung von Pastiche Szenarien im Kontext von nutzerzentriertem Design. Beispielsweise werden hierzu aktuelle Nutzersituationen in Ausschnitte aus Science-Fiction Werken eingebunden. Zusammengefasst schlagen sie anhand von Fallbeispielen die folgenden Schritte zur Einbindung und Analyse atypischer Nutzer in Science-Fiction Pastiche Szenarien vor [BW06]:

- 1) Ähnlich einer ethnographischen Studie, müssen die zu betrachtenden Charaktere aus der Science-Fiction für die Pastiche Szenarien sorgfältig ausgewählt werden.
- 2) Umfassende Information der beteiligten Stakeholder über die Charaktere, deren Verhaltensmuster und Lebensumstände müssen gesammelt und aufbereitet werden.
- 3) Durch die literarische Einbindung der Charaktere in eine beschriebene Herausforderung oder ein Konzept liefert die Kommunikationsbasis der Pastiche Szenarien.
- 4) Entsprechend entstehende Ausschnitte aus der Science-Fiction dienen dann als Inspiration zur Entwicklung konkreter Lösungsansätze, zur Ideenfindung oder zur Diskussion des Möglichkeitsraumes mit Stakeholdern.

Science-Fiction als Quelle für Pastiche Szenarien ist laut der Autoren eine Methode, um außergewöhnliche, zukünftige Situationen und Personen in den nutzerzentrierten Designprozess einzubinden. Damit sind diese in der Lage, eher klassische, auf repräsentative Nutzer und bekannte Situationen bezogene ethnographische Ansätze durch Fiktionale Aspekte zu ergänzen [BW06].

## **4.5 Ideengenerierung und -bewertung**

Bereits Genrich Saulovich Altshuller, der Entwickler der TRIZ Methode des kreativen Problemlösens, war der Meinung, dass Science-Fiction dabei helfen kann, psychologische Barrieren auf dem Weg in Richtung scheinbar verückter Ideen aufzubrechen [Alt07]. In Anlehnung seiner



Sammlung an Ideen aus der Science-Fiction sind bis heute zahlreiche Übersichten wie beispielsweise das Historical Dictionary of Science-Fiction<sup>4</sup> oder die Plattform Technovelgy<sup>5</sup> entstanden. Bereits diese Sammlung imaginärer Ideen aus der Science-Fiction kann die Inspiration auf dem Weg zu Ideengenerierung und Lösungsentwicklung unterstützen.

Zu den in der Literatur genannten methodischen Ansätzen in der Ideengenerierung und -bewertung gehören das Ideenscouting in der Science-Fiction, die Entwicklung von Ideen für die Welten der Science-Fiction sowie deren Bewertung aus der Science-Fiction Perspektive.

### **Ideenscouting in der Science-Fiction**

Wie im Kontext der Technologieanalyse und -bewertung dargestellt, wurden viele der uns heute bekannten Lösungen nicht nur technologischer Art in der Zukunftsliteratur der Vergangenheit bereits beschrieben. Es ist davon auszugehen, dass viele der noch nicht realisierten Lösungen, die in der Science-Fiction dargestellt sind, in der Zukunft den Weg in die Realisierung finden. Arno Direlwanger beschreibt diese Art des Ideenscouting ähnlich der Sammlung möglicher Zukunftsentwicklungen im Foresight und der Zukunftsanalyse oder der Bestandaufnahme von Technologien aus der Science-Fiction anhand der folgenden Schritte [Dir16]:

- 1) Spezifikation des Ausgangsproblems als Filter.
- 2) Suche in der Science-Fiction nach Ideen, Anregungen und Formulierungen um das Ausgangsproblem zu lösen.
- 3) Einteilung der identifizierten Ideen, Anregungen und Formulierungen in komplett übertragbare Bestandteile, teilweise übertragbare Bestandteile und so-genannte Trigger für die Entwicklung von Lösungsideen.

Der Autor schlägt hierbei vor, dass dieses Ideenscouting auch ergänzend zu klassischen Workshops als eine Art Hausaufgabe zum Einsatz kommen kann, bei dem beispielsweise bei mehrtägigen Workshops über Nacht von den Teilnehmern in der Science-Fiction gescoutet wird. Als eher unstrukturierte und komplementäre Ergänzung dieser problembasierten und anlogischen Ideenfindung steht die Möglichkeit der ungerichteten Abstraktion von Ideen und Anregungen aus der Science-Fiction zur Verfügung, die zur kontinuierlichen Inspiration unabhängig konkreter Probleme zum Einsatz kommen kann.

### **Ideen für Welten der Science-Fiction entwickeln**

Die Case-Study Arcturus IV von John E. Arnold beschreibt die Nutzung eines imaginären Planeten um in Form eines Rollenspiels die Perspektive von Außerirdischen auf dem Planet Arcturus IV einzunehmen und Herausforderungen aus deren Blickwinkel zu lösen [Arn52]. Im Kontext eines dreiwöchigen Projektes schlägt der Autor die folgenden Schritte vor [Arn16]:

- 1) Startpunkt des Projektes ist ein Brief vom Vorsitzenden des Board of the Massachusetts Intergalactic Traders, Inc., in dem das Leben auf Arcturus IV kurz beschrieben wird.

---

<sup>4</sup> <https://sfdictionary.com> (Letzter Zugriff: Juni 2021)

<sup>5</sup> <http://www.technovelgy.com> (Letzter Zugriff: Juni 2021)

- 2) Drei thematische Gruppen werden gebildet, um (1) in einer Ingenieursgruppe physikalische Rahmenbedingungen besser zu verstehen, (2) physiologische und psychologische Aspekte der Bewohner zu untersuchen und (3) die Rahmenbedingungen von Marketing und Produktion zu analysieren.
- 3) Die Teilnehmer erhalten die Aufgabe, Produkte für den Planeten Arcturus IV zu gestalten, die auf der Erde hergestellt und in einer Handelsbeziehung an den Zielort verschickt werden.

Mehrwert dieses Konzepts wird (1) die Übung spekulativer Ansätze als Erfolgsfaktor für wissenschaftlichen Fortschritt ebenso wie (2) die erhöhte Aufmerksamkeit bezüglich der Passgenauigkeit zwischen technologischer Lösung und Nutzeranforderungen in einer fremden Welt gesehen. Die Basis für diese Aufgabe ist ein durch den Autor erstelltes, umfangreiches Handbuch mit Informationen zum Planeten Arcturus IV [Arn52]. Ein aktuelleres Beispiel für einen ähnlichen Ansatz ist die von Arno Dirlewanger beschriebene Ideenentwicklung für Parallelwelten aus der Science-Fiction [Dir16].

### **Ideen aus der Perspektive von Science-Fiction entwickeln und bewerten**

Ähnlich dem Prinzip der Future Persona werden für die Entwicklung und Bewertung von Ideen Charaktere der Science-Fiction für Rollenspiele verwendet. Arno Dirlewanger beschreibt hierzu beispielsweise die Entwicklung von Ideen aus der Perspektive der Bewohner von Alpha Centauri und den Ansatz der Star Trek Bewertung. Zusammenfassend beinhalten die Vorgehensweisen hierzu die folgenden Schritte [Dir16]:

- 1) Rollenzuordnung bei denen Charaktere aus der Science-Fiction jeweils einem Team zugeordnet werden, beispielsweise Mister Spock, Ingenieur Scotty oder Captain Kirk.
- 2) Nutzung von typischen und wiederkehrenden Äußerungen der Charaktere, um Ideen entsprechend der Äußerungen zu entwickeln oder zu bewerten.
- 3) Anteiliger oder kompletter Transfer der Ideen oder der Ideenbewertung auf das tatsächliche Umsetzungsfeld.

Der Autor hebt dabei hervor, dass sich die Rollen aus der Science-Fiction für die notwendige Abstraktion besser eignen als beispielsweise die Walt Disney oder die Bono Methode, da die Science-Fiction-Rollen weiter vom gängigen Alltag beziehungsweise unserem üblichen Sprachgebrauch entfernt sind. Durch die Einbindung von Außerirdischen in die Ideenfindung und Bewertung werden grundlegende Paradigmen entweder hinterfragt oder müssen gezielt erläutert werden. Durch die Abstraktion können genau diese Paradigmen aufgelöst und die Lösung auf eine andere Ebene gebracht werden. Laut des Autors können hierdurch auch Ideen, die in der Vergangenheit abgelehnt wurden, noch einmal neu reflektiert und bewertet werden [Dir16].

## **4.6 Konzeptentwicklung und -validierung**

Im Kontext von Science-Fiction wird der Begriff des Prototyps eher als einfacher Prototyp und daher weniger mit Blick auf die tatsächliche Abbildung von Funktionen verstanden [BU13]. Geprägt wurde der Begriff des Science-Fiction Prototyping wesentlich durch Brian David John-

son [Joh11]. Es kann davon ausgegangen werden, dass Science-Fiction zumindest implizit einen Einfluss auf die Entwicklung zahlreicher Prototypen hatte und damit als inspirierendes Element kaum zu ignorieren ist. Ein umfangreicher Überblick zu bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten im Themenbereich der Science-Fiction Prototypen hat Tiina Kymalainen 2016 mit Blick auf soziotechnische Auswirkungen emergenter Technologien zusammengestellt [Kym16].

Zu den mit Prototypen zusammenhängenden Ansätzen zur Nutzung von Science-Fiction in der Konzeptentwicklung und -validierung gehören die narrativen Science-Fiction Prototypen und die Übernahme und Nutzung von Artefakten aus der Science-Fiction als Prototypen.

### **Narrative Science-Fiction Prototypen**

Narrative Science-Fiction Prototypen sind Geschichten oder Medien der Science-Fiction, die explizit für die Entwicklung und Umsetzung von Innovationen geschrieben oder erstellt werden. Dieser Ansatz wurde von Brian D. Johnson durch sein 2011 veröffentlichtes Buch mit dem Titel Science-Fiction Prototyping geprägt. Zusammengefasst kann der Prozess zur Erstellung narrativer Science-Fiction Prototypen mit den folgenden Schritten dargestellt werden [Joh11]:

- 1) Festlegung von Explorationsgegenstand und Science-Fiction Welt, inklusive beteiligter Personen und Orte.
- 2) Anwendung des Explorationsgegenstandes in der Science-Fiction Welt.
- 3) Analyse des Impacts auf die Science-Fiction Welt und insbesondere auf beteiligte Personen. In diesem Schritt entsteht üblicherweise die Science-Fiction Story.
- 4) Inspektion möglicher Problemfelder der Anwendung und Diskussion möglicher Lösungen.
- 5) Analyse der vorangegangenen Schritte bezüglich nützlicher Erkenntnisse und Lessons Learned.

Ähnlich des Grundsatzes aus dem Design Thinking wird im Prozess des narrativen Science-Fiction Prototyping die Fragestellung »*What if...*« hervorgehoben um Zukünfte und Lösungen jenseits des Status Quo in den Innovationsprozess einzubinden. Zur Erstellung der Prototypen existieren keinerlei Vorgaben. Entsprechend der Bandbreite von Science-Fiction können diese daher sowohl wünschenswerte als auch dystopische oder utopische Aspekte beinhalten. Vorteile der Nutzung von Science-Fiction Prototypen sind laut des Autors insbesondere in der Möglichkeit der Kommunikation zukünftiger Entwicklungen zu sehen, was sich auch in der Nutzung beispielsweise von Illustrationen und Comics widerspiegelt.

### **Impactbewertung von Artefakten aus der Science-Fiction**

Im Vergleich der tatsächlichen Entwicklung von 3D Druckern und der Analyse vorangegangener Entwicklungen in der Science-Fiction beschreiben Thomas Birtchnell und John Urry die Science-Fiction selbst als eine Art Prototypenentwickler, am ehesten vergleichbar mit frühen, nicht-funktionalen, Design Prototypen. Analog zur damit einhergehenden Untersuchung können hier die folgenden Schritte hervorgehoben werden [BU13]:

- 1) Spezifikation des Lösungsraumes.
- 2) Untersuchung bisheriger Entwicklungspfade in der Realität.
- 3) Untersuchung bisheriger Entwicklungspfade und Ausblicke in der Science-Fiction.

- 4) Analyse und Bewertung der Parallelen und Gestaltungsdimensionen.
- 5) Entwicklung von zukünftig möglichen Entwicklungen im Lösungsraum als eigenständige Szenarien mit Hilfe der differenzierteren Entwicklungsmöglichkeiten der Gestaltungsdimensionen.

Die Autoren heben in der Untersuchung von Parallelen, wie beispielsweise die Fertigung von Gegenständen bei Star Trek und deren Nähe zu den heute existierenden 3D Druckern hervor. Kombiniert mit Szenarien ermöglicht diese Methode eine breite Evaluation der möglichen soziotechnischen Konsequenzen zukünftiger Technologieentwicklungen. Der visionäre Gedanke von Artefakten aus der Science-Fiction kann dabei laut der Autoren auch in andere Zukunftsanalysen abstrahlen und dort eine Orientierung in Richtung unerwarteter Zukünfte bezwecken [BU13].

## 5 Resümee und Ausblick

Grundsätzlich lässt sich zusammenfassen, dass die Einsatzbereiche von Science-Fiction, auch in einer methodischen Art und Weise, in den Bereichen Foresight und Innovation zahlreich und die Grenzen zum Teil kaum wahrnehmbar sind. Neben der Schnittstelle zwischen Science-Fiction mit Foresight und Innovation spielt Science-Fiction auch für Design eine zunehmend prominente Rolle, wie sich insbesondere unter dem umfassend verstandenen Begriff der Design Fiction zeigt. Der mögliche Mehrwert der methodischen Nutzung von Science-Fiction liegt wesentlich in der damit verbundenen Vorstellungskraft mit Bezug auf mögliche zukünftige Entwicklungen jenseits der Anlehnung an das bisher Bekannte, in der Nutzung einer anderen Perspektive neben traditionell beteiligten Disziplinen über die eigene Welt und Realität hinaus und in der Kraft der Narrative als Mittel zur Kommunikation entlang des Innovationsprozesses. Dabei gilt es die Nähe, beziehungsweise Ferne zur Realität sowie sonstige, mögliche Wahrnehmungsverzerrungen kritisch im Blick zu behalten.

Die zukünftige Agenda für die methodische Nutzung der Science-Fiction für Foresight und Innovation ist breit gefächert. Für ein verbessertes Verständnis der Interaktion zwischen tatsächlicher Realität und Science-Fiction schlägt Thomas Michaud beispielsweise eine Art Patentwesen für die Science-Fiction vor [Mic17]. Auch die Kombination der heute in der Praxis üblichen Ansätze in Foresight und Innovation lässt viel Spielraum für die strukturierte Nutzung von Science-Fiction. Die datenanalytische Einbindung und Auswertung von Science-Fiction und deren Nutzung in Foresight und Innovation gehört sicherlich zu den Aspekten, in denen sich in den nächsten Jahren einiges bewegen wird. Potential scheint auch über die methodischen Ansätze hinaus in der Nutzung von außergewöhnlichen Formen der Zusammenarbeit in Anlehnung an die Science-Fiction zu liegen, um aus den üblichen Mustern und Routinen auszubrechen [Dir16].

Eine durchgängigere Integration zur Ausschöpfung des Potentials von Science-Fiction im Methodenspektrum für Foresight und Innovation scheint auf der bestehenden methodischen Basis ein wünschenswertes Ziel für die Zukunft, insbesondere zur besseren Vorbereitung auf eine unerwartete Zukunft sowie für die bessere Spezifikation und Erreichung ambitionierter Innovationsziele.

## Danksagung

Science-Fiction hat das Potential Erinnerungen, Emotionen und Visionen zum Leben zu erwecken wie kaum ein anderes Thema. Nicht zuletzt aufgrund dieses Potentials und durch die daraus basierenden zahlreichen Gespräche ist dieser Artikel entstanden. Wir danken allen Autoren, die auf die wir in diesem Beitrag an der Schnittstelle zwischen Science-Fiction und Innovation verweisen durften. Insbesondere möchten wir Karlheinz Steinmüller und Klaus Burmeister danken, die als Grenzgängern zwischen der Science-Fiction und der Zukunftsforschung unsere Arbeit durch Ihre Verfügbarkeit als Diskussionspartner sehr bereichert haben.

## Literatur

- [AAD20] ADAM-LEDUNOIS, S.; AUPLAT, C.; DAMART, S.: Science Fiction, Innovation and Organization: Where do we stand? In (Michaud, T. Hrsg.): Science fiction and innovation design. ISTE, Ltd.; Wiley, London, Hoboken, 2020; S. 143–192
- [Ale09] ALEXANDER, B.: Apprehending the Future. Emerging Technologies, from Science Fiction to Campus Reality. In *Educause Review*, 2009, 44; S. 12–29
- [Alt07] ALTSHULLER, G.: The innovation algorithm. TRIZ, systematic innovation and technical creativity. Technical Innovation Center, Worcester, Mass., 2007
- [Arn52] ARNOLD, J. E.: Case Study Arcturus IV. MIT, Cambridge Massachusetts, 1952
- [Arn16] ARNOLD, J. E.: Arcturus IV Case Study, 2016
- [Bir05] BIRCHER, M.: Die integrale Produktinnovation. Ein Ansatz zur Unterstützung von Innovationsprojekten. Diss. ETH, Zürich, 2005
- [BU13] BIRCHNELL, T.; URRY, J.: 3D, SF and the future. In *Futures*, 2013, 50; S. 25–34
- [Ble09] BLEECKER, J.: Design Fiction. A short essay on design, science, fact and fiction, 2009
- [BW06] BLYTHE, M. A.; WRIGHT, P. C.: Pastiche scenarios: Fiction as a resource for user centred design. In *Interacting with Computers*, 2006, 18; S. 1139–1164
- [BMP+17] BINA, O.; MATEUS, S.; PEREIRA, L.; CAFFA, A.: The future imagined: Exploring fiction as a means of reflecting on today's Grand Societal Challenges and tomorrow's options. In *Futures*, 2017, 86; S. 166–184
- [BSV13] BASSETT, C.; STEINMUELLER, E.; VOSS, G.: Better Made Up: The Mutual Influence of Science fiction and Innovation, 2013
- [CN20] CHOUTEAU, M.; NGUYEN, C.: Using Science Fiction in Engineering Education: technological Imagination as an Element of Technical Culture. In (Michaud, T. Hrsg.): Science fiction and innovation design. ISTE, Ltd.; Wiley, London, Hoboken, 2020; S. 15–36
- [Cla62] CLARKE, A. C.: Profiles of the future. An inquiry into the limits of the possible. Harper & Row, New York, 1962
- [Cla99] CLARKE, A. C.: Profiles of the future. An inquiry into the limits of the possible. Gollancz, London, 1999
- [Coo06] COOPER, A.: The inmates are running the asylum. Why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity. Sams, Indianapolis, Ind., 2006
- [Cuh20] CUHLS, K. E.: Horizon Scanning in Foresight – Why Horizon Scanning is only a part of the game. In *Futures & Foresight Science*, 2020, 2
- [Del98] DEL PINO, J. S.: The challenge of teaching futures studies. In *American Behavioral Scientist*, 1998, 42; S. 484–492

- [Dir16] DIRLEWANGER, A.: Innovation der Innovation. Vom Innovations-Management zum Science und Fiction-Management. Peter Lang AG Internationaler Verlag der Wissenschaften, Bern, 2016
- [Dre96] DREBORG, K. H.: Essence of backcasting. In *Futures*, 1996, 28; S. 813–828
- [Dun02] DUNYACH, J.-C.: Fiktion mit einer Prise Wissenschaft... In (Batrick, B.; Warmbein, B. Hrsg.): *Innovative Technologien aus der Science-fiction für weltraumtechnische Anwendungen*. ESA Publications Division, Noordwijk, 2002; S. 5
- [Elk79] ELKINS, C.: Science Fiction versus Futurology: Dramatic versus Rational Models. In *Science Fiction Studies*, 1979, vol. 6; S. 20–31
- [Fei07] FEITELSON, D. G.: Asimov's Laws of Robotics Applied to Software. In *IEEE Software*, 2007, 24; S. 111–112
- [Fer19] FERGNANI, A.: The future persona: a futures method to let your scenarios come to life. In *fore-sight*, 2019, 21; S. 445–466
- [FS20] FERGNANI, A.; SONG, Z.: The six scenario archetypes framework: A systematic investigation of science fiction films set in the future. In *Futures*, 2020, 124; S. 102645
- [Fra18] FRAUNHOFER-VERBUND INNOVATIONSFORSCHUNG: *Wandel verstehen, Zukunft gestalten. Impulse für die Zukunft der Innovation*, Stuttgart, 2018
- [Gab63] GABOR, D.: *Inventing the future*. Secker & Warburg, London, 1963
- [Ger26] GERNSBACK, H.: A new sort of magazine. In *Amazing Stories*, 1926, 1; S. 3
- [GFS95] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: *Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien*. Hanser, München, Wien, 1995
- [HL66] HONOLD, R.; LARSEN W. G.: *Raumpatrouille - Die Phantastischen Abenteuer des Raumschiffs Orion*. Bavaria Filmstudios, München, 1966
- [HM92] HOFFMANN, U.; MARZ, L.: *Leitbildperspektiven: Technische Innovationen zwischen Vorstellung und Verwirklichung*. In (Burmeister, K.; Steinmüller, K. Hrsg.): *Streifzüge ins Übermorgen. Science Fiction und Zukunftsforschung*. Beltz, Weinheim, Basel, 1992
- [Hur08] HURLEY, K.: Is that a future we want?: An ecofeminist exploration of images of the future in contemporary film. In *Futures*, 2008, 40; S. 346–359
- [Hux32] HUXLEY, A.: *Brave new world. A novel*. Garden City Pub. Co, Garden City N.Y., 1932
- [Idi00] IDIER, D.: Science fiction and technology scenarios: comparing Asimov's robots and Gibson's cyberspace. In *Technology in Society*, 2000, 22; S. 255–272
- [JB70] JONES, D. F.; BRIDGES, J.: *Colossus*. Universal Pictures, Universal City, 1970
- [Joh11] JOHNSON, B. D.: *Science Fiction Prototyping: Designing the Future with Science Fiction*. In *Synthesis Lectures on Computer Science*, 2011, 3; S. 1–190
- [Kin21] KING, I. S.: Science fiction as a value scenario for historical technology. In *Ethics and Information Technology*, 2021, 23; S. 69–73
- [KC68] KUBRICK, S.; CLARKE, A. C.: *2001: A Space Odyssey*. Metro-Goldwyn-Mayer MGM, Culver City, 1968
- [Kym16] KYMÄLÄINEN, T.: Science Fiction Prototypes as a Method for Discussing Socio-Technical Issues within Emerging Technology Research and Foresight. In *Athens Journal of Technology and Engineering*, 2016, 3; 333-347.
- [Lau20] LAUSTER, M.: *Zukunftsnarrationen - Gebrauchserzählungen in der Zukunftsforschung*. In (Breitenwischer, D.; Häger, H.-M.; Menninger, J. Hrsg.): *Faktuales und fiktionales Erzählen II. Geschichte - Medien - Praktiken*. Ergon Verlag, Baden-Baden, 2020; S. 225–238
- [Lin15] LINDLEY, J.: *Researching Design Fiction With Design Fiction*. In (Maver, T.; Do, E. Y.-L. Hrsg.): *Proceedings of the 2015 ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition*. ACM., New York, NY, USA, 2015; S. 325–326

- [Mar69] MARQUIS, D. G.: Successful industrial innovations - a study of factors underlying innovation in selected firms. National Science Foundation, Washington, D.C, 1969
- [Mar92] MARZIN, F. F.: Die Konstruktion von Szenarien in der Science Fiction. In (Burmeister, K.; Steinmüller, K. Hrsg.): Streifzüge ins Übermorgen. Science Fiction und Zukunftsforschung. Beltz, Weinheim, Basel, 1992; S. 235–248
- [MB08] MILLER, C. A.; BENNETT, I.: Thinking longer term about technology: is there value in science fiction-inspired approaches to constructing futures? In Science and Public Policy, 2008, 35; S. 597–606
- [Mic17] MICHAUD, T.: Innovation, between science and science fiction. Wiley; ISTE Ltd, Hoboken, NJ, London, UK, 2017
- [Mic20] MICHAUD, T.: Design Fiction, Technotypes and Innovation. In (Michaud, T. Hrsg.): Science fiction and innovation design. ISTE, Ltd.; Wiley, London, Hoboken, 2020; S. 113–161
- [Mil08] MILES, I. D.: From futures to foresight. In (Georghlou, L. Hrsg.): A handbook of technology foresight concepts and practice. Elgar, Cheltenham [u.a.], 2008; S. 24–43
- [OEC18] OECD/EUROSTAT: Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. OECD Publishing; Eurostat, Paris, Luxembourg, 2018
- [Orw49] ORWELL, G.: 1984. Houghton Mifflin Harcourt, New York, 1949
- [Pät15] PÄTSCH, C.: Von Science-Fiction-Städten lernen. Szenarien für die Stadtplanung ; ein Projekt des Forschungsprogramms "Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)" des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 2015
- [Pil08] PILLKAHN, U.: Using trends and scenarios as tools for strategy development. Shaping the future of your enterprise. Publicis Corp. Publ, Erlangen, 2008
- [PMK+15] PÄTSCH, C.; MAIKMPER, M.; KRÄMER, S.; RUKSCHCIO, B.; ROTT, B.: Von Science-Fiction-Städten lernen: Szenarien für die Stadtplanung, Bonn, 2015
- [RGW02] BATTRICK, B.; WARMBEIN, B. HRSG.: Innovative Technologien aus der Science-fiction für welt-raumtechnische Anwendungen. ESA Publications Division, Noordwijk, 2002
- [Sig10] SIGMA, X.: Did Science Fiction Influence You?, NC, 2010
- [Son65] SONTHEIMER, K.: Voraussage als Ziel und Problem moderner Sozialwissenschaft. In Universitätstägung Veröffentlichung der Freien Universität Berlin, 1965; S. 16–33
- [Ste92] STEINMÜLLER, K.: Zukunftsforschung und Science Fiction: No Close Encounters? In (Burmeister, K.; Steinmüller, K. Hrsg.): Streifzüge ins Übermorgen. Science Fiction und Zukunftsforschung. Beltz, Weinheim, Basel, 1992; S. 13–31
- [Ste10] STEINMÜLLER, K.: Science Fiction: eine Quelle von Leitbildern für Innovationsprozesse und ein Impulsgeber für Foresight. In (HAUSS, K.; ULRICH, S.; HORNBOSTEL, S. HRSG.): Foresight - between Science and Fiction, Berlin, 2010; S. 19–31
- [Ste16] STEINMÜLLER, K.: Antizipation als Gedankenexperiment: Science Fiction und Zukunftsforschung. In (Popp, R. et al. Hrsg.): Einblicke, Ausblicke, Weitblicke. Aktuelle Perspektiven in der Zukunftsforschung. LIT Verlag, Wien, Zürich, 2016
- [Ste18] STEINMÜLLER, K.: Surprising Scenarios. Imagination as a Dimension of Foresight. In (Peperhove, R.; Steinmüller, K.; Diemel, H.-L. Hrsg.): Envisioning Uncertain Futures. Scenarios as a Tool in Security, Privacy and Mobility Research. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018; S. 49–68
- [VDI78] VDI: Arbeitshilfen zur systematischen Produktplanung. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1978
- [WK20] WYLUZKI, M.; KETTLITZ, H.: Das Science Fiction Jahr 2019. Hirnkost, Berlin, 2020
- [Zai19] ZAIDI, L.: Worldbuilding in Science Fiction, Foresight and Design. In Journal of Futures Studies, 2019, 23 (4); S. 15–26

- [Zwe92] ZWECK, A.: Technikfolgenabschätzung und Science Fiction. In (Burmeister, K.; Steinmüller, K. Hrsg.): Streifzüge ins Übermorgen. Science Fiction und Zukunftsforschung. Beltz, Weinheim, Basel, 1992; S. 179–196

## Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf** koordiniert seit 2017 als Geschäftsführer die Aktivitäten des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung und hat seit 2020 als Direktor des Instituts für Human Engineering & Empathic Design HEED die Stiftungsprofessur für Interdisziplinaritäts- und Innovationsforschung der Karl Schlecht Stiftung an der Hochschule Pforzheim inne. Er arbeitet seit 2002 als interdisziplinärer Forscher und Vordenker bei der Fraunhofer-Gesellschaft. Während seiner Arbeit im Team FuE-Management am Fraunhofer IAO schloss er 2010 die Promotion an der Universität Stuttgart ab. Er war in zahlreiche nationale und internationale Forschungs- und Industrieprojekte involviert, ist regelmäßig in der Hochschullehre und in Bewertungsgremien verschiedener Zeitschriften und Forschungsförderer tätig, insbesondere in den Themenfeldern des strategischen FuE-, Technologie- und Innovationsmanagements. Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf dem Umgang mit potentiell disruptiven und radikalen Innovationen sowie der Genese von Innovationen an Schnittstellen unterschiedlicher Disziplinen und Fachbereiche.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. Michael Lauster** ist Leiter des Fraunhofer-Instituts für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT in Euskirchen und hält einen Lehrstuhl für Technologieanalyse und -vorausschau an der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen. Nach seiner Offiziersausbildung folgte ein Studium der Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität der Bundeswehr. Während seiner Zeit an der UniBwM promovierte er zum Thema irreversible Thermodynamik an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik und habilitierte sich an der Fakultät für Wirtschafts- und Organisationswissenschaften für das Fach Statistik. Bis zum Herbst 2012 hatte er dort auch eine Privatdozentur für Statistik inne. Seit September 2012 leitet er das Fraunhofer INT, seit Februar 2014 ist er außerdem Sprecher der Fraunhofer-Allianz Space, einer Vereinigung von 15 Fraunhofer-Instituten mit mehr als 5000 Mitarbeitern, die sich mit der Nutzung fortschrittlicher Technologien für Raumfahrtanwendungen beschäftigen.





## **acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN**

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

acatech advises policymakers and the general public, supports innovation policy decision-making, and represents the interests of the technological sciences internationally. In accordance with its mandate from Germany's federal government and states, the Academy provides independent, science-based advice that is in the public interest. acatech explains the opportunities and risks of technological developments and helps to ensure that ideas become innovations – innovations that lead to greater prosperity, welfare, and quality of life. acatech brings science and industry together. The Academy's Members are distinguished scientists from the fields of engineering, the natural sciences and medicine, as well as the humanities and social sciences. The Senate is made up of leading figures from major science organisations and from technology companies and associations. In addition to its headquarters at the acatech FORUM in Munich, the Academy also has offices in Berlin and Brussels.

## **Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung**

### **Wandel verstehen, Zukunft gestalten**

Das Wissen um die komplexen Wirkzusammenhänge innerhalb von Innovationssystemen ist erfolgskritisch für Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft. Die Veränderung von Branchen, Märkten und Technologien muss daher frühzeitig erkannt und verstanden werden, um die langfristigen Auswirkungen in ökonomischer, technologischer, sozialer, politischer sowie kultureller Hinsicht aktiv gestalten zu können. Als kompetenter Partner mit einer einzigartigen Verknüpfung von sozioökonomischer sowie soziotechnischer Forschung gibt der Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung Orientierung, erleichtert die Positionsbestimmung und unterstützt bei der Zukunftsgestaltung im Innovationssystem.

## **Fraunhofer Group for Innovation Research**

### **Understanding change, shaping the future**

Understanding the complex interdependencies within systems of innovation is critical for business, government, science, and society to succeed. For this reason, it is important to recognize change as soon as it emerges in any sector, market or technology. Only by comprehending such change, can we actively influence its long-term economical, technological, societal, governmental, and cultural impact. As an expert partner that uniquely combines socioeconomic and sociotechnical research, the Fraunhofer Group for Innovation Research provides stakeholders with orientation, facilitates them in positioning themselves, and assists in shaping the future in the innovation system.

## **Das Heinz Nixdorf Institut – Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik**

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein Forschungszentrum der Universität Paderborn. Es entstand 1987 aus der Initiative und mit Förderung von Heinz Nixdorf. Damit wollte er Ingenieurwissenschaften und Informatik zusammenführen, um wesentliche Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Dies schließt auch die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld ein.

Die Forschungsarbeit orientiert sich an dem Programm „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“. In der Lehre engagiert sich das Heinz Nixdorf Institut in Studiengängen der Informatik, der Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften.

Heute wirken am Heinz Nixdorf Institut neun Professoren mit insgesamt 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Pro Jahr promovieren hier etwa 20 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

## **Heinz Nixdorf Institute – Interdisciplinary Research Centre for Computer Science and Technology**

The Heinz Nixdorf Institute is a research centre within the University of Paderborn. It was founded in 1987 initiated and supported by Heinz Nixdorf. By doing so he wanted to create a symbiosis of computer science and engineering in order to provide critical impetus for new products and services. This includes interactions with the social environment.

Our research is aligned with the program “Dynamics, Mobility, Integration: Enroute to the technical systems of tomorrow.” In training and education the Heinz Nixdorf Institute is involved in many programs of study at the University of Paderborn. The superior goal in education and training is to communicate competencies that are critical in tomorrows economy.


Today nine Professors and 150 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. Per year approximately 20 young researchers receive a doctorate.

## Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 373 ECKELT, D.: Systematik zum innovationsorientierten Intellectual Property Management. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 373, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-92-2
- Bd. 374 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 23. und 24. November 2017, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 374, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-93-9
- Bd. 375 WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 375, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-94-6
- Bd. 376 JÜRGENHAKE, C.: Systematik für eine prototypenbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices). Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 376, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-95-3
- Bd. 377 WEBER, J.: Modellbasierte Werkstück- und Werkzeugpositionierung zur Reduzierung der Zykluszeit in NC-Programmen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 377, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-96-0
- Bd. 378 OESTERSÖTEBIER, F.: Modellbasierter Entwurf intelligenter mechatronischer Systeme mithilfe semantischer Technologien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 378, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-97-7
- Bd. 379 ABELDGAWAD, K.: A System-Level Design Framework for Networked Driving Simulation. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 379, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-98-4
- Bd. 380 JUNG, D.: Local Strategies for Swarm Formations on a Grid. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 380, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-99-1
- Bd. 381 PLACZEK, M.: Systematik zur geschäftsmodellorientierten Technologiefrühaufklärung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 381, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-00-2
- Bd. 382 KÖCHLING, D.: Systematik zur integrativen Planung des Verhaltens selbstoptimierender Produktionssysteme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 382, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-01-9
- Bd. 383 KAGE, M.: Systematik zur Positionierung in technologieinduzierten Wertschöpfungsnetzwerken. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 383, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-02-6
- Bd. 384 DÜLME, C.: Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 384, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-03-3
- Bd. 385 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 8. und 9. November 2018, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 385, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-04-0

## Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 386 SCHNEIDER, M.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 386, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-05-7
- Bd. 387 ECHTERHOFF, B.: Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 387, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-06-4
- Bd. 388 KRUSE, D.: Teilautomatisierte Parameteridentifikation für die Validierung von Dynamikmodellen im modellbasierten Entwurf mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 388, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-07-1
- Bd. 389 MITTAG, T.: Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 389, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-08-8
- Bd. 390 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 21. und 22. November 2019, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 390, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-09-5
- Bd. 391 SCHIERBAUM, A.: Systematik zur Ableitung bedarfsgerechter Systems Engineering Leitfäden im Maschinenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 391, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-10-1
- Bd. 392 PAI, A.: Computationally Efficient Modelling and Precision Position and Force Control of SMA Actuators. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 392, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-11-8
- Bd. 393 ECHTERFELD, J.: Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 393, Paderborn, 2020 – ISBN 978-3-947647-12-5
- Bd. 394 LOCHBICHLER, M.: Systematische Wahl einer Modellierungstiefe im Entwurfsprozess mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 394, Paderborn, 2020 – ISBN 978-3-947647-13-2
- Bd. 395 LUKEI, M.: Systematik zur integrativen Entwicklung von mechatronischen Produkten und deren Prüfmittel. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 395, Paderborn, 2020 – ISBN 978-3-947647-14-9
- Bd. 396 KOHLSTEDT, A.: Modellbasierte Synthese einer hybriden Kraft-/Positionsregelung für einen Fahrzeugachsprüfstand mit hydraulischem Hexapod. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 396, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-15-6
- Bd. 397 DREWEL, M.: Systematik zum Einstieg in die Plattformökonomie. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 397, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-16-3
- Bd. 398 FRANK, M.: Systematik zur Planung des organisationalen Wandels zum Smart Service-Anbieter. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 398, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-17-0
- Bd. 399 KOLDEWEY, C.: Systematik zur Entwicklung von Smart Service-Strategien im produzierenden Gewerbe. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 399, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-18-7



Mehr denn je kommt es auf Strategiekompetenz an, d. h. auf das frühzeitige Erkennen der Erfolgspotentiale von morgen und das rechtzeitige Erschließen dieser Erfolgspotentiale. Die Kunden zu fragen hilft nur sehr bedingt, weil diese kaum sagen werden, welche Probleme sie morgen zu lösen haben und wie die entsprechenden Lösungen zu gestalten sind. Daher ist die Grundvoraussetzung für erfolgreiches strategisches Agieren die phantasievolle Antizipation der Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern (Branche, Zulieferer, Politik, Gesellschaft etc.).

Die systematische Vorausschau verdeutlicht die Chancen, die im Schnittpunkt der zukünftigen Marktanforderungen (Market Pull) und der technologischen Möglichkeiten von morgen (Technology Push) liegen, aber auch die Bedrohungen für das etablierte Geschäft von heute. Die Ergebnisse der Vorausschau bilden die Basis für F&E-Aufträge und entsprechende Investitionsentscheidungen.

Mit dem Symposium für Vorausschau und Technologieplanung pflegen wir den gut etablierten Dialog mit der Fachwelt. Die Veranstaltung richtet sich an Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen aus Unternehmen, die sich mit der Gestaltung des Geschäfts von morgen befassen, sowie an maßgebende Persönlichkeiten aus einschlägigen Instituten. Sie bietet ein anspruchsvolles Forum, in dem Fachleute aus Industrie und Wissenschaft ihre Arbeiten präsentieren und zur Diskussion stellen.