

**Band
413**

Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

Roman Dumitrescu
Katharina Hölzle (Hrsg.)

Vorausschau und Technologieplanung

**17. Symposium für
Vorausschau und Technologieplanung**

14. und 15. September 2023
Berlin

Roman Dumitrescu
Katharina Hölzle (Hrsg.)

Vorausschau und Technologieplanung

17. Symposium für
Vorausschau und Technologieplanung
14. und 15. September 2023
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 413 der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2023

ISSN (Print): 2195-5239

ISSN (Online): 2365-4422

ISBN: 978-3-947647-32-3

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

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 AG

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

Dr. A. Frey,
acatech

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

A. Hagemann,
Cicor Management AG

Dr. S. Kimpeler,
Fraunhofer ISI

Dr.-Ing. C. Koldewey,
Heinz Nixdorf Institut

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,
tmk-expertise

T. Pfänder,
UNITY AG

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

Prof. Dr. R. Rohrbeck,
EDHEC Business School

Prof. Dr.-Ing. S. Schimpf,
Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung

Dr.-Ing. B. C. Schmidt,
Hitachi Energy Ltd.

Prof. Dr. M. Schraudner,
Fraunhofer CeRRI

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

Dr.-Ing. A. Siebe,
Zukunftsingenieur

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

Dr.-Ing. K. Stoll,
WAGO GmbH & Co. KG

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

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

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

Dr. J. Winter,
L3S Research Centre

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 Timm Fichtler gedankt, dem die Organisation des Ganzen oblag.

September 2023

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Prof. Dr. Katharina Hölze

Inhaltsverzeichnis

Session I

A. Zweck, A. Braun, S. Rijkers-Defrasne, D. Holtmannspötter, A. Galil Übersicht internationaler Technologieprognosen und Zukunftsstudien	11
M. John, S. Schimpf, M. Martini Zukunft der Innovation – eine Spurensuche in den Daten	29

Session II

P. Haan, M. Berbig, R. Blum, J. Rörden, E. Schirrmeister, R. Zimmermann Mehrstufige strategische Frühaufklärung durch iterative automatisierte Themenerkennung und Fusion von Nachrichten-, Journal- und Patenttexten mittels Natural Language Processing (NLP)	51
L. Rasztar, K. Hölzle Anwendung von Foresight-Aktivitäten in kleinen und mittleren Unternehmen – Ein narrativer Literaturüberblick	73

Session III

F. Machon, L. Haarmann, M. Rabe, R. Dumitrescu, M. Bierbüsse, M. Tack, R. Hanke, D. Kinder Mehr Innovationen durch Venture Clienting – Fallstudie zur Initiative „Stratosfare“	101
E. Schirrmeister, A. Kirstgen, J. Rörden, S. Hermann Eine Multi-Level-Perspektive für Nischeninnovationen – Zukunftsscanner für Baden-Württemberg	125

Session IV

S. Hünemeyer, J. Bauer, S. Wagenmann, A. Kubin, A. Albers Datengestützte SGE – Systemgenerationsentwicklung: Konzeption und Anwendung einer Methode zur Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten	145
F. Braun, S. Stegmüller, A. Ardilio Datenbasierter Ansatz zur Erhebung von bedürfnisorientierten Ableitungen von Designentscheidungen in der Automobilentwicklung	167

Session V

- M. Scholtysik, C. Koldewey, R. Dumitrescu, C. Pierenkemper, C. Hensen
Einstieg in die Kreislaufwirtschaft: Integrative Planung von Produkten und
Geschäftsmodellen 187
- P. Ruess, S. Rzesnitzek
Ein Vorgehensmodell zur systemischen Analyse von inner- und überbetrieb-
lichen Einflussfaktoren bei der Einführung von 5G in Produktion und Logistik 209

Plenum

- D. Fischer, V. Joachim, S. Tranaes, H. Jung
KI in der Vorausschau – Kritische Evaluation der Anwendung von generativer
KI am Beispiel von ChatGPT in der Szenario-Technik 227

Session VI

- J. Waterstraat, N. Denter, M. Möhrle
Auf dem Weg zur effizienten Patent Intelligence: Automatisierte Bewertung der
wissenschaftlich fundierten Neuheit von Patenten 255
- U. Hutschek, M. Heil, C. Beisswanger, B. Schmohl, S. Goris
Analyse von Large Language Models und ihrer Potenziale für die frühen Phasen
von Vorausschau und Technologieplanung anhand konkreter Anwendungsfälle.. 273

Session VII

- M. Kuebler, C. Thümmel, M. Spekker, A. Siebe, A. Albers
Weiterentwicklung und Evaluation einer Systematik zur Bestimmung sich
ändernder Produkteigenschaften..... 301
- M. Fazal-Baqaie, N. Bürger, P. Hultzsck, D. Schuler, A. Botskor, R. Hohenhoff
Die Digitale Fahrzeugakte – Wie die Umsetzung eines umfassenden digitalen
Zwillings die Weichen für die Zukunft stellt..... 319

Session VIII

- L. Keicher, A. Ardilio, M. Schmitz, T. Schloen
Ein hybrider KI-Ansatz zur Identifikation von technologischen Kompetenzen im
Rahmen der Technologiefrühaufklärung – Kombination von symbolischer und
subsymbolischer KI 345
- A. Schönmann, L. Lodes, A. Schiendorfer
KI-Augmentation der Reifegradbewertung von Technologien: Können KI-
Sprachmodelle Expertenwissen ersetzen?..... 371

Session IX

K. Bauer, J. Meinzer

Design Fiction in Innovationsprozessen – wie man zukünftigen
Herausforderungen bereits in der Gegenwart begegnen kann 391

R. Gutknecht, E. Schirrmeister, S. Kimpeler

Szenarioprozesse für die Wissenschaftskommunikation am Beispiel von
Quantentechnologien 407

Session I

Übersicht internationaler Technologieprognosen und Zukunftsstudien

*Prof. Dr. Dr. Axel Zweck,
Dr. Anette Braun,
Dr. Sylvie Rijkers-Defrasne,
Dr. Dirk Holtmannspötter,
Amina Abdel-Galil*

VDI Research

VDI Technologiezentrum GmbH

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

Tel. +49 (0) 211 / 6214-491

E-Mail: braun_a@vdi.de

Zusammenfassung

Die Bedeutung der inhaltlichen Auseinandersetzung mit Technologieprognosen und Zukunftsstudien für eine fundierte Forschungs- und Innovationspolitik ist angesichts der zunehmenden Komplexität von Innovationsprozessen über die letzten Jahre gestiegen. Nationale, themenübergreifende Technologieprognosen und Zukunftsstudien eröffnen Einblicke in die Einschätzungen und Erwartungen von Regierungen hinsichtlich der sich abzeichnenden (Technologie-) Entwicklung und teilweise auch in die strategische Planung im jeweiligen nationalen Kontext.

Die Kenntnis von thematischen Schwerpunktsetzungen in internationalen Zukunftsstudien kann deutsche Entscheidungsträger bei der Ermittlung wichtiger Themen für Wissenschafts- und Technologie-Entscheidungen unterstützen. So können eigene Wissenschafts- und Technologie-Strategien mit denjenigen anderer Länder verglichen und Stärken, Schwächen und Optimierungspotenziale identifiziert werden. Auch kann besser eingeschätzt werden, welche Investitionen in Forschung und Entwicklung den größten Nutzen für Gesellschaft und Wirtschaft bringen können.

In dem vorliegenden Beitrag wird eine statistische Übersicht über internationale Technologieprognosen und Zukunftsstudien im Betrachtungszeitraum 2016-2022 geboten und thematisch ausgewertet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung von Schwerpunktthemen einzelner Länder und Weltregionen, die durch sogenannte nationale thematische Fingerabdrücke statistisch herausgearbeitet werden.

Ziel ist ein vergleichender Überblick über thematische Schwerpunkte aktuell bedeutender Technologieperspektiven aus dem Ausland, der den Bedarf deutscher Entscheidungsträger an substantziellen Auswertungen von internationalen Technologieprognosen erfüllt.

Schlüsselworte

Technologieprognosen, Zukunftsstudien, Foresight

Overview of international foresight and future studies

Abstract

The importance of dealing with the content of technology foresight and future studies for a well-founded research and innovation policy has increased in recent years in view of the increasing complexity of innovation processes. National, cross-thematic technology forecasts and future studies provide insights into the assessments and expectations of governments with regard to the emerging (technological) development and partly also to the strategic planning in the respective national context.

Knowledge of thematic priorities in international future studies can support German decision-makers in identifying important topics for science and technology decisions. This enables them to compare their own science and technology strategies with those of other countries and to identify strengths, weaknesses and optimisation potential. It is also possible to better assess which investments in research and development could bring the greatest benefit to society and the economy.

This paper provides a statistical overview of international foresight and future studies for the period 2016-2022 and evaluates them thematically. The focus lies on the identification of key topics of individual countries and world regions, which are statistically elaborated by so-called national thematic fingerprints.

The aim is to provide a comparative overview of thematic focal points of currently significant technology perspectives from abroad to meet the needs of German decision-makers for substantial evaluations of international technology forecasts.

Keywords

Technology forecasts, future studies, foresight

1 Hintergrund und Erkenntnisinteresse

Eine inhaltliche Auseinandersetzung mit Technologieprognosen und Zukunftsstudien hat angesichts der zunehmenden Komplexität von Innovationsprozessen über die letzten Jahre beständig an Bedeutung gewonnen, insbesondere aufgrund der zunehmenden Beschleunigung von Innovationszyklen und des damit einhergehenden steigenden internationalen Wettbewerbsdrucks.

Der immense Zuwachs an Technologiewissen sowie die zunehmende Komplexität technisch-wissenschaftlicher und damit verbundener sozio-kultureller Prozesse stellen immer neue Herausforderungen dar, die Regierungen, internationale Organisationen und Unternehmen gleichermaßen zwingen, sich ständig neu zu orientieren und schnell auf aktuelle Entwicklungen zu reagieren.

Öffentliche Technologieprognosen und Zukunftsstudien sind in diesem Zusammenhang letztlich die einzigen detaillierten, zuverlässigen und gut verfügbaren Quellen für Einblicke in die Zukunftseinschätzungen der jeweiligen regionalen, nationalen und supranationalen Akteure.

Weltweit werden in zahlreichen Foresight-Prozessen interessante und wertvolle Informationen generiert, die für Akteure in Forschung und Innovation fundiertes Zukunftswissen darstellen. Dieses Wissen kann Entscheidungsträger (nicht nur) in Deutschland bei der Ermittlung der sich abzeichnenden wichtigen Themen für Wissenschafts und Technologie-Entscheidungen unterstützen.

Durch eine vergleichende Analyse internationaler Technologieprognosen bietet sich die Möglichkeit, zukunftsbezogene Visionen und Einschätzungen verschiedener Nationen im Hinblick auf die zukünftige technologische Entwicklung zu erhalten.

Zur Identifikation der internationalen thematischen Trends in Zukunftsstudien wird eine statistische Übersicht über internationale Technologieprognosen und Zukunftsstudien im Betrachtungszeitraum 2016-2022 geboten und thematisch analysiert.

Der Fokus liegt also auf der Identifizierung von Schwerpunktthemen einzelner Länder und Weltregionen, die durch sogenannte nationale thematische Fingerabdrücke statistisch herausgearbeitet werden.

2 Verteilung nationaler Zukunftsstudien nach Ländern

Die vorliegende Untersuchung basiert auf [RBH+22], einem Pool¹ von über 300 Foresight-Studien und Strategieplänen nationaler und regionaler Regierungen aus Nordamerika, Europa

¹ Der in [RBH+22] enthaltene und hier ebenfalls zugrundegelegte Dokumenten-Pool beruht auf einer breit angelegten Literatur- und Internetrecherche, die neben allgemeinen Schlagworten auch einschlägige Fachliteratur und -konferenzen berücksichtigt und an bereits bekannte Akteure anknüpft. Die Auswahl der Dokumente erfolgte kriterienbasiert anhand der folgenden fünf Kriterien: Publikationsjahr 2016 oder danach; inhaltlicher Fokus auf zukünftige Entwicklungen; Behandlung von Technologien; Berücksichtigung von sozioökonomischen Aspekten; Regierung, Regierungseinrichtung auf nationaler Ebene oder eine internationale Organisation als Auftraggeber oder Durchführender. Weil darüber hinaus keine weiteren Einschränkungen gemacht wurden,

und Asien, aber auch anderer Regionen der Welt sowie internationaler Organisationen. Diese Zukunftsstudien, Technologieprognosen und Strategiepläne stammen aus 41 Ländern sowie den Europäischen Institutionen (EU-Parlament, EU-Kommission). Von den betrachteten Ländern gehören 26 zu den EU-Staaten und 15 zu Nicht-EU-Staaten.

Die nachfolgende Analyse konzentriert sich auf nationale Zukunftsstudien und Technologieprognosen im engeren Sinne, im Folgenden zusammenfassend als Zukunftsstudien bezeichnet.²

Datengrundlage für die vorliegende Analyse sind insgesamt 118 nationale Zukunftsstudien aus 19 Ländern im Betrachtungszeitraum 2016-2022:

- 7 EU-Staaten: Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Lettland, Malta, Österreich
- 12 Nicht-EU-Staaten: Australien, Indien, Japan, Kanada, Malaysia, Norwegen, Russland, Saudi-Arabien, Schweiz, Südkorea, UK, USA

Zur allgemeinen Einordnung und zum Vergleich sind auch 22 Zukunftsstudien von EU-Institutionen in der nachfolgenden Bild 1 mit aufgeführt.

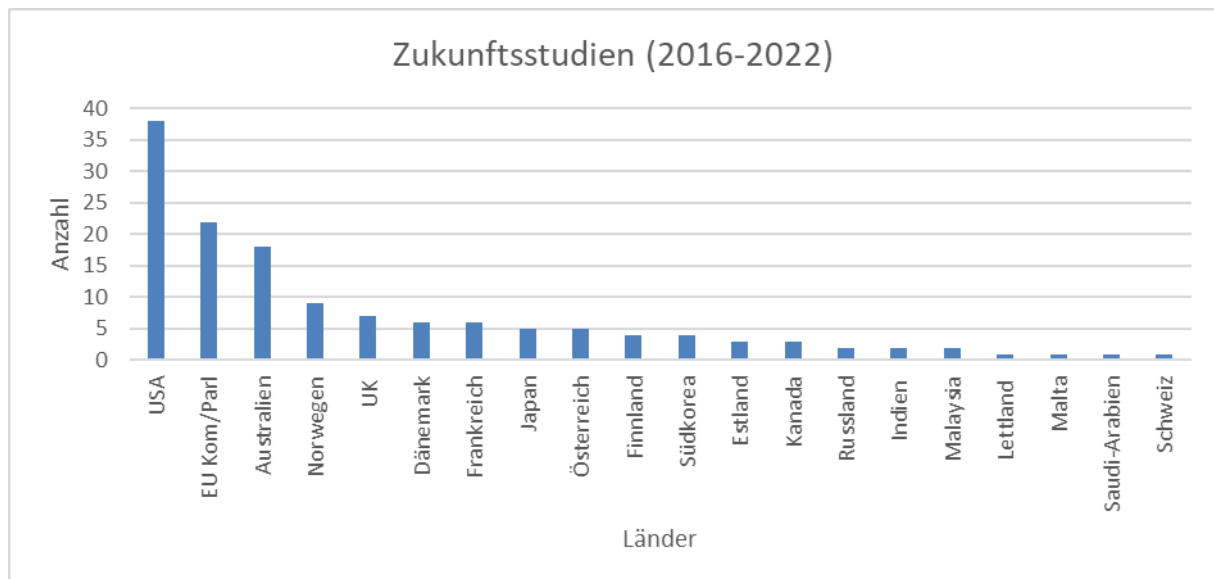


Bild 1: Verteilung der Anzahl der betrachteten Zukunftsstudien im Zeitraum 2016-2022 nach Ländern (einschließlich Zukunftsstudien der EU) (Quelle: eigene Erhebung und Darstellung).

könnte die Recherche theoretisch vollständig sein – aufgrund der Sprachbarrieren und begrenzter zeitlicher Ressourcen ist dies dennoch eher unwahrscheinlich. Es sei aber angemerkt, dass die Recherche keine vergleichbar umfassenden Sammlungen an Zukunftsstudien der gesuchten Art ergeben hat. Sollten relevante Zukunftsstudien und/oder Akteure übersehen worden sein, begrüßen wir entsprechende Hinweise ausdrücklich.

² Für die Unterscheidung der Dokumententypen werden die Einordnungen in [RBH+22] zugrunde gelegt. Gegenüber der Grundgesamtheit in [RBH+22] werden nachfolgend die regionalen Zukunftsstudien und die nationalen Strategiepläne aus der Betrachtung genommen. Diese Einschränkung ist sinnvoll und notwendig, weil – gerade in Bezug auf die Strategiepläne – eine Vollständigkeit der Recherche nicht angestrebt wurde. Eine umfangreiche Sammlung an Dokumenten zur Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik verschiedener Staaten bietet bspw. die OECD unter <https://stip.oecd.org/>.

Die meisten Zukunftsstudien stammen demnach aus den USA, gefolgt von der EU und Australien.

3 Analysemethodik der Themenschwerpunkte nationaler Zukunftsstudien

Um die inhaltlichen Schwerpunktsetzungen der Zukunftsaktivitäten einzelner Länder miteinander vergleichen zu können, wurde jeweils ein Themenprofil der Länder erhoben, welches als **nationaler thematischer Fingerabdruck** bezeichnet wird. Zu diesem Zweck wurden die Inhalte aller identifizierten Zukunftsstudien anhand eines einheitlichen Analyserasters³ strukturiert erfasst. Dieses Analyseraster besteht aus 14 Themenfeldern:

- Energie
- Materialtechnik
- Basistechnologien der Digitalisierung
- Biotechnologie
- Arbeit und Wertschöpfung
- Gesundheit, Lifestyle, Ernährung
- Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima
- Bauen und Wohnen
- Verteidigung und Sicherheit
- Mobilität und Verkehr
- Meerestechnik und Schifffahrt
- Luft- und Raumfahrt
- Digitalisierung
- Gesellschaft, Kultur und Bildung

Dabei wurde für jede der insgesamt 118 identifizierten Zukunftsstudien eine Einschätzung abgegeben zum Umfang der Betrachtung des jeweiligen Themenfeldes nach dem folgenden Wertungsschema:

- 0 = Themenfeld wird in der Studie nicht erwähnt/spielt keine Rolle
- 1 = Themenfeld wird erwähnt aber nicht eingehend behandelt
- 2 = Themenfeld wird eingehend behandelt mit zitierbaren Zukunftsaussagen

Aus der Summe dieser Einschätzungen wurden drei Kennzahlen abgeleitet:⁴

³ Das Analyseraster wurde ursprünglich in [SHA04] aus der inhaltlichen Gliederung ausgewählter Technologieprognosen abgeleitet und in den nachfolgenden Arbeiten [HRG+06], [HRP+10] und [BHK+13] anhand von Erfahrungswerten überprüft und angepasst – so auch für die vorliegende Arbeit. Außerdem erfolgten kursorische Validierungen anhand der Gliederung umfassender Technologiedarstellungen, wie etwa [Bul07].

⁴ Auch wenn aus der Wertung und den anschließenden Summenbildungen quantitative Kennzahlen konstruiert werden, verbleibt ein nicht unerheblicher Anteil an qualitativer Einschätzung. Dieser qualitative Anteil liegt in der Vergabe der Einzelwertungen.

- Themen-Breite (TB): Summe der jeweils höchsten Wertung je Themenfeld über alle Zukunftsstudien eines Landes.
- Studien-Intensität (SI): Summe aller Wertungen über alle Themenfelder und Zukunftsstudien eines Landes.
- Themen-Intensität (TI): Summe aller Wertungen zu einem Themenfeld über alle Zukunftsstudien (ggf. bezogen auf eine Gruppe von Ländern).

Die Themen-Breite soll insofern als Kennzahl für die thematische Breite der Zukunftsstudien eines Landes stehen. Bei 14 Themenfeldern und einer Höchstwertung von 2 je Themenfeld liegt der Maximalwert der Themen-Breite bei 28.

Die Studien-Intensität hängt von der Zahl der Zukunftsstudien eines Landes ab und kann (theoretisch) beliebig groß werden. Sie fällt umso größer aus, je mehr Zukunftsstudien des jeweiligen Landes es gibt. Dabei spielt die thematische Verteilung keine Rolle. Je höher der Wert, als umso größer kann die Intensität der Zukunftsbefassung in Studien des betreffenden Landes angesehen werden.

Die Themen-Intensität erlaubt eine etwas differenziertere Sicht auf den Umfang der Behandlung eines bestimmten Themenfeldes durch (bestimmte, je nach Interesse auszuwählenden) Gruppen von Ländern.

Die folgenden beiden Abschnitte enthalten Tabellen mit den Daten zu den so erhobenen Kennzahlen TB und SI sowie jeweils eine kurze Diskussion. Dabei gibt Tabelle 1 die Einschätzungen und Einzelwerte zur Bestimmung der Kennzahl TB wieder und analog Tabelle 2 die Informationen zur Bestimmung der Kennzahl SI.

Darüber hinaus bestehen – bei aller Sorgfalt – Unsicherheiten bezüglich der Vollständigkeit der Recherche. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Zukunftsstudien in Originalsprache, von denen keine englischsprachigen Übersetzungen verfügbar sind bzw. auf die nicht in englischer Sprache hingewiesen wird.

Die nachfolgenden Beobachtungen aus dieser statistischen Analyse sollten in diesem Sinne nicht überbewertet bzw. überinterpretiert werden. Sie dienen in erster Linie dazu, trotz der Fülle und des Umfangs der Dokumente einen kompakten Überblick über die behandelten Themen und Unterschiede zwischen den Ländern zu vermitteln, ohne die Inhalte aller Zukunftsstudien vollständig qualitativ erfassen und wiedergeben zu müssen.

4 Themen-Breite nationaler Zukunftsstudien

Tabelle 1: Ergebnisse der Einschätzungen zur Kennzahl TB.

	Digitalisierung	Gesellschaft, Kultur und Bildung	Arbeit und Wertschöpfung	Gesundheit, Lifestyle, Ernährung	Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima	Energie	Basistechnologien der Digitalisierung	Biotechnologie	Mobilität und Verkehr	Materialtechnik	Bauen und Wohnen	Luft- und Raumfahrt	Verteidigung und Sicherheit	Meerestechnik und Schifffahrt	Themen-Breite
Finnland	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	28
Japan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	28
Australien	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26
Österreich	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26
UK	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26
USA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	26
Frankreich	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	25
Südkorea	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	24
Kanada	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	23
Indien	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	21
Norwegen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	21
Lettland	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	20
Saudi-Arabien	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	20
Russland	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	18
Schweiz	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	17
Malaysia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	16
Malta	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	14
Dänemark	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	7
Estland	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3
	36	36	34	34	34	32	29	27	27	24	22	20	19	15	

Folgende Beobachtungen in Bezug auf die thematische Breite können festgehalten werden:

- Finnland und Japan sind die einzigen Länder, die jedes der 14 Themenfelder eingehend behandelt haben.
- Bei Dänemark und Estland zeigt sich die stärkste thematische Konzentration auf nur 2 bzw. 4 Themenfelder. Dabei handelt es sich jedoch um Themenfelder, die auch in anderen Ländern große Beachtung finden.

- Das Themenfeld *Gesellschaft, Kultur und Bildung* ist das einzige Feld, das von allen untersuchten Ländern behandelt wird.
- Die drei Themenfelder *Digitalisierung, Arbeit und Wertschöpfung, Gesundheit, Lifestyle und Ernährung* werden jeweils höchstens von einem der 19 betrachteten Länder nicht aufgegriffen.
- Die beiden Themenfelder *Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima* sowie Energie werden jeweils höchstens von zwei der 19 betrachteten Länder nicht aufgegriffen.
- Das Thema *Meerestechnik und Schifffahrt*, das von den wenigsten Ländern eingehend behandelt wurde, ist ein Themenschwerpunkt in UK, Kanada, Norwegen, Finnland und Japan.
- Bemerkenswert ist, dass im Betrachtungszeitraum (2016-2022) das Thema *Verteidigung und Sicherheit* eine stark untergeordnete Rolle spielt.

5 Studien-Intensität nationaler Zukunftsstudien

Tabelle 2: Einschätzungen zu den Kennzahlen SI und TI.

	Gesellschaft, Kultur und Bildung	Digitalisierung	Arbeit und Wertschöpfung	Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima	Gesundheit, Lifestyle, Ernährung	Energie	Mobilität und Verkehr	Basistechnologien der Digitalisierung	Biotechnologie	Materialtechnik	Bauen und Wohnen	Luft- und Raumfahrt	Verteidigung und Sicherheit	Meerestechnik und Schifffahrt	Studien-Intensität
EU	35	37	38	27	23	24	22	19	18	14	13	10	12	6	298
USA	16	15	13	17	20	18	13	11	13	9	6	13	13	2	179
Australien	22	17	12	25	13	25	11	11	10	15	4	4	1	0	170
Österreich	10	10	10	10	10	10	8	8	10	8	10	8	7	0	119
Norwegen	13	12	14	13	12	10	4	5	3	0	2	0	1	11	100
UK	10	12	13	7	8	8	9	6	4	2	8	5	2	3	97
Südkorea	6	8	8	8	8	8	6	5	2	4	4	0	2	0	69
Frankreich	5	6	11	7	5	6	7	3	4	4	7	2	0	1	68
Finnland	8	8	8	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	2	58
Japan	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	43
Kanada	6	6	6	3	2	1	2	1	3	3	1	2	1	2	39
Indien	2	3	3	3	2	2	1	4	4	3	0	1	1	1	30
Dänemark	7	5	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Malaysia	2	4	2	3	3	1	1	4	3	1	1	0	0	0	25
Saudi-Arabien	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	1	1	2	1	21
Lettland	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0	0	20
Russland	2	4	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2	0	0	20
Schweiz	2	2	2	2	1	2	2	0	0	1	1	0	2	0	17
Malta	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	14
Estland	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Themen-Intensität	159	158	154	140	134	130	97	88	83	75	67	53	49	32	

Bezogen auf die Themen-Intensität und Studien-Intensität nach Tabelle 2 fallen die folgenden Punkte auf:

- Die Top-3-Themenfelder sind in dieser Reihenfolge: *Gesellschaft, Kultur und Bildung*; *Digitalisierung* sowie *Arbeit und Wertschöpfung*.
- Im Vergleich zur Rangfolge der Themenfelder anhand der Themen-Breite in Tabelle 1 sind nur geringfügige Unterschiede festzustellen:
 - Es gibt eine Spitzengruppe von sechs Themenfeldern, deren Themen-Intensitäten sich deutlich von den nachfolgenden Themenfeldern abheben: *Gesellschaft*,

Kultur und Bildung, Digitalisierung, Arbeit und Wertschöpfung, Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima, Gesundheit, Lifestyle, Ernährung sowie Energie. Im Vergleich zur Rangfolge anhand der Themen-Breite gibt es Unterschiede von höchstens einem Platz.

- Bei der Gruppe von Themenfeldern mit den fünf niedrigsten Themen-Intensitäten, bestehend aus *Materialtechnik, Bauen und Wohnen, Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit, Meerestechnik und Schifffahrt*, gibt es weder eine Abweichung bei der Zusammensetzung noch bei der Rangfolge anhand der Themen-Breite.
 - Auch die Zusammensetzung einer mittleren Gruppe von den drei Themenfeldern *Mobilität und Verkehr, Basistechnologien der Digitalisierung* und *Biotechnologie* ist in beiden Rangfolgen gleich – nur beim Themenfeld *Mobilität und Verkehr* gibt es eine Abweichung um zwei Ranglistenplätze, die numerisch kaum als signifikant anzusehen ist.
- Das zugrundeliegende Analyseraster orientiert sich in seiner Reihenfolge (vgl. S. 15) – soweit möglich – inhaltlich an einer Abfolge vom Grundlegenden zum Komplexen, vom Kleinen zum Großen und grob entlang der Maslowschen Bedürfnispyramide von grundlegenden zu höheren Bedürfnissen. Im Vergleich zur Rangfolge der Themen nach Tabelle 1 und 2 fällt auf, dass die beiden Themen an der Spitze der inhaltlichen Reihenfolge auch an der Spitze der Befassung in Zukunftsstudien stehen. Die Gruppe der Basis-Themenfelder *Energie, Materialtechnik, Basistechnologien der Digitalisierung* und *Biotechnologie* nehmen in der Rangfolge der Themenfelder der Zukunftsstudien eher mittlere Plätze ein, während die mittleren Plätze der inhaltlichen Reihenfolge tendenziell die geringste Aufmerksamkeit erfahren.
 - Außerdem fällt auf, dass die Rangfolge der Themenfelder kaum von der absoluten Studien-Intensität eines Landes abhängt. D. h. diese Rangfolge bleibt im Wesentlichen unverändert für die Gruppe der Länder mit den höchsten Studien-Intensitäten (EU/USA bis UK) im Vergleich zur Gruppe der Länder mit niedrigeren Werten der Studien-Intensität (Südkorea bis Malta).
 - Die Darstellung in Tabelle 2 hat allerdings den Vorteil (auch gegenüber Tabelle 1), dass die wenigen klaren, länderspezifischen Schwerpunktsetzungen besonders deutlich hervortreten. Dies sind u. a. die *Meerestechnik* für Norwegen, *Gesundheit, Lifestyle, Ernährung* für Dänemark und ggf. noch *Arbeit und Wertschöpfung* für Estland sowie *Digitalisierung* für Russland.
 - Insgesamt ist die thematische Profilbildung bei Dänemark am stärksten ausgeprägt: Von allen Ländern die drei oder mehr Themenfelder gar nicht in Zukunftsstudien betrachten, ist Dänemark das einzige, das Werte von fünf und mehr für andere Themenfelder erreicht.

6 Vergleich der Themenschwerpunkte nationaler Zukunftsstudien von EU-Staaten und Nicht-EU-Staaten

Nachfolgend werden Schwerpunktthemen einzelner Ländergruppen miteinander verglichen, um zu ermitteln, ob sich Unterschiede in der Schwerpunktsetzung von Forschungs- und Innovationsthemen der Zukunft ermitteln lassen.

In Tabelle 3 werden die Themenschwerpunkte in nationalen Zukunftsstudien anhand der Werte der Themen-Intensität (TI) zwischen EU-Staaten und Nicht-EU-Staaten verglichen ausgehend von der Rangfolge der Themenfelder weltweit.

Tabelle 3: Vergleich der Themenschwerpunkte nationaler Zukunftsstudien von EU-Staaten und Nicht-EU-Staaten anhand der Themen-Intensitäten.

Rangfolge Welt	TI	Rangfolge EU	TI	Rangfolge Nicht-EU	TI
Gesellschaft, Kultur und Bildung	124	Arbeit und Wertschöpfung	38	Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima	88
Digitalisierung	121	Gesellschaft, Kultur und Bildung	37	Digitalisierung	88
Arbeit und Wertschöpfung	116	Gesundheit, Lifestyle, Ernährung	35	Gesellschaft, Kultur und Bildung	87
Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima	113	Digitalisierung	33	Energie	82
Gesundheit, Lifestyle, Ernährung	111	Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima	25	Arbeit und Wertschöpfung	78
Energie	106	Energie	24	Gesundheit, Lifestyle, Ernährung	76
Mobilität und Verkehr	75	Bauen und Wohnen	23	Mobilität und Verkehr	56
Basistechnolog. der Digitalisierung	69	Mobilität und Verkehr	19	Basistechnolog. der Digitalisierung	52
Biotechnologie	65	Biotechnologie	18	Biotechnologie	47
Materialtechnik	61	Materialtechnik	18	Materialtechnik	43
Bauen und Wohnen	54	Basistechnolog. der Digitalisierung	17	Bauen und Wohnen	31
Luft- und Raumfahrt	43	Luft- und Raumfahrt	12	Luft- und Raumfahrt	31
Verteidigung und Sicherheit	37	Verteidigung und Sicherheit	9	Verteidigung und Sicherheit	28
Meerestechnik und Schifffahrt	26	Meerestechnik und Schifffahrt	3	Meerestechnik und Schifffahrt	23

Wie bereits oben erwähnt gibt es in der weltweiten Rangfolge eine Gruppe von sechs Themenfeldern, die die höchste TI aufweisen und sich deutlich stärker von den nachfolgenden Themenfeldern abheben als untereinander. Diese Gruppe ist sowohl bei den EU-Staaten als auch den Nicht-EU-Staaten erkennbar und unverändert vorzufinden. Innerhalb der Gruppe gibt es kleinere Unterschiede. Bei den EU-Staaten nehmen die Themenfelder *Nachhaltigkeit, Umwelt und*

Klima sowie *Energie* die Plätze fünf und sechs ein, bei den Nicht-EU-Staaten dagegen die Plätze 1 und 4. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass Umweltfolgen des Klimawandels in Nicht-EU-Staaten als drängender wahrgenommen werden. Insgesamt aber befindet sich das Thema *Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima* unter den Top 5 der wichtigsten Themen.

Die Themen *Gesellschaft, Kultur und Bildung, Digitalisierung* sowie *Arbeit und Wertschöpfung* sind sowohl innerhalb der EU als auch in Nicht-EU-Ländern und auch im weltweiten Vergleich unter den Top 5-Themen. Dies könnte daran liegen, dass, aufgrund der erwarteten weitreichenden Auswirkungen der Digitalisierung auf die Gesellschaft allgemein und die Arbeitswelt im Besonderen, ein größerer Bedarf an Zukunftsreflexion wahrgenommen wird.

Bei den Themenfeldern mit niedrigeren TI gibt es insgesamt fünf, die in allen drei betrachteten Ländergruppen den gleichen Rang einnehmen. Diese Themenfelder sind in Tabelle 3 hellblau hinterlegt. Es handelt sich um die Themenfelder *Biotechnologie, Materialtechnik, Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit* sowie *Meerestechnik und Schifffahrt*.

7 Themen-Breite und Studien-Intensität im nationalen Innovationskontext

Im Sinne einer explorativen Datenanalyse wurde untersucht, ob und inwiefern Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen TI und SI in allen Paarkombinationen mit folgenden (Innovations-) Kennziffern der betrachteten Länder bestehen – in Bezug auf Einwohnerzahl, Bruttoinlandsprodukt (BIP), BIP per Capita sowie die Forschungsquote und untereinander (vgl. Bild 4). Es wurden dabei in den meisten der acht betrachteten Fälle niedrige bis mittlere, aber keine hohen Werte, für die Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten gefunden. Dabei sind die Korrelationswerte bei der Betrachtung der Themen-Breite und der Studien-Intensität recht ähnlich.

Die beiden konkreten Beispiele mit Korrelationswerten größer 0,5 werden in den Bildern 2 und 3 vorgestellt. Beide Diagramme enthalten zur visuellen Orientierung die gerechneten Ausgleichsgeraden, wobei die Hypothese eines linearen Zusammenhangs allerdings in beiden Fällen verworfen werden müsste. Dabei stellt Bild 2 die Werte für die Themen-Breite und das Bruttoinlandsprodukt (auf logarithmischer Skala) der betrachteten Länder in einer Punktwolke dar.

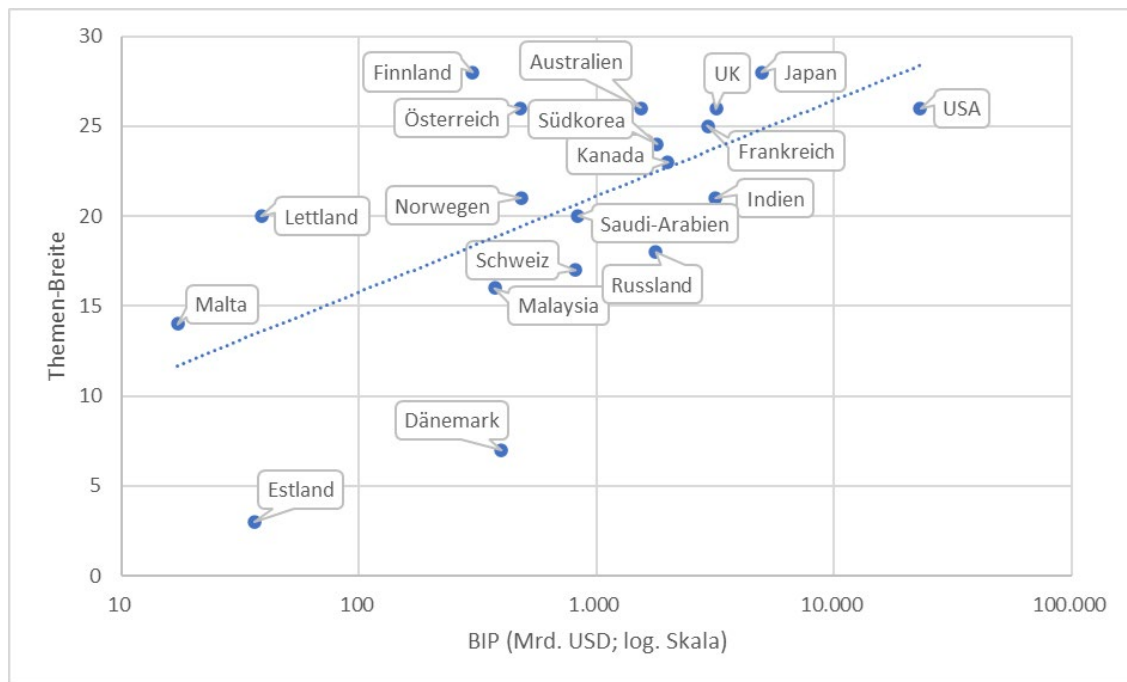


Bild 2: Punktwolke der Werte für die Themen-Breite und das Bruttoinlandsprodukt (auf logarithmischer Skala) der betrachteten Länder (Quelle: eigene Erhebung und Darstellung).

Es ergibt sich ein moderater Zusammenhang in dem Sinne, dass Länder mit einem höheren BIP auch eine größere thematische Breite in der technologischen Zukunftsbetrachtung aufweisen.

In einem ähnlichen Sinne lässt sich auch das folgende Bild 3 interpretieren, die Studien-Intensität und Forschungsquote gegenübergestellt.

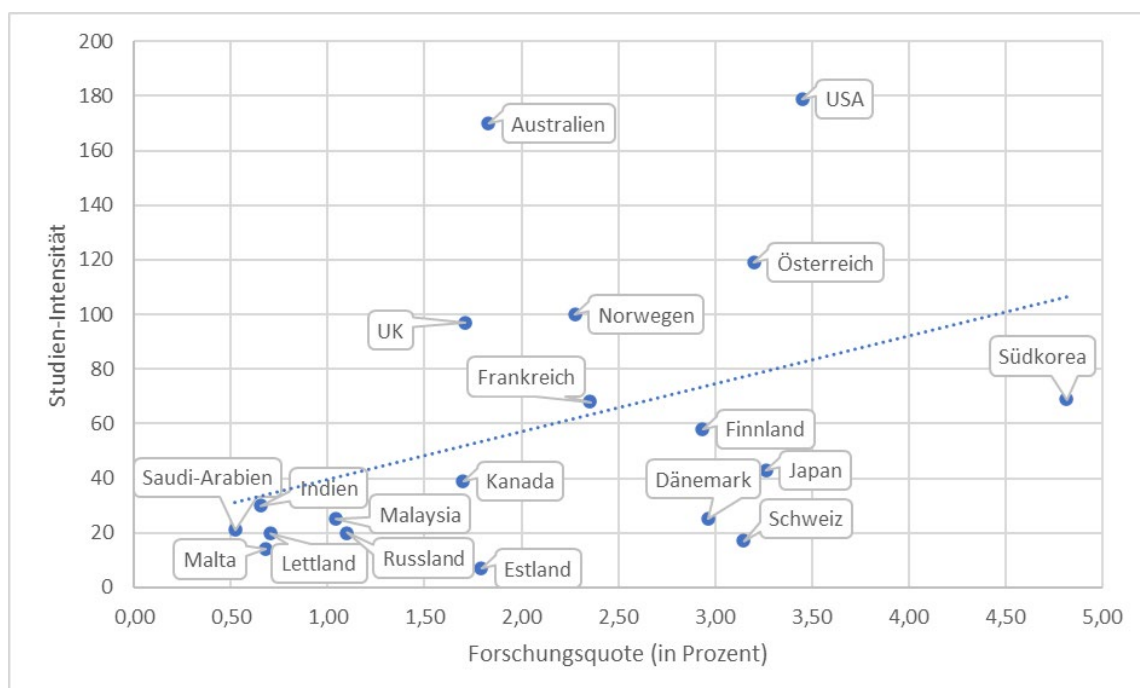


Bild 3: Punktwolke der Werte für die Studien-Intensität und die Forschungsquote der betrachteten Länder (Quelle: eigene Erhebung und Darstellung).

Beide Bilder lassen sich in dem Sinne interpretieren, dass eine zunehmende Aktivität im Bereich der Zukunftsstudien tendenziell mit einem größeren und stärker ausdifferenzierten Forschungs- und Wirtschaftssektor einhergeht. Aus der Korrelation kann aber nicht gefolgert werden, ob es hier kausale Zusammenhänge in der einen oder anderen Richtung gibt.

Abschließend werden die Daten zur Studien-Intensität und zur Themen-Breite in Bild 4 direkt gegenübergestellt.

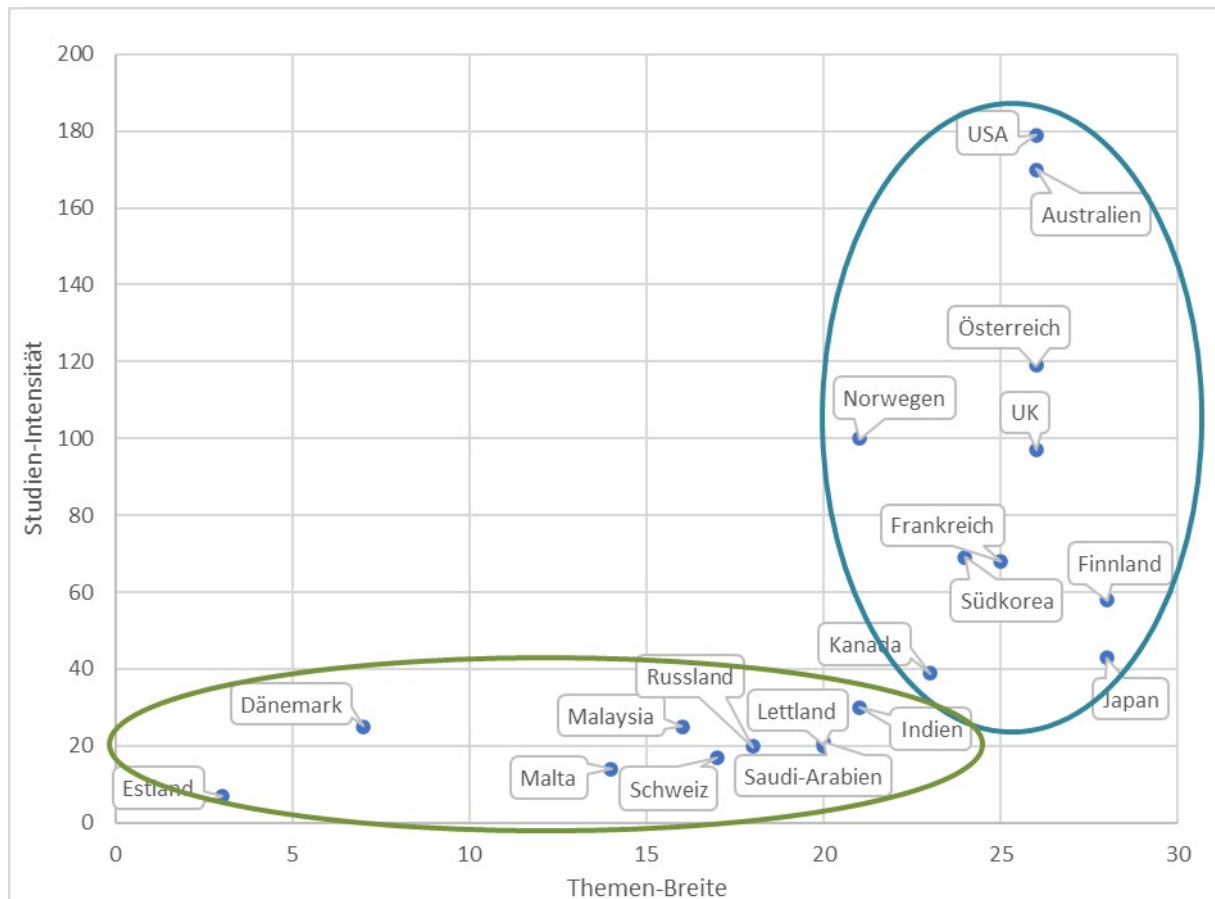


Bild 4: Punktwolke der Werte für die Themen-Breite und Studien-Intensität der nationalen Zukunftsstudien der betrachteten Länder (Quelle: eigene Erhebung und Darstellung).

Folgende Beobachtungen können dabei festgehalten werden:

Werte einer Studien-Intensität von mehr als 40 treten nur für Länder auf, deren thematische Breite oberhalb eines Schwellenwertes von 20 liegt. D. h. in der betrachteten Stichprobe scheint es keine Länder mit einer klaren inhaltlichen Spezialisierung zu geben. Dies wären Länder, die Zukunftsstudien nur zu wenigen Einzelthemen erarbeiten, die Prospektion dieser Themenfelder dann aber in großer inhaltlicher Tiefe und Intensität leisten.

In der Stichprobe kommt Dänemark diesem Fall recht nahe, denn alle sieben identifizierten Studien haben einen Bezug zur Kategorie *Gesundheit*, was einer klaren inhaltlichen Spezialisierung der Zukunftsbetrachtung entspricht (vgl. dazu auch Tabelle 2) – gleichwohl liegt die Studien-Intensität nicht über dem Wert von 40.

Es lassen sich also zwei relativ klar getrennte Gruppen von Ländern identifizieren, die in der Bild 4 durch die beiden Ellipsen markiert sind und sich als Länder mit niedriger bzw. hoher Studien-Intensität charakterisieren lassen.

8 Fazit

Weltweit wurden durch den Vergleich von internationalen Technologieprognosen, Zukunftsstudien und Strategieplänen zwischen 2016 und 2022 interessante Übersichtsinformationen generiert, die für Akteure in Politik, Forschung und Innovation fundiertes Zukunftswissen darstellen.

Insgesamt hilft die Kenntnis von thematischen Schwerpunktsetzungen in internationalen Zukunftsstudien deutschen Entscheidungsträgern dabei, ihre Entscheidungen im Bereich Wissenschaft und Technologie auf eine solidere Wissensgrundlage zu stellen und so die Zukunftsfähigkeit Deutschlands präziser in den Blick zu nehmen.

Methodisch wurde dafür ein nationaler thematischer Fingerabdruck entwickelt, um drei Kennzahlen abzuleiten: Themen-Breite und Studien-Intensität eines Landes sowie die jeweilige Themen-Intensität eines Themenfeldes.

Datengrundlage für die vorliegende Analyse waren insgesamt 118 nationale Zukunftsstudien aus 19 Ländern, die im Betrachtungszeitraum nationale Zukunftsstudien erstellt und veröffentlicht haben:

- 7 EU-Staaten: Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Lettland, Malta, Österreich
- 12 Nicht-EU-Staaten: Australien, Indien, Japan, Kanada, Malaysia, Norwegen, Russland, Saudi-Arabien, Schweiz, Südkorea, UK, USA

Darüber hinaus wurden auch 22 Zukunftsstudien von EU-Institutionen berücksichtigt.

Die Länder mit der größten Studien-Intensität sind mit deutlichem Abstand die USA, gefolgt von Australien und Großbritannien, Frankreich, Dänemark, Österreich und Finnland. Dabei korreliert die Rangfolge der Themenfelder nicht mit der absoluten Studien-Intensität eines Landes. D. h. diese Rangfolge bleibt im Wesentlichen unverändert für die Gruppe der Länder mit den höchsten Studien-Intensitäten (EU/USA bis UK) im Vergleich zur Gruppe der Länder mit niedrigeren Werten der Studien-Intensität (Südkorea bis Malta).

Die statistische Analyse ergibt einen moderaten Zusammenhang zwischen wirtschaftlichem Gewicht eines Landes und Umfang der Auseinandersetzung mit (technologischen) Zukunftstudien in diesem Land, insofern, als das Länder mit einem höheren BIP auch eine größere thematische Breite in der technologischen Zukunftsbetrachtung aufweisen.

Die Top-3-Themenfelder sind: *Gesellschaft, Kultur und Bildung, Digitalisierung* sowie *Arbeit und Wertschöpfung*.

Es gibt eine Spitzengruppe von sechs Themenfeldern, deren Themen-Intensitäten sich deutlich von den übrigen Themenfeldern abhebt:

Gesellschaft, Kultur und Bildung; Digitalisierung; Arbeit und Wertschöpfung; Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima; Gesundheit, Lifestyle, Ernährung sowie Energie.

Die Themenfelder *Nachhaltigkeit, Umwelt und Klima* sowie *Energie* befinden sich zwar unter den Top 4 der wichtigsten Themen in Nicht-EU-Staaten, in den Zukunftsstudien aus EU-Staaten werden hier allerdings nur die Plätze 5 und 6 belegt. Könnte dies ein Hinweis darauf sein, dass Umweltfolgen des Klimawandels in Nicht-EU-Staaten als drängender wahrgenommen werden?

Die Themenfelder *Mobilität und Verkehr, Basistechnologien der Digitalisierung, Biotechnologie, Materialtechnik* sowie *Bauen und Wohnen* nehmen in den Zukunftsstudien eher mittlere Plätze ein.

Die Themenfelder mit den niedrigsten Themen-Intensitäten sind *Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit, Meerestechnik und Schifffahrt*.

Dennoch ist das Themenfeld *Meerestechnik und Schifffahrt* Themenschwerpunkt in den Foresight-Studien aus UK, Kanada, Norwegen, Finnland, Japan und Südkorea.

Die wenigen klaren, länderspezifischen Schwerpunktsetzungen sind u. a. die *Meerestechnik und Schifffahrt* für Norwegen, *Gesundheit, Lifestyle, Ernährung* für Dänemark und ggf. noch *Arbeit und Wertschöpfung* für Estland. Insgesamt ist dabei die thematische Profilbildung bei Dänemark und Estland am stärksten ausgeprägt.

Auffällig ist, dass im Betrachtungszeitraum (2016-2022) das Thema *Verteidigung und Sicherheit* noch eine stark untergeordnete Rolle spielt.

Die Analyse legt nahe, dass eine zunehmende Aktivität im Bereich der Zukunftsstudien mit einem größeren und stärker ausdifferenzierten Forschungs- und Wirtschaftssektor einhergeht.

In diesen internationalen Konsens über Zukunftsthemen reiht sich auch Deutschland ein: Fünf dieser sechs Zukunftsfelder zählen auch im Foresight-Prozess des Bundesministeriums für Bildung und Forschung [BMBF22a] zu den wichtigsten Forschungs- und Innovationsthemen der Zukunft, wenngleich mit unterschiedlicher Rangfolge (vgl. Bild 5).

Die größte Abweichung besteht bemerkenswerterweise beim Thema *Energie*.

Auffällig ist hier die geringe Bedeutung, die dem Thema *Energie* im deutschen Foresight-Prozess beigemessen wird. Diese Beobachtung wird auch durch die Tatsache gestützt, dass es zum Themenfeld *Energie* keine eigenständige Mission in der Zukunftsstrategie des BMBF gibt [BMBF22b], sondern *Energie* lediglich als Teilaspekt anderer Missionen eingeordnet wird. Angesichts der internationalen Debatten um Diversifizierung der Energiequellen und Versorgungswege und der deutschen Vorreiterposition bei der „Energiewende“ ist dies eine geradewohl überraschende Erkenntnis.

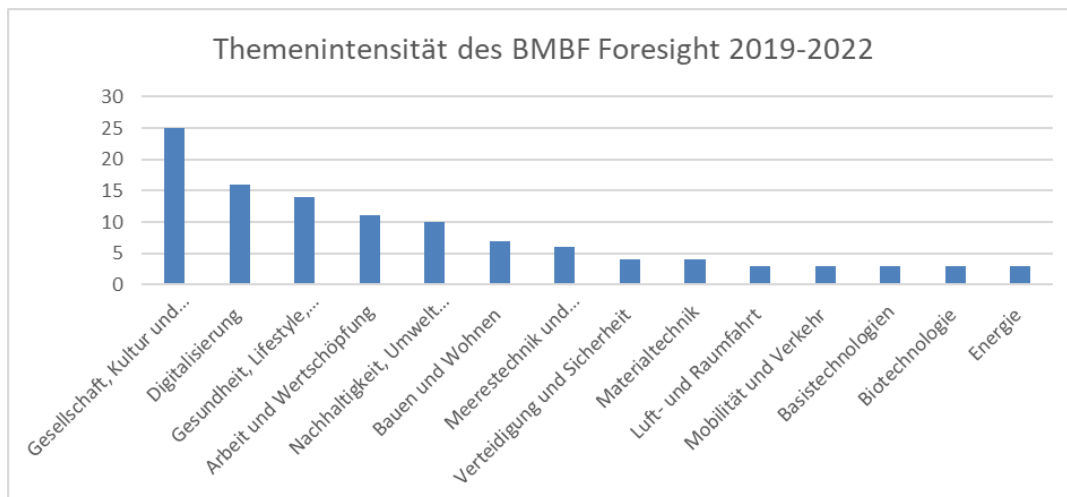


Bild 5: Einschätzungen zur Themenintensität des BMBF Foresight 2019-2022 (Quelle: eigene Erhebung und Darstellung).

Die in diesem Artikel dargestellten Ergebnisse und Analysen sind Teil eines laufenden Forschungsprozesses, in dessen Rahmen internationale Technologieprognosen und Zukunftsstudien gesammelt und analysiert werden. Ergebnisse einer inhaltlichen Meta-Analyse werden voraussichtlich im weiteren Jahresverlauf veröffentlicht.

Literatur

- [BHK+13] BRAUN, A., HOLTMANNSPÖTTER, D., KORTE, S., RIJKERS-DEFRASNE, S., ZWECK, A.: Technologieprognosen – Internationaler Vergleich 2013. VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), ZT-Band 97, Düsseldorf, 2013
- [BMBF22a] BMBF: Vorausschau: I-III: Runde – 112 Themen. BMBF, Berlin, 2022
- [BMBF22b] BMBF: Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. BMBF, Berlin, 2022
- [Bul07] BULLINGER, H. J. (Hrsg.): Technologieführer – Grundlagen, Anwendungen, Trends. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2007
- [HRG+06] HOLTMANNSPÖTTER, D., RIJKERS-DEFRASNE, S., GLAUNER, C., KORTE, S., ZWECK, A.: Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich. Übersichtsstudie. VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), ZT-Band 58, Düsseldorf, 2006
- [HRP+10] HOLTMANNSPÖTTER, D., RIJKERS-DEFRASNE, S., PLOETZ, C., THALLER-HONOLD, S., ZWECK, A.: Technologieprognosen – Internationaler Vergleich 2010. VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), ZT-Band 88, Düsseldorf, 2010
- [RBH+22] RIJKERS-DEFRASNE, S., BRAUN, A., HOLTMANNSPÖTTER, D. ZWECK, A.: Internationale Technologieprognosen und Zukunftsstudien in der Übersicht. VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), ZT-Band 107, Düsseldorf, 2022
- [SHA04] SEILER, P., HOLTMANNSPÖTTER, D., ALBERTSHAUSER, U.: Internationale Technologieprognosen im Vergleich. VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), ZT-Band 54, Düsseldorf, 2004

Autoren

Prof. Dr. Dr. Axel Zweck (Projektleiter) ist seit 1989 bei der VDI Technologiezentrum GmbH tätig und leitet dort den Bereich Forschung und Entwicklung. Er ist Chemiker und So-

zialwissenschaftler. Seine Hauptarbeitsgebiete sind Technologiemanagement, Technikfolgenabschätzung, Technologiefrüherkennung, Foresight, Innovations- und Zukunftsforschung sowie Wissenschafts- und Techniksoziologie. Seit 2002 ist Herr Zweck Lehrbeauftragter an der Universität Düsseldorf und später an der RWTH Aachen, wo er seit 2011 Honorarprofessor für Innovations- und Zukunftsforschung ist.

Dr. Anette Braun studierte Volkswirtschaftslehre und Politikwissenschaften an der Goethe-Universität Frankfurt, war Stipendiatin der Europäischen Kommission und promovierte an der Katholischen Universität zu Leuven (Belgien) zu internationalen Planungs- und Verhandlungsprozessen auf dem Gebiet der Gesundheitsökonomie. Anette Braun ist seit 1997 beim VDI Technologiezentrum für die sozioökonomische Analyse globaler (Technologie-)Trends und politischer Technologie-Strategien zuständig.

Dr. Sylvie Rijkers-Defrasne absolvierte im Rahmen der deutsch-französischen Hochschule ein Doppelstudium der Physik an den Universitäten Nantes und Düsseldorf und promovierte anschließend in theoretischer Plasmaphysik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Seit 2004 ist Frau Rijkers-Defrasne Technologieberaterin bei der VDI Technologiezentrum GmbH mit den Arbeitsschwerpunkten Foresight sowie Monitoring und Analyse von Vorausschau-Aktivitäten.

Dr. Dirk Holtmannspötter studierte Physik in Bonn, Lawrence/Kansas, USA, und München. Er promovierte über eine Fragestellung aus der theoretischen Teilchenphysik. Als Technologieberater der VDI Technologiezentrum GmbH befasste er sich, beginnend im Jahr 1999, zunächst mit der Technologiefrüherkennung im Bereich der physikalischen Technologien. Im Laufe der Jahre kamen sukzessive weitere Methoden der Zukunftsforschung hinzu. Sein fachlicher Schwerpunkt liegt heute in der Anwendung und Weiterentwicklung der Instrumente Strategische Vorausschau und Foresight für die Politikberatung.

Amina Abdel-Galil studiert im Masterstudiengang „Internationale Beziehungen und Entwicklungspolitik“ an der Universität Duisburg-Essen. Sie erhielt ihren Bachelorabschluss an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf in den Fächern Geschichte und Politikwissenschaft und absolvierte ein Auslandssemester an der Karlsuniversität Prag. Im Rahmen eines Praktikums bei der Bundesakademie für Sicherheitspolitik beschäftigte sie sich unter anderem mit Strategischer Vorausschau und Foresight. Seit 2022 arbeitet Frau Abdel-Galil als studentische Mitarbeiterin bei VDI Research im VDI Technologiezentrum.

Zukunft der Innovation – eine Spurensuche in den Daten

Dr. Marcus John

Melanie Martini, M.Sc.

Fraunhofer INT

Appelsgarten 2, 53879 Euskirchen

Tel. +49 (0) 2251 18-231 / -146

E-Mail: {marcus.john/melanie.martini}@int.fraunhofer.de

Prof. Dr-Ing. Sven Schimpf

Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 / 97 02 457

E-Mail: sven.schimpf@innovation.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Innovationen bilden einen wichtigen Baustein für die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Unternehmen, Sektoren oder ganzer Wirtschaftsräume ebenso wie für die Lösung von Herausforderungen auf unterschiedlichen Ebenen von der Entwicklung und Umsetzung neuer Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen bis hin zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen. Basierend auf der Hypothese, dass sich die Art und Weise wie Innovationen entstehen, ebenso wie in der Vergangenheit auch zukünftig weiter entwickeln wird, hat der Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung verschiedene Ansätze verfolgt, die Zukunft der Innovation zu thematisieren [BLM+18], [BS18b], [BEL+21]. Es geht darum, welche Veränderungen in den nächsten zehn Jahren im Innovationsprozess zu erwarten sind um sich auf diese bereits heute vorbereiten zu können. Basierend auf den bisherigen Foresight Aktivitäten werden die bislang aufgestellten Zukunftsthesen in diesem Beitrag mittels daten-analytischer Methoden aus dem Bereich Data Driven Foresight [Joh18] hinterfragt und ergänzt, mit dem Ziel, Akteure aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft bei der Gestaltung zukunftsfähiger Innovationsaktivitäten und Innovationsökosysteme zu unterstützen.

Zu diesem Zweck wird in der vorgestellten Arbeit das vom Fraunhofer INT entwickelte KATI-System genutzt, um verfügbare Informationsquellen zu analysieren. Diese umfassen die Metadaten von mehr als 71 Millionen Publikationen aus dem Web of Science und mehr als 120 Millionen aus der Datenbank von Dimensions. Für die Analyse werden zwei verschiedenen Zugänge gewählt.

Das Suchfeld wird dabei einerseits über eine geeignete Auswahl an wissenschaftlichen Zeitschriften der Innovationsforschung aufgespannt und in einem zweiten Ansatz auf begrifflicher Ebene mit Hilfe der bislang entwickelten Thesen zur Zukunft der Innovation spezifiziert [BLM+18], [BS18b], [BEL+21]. Die daraus resultierenden Suchmengen werden dann mittels geeigneter Methoden analysiert, um die bislang entwickelten Zukunftsthesen zu testen und entsprechend der Analyseergebnisse anzupassen, weiter zu entwickeln und bei Bedarf zu ergänzen.

Schlüsselworte

Innovation, Innovationsforschung, Transformation, Foresight, Zukunft der Innovation

The future of innovation – A search for traces in data

Abstract

Innovations are an important building block for the competitiveness of individual companies, sectors or entire economic areas as well as for the solution of challenges on different levels from the development and implementation of new products, processes or services to the solution of major societal challenges. Based on the hypothesis that the way innovations are created will continue to evolve in the future, just as it has in the past, the Fraunhofer Group for Innovation Research has pursued various approaches to address the future of innovation [BLM+18], [BS18b], [BEL+21]. It is about identifying which changes can be expected in the innovation process in the next ten years in order to start preparing for them today. Based on the previous foresight activities, the theses established so far are challenged and supplemented in this paper with the help of data-analytical methods from the field of data-driven foresight [Joh18], with the aim of supporting business, politics, science and society in the design of future-proof innovation activities and innovation ecosystems.

Complementing the previous development of theses based on a system and influencing factor analysis, the presented work uses the KATI system developed by Fraunhofer INT to analyse available information sources. These include the metadata of more than 71 million publications from the Web of Science and more than 120 million from the Dimensions database. Two different approaches are chosen for the analysis.

First, the search space is spanned by a suitable selection of scientific journals in which the scientific discourse on innovation management takes place. In a second approach, the search space is spanned on a conceptual level. For this purpose, the theses on the future of innovation management serve as a starting point [BLM+18], [BS18b], [BEL+21]. The resulting data sets are then analyzed using suitable methods to test the theses on the future of innovation and develop them further in accordance with the results of the analysis.

Keywords

Innovation, innovation research, transformation, foresight, future of innovation

1 Einleitung und Motivation

Innovation wird häufig heute und auch für die Zukunft als der Wettbewerbsfaktor des deutschen und europäischen Wirtschaftsraumes hervorgehoben. Im Zusammenhang mit dieser Hervorhebung stellt sich die Frage, wie dieser Wettbewerbsfaktor bestmöglich geschaffen, gehalten oder in Zukunft weiterentwickelt werden kann. Unter dem Leitsatz „Wandel verstehen, Zukunft gestalten“ beschäftigen sich die Institute des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung mit der Analyse und Vorausschau von Innovationssystemen sowie der Unterstützung von Akteuren bei deren Gestaltung und Weiterentwicklung. Seit der Gründung des Verbunds gehört die Vorausschau in die Zukunft der Innovation zu den gemeinsamen thematischen Schwerpunkten. Es geht darum, mögliche zukünftige Entwicklungen dazu, wie Innovationen entstehen, besser zu verstehen und auf dieser Basis beteiligte Akteure bestmöglich zu unterstützen.

Startpunkt für den Blick in die Zukunft war die Analyse der Vergangenheit der industriellen Innovation auf Basis von verfügbaren Studien und Konzepten, angefangen mit den ersten, strukturierten Innovations- bzw. F&E Abteilungen in Unternehmen in den 1920ern. Neben der stetigen Weiterentwicklung der Merkmale von Innovationsaktivitäten standen durchgängige Entwicklungstrends wie eine immer weiter ansteigende Digitalisierung, Komplexität oder die Öffnung von Innovationsprozessen wiederholt im Mittelpunkt der Diskussion [BS18a]. Mit Blick darauf, dass sich die Vergangenheit nicht unbedingt wiederholt oder sich vergangene Entwicklungen in die Zukunft extrapolieren, wurde für die Vorausschau in die Zukunft der Innovation auf den methodischen Ansatz der Systemanalyse zur Identifikation der Schlüsselfaktoren zurückgegriffen. Schlüsselfaktoren sind als solche Faktoren zu verstehen, die in einem System eine zentrale Rolle für deren bisherige und zukünftige Entwicklung spielen [GFS96]. Mit Hilfe der Expert*innen aus den Instituten des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung wurden die Schlüsselfaktoren zur zukünftigen Entwicklung der Durchführung von Innovationsaktivitäten identifiziert und priorisiert. Für die wichtigsten Schlüsselfaktoren wurde dann die aus Sicht der Beteiligten wahrscheinlichste zukünftige Entwicklung für einen Zeithorizont bis 2030 in einem Thesenpapier formuliert [BLM+18] und der zugrundeliegende Prozess weitergehend beschrieben [BS18b], [BS20]. Die Verbreitung von Covid-19 zu einer Pandemie mit globalen Auswirkungen hat auch die Art und Weise wie Innovationsaktivitäten stattfinden nicht unberührt gelassen. Dies war der Anlass, um die formulierten Thesen auf den Prüfstand zu stellen und die Auswirkungen der Pandemie auf die zugrundeliegenden Schlüsselfaktoren sowie deren Entwicklungen zu überprüfen [BEL+21].

Das aktuelle Zeitgeschehen lässt wiederum die Art und Weise wie Ideen erfolgreich umgesetzt werden nicht unberührt. Dabei beeinflussen die Rahmenbedingungen für ortsübergreifende, internationale Zusammenarbeit das Innovationsgeschehen ebenso, wie die Entwicklung neuer Technologien mit Unterstützungspotenzialen entlang des Innovationsprozesses. Um diesen Entwicklungen gerecht zu werden, wurde in diesem Jahr ein weiterer Schritt getan: mit Hilfe der Techniken des datenbasierten Foresights arbeiten wir an der Überprüfung, Weiterentwicklung und Ergänzung der bislang aufgestellten Thesen um Orientierung und Positionsbestim-

nung zu liefern und die Zukunftsgestaltung von Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft zu unterstützen. Die Ergebnisse des daten-gestützten Foresights für die Zukunft der Innovation stellen wir in einer ersten Version in diesem Beitrag vor.

2 Fünf Thesen für die Zukunft der Innovation

Zum Verständnis der Methodik und der Ergebnisse des datenbasierten Foresights zur Zukunft der Innovation im Zeithorizont bis 2030 werden in diesem Kapitel die entwickelten Thesen inklusive der bisherigen Updates kurz vorgestellt. Zielsetzung der Thesen ist es, Akteure auf mögliche, und aus der Perspektive der Institute des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung wahrscheinliche zukünftige Entwicklungen bei der Gestaltung von Innovationsaktivitäten vorzubereiten. Die fünf Thesen lassen sich dazu wie folgt beschreiben, wobei die Nummerierung der bewertungsfreien Zuordnung dient [BLM+18], [BEL+21]:

- These 1:
„2030 sind Offenheit, Lernfähigkeit und Kooperation die Leitbilder von Innovation.“
 Geprägt ist diese These von einer steigenden Interdisziplinarität, die notwendig wird, um der Verflechtung unter- und innerhalb von Innovationssystemen gerecht zu werden. Hinzu kommt eine immer weiterreichendere Befähigung von Akteuren außerhalb klassischer Innovationsbereiche. Covid-19 hatte durch die Begrenzung des persönlichen Kontaktes einen negativen Effekt, der aber gleichzeitig durch die Verbreitung virtueller Kommunikation geographische Entfernungen ausgeglichen hat, wodurch effizient umfangreiche Stakeholdergruppen eingebunden werden konnten.
- These 2:
„2030 stehen integrierte Lösungen im Mittelpunkt des Innovationsgeschehens“
 Eine zentrale Rolle in dieser These spielt die weiterwachsende Bedeutung des Nutzwertes und damit der weitere Trend von Einzelinnovationen hin zu Lösungs- oder Systeminnovationen. Der Fähigkeit zur Interaktion in lösungsorientierten Wertschöpfungssystemen kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Durch die Pandemie wurde die Verbreitung von nutzerzentrierten, integrierten Lösungen als Mittelpunkt des Innovationsgeschehens beschleunigt.
- These 3:
„2030 sind Innovationsprozesse durchgängig digitalisiert“
 Die technologische Entwicklung der Digitalisierung und die Verbreitung von maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz prägen diese These. Im Mittelpunkt der Annahme steht die durchgängige Digitalisierung des Innovationsprozesses, kombiniert mit der Übernahme von Einzelaktivitäten und kompletten inkrementellen Innovationsprozessen durch die künstliche Intelligenz. Covid-19, z. T. in den Medien als Digitalisierungsbooster bezeichnet, hat die in dieser These formulierte Entwicklung beschleunigt und sich positiv auf deren gesellschaftliche Akzeptanz ausgewirkt.
- These 4:
„2030 steht Wissen allen offen – es kommt darauf an es nutzbringend anzuwenden“
 Der Trend hin zu Open Science steht im Mittelpunkt dieser These. Durch die steigende Verfügbarkeit wissenschaftlicher Analysen und Entwicklungen wird in Zukunft weniger

das Wissen selbst als vielmehr dessen Anwendung im Mittelpunkt stehen. Auch im Kontext von Covid-19 hat sich dieser Trend grundsätzlich fortgesetzt.

- These 5:

„2030 verfügt Europa mit Blick auf Datensicherheit und -souveränität über ein Alleinstellungsmerkmal im globalen Wettbewerb.“

In dieser These wird davon ausgegangen, dass sich das Alleinstellungsmerkmal und die Anforderung des europäischen Wirtschaftsraumes in Form einer höheren Sensibilität bezüglich Datensicherheit und -souveränität auch in Zukunft fortschreiben wird. Die pandemische Situation hat diesen Trend durch eine gesteigerte Sensibilität für die Themen Datensicherheit und Souveränität noch verstärkt.

Die Thesen wurden bezüglich ihrer Validität und ebenso im Rahmen der Weiterentwicklung in zahlreichen Veranstaltungen und Workshops mit unterschiedlichsten Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft diskutiert. Zur Unterstützung von Workshops wurden zu diesem Zweck Thesenkarten gestaltet, um einen schnellen Einstieg in die zugrundeliegenden Annahmen zu ermöglichen.¹

Im Ansatz des daten-gestützten Foresight wird der aktuelle Stand der Thesen als Basis für die Anpassung, Weiterentwicklung und Ergänzung verwendet. Im Mittelpunkt stehen dabei die Perspektive der Wissenschaft und die Nutzung disziplinenübergreifender Veröffentlichungen in einem Suchfeld, das sowohl über das Themenfeld als auch über die bislang verfügbaren Thesen entwickelt wird.

3 Methodisches Vorgehen des daten-gestützten Foresight

Ziel dieser Arbeit ist es, mittels daten-gestützter Methoden aktuelle und neue Forschungsthemen im Bereich des Themenfeldes „Zukunft der Innovation“ zu identifizieren und die bereits identifizierten Themenbereiche, die oben skizziert wurden, einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Grundlage hierfür bilden die Metadaten von knapp 76 Millionen Publikationen, die zwischen 1970 und 2023 erschienen und im Web of Science indiziert sind (Stand Mai 2023). Diese werden mittels des am Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT entwickelten KATI-Systems² erschlossen und analysiert [Joh18], [JBF+22].

Methodisch besteht die Herausforderung darin, den Suchraum, in dem nach den Signalen neu aufkommender Themen gesucht wird, in geeigneter Art und Weise einzuschränken. Hierfür werden zwei verschiedene Ansätze angewandt und diskutiert:

Für jede der oben erörterten Thesen wird eine Suchanfrage konstruiert und die darüber identifizierten Publikationen dienen als Datenbasis. Dieser Ansatz wird in Abschnitt 3.1 näher erläutert.

¹ Thesenkarten der fünf Thesen zur Zukunft der Innovation sind verfügbar unter: https://www.innovationsforschung.fraunhofer.de/content/dam/iao/innovationsforschung/documents/Innovation2030_Moderationskarten.pdf

² KATI: Knowledge Analytics for Technology and Innovation

Der zweite Ansatz beruht darauf, eine Liste relevanter Journale zu nutzen. Damit wird ein Suchraum definiert, der unabhängig von den bereits formulierten Thesen ist. Nähere Details dazu finden sich in Abschnitt 3.2.

Die verwendeten Ansätze zur Identifikation neuer Themen werden in Abschnitt 3.3 näher erläutert. Die Ergebnisse werden schließlich in Abschnitt 4 dargestellt und diskutiert.

3.1 Suchanfragen zu den einzelnen Thesen

Zu jeder der fünf oben dargestellten Thesen wurde eine geeignete Suchanfrage generiert. Diese Suchanfragen sind alle nach einem ähnlichen Muster aufgebaut. Zunächst wurde das Themenfeld Innovation mittels geeigneter Begriffe umschrieben. Dazu gehören bspw. Begriffe wie „*innovation ecosystem*“, „*technology management*“ oder „*strategic management*“.

Dann wurden aus den Thesen charakteristische Begriffe extrahiert, um den Kern der jeweiligen These möglichst gut zu erfassen. Diese beiden Teilanfragen wurden schließlich mittels eines AND-Operators miteinander verknüpft. Formal ausgedrückt sehen die Suchanfragen also so aus:

(Themenfeld Innovationforschung) AND (Begriffe der These)

Auf diese Weise sollen zwei Dinge erreicht werden. Zum einen sollen die Suchanfragen zu den unterschiedlichen Thesen ähnlich aufgebaut und somit miteinander vergleichbar sein. Zum anderen soll mit diesem ersten Ansatz analysiert werden, ob es Bewegungen und Veränderungen in den bereits formulierten Thesen gibt. Tauchen dort neue Themen oder Teilaspekte auf?

Die Begriffe wurden jeweils in den Feldern Titel, Abstract, den von den Autoren vergebenen Keywords sowie in den sogenannten KeywordsPlus gesucht. Letztere sind eine Besonderheit des Web of Science. Sie basieren auf einer Analyse der Keywords der Referenzen eines Artikels und werden automatisch generiert. Dies kann in manchen Fällen dazu führen, dass der gesuchte Begriff nur über die zitierten Arbeiten mit einer Publikation verknüpft ist. Damit wird der Suchraum an den Rändern gleichsam etwas aufgeweicht, was im Hinblick auf die Aufgabenstellung hier – die Identifikation neuer Themen – wünschenswert ist.

3.2 Zugang über relevante Journale

Der zweite Ansatz basierte auf einer Liste von für das Themenfeld als relevant erachteten Journalen. Dazu wird der erste Teil der in Abschnitt 3.1 generierten Suchanfrage genutzt, der sich mit dem allgemeinen Aspekt der Innovationsforschung befasst. Bild 1 zeigt einen sogenannten Rank-Frequency Plot. Für diesen werden die Journale hinsichtlich der Anzahl der Publikationen, die in ihnen publiziert wurden, in eine Rangfolge gebracht. Dieser Rang ist auf der X-Achse aufgetragen. Auf der Y-Achse hingegen ist die Anzahl der Publikationen aus diesem Journal aufgetragen. Üblicherweise werden für diese Art der Darstellung doppelt-logarithmische Achsen genutzt.

Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass die Verteilung der Produktivität über die Ränge an verschiedenen Stellen Sprünge aufweist. Ein solcher Sprung ist zwischen Rang 2 und 3 zu sehen, weitere

zwischen Rang 9 und 10, sowie 15 und 16. Diese Sprünge können nun genutzt werden, um die Journale in Gruppen zu unterteilen und auf diese Art und Weise den Suchraum einzuschränken. Zusätzlich wird die Zugehörigkeit zu bestimmten Subject Categories noch als weiteres Kriterium genutzt. Dies wird durch zwei Journale, *Sustainability* (818 Publikationen, Rang 1), sowie das *Journal of Cleaner Production* (352 Publikationen, Rang 6), motiviert. Diese sind ebenfalls prominent vertreten, aber der Subject Category *Environmental Sciences* zugeordnet, deren Scope nicht zum Thema passt. Alle anderen Journale (bis Rang 9) sind dagegen den Subject Categories *Business*, *Economics*, oder *Management* zugeordnet, die einen klaren Bezug zum Thema Innovationsforschung haben. Zusammenfassend wurden für diese Suchanfrage folgende Journale genutzt: *Technological Forecasting & Social Change*, *International Journal of Technology Management*, *Strategic Management Journal*, *Futures*, *Journal of Business Research*, *Technovation*, sowie *Technology Analysis & Strategic Management*. Zusätzlich wurden lediglich Publikationen aus den letzten vier Jahren von 2020 bis 2023 berücksichtigt, was einer Suchmenge von knapp 9.700 Dokumenten umfasst.

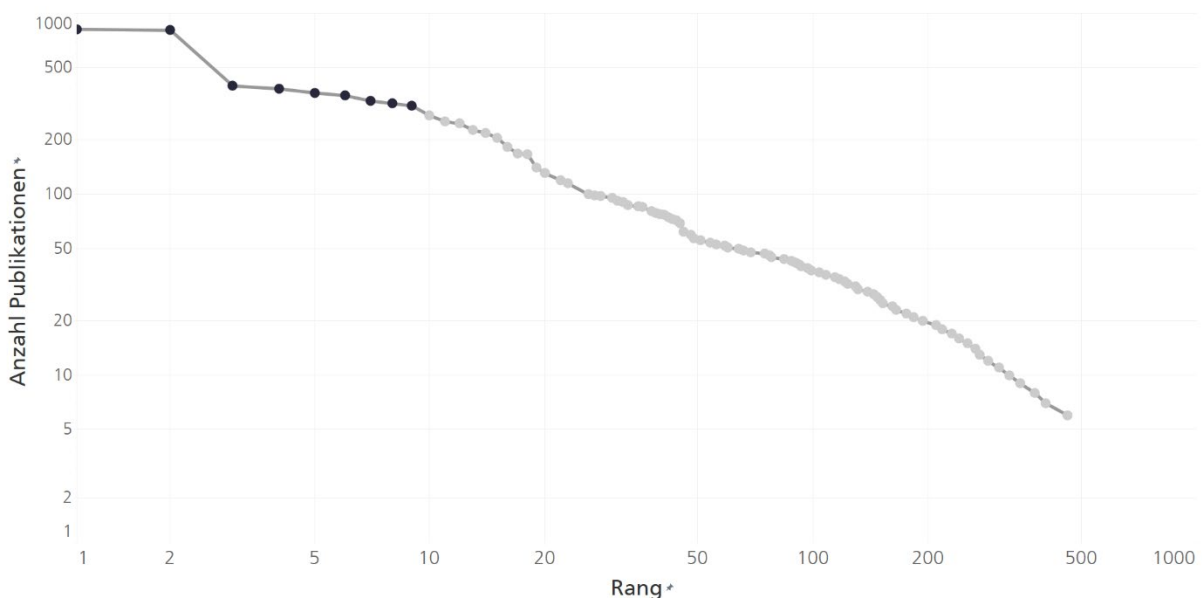


Bild 1: Rank-Frequency-Plot der Journale mit jeweils logarithmischer X- und Y Achse.

3.3 Ansätze zur Identifikation von Themen

Es gibt viele Ansätze zur daten-getriebenen inhaltlichen Auseinandersetzung mit einem Thema. Das liegt vor allem daran, dass der Wunsch, sich inhaltlich mit einem Thema auseinanderzusetzen zu wollen, ohne dafür eine Vielzahl an Publikationen lesen zu müssen, immer größer wird. In dieser Arbeit wollen wir uns auf 2 komplementäre Ansätze beschränken, welche sich dadurch auszeichnen, dass sie einerseits vergleichsweise einfach umzusetzen sind (im Gegensatz zu Methoden wie Neuronale Netze) und andererseits sehr viele hilfreiche inhaltliche Informationen liefern können, deren Erschließung sonst recht aufwändig wäre (bspw. durch systematisches Lesen von Publikationen). Erstens sind das Dynamische Wordclouds, durch welche neue Themen an Hand der Keywords identifiziert werden können, zweitens das Topic Modelling, welches automatisiert übergeordnete Strukturen in Texten aufdecken kann. Im Folgenden werden beide Ansätze näher erläutert.

Topic Modelling

Topic Modelling ist ein bekannter probabilistischer Ansatz zum Erschließen von semantischen Zusammenhängen in Texten. Er stammt aus einem Bereich der Informatik, welcher sich mit Text Mining und Information Retrieval befasst [LTD+16]. Weiterhin fällt er unter die Unsupervised Machine Learning Ansätze, da er Strukturen in Textdaten erfassen kann, ohne dass diese vorher vorgegeben werden. Das ist besonders nützlich für die Strukturierung von unstrukturierten Texten wie Emails, Social Media Daten oder auch wissenschaftlichen Publikationen. Ziel des Topic Modelling ist es, thematisch abgegrenzte Themenfelder (Topics) in den Textdaten zu identifizieren und mit den jeweils relevantesten Wörtern zu umschreiben bzw. definieren. Die Anzahl solcher Themenfelder muss dabei vorher angegeben werden.

In dieser Arbeit wurde die Latent Dirichlet Allocation (LDA) genutzt, welche erstmals 2003 von BLEI ET AL. veröffentlicht wurde und jeher wohl als bekanntester Algorithmus für Topic Modelling gilt [BNJ01]. Zunächst werden alle Titel und Abstracts aus einer Menge an wissenschaftlichen Publikationen extrahiert und vorbereitet. Zur Vorbereitung gehören beispielsweise das Entfernen von Satzzeichen, die Umwandlung aller Großbuchstaben in Kleinbuchstaben und schließlich die Lemmatisierung und Tokenisierung der Wörter. Anschließend können verschiedene Metriken verwendet werden, um die optimale Anzahl an Themenfeldern für den resultierenden Datensatz zu ermitteln. In dieser Arbeit wurden dafür die Ansätze von ARUN ET AL. und DEVEAUD ET AL. genutzt [ASV+10], [DSB14]. Schließlich wird der LDA Algorithmus angewandt, welcher jeweils die anteilig am meisten vorkommenden Wörter für die entsprechenden Themen liefert.

Die Interpretation dieser Themen liegt jedoch im Auge des Betrachters. Während der Algorithmus also wichtige Hinweise liefert, so muss die Zuordnung der Wörter zu einem jeweiligen Oberthema von dem/der Benutzer*in erfolgen. Je nach Ergebnis, können die Themen dabei sehr eindeutig abgeschlossen, allerdings auch recht schwammig definiert sein.

4 Ergebnisse des daten-generierten Foresight zur Zukunft der Innovation

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der verschiedenen oben erörterten Ansätze präsentiert.

Bild 3 gibt einen Überblick über die Publikationsaktivitäten zu den fünf Thesen auf Basis der generierten Suchanfragen. Im rechten Abschnitt des Bildes wird zunächst die Gesamtzahl der Publikationen miteinander verglichen. Es wird deutlich, dass These 1 das Thema mit den meisten Publikationen ist, gefolgt von These 4, die aber einen deutlichen Abstand aufweist. Das Thema Digitalisierung von Innovationsprozesse (These 3) weist die geringste Anzahl an Publikationen auf.

Vergleich der Thesen

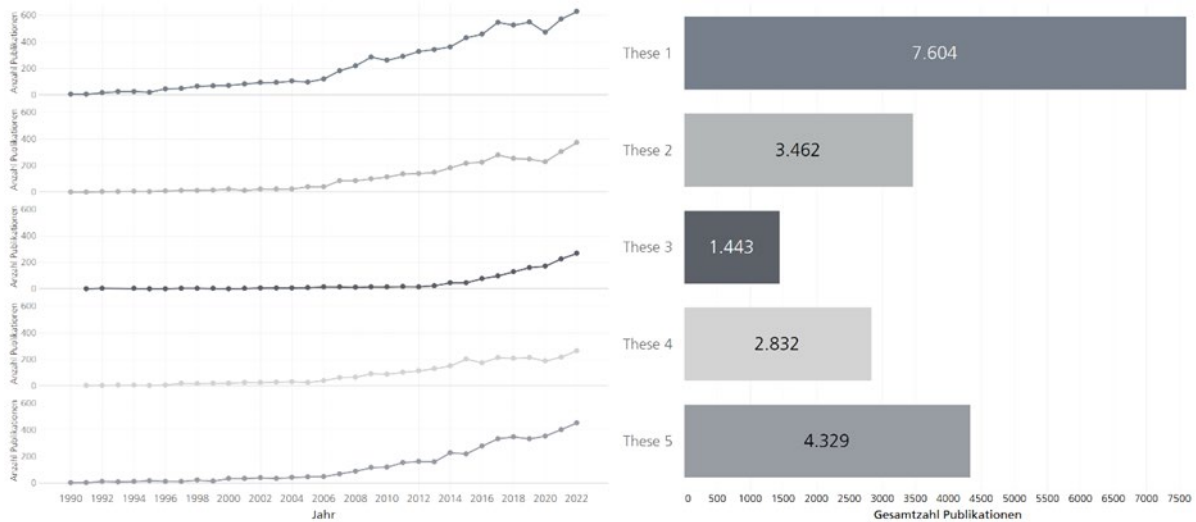


Bild 3: Vergleich des Publikationsaufkommens für die Suchanfragen zu den 5 Thesen.

Im linken Teil von Bild 3 wird schließlich noch die Dynamik der Publikationsaktivitäten der fünf Thesen dargestellt (bis einschließlich 2022). Alle Thesen weisen eine ansteigende Publikationsaktivität auf, die ab und an unterbrochen wird durch kurze Phasen der Stagnation. Die Thesen 1 und 2 weisen eine solche Stagnationsphase bspw. zwischen 2017 und 2020 auf und These 4 eine längere solche Phase zwischen 2015 und 2020.

Darüber hinaus ist es aber schwierig, die Dynamik der fünf Thesen miteinander zu vergleichen. Aus diesem Grund wird in Bild 4 ein *R&D Momentum Plot* präsentiert, mit dem es möglich ist, die dynamische Entwicklung mehrerer Themen auf einen Blick zu erfassen. Dazu wird zwischen dem lang- und dem kurzfristigen Wachstum differenziert und dieses auf der X- bzw. Y-Achse aufgetragen. Beides wird als mittlere Wachstumsraten über einen zuvor festgelegten Zeitraum berechnet. Für das langfristige Wachstum wurde der Zeitraum zwischen 2002 und 2022 und für das kurzfristige die Zeit zwischen 2017 und 2022 genutzt. Ferner wird die Anzahl der Publikationen über die Größe der Kreise dargestellt. Als drittes Maß wurde noch die Recency des Themas bestimmt. Darunter wird hier der Anteil der Publikationen verstanden, die in den letzten drei Jahren, also zwischen 2019 und 2022, entstanden sind. Das Kreuz in Bild 4 markiert schließlich noch die Werte für das mittlere lang- und kurzfristige Wachstum der gesamten Datenbank. Damit wird zunächst deutlich, dass alle fünf Thesen deutlich schneller an wissenschaftlichem Output zulegen, als diese Referenzgröße.

Der R&D Momentum Plot in Bild 4 lässt erkennen, dass These 3 zwar jene mit den wenigsten Publikationen, aber mit der größten Dynamik ist. Ein Umstand, welcher sich aus Bild 3 nicht so ohne Weiteres ablesen lässt. Außerdem sind mehr als 60% dieser Publikationen in den letzten drei Jahren publiziert worden. Für die anderen Thesen beträgt dieser Wert deutlich weniger als 50%. Es ist also gerechtfertigt, These 3 zur Digitalisierung von Innovationsprozessen als das sehr zentrale Trendthema in diesem Bereich zu bezeichnen. Es ist davon auszugehen, dass die aktuellen Entwicklungen rund um ChatGPT diese Tendenz eher noch verstärken werden. Bild 4 macht aber auch deutlich, dass sich in allen Bereichen die Dynamik verlangsamt hat, das kurzfristige Wachstum also geringer ist als das langfristige.

noch die Herausforderung bestehen, diese Themen bzw. Keywords in den Kontext der jeweiligen These einzuordnen, wofür der Diskurs mit Expert*innen notwendig ist.

Topic Modelling - Analyse der Journale



Bild 6: 15 Themenfelder mittels LDA für ausgewählte Journale von 2020 bis 2023.

Mit Hilfe einer LDA wurden zunächst die Themen von den in Kapitel 3.2 erörterten Journalen analysiert. Diese 15 identifizierten Topics sind in Bild 6 angeordnet. Die Distanz zwischen den Topics wurde hier auf 2 Dimensionen runter skaliert, sodass Cluster erkennbar werden. Dadurch konnten an vier Stellen überlappende Topics identifiziert werden, jeweils umrandet mit einem Kreis. Das lässt darauf schließen, dass diese Topics nah aneinander liegen, also oft zusammen bearbeitet werden. Tabelle 1 gibt Aufschluss über die inhaltliche Zusammensetzung der Topics. Alle Wörter die für ein Topic ausschlaggebend sind, also dort signifikant öfter vorkommen als in den anderen Topics, sind hervorgehoben. Diese helfen dabei, die Themen der einzelnen Topics zu definieren. Die folgenden Ergebnisse lassen sich ableiten.

Tabelle 1: Meist genutzte Wörter in jedem Topic für ausgewählte Journale von 2020 bis 2023.

T1:	T2:	T3:	T4:	T5:	T6:	T7:	T8:
futur	firm	digit	model	innov	innov	social	perform
social	find	innov	project	effect	firm	custom	innov
innov	corpo	busi	method	countri	knowledg	media	firm
research	ceo	model	propos	technolog	collabor	onlin	relationship
develop	perform	ecosystem	approach	develop	product	consum	capabl
T9:	T10:	T11:	T12:	T13:	T14:	T15:	
research	employe	brand	technolog	energi	technolog	chain	
review	team	consum	adopt	emiss	patent	suppli	
literatur	studi	product	smart	carbon	network	covid	
studi	behavior	effect	industri	technolog	univers	sustain	
analysi	effect	studi	blockchain	climat	research	pandem	

Themenkomplex 1&3: Die Topics 1 und 3 lassen auf einen Zusammenhang zwischen digitalen Geschäftsmodellen und der Entwicklung der Zukunft schließen, ähnlich wie in These 3 formuliert.

Themenkomplex 2,6&8: Topic 2 beschäftigt sich mit Unternehmen, nah dazu ist Topic 6 welches sich mit Zusammenarbeit zur Wissensgeneration befasst. Topic 8 handelt weiterhin von Performance. Es kann also interpretiert werden, dass die Performance von Unternehmen mit der Art der Kollaboration und Wissensweitergabe zusammenhängt. Dies wird auch in These 1 thematisiert.

Themenkomplex 4&14: Topic 4 befasst sich sehr allgemein mit Methoden, während Topic 14 Patente und Forschung thematisiert und damit als Teilgebiet von Topic 4 gesehen werden kann. Im Hinblick auf These 4, lässt sich dies so interpretieren, dass das Wissen selbst (bspw. in Form von Patenten) nur ein Teilgebiet der Anwendungen und Methoden ist.

Themenkomplex 7,10&11: Im Fokus der Topics 7, 10 und 11 stehen Personen: auf der einen Seite die Kund*innen (Topic 7) und auf der anderen Seite die Dienstleister*innen (Topic 10). Verknüpft sind diese durch den Konsum (Topic 11).

Topic 12: handelt von smarten Technologien wie beispielsweise Blockchain. Dieses Topic passt zu These 2.

Topic 9: befasst sich mit der Wissensgenerierung auf Grund von wissenschaftlicher Literatur und unterstützt damit These 4.

Topic 13 und Topic 15: Diese Topics handeln weniger von Überthemen, wie es bei den anderen Topics der Fall ist, sondern von konkreten Anwendungsfeldern, welche im Fokus für Innovationen zu stehen scheinen. Einerseits ist das das Thema Klimaschutz und Energie (Topic 13), andererseits Supply Chain Management und Pandemien (Topic 15). Das kann auch daran liegen, dass die Publikationen, die die Datengrundlage bieten, aus den letzten 3 Jahren stammen, in welchen beide Themen sehr zentral in vielen Disziplinen diskutiert wurden und werden.

Interessanterweise lassen sich die Thesen 1 bis 4 in den Journalen wiederfinden, was deren Relevanz unterstreicht. These 5 lässt sich nicht so einfach zuordnen, das kann vor allem daran liegen, dass das Thema Datensicherheit zwar ein sehr aktuelles ist, jedoch weniger in der Community für Innovationsforschung behandelt wird, sondern sich stattdessen vorrangig in Informatik-nahen Journalen finden lässt.

Topic Modelling - Analyse von These 3

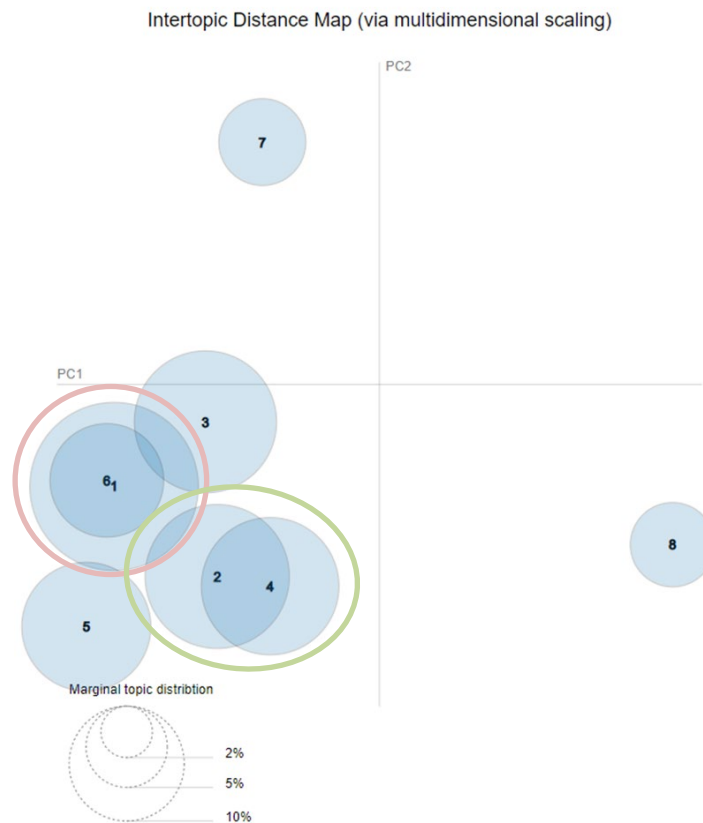


Bild 7: 8 Themenfelder mittels LDA für Publikationen zu These 3.

Nach dem gleichen Prinzip wurden auch die gefundenen Publikationen für These 3 exemplarisch analysiert. Hier haben sich 8 Topics herauskristallisiert. In Bild 7 fällt auf, dass 6 der 8 Topics sehr nah aneinander liegen. Nichtsdestotrotz wurden 2 Themenkomplexe identifiziert, wobei diese weniger ausgeprägt sind, als es bei den Journalen der Fall ist. Das kann daran liegen, dass die hier analysierten Publikationen schon von der Suchanfrage her thematisch sehr viel mehr eingeschränkt wurden. Folgendes lässt sich jedoch mit Hilfe von Tabelle 2 sagen:

Tabelle 2: Meist genutzte Wörter in jedem Topic für Publikationen zu These 3.

T1:	T2:	T3:	T4:	T5:	T6:	T7:	T8:
research	data	model	busi	innov	technolog	technolog	iot
ai	big	network	model	digit	analysi	develop	health
innov	servic	learn	technolog	firm	patent	financi	medic
intellig	manag	predict	industri	studi	research	educ	healthcare
technolog	process	method	digit	model	mine	market	system

Themenkomplex 1&6: Topic 6 handelt von Data Mining und Patentanalysen und kann als Teilgebiet von Topic 1 gesehen werden. Letzteres ist somit allgemeiner und thematisiert Künstliche Intelligenz und Forschung.

Themenkomplex 2&4: Topic 2 beschäftigt sich mit Big Data, während Topic 4 von Geschäftsmodellen und der Industrie handelt. Für letzteres sind also Daten, und vor allem auch die Fülle von Daten, ein zentrales Thema.

Topic 3: ist eng verknüpft mit Topic 1 und thematisiert Neuronale Netze bzw. allgemeiner KI-Algorithmen.

Topic 5: handelt von digitalen Innovationen für Unternehmen.

Topic 7: ist sehr weit entfernt von den anderen Topics. Die Themen Bildung und Finanzen hängen also weniger mit den anderen Themen zusammen.

Topic 8: ist ebenfalls abseits positioniert, was vermutlich daran liegt, dass es einen konkreten Anwendungsbereich thematisiert, nämlich IoT in der Medizin.

Insgesamt bestätigen die gefundenen Topics den Inhalt von These 3, dass die Digitalisierung von Innovationsprozessen und die Nutzung von KI eine große Rolle spielen und weiterhin spielen werden. Hinzu kommt, dass in diesem Zusammenhang auch Themen wie Bildung und Finanzen wichtig sind. Außerdem scheint die Medizin ein zentrales Anwendungsfeld zu sein. Letztendlich ist die Interpretation der Topics jedoch nicht eindeutig und hängt immer maßgeblich davon ab, wer sie durchführt und worauf sich dabei bezogen wird. Deshalb ist es wichtig, dass für diese Aufgabe auch immer jeweilige Expert*innen zur Validierung hinzugezogen werden.

5 Fazit und Ausblick

Die Diskussion zur Zukunft der Innovation hat im letzten Jahr erheblich an Fahrt aufgenommen. Verantwortlich für diese gesteigerte Aufmerksamkeit dazu, wie wir in Zukunft innovieren werden, liegt auch daran, dass viele Algorithmen aus dem Bereich der KI-Forschung (bspw.

NLP, Machine Learning und generative KI) aus der Forschung in die Anwendung übergegangen sind. Dass die Digitalisierung im Innovationsprozess wie in These 3 beschrieben fortschreitet und die künstliche Intelligenz früher oder später Innovationsprozesse weitgehend übernehmen wird, ist schon kaum mehr als offene Fragestellung zu betrachten. In der Retrospektive bilden die aktuellen Diskussionen recht gut die in These 3 beschriebenen Entwicklungen ab und bestätigen damit die Sinnhaftigkeit eines Foresight-Prozesses zur Zukunft der Innovation. Wie in anderen Prozessen dieser Art, ist der Impact auf eine erfolgreiche Gestaltung von Innovationssystemen von der Aufnahme der dargestellten zukünftigen Entwicklungen durch betroffene Akteure abhängig.

Umso wichtiger ist es, die Vorausschau für die Zukunft der Innovation auch weiterhin durch eine strukturierte Vorgehensweise zu unterstützen. Mit dem Ansatz des daten-gestützten Foresight sind wir auf dem Weg, die bisher entwickelten Thesen durch eine disziplinenübergreifende und wissenschaftlich orientierte Perspektive anzupassen, weiter zu entwickeln oder zu ergänzen. Der Foresight Prozess zur Zukunft der Innovation kann dabei komplementär zu weiteren analytischen Ansätzen verstanden werden. Beispiele dafür sind der Innovationsindikator³ zur Bewertung des nationalen Innovationssystems, das Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands durch die Expertenkommission Forschung und Innovation⁴ oder der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung⁵.

Grundsätzlich ist es als positiv zu bewerten, dass durch den Ansatz des daten-gestützten Foresight die ursprünglich in den Thesen beschriebenen Entwicklungen bestätigt werden konnten. Spannend ist die Tatsache, dass zu These 3 am wenigsten Veröffentlichungen auffindbar waren, dieses jedoch zu den unterdessen dynamischsten Bereichen gehört. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass die Digitalisierung entlang des Innovationsprozesses bislang in der Wissenschaft eher unterschätzt wurde und derzeit eine Art Aufholprozess für dieses Versäumnis stattfindet.

Es hat sich am Beispiel von These 3 auch gezeigt, dass bibliometrische Analysen maßgeblich zur Identifikation relevanter Themen beitragen können. Die Analyse unterstützt die Aussagen von These 3 maßgeblich und es wurden konkrete, relevante Anwendungsfelder, wie die Medizin herausgearbeitet, in denen Digitalisierung zum Zweck der Innovation eine besonders große Rolle spielt. Die in Abschnitt 4 erarbeiteten Analysen lassen sich außerdem weiterführen, indem die Meinungen von entsprechenden Expert*innen sowie weitere Analysen in den Prozess miteinbezogen werden. Ein solcher dialogischer Ansatz aus Expert*innenwissen und daten-analytischen Impulsen kann besonders zielführend für die Gestaltung der Zukunft der Innovationen sein.

³ Innovationsindikator: <http://www.innovationsindikator.de>

⁴ EFI Expertenkommission Forschung und Innovation: <http://www.e-fi.de>

⁵ Zukunftsstrategie Forschung und Innovation: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/zukunftsstrategie/zukunftsstrategie_node.html

Literatur

- [ASV+10] ARUN, R.; SURESH, V.; VENI MADHAVAN, C. E.; NARASIMHA MURTHY, M. N.: On Finding the Natural Number of Topics with Latent Dirichlet Allocation: Some Observations. In: Hutchison, D.; Kanade, T.; Kittler, J.; Kleinberg, J. M.; Mattern, F.; Mitchell, J. C.; Naor, M.; Nierstrasz, O.; Pandu Rangan, C.; Steffen, B.; Sudan, M.; Terzopoulos, D.; Tygar, D.; Vardi, M. Y.; Weikum, G.; Zaki, M. J.; Yu, J. X.; Ravindran, B.; Pudi, V. (Hrsg.): *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010, S. 391–402
- [BEL+21] BAUER, W.; EDLER, J.; LAUSTER, M.; MARTIN, M.; MORSZECK, T.; POSSELT, T.; WEISSENBERGER-EIBL, M. A.; GRILL, B.; HEUBERGER, A.; RIEDEL, O.; SPATH, D.; SCHIMPF, S.; BANTES, R.; HERRMANN, F.; KLAGES, T.; KROLL H.; PFLAUM, A.; WORMS, D.: *Innovation und COVID-19: Impulse für die Zukunft der Innovation*. Fraunhofer-Gesellschaft, 2021
- [BLM+18] BAUER, W.; LAUSTER, M.; MORSZECK, T.; POSSELT, T.; WEISSENBERGER-EIBL, M. A.; SCHIMPF, S.; REIMOSER, C.; BANTES, R.; BRAUN, A.; KLAGES, T.; ET AL.: *Wandel verstehen - Zukunft gestalten*, 2018
- [BNJ01] BLEI, D. M.; NG, A. Y.; JORDAN, M.: Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 2001, S. 601–608
- [BS18a] BAUER, W.; SCHIMPF, S.: Understanding the history of industrial innovation. Developments and milestones in key action fields of R&D management: R&D Management Conference 2018 – R&Designing Innovation: Transformational Challenges for Organizations and Society. June 30th - Juli 4th, 2018, Milan, Italy, 2018
- [BS18b] BAUER, W.; SCHIMPF, S.: Die Zukunft der Innovation. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8.-9.11.2018, Berlin*, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, Paderborn, 2018
- [BS20] BAUER, W.; SCHIMPF, S.: Back to the Future: Scoping Dynamics in Industrial Innovation. *IEEE Engineering Management Review*, (48)2, 2020, S. 72–82
- [DSB14] DEVEAUD, R.; SANJUAN, E.; BELLOT, P.: Accurate and effective latent concept modeling for ad hoc information retrieval. *Document numérique*, (17)1, 2014, S. 61–84
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: *Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien*. 2. Auflage, Hanser, München, 1996
- [JBF+22] JOHN, M.; BECKER, B.; FRITSCHKE, F.; GÜLDEN, C.; MARTINI, M.; SCHEID, S.: Data Driven Foresight & KATI – Number Crunching für die Technologiefrühaufklärung. In: Lauster, M.; Bantes, R.; Kohlhoff, J. (Hrsg.): *Neue Technologien – Kernthemen des Technologiemonitorings am Fraunhofer INT zwischen 2009 und 2021*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2022, S. 17
- [Joh18] JOHN, M.: Data driven foresight - Technologiefrühaufklärung im Zeitalter von Big and Linked Data. Ein Werkstattbericht. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8.-9.11.2018, Berlin*, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, Paderborn, 2018, S. 409–421
- [LTD+16] LIU, L.; TANG, L.; DONG, W.; YAO, S.; ZHOU, W.: An overview of topic modeling and its current applications in bioinformatics. *SpringerPlus*, (5)1, 2016, S. 1608

Autoren

Dr. Marcus John studierte Physik an der TU Berlin und promovierte auf dem Gebiet der Astrophysik über die Entstehung von Staub in den Hüllen kühler Riesensterne. Anschließend arbeitete er als Postdoc am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft. Seit 2007 ist er als Wissenschaftler am Fraunhofer INT in der Abteilung Technologie Analysen und Strategische Planung tätig. Dort befasst er sich vor allem mit Technologiefrühaufklärung und Technologieanalysen zu diversen Vertiefungsgebieten. Der zweite Schwerpunkt seiner Tätigkeiten umfasst

die Auseinandersetzungen mit den methodischen Grundlagen der (technologieorientierten) Zukunftsforschung, insbesondere mit der Anwendung bibliometrischer und anderer IT- und datenbasierter Verfahren für die Technologiefrühaufklärung. Seit 2021 ist er Leiter des neugegründeten KATI Labs, welches sich mit Fragen rund um das Thema Data Driven Foresight befasst.

Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf koordiniert als Geschäftsführer die gemeinsamen Aktivitäten des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung. Er arbeitet seit 2002 als interdisziplinärer Forscher und Vordenker bei der Fraunhofer-Gesellschaft. Seit 2020 hat er die Professur für Innovations- und Interdisziplinaritätsforschung am Institut für Human Engineering & Empathic Design an der Hochschule Pforzheim inne. Zu den Themenfeldern des strategischen FuE-, Technologie- und Innovationsmanagements gehört insbesondere der Zusammenhang zwischen Interdisziplinarität und radikalen sowie potenziell disruptiven Innovationen.

Melanie Martini, M.Sc. studierte Informatik an der RWTH Aachen. Seit 2021 arbeite und promoviert sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im KATI Lab am Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT. Dort beschäftigt sie sich mit dem Thema Data Driven Foresight, und ist spezialisiert auf Patente und Intellectual Property als Datenquelle für die Technologiefrühaufklärung.

Session II

Mehrstufige strategische Frühaufklärung durch iterative automatisierte Themenerkennung und Fusion von Nachrichten-, Journal- und Patenttexten mittels Natural Language Processing (NLP)

Philipp Haan, M.Sc.

Manuel Berbig, M.Sc.

Prof. Dr. Ralph Blum

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Nordostpark 84, 90411 Nürnberg

E-Mail: {philipp.haan/manuel.berbig/ralph.blum}@iis.fraunhofer.de

Jan Rörden, MA

Dipl.Ing. Elna Schirrmeister

Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung

Breslauer Straße. 48, 76139 Karlsruhe

E-Mail: {jan.roerden/elna.schirrmeister}@isi.fraunhofer.de

Prof. Dr. Roland Zimmermann

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

Bahnhofstraße 87, 90402 Nürnberg

E-Mail: roland.zimmermann@th-nuernberg.de

Zusammenfassung

In der strategischen Frühaufklärung liegen bislang ungenutzte Potenziale, da verschiedene Datenquellen wie Nachrichtentexte, Journalpublikationen und Patentdaten meist isoliert voneinander analysiert werden. Automatisierte NLP-Verfahren finden hierzu zunehmend Anwendung. Die spezifischen Charakteristika der Quellen werden jedoch nicht beachtet:

- 1) Nachrichtentexte sind zeitlich sehr aktuell, umfangreich und redaktionell teilweise vorgefiltert. Sie lenken den Blick auf aktuelle gesellschaftliche und technologische Entwicklungen, haben aber oft nur eine kurze Halbwertszeit.
- 2) Publikations- und Patentdatenbanken haben eine verifizierte Qualität und erlauben eine längerfristige Betrachtung von Themenentwicklungen, liegen jedoch lange Zeit außerhalb der breiteren gesellschaftlichen Wahrnehmung.

Die verschiedenen Fristigkeiten ermöglichen eine iterative, sequenzielle Nutzung der Quellentypen mit dem Ziel, in der breiten Öffentlichkeit auftauchende Themenentwicklungen rasch zu erkennen (durch 1) und diese mittels längerfristigen, inhaltlich detaillierten Daten (durch 2) in einem zweiten Schritt zu präzisieren. Dazu werden automatisierte Ansätze zur Themenextraktion auf Basis von aktuellen Transformer-Sprachmodellen genutzt, die sich in den letzten Jahren als Instrument der strategischen Frühaufklärung etabliert haben.

Um die Potenziale, die in der iterativen, sequenziellen Fusion dieser Datenquellen liegen, aufzuzeigen, wird in der vorliegenden Arbeit ein Prototyp entwickelt, der Themen innerhalb eines Korpus von Nachrichtentexten identifiziert und deren Bedeutung durch eine Verknüpfung mit Patent- und Publikationsdaten sowie darauf beruhenden Trend-Indikatoren bestimmt.

Zum einen demonstriert die Studie, dass die automatische Themenextraktion semantisch abgeschlossene Themen liefert, die anschließend zur automatisierten Durchführung von Suchanfragen auf Patent- und Publikationsdatenbanken verwendet werden können.

Zum anderen zeigen die Resultate der Untersuchung, dass die automatisierte Kombination der verschiedenen Datentypen maßgeblich zur Verifizierung der identifizierten Trendthemen beiträgt, und dabei unterstützt, Themen mit hohem wirtschaftlichem Potenzial frühzeitig zu erkennen und zu bewerten.

Schlüsselworte

Horizon Scanning, Natural Language Processing, ChatGPT, Topic Modeling, Text-Clustering, Trend-Analyse

Multi-level strategic early intelligence through iterative automated topic detection and fusion of news, journal, and patent texts using Natural Language Processing (NLP).

Abstract

Untapped potentials exist in strategic early warning systems because various data sources, such as news texts, journal publications and patent data are usually analyzed in isolation. Automated NLP techniques are increasingly being used for this purpose. However, the specific characteristics of the sources are not considered:

- 1) News texts are very current, extensive, and often editorially pre-filtered. They focus attention on current social and technological developments, but often have a short half-life.
- 2) Publication and patent databases have verified quality and allow for a longer-term view of thematic developments, but are often outside of broader societal awareness for a long time.

The different temporalities allow for an iterative, sequential use of the source types with the aim of quickly identifying thematic developments that appear in the broader public (through 1) and refining them in a second step using longer-term, more detailed content data (through 2). Automated topic extraction approaches based on current transformer language models are used, which have established themselves as instruments of strategic early warning in recent years.

To demonstrate the potential of iterative, sequential fusion of these data sources, this paper develops a prototype that identifies topics within a corpus of news texts and determines their significance by linking them to patent and publication data, as well as trend indicators based on these data. The study demonstrates that automated topic extraction provides semantically closed topics that can subsequently be used for automated searches on patent and publication databases. Furthermore, the results of the study show that the automated combination of different types of data contributes significantly to the verification of identified trend topics, and supports the early recognition and evaluation of topics with high economic potential.

Keywords

Horizon Scanning, Natural Language Processing, ChatGPT, Topic Modeling, Text Clustering, Trend Analysis

1 Problemstellung

Strategische Frühaufklärung ist darauf angewiesen, valide Informationen zur Beurteilung von Märkten, Technologien und Organisationen zu erhalten. Nicht immer scheinen Informationen in dieser Qualität vorzuliegen, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen:

Der Hype um neue Technologien und neu gegründete Unternehmen hat zu außerordentlich hohen Investitionen und unrealistischen Erwartungen seitens Investor*innen geführt. Der Anteil von Start-up-Unternehmen in den Vereinigten Staaten, die zum Zeitpunkt ihres erstmaligen Börsengangs profitabel sind, ist auf ein Niveau gesunken, welches mit der Dotcom-Aktienmarktblase der 1990er Jahre vergleichbar ist¹ [Dri22]. Dieses Phänomen des Hypes um neue Technologien und Start-Ups wird neben der Spekulationswilligkeit auch durch Online-Nachrichten und die wirtschaftlichen Anreize derjenigen, die an der Förderung von Innovation und Unternehmertum beteiligt sind, vorangetrieben [Llo19]. Auch in der Wissenschaft lässt sich das Phänomen des Hypes finden. Hierbei ist die Übertreibung oder übermäßige Werbung für wissenschaftliche Ergebnisse oder Ideen gemeint, die oft von der wissenschaftlichen Gemeinschaft selbst angeheizt wird [Int22], [WB21].

Ein Grund für die Hypeanfälligkeit von Nachrichten sowohl im Finanzsektor, als auch im wissenschaftlichen Umfeld lässt sich im Problem der Verifizierbarkeit der getätigten Aussagen finden. Am Beispiel des Börsenumfelds lässt sich erkennen, dass diese unzureichende Überprüfung der wettbewerbsfähigen Vorteile von Firmen, insbesondere bei Start-up-Unternehmen zu unrealistischen Erfolgserwartungen führt.

Eine weitere Ursache des Hype-Phänomens ist darin begründet, dass verschiedene Datenquellen wie Nachrichtentexte, Journalpublikationen und Patentdaten zu oft isoliert voneinander und nicht im Verbund analysiert werden. Dabei wäre es nötig, die spezifischen Charakteristika der Quellen miteinander zu verweben.

Um den Blick auf aktuelle gesellschaftliche und technologische Entwicklungen zu lenken, sind Nachrichtentexte dienlich, da sie zeitlich sehr aktuell und in vielen Formaten vorliegen. Es findet oftmals eine redaktionelle Vorfilterung statt, die aber nicht zwangsläufig auf der Validität von Nachrichten basiert, sondern zum einen durch Pressemitteilungen von Firmen beeinflusst wird und zum anderen mit Blick auf die erzielbare Reichweite erfolgt. Zudem haben Trends in Nachrichten teilweise auch nur eine relativ kurze Halbwertszeit.

Dagegen besitzen insbesondere Patenteinreichungen, aber auch wissenschaftliche Publikationen mit Peer-Review-Prozess, eine stärker verifizierte Qualität als Nachrichtentexte. Ihr Entstehungsprozess ist zugleich deutlich länger. Die damit verbundenen Aufwände werden nur dann in Kauf genommen, wenn ein extern validierbarer Nutzen erkennbar ist. Zugleich sind

¹ In 2021 wurden 158 Milliarden Dollar bei IPOs eingenommen, so viel wie zu keinem anderen Zeitpunkt, wohingegen im gesamten Jahr 2022 nur 8,6 Milliarden US Dollar investiert wurden, so wenig wie zu keinem anderen Zeitpunkt [Go23-ol].

diese Informationen eher fachlichen Expert*innen zugänglich, so dass Themenentwicklungen oftmals außerhalb der breiteren gesellschaftlichen Wahrnehmung stattfinden.

Gelingt es, diese beiden Typen von Informationsquellen miteinander zu verketten, so lassen sich Medientrends im besten Falle mithilfe von Patent- und Publikationsdaten validieren oder aber als substanzarm hinsichtlich ihrer Wettbewerbsrelevanz überführen. Damit wird es Entscheidungsträger*innen ermöglicht, übertriebene Berichterstattung zu erkennen und deren negative Auswirkungen zu verringern, während sie gleichzeitig den potenziellen wirtschaftlichen Nutzen neu entstehender Themen, Technologien und Organisationen rascher und realistischer bewerten können.

Konkret schlagen wir vor, automatisiert Themen innerhalb eines Korpus von Nachrichtentexten zu identifizieren und deren Bedeutung durch eine Verknüpfung mit Patent- und Publikationsdaten sowie darauf beruhenden Trend-Indikatoren zu bestimmen. Im Folgenden ordnen wir das Thema in den Bereich der Trendforschung genauer ein (vgl. Abschnitt 2.1) und analysieren bisherige Ansätze zur Kombination von Nachrichten und Publikations- bzw. Patentdaten (vgl. Abschnitt 2.2). Die notwendige Automatisierung der Themenerkennung bedarf einer Auswahl geeigneter Natural-Language-Processing-Verfahren (vgl. Abschnitt 2.3), die den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln müssen. Unser Lösungskonzept zur iterativen, automatisierten Themenerkennung und Fusion von Nachrichten-, Journal- und Patenttexten mittels Natural Language Processing (NLP) stellen wir in Abschnitt 3 vor. Eine umfangreiche Fallstudie zum Themenfeld „Veganismus – vegane Ernährungs- und Lebensweise“ illustriert die Fähigkeiten unseres Ansatzes und diskutiert die erzielten Ergebnisse (vgl. Abschnitt 4).

2 Hintergrund und Stand der Forschung

Im Folgenden wird der Hintergrund und Stand der Forschung von allgemeiner Trendforschung, Trendforschungsansätze mit Nachrichten-, Publikations- und Patentdaten, Text-Clustering sowie Themenerkennung erläutert.

2.1 Trendforschung

Die Identifikation von Trends spielt im Kontext von strategischer Vorausschau und Innovationsmanagement eine große Rolle und die Methoden, die hier genutzt werden, haben sich in den letzten Jahren durch die extreme Zunahme an verfügbaren Informationsquellen und durch Auswertungsalgorithmen radikal verändert. Ziel ist es, über "environmental or horizon scanning" Trends zu identifizieren, die sich im Umfeld von Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickeln, einen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung dieser haben werden, aber nicht direkt durch diese beeinflusst werden können [PP21]. Seit den 1990er Jahren nutzen Wissenschaftler*innen ausgewählte Datenbanken, um Dynamiken und Veränderungen zu erkennen und zu bewerten. Patentdaten und wissenschaftliche Veröffentlichungen waren und sind wichtige Informationsquellen, die als strukturierte Daten vorliegen und auf vielfältige Weise ausgewertet werden können. Seit wenigen Jahren werden zusätzlich unstrukturierte Daten als Infor-

mationsquelle genutzt, wie z. B. soziale Medien und Nachrichten-Portale. Dabei werden überwiegend Auswertungsmöglichkeiten auf der Basis von NLP eingesetzt [Dv20], [LBH15], [MG22].

Man unterscheidet zwischen der Identifikation von Trends und Unsicherheiten, schwachen Signalen für Veränderungen bzw. "emerging issues". Unter Trends verstehen wir eine Entwicklung in der Vergangenheit bis zum heutigen Tag, bei der angenommen wird, dass sie sich noch eine gewisse Zeit in der Zukunft fortsetzen wird. "*A trend is a pattern that we read in a series of events*" [van05]. Dagegen kann bei schwachen Signalen oder "emerging issues" noch kein Trend über einen längeren Zeitraum in der Vergangenheit beobachtet werden und die Entwicklung in der Zukunft ist offen und extrem unsicher. Im Folgenden fokussieren wir uns auf die Analyse von Trends, die sich über einen gewissen Zeitraum inkrementell weiterentwickeln. Die Entwicklung kann zunehmen, stabil bleiben oder abnehmen und die Veränderungsraten können variieren [HB13].

Im Zusammenhang zur strategischen Frühaufklärung wird einerseits angestrebt, Trends möglichst frühzeitig zu erkennen. Andererseits sollen die identifizierten Trends möglichst umfassend und verlässlich über Indikatoren erfasst und beobachtet werden. Für beide Funktionen gilt es, die Wahrnehmungsverzerrungen sowohl durch den Menschen (cognitive biases) als auch durch die Algorithmen zu minimieren [MG22], [GGW+22].

2.2 Trendforschung durch Kombination mehrerer Datenquellen

In der Literatur existieren bereits Ansätze, um Trends von Technologien auf Grundlage von Nachrichten, Publikationen und Patenten zu ermitteln. In [VG21] werden Newsdaten verwendet, um Technologien zu identifizieren, die Entwicklungspotential besitzen. In [LXJ+19] werden Patente in der Domäne von Perovskite Solarzellen mit den Meinungen über die Domäne von Nutzer*innen der Social-Media-Plattform Twitter verglichen. Diese Analyse resultiert in der Erkenntnis, dass die Identifizierung zukünftiger Entwicklungstrends von aufkommenden Technologien die Vorhersage des in Twitter-Daten enthaltenen sozialen Bewusstseins ermöglichen kann. Darauf aufbauend werden in [LXH22] Nachrichtenartikeln mit Patentdaten verglichen. Nach der Analyse beider Quellen ist das Auftreten von neuartigen Technologien in Patenten ebenfalls in Nachrichtenartikel zu erkennen. In [XLJ+21] werden, zusätzlich zu Patentdaten und Nachrichtenartikeln, Publikationen für einen Vergleich herangezogen. Ziel ist dabei die Identifikation von disruptiven Technologien durch mehrere Datenquellen. Unter Verwendung des disruptiven Index wird ein System für diese Identifikation entwickelt. In [SE20] werden Patent, Nachrichten und Publikationsdaten verwendet, um Trends und Innovationen in der Landwirtschaft in Afrika zu identifizieren. Dafür wurden schwache Signale in den Quellen durch automatische Textanalyse und Experten erkannt.

2.3 Automatisierte Themenerkennung

Automatisierte Themenerkennung, oder auch Topic Modeling, ist eine Methode, um Themen in einem Textkorpus zu identifizieren. Durch ein Clustering werden Texte zu Themengruppen zusammengefasst. Topic Modeling hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt, und

nutzt neueste Erkenntnisse des Natural Language Processing (NLP), wie beispielsweise Transformer, die 2017 von [VSP+17] erstmals beschrieben wurden. Heute bilden Transformer die Grundlage kompetitiver NLP-Anwendungen. So sind beispielsweise auch Large-Language-Modelle (LLM) wie die GPT-Modelle (Generative Pre-Trained Transformer, aktuell GPT-4 [Ope23]) durch diese Technologie erst möglich geworden [BMR+20].

Im Bereich des Topic Modeling gibt es mit BERTopic [Gro22] und top2vec [Ang20] zwei Ansätze, die die Limitationen klassischer Topic Modeling Ansätze durch den Einsatz sogenannter Word Embeddings umgehen. Dabei werden Texte in Vektoren mit Zahlen umgewandelt, die den Kontext der einzelnen Wörter in einem Satz repräsentieren. Diese Vektorisierung kann durch verschiedene Verfahren erfolgen, wird aber in State-of-the-Art Anwendungen durch LLM wie BERT [DCL+18] oder SBERT [RG19] vorgenommen. Im Anschluss werden die vieldimensionalen Word Embeddings mit dem Algorithmus UMAP [MHS+18] zu wenigerdimensionalen Word Embeddings umgewandelt. Diese umgewandelten Word Embeddings werden durch Algorithmen, wie HDBSCAN [MHA17] oder K-Means [HW79] zu Clustern gruppiert. Die Texte innerhalb der Cluster besitzen einen ähnlichen Inhalt. Um das Thema eines Clusters zu benennen, werden in BERTopic die themenrepräsentativsten Wörter mit dem höchsten TF-IDF-Wert [Joa96] innerhalb eines Clusters als Benennung ausgewählt.

Im vorliegenden Beitrag wird BERTopic verwendet; dieser Ansatz wird von mehreren Frameworks unterstützt, bietet also eine bessere Reproduzierbarkeit, bei gleichzeitig stärkerer Anpassung an das vorliegende Material durch die Verwendung verschiedener vortrainierter Embeddings, die beispielsweise auf Huggingface [Hug23-ol] geboten werden.

3 Lösungskonzept

Die in Abschnitt 2.2 vorgestellten Publikationen bieten Lösungsansätze, um Trends in Technologien durch die Analyse von Nachrichtenartikeln, Publikationen und Patenten zu identifizieren. Alle Publikationen beschränken sich jedoch auf eine spezielle Domäne, und die Datenakquise erfolgt zudem durch manuelle Erstellung eines Suchstrangs für die entsprechenden Datenbanken. Für die Ermittlung von Trends sind teilweise Domänenexperten notwendig. Deshalb schlagen wir in dieser Publikation ein Lösungskonzept vor, das eine domänen- und expertenunabhängige Akquise und Analyse von Nachrichtenartikel, Patenten und Publikationen ermöglicht.

3.1 Prozess der iterativen Themenerkennung

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen erläutert. Bild 1 zeigt den Prozess grafisch. Dieser läuft bis auf die Auswahl der Domänen beschreibenden Internetseiten komplett automatisiert ab. Für die Verwendung des Prozesses für eine neue Domäne ist lediglich die Auswahl von Internetseiten erforderlich, welche die neue Domäne möglichst umfangreich repräsentieren.

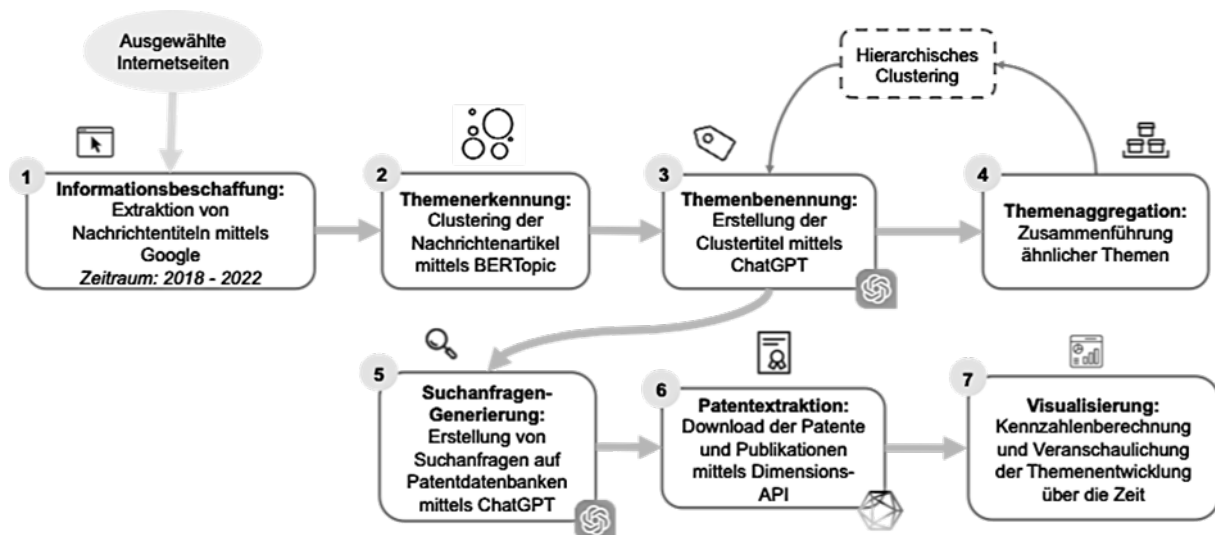


Bild 1: Prozess zur iterativen, automatisierten Themenerkennung und Fusion von Nachrichten-, Publikations- und Patenttexten

- Informationsbeschaffung:** Es wird eine Auswahl von Nachrichtenwebseiten getroffen, bei denen davon auszugehen ist, dass sie Artikel zu allen Themen veröffentlichen. Für die Ermittlung der Trends wird betrachtet, wieviele Artikel über einen bestimmten Zeitraum veröffentlicht werden. Alle ausgewählten Webseiten publizierten über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg, der den Zeitraum vom 01.01.2018 bis zum 31.12.2022 umfasst. Es wurden sowohl englische als auch deutsche Webseiten ausgewählt, die die globale und die deutsche Medienlandschaft abbilden. Es wurde sich hierbei für Fachwebsites entschieden, welche nur domänenspezifische Artikel publizieren. Diese Auswahl wird aus zwei Gründen getroffen. Zum einen wirkt die Vorauswahl der Artikel, welche durch die Betreiber der Website getroffen wird qualitätssichernd und beugt der Verarbeitung von maschinengenerierten Inputtexten vor, und zum anderen werden hierdurch nur domänenrelevante Texte zur Themenerkennung verwendet. Über die Suchmaschine Google wurden der Titel, die Kurzbeschreibung des Suchergebnisses und das Veröffentlichungsdatum gespeichert.
- Themenerkennung:** Aus allen Nachrichtenartikeln werden Cluster durch das Modell BERTopic generiert. Ziel ist es, Themen zu identifizieren, die in sich semantisch geschlossen sind und sich voneinander abgrenzen lassen. Die Textbasis des Clusterings bilden der Titel und die Kurzbeschreibung der Artikel. Mittels Hyperparameter-Optimisierung wird zudem die Mindestgröße für die zu erstellenden Cluster festgelegt.
- Themenbenennung und Aggregation:** Zu allen Clustern wird eine Beschreibung (Kurztitel) mit dem Modell GPT-3.5 generiert. Dabei wird über die API der Auftrag gegeben, eine Beschreibung auf Grundlage von acht Nachrichtentexten, die für die jeweiligen Cluster repräsentativ sind, zu erstellen. Diese Beschreibung bildet die Grundlage für die Suche nach Publikationen und Patenten, die den gleichen Themenbereich abdecken. Um die Redundanzen bei der Patent- und Publikationssuche zu umgehen, die potenziell durch die Entstehung mehrerer Cluster mit inhaltlich ähnlichen Beschreibungen verursacht werden können, werden Cluster zusammengefasst, wenn ihre Beschreibungen eine semantische

Ähnlichkeit besitzen. Für diese Zusammenfassung werden die Beschreibungen vektorisiert und anschließend durch hierarchisches Clustering nach [Müll 1] zusammengelegt.

- **Suchanfragen-Generierung und Patentextraktion:** Die Patente und Publikationen werden aus der Patentdatenbank *Dimensions AI* extrahiert, da diese eine umfangreiche Datenbank und über eine API einen einfachen Zugang bietet. Um Ergebnisse für Patente und Publikationen zu erhalten, muss ein entsprechender Suchstring generiert werden, der wiederum aus Substrings bestehen kann, die mit AND und OR verbunden werden. Der Suchstring wird mit GPT-3.5 generiert. Dem Modell werden Kontext, Beispiele und Regeln übergeben, um den Suchstring zu erstellen. Der Suchstring wird ohne weitere menschliche Bearbeitung an die Datenbank übergeben.
- **Analyse und Visualisierung:** Für die Visualisierung wird Microsoft Power BI² verwendet. Die Entwicklungen der Nachrichtenartikel, Patente und Publikationen werden mit spezifischen Kennzahlen beschrieben, die sowohl einen Vergleich zwischen Themen als auch eine Bewertung eines einzelnen Themas im Zeitverlauf ermöglichen: die *Medienpräsenz* und die *zeitliche Intensität*.

3.2 Indikatoren zur Bewertung von zeitlichen Themen-Entwicklungen

Für die Analyse der Entwicklungen von News und Patenten ist es nötig, mögliche Niveauunterschiede zwischen sehr stark diskutierten Themen und eher kleineren Randthemenbereichen zu berücksichtigen: Gerade im Hinblick auf zunächst „kleine“ Themen lässt sich die Hypothese aufstellen, dass einzelne dieser Themen im Zeitverlauf an Relevanz gewinnen können und es für die strategische Frühaufklärung von großer Bedeutung ist, diese „Wachstumsentwicklungen“ möglichst frühzeitig zu erkennen.

Um die Vergleichbarkeit der Themen zu gewährleisten, werden folgende Kennziffern für die Analysen verwendet:

1) *Medienpräsenz:*

Die relative Wichtigkeit eines Themas zu einem Zeitpunkt t berechnen wir, indem die Häufigkeit der Texte eines Themas im Verhältnis zu allen Texten einer Zeitscheibe t ermittelt wird. Diese *relative Bedeutung* gibt an, wie präsent ein Thema in den gesammelten Mediendaten zu einem Zeitpunkt t ist und wird im Folgenden auch als Indikator "Medienpräsenz" bezeichnet. Damit ist ein *Vergleich zwischen Themen* aufgrund ihrer Medienpräsenz im Zeitverlauf möglich, den wir als "*Inter-Themenvergleich*" bezeichnen.

2) *Zeitliche Intensität:*

Ein Aspekt der Themenentwicklung innerhalb eines Themas („*Intra-Themenvergleich*“) ist die *Verteilung der Texte eines Themas über die Zeit*: Dieser Indikator für die zeitliche Intensität misst, wie sich die *Texte für ein einzelnes Thema prozentual über den Messzeitraum* verteilen.

² Das Power BI Dashboard kann unter folgendem Link aufgerufen werden: <https://shorturl.at/eioFR>

Beide Kennzahlen haben den Vorteil, dass sie unabhängig vom Größenniveau eines Themas verglichen werden können, da beide zwischen 0 und 1 skalieren und damit eine Vergleichbarkeit auch über verschiedene Medientypen (Nachrichten, Patente, Publikationen) hinweg erlauben. Dies ist zentral, da die Menge an identifizierbaren Nachrichtenartikeln nicht automatisch in der gleichen Größenordnung wie bei Patenten oder wissenschaftlichen Publikationen spielt. Daher kann die Medienpräsenz eines Themas sowohl für Nachrichtenartikel als auch für Patente und Publikationen berechnet und miteinander verglichen werden.

4 Anwendungsbispiel: Veganismus - vegane Ernährungs- und Lebensweise

4.1 Nachrichten-Datensatz

Die Entwicklung von veganen Produkten hat einen sehr engen Bezug zu gesellschaftlichen Veränderungen und viele Produkte werden zum Business-to-Customer-Bereich (B2C) gerechnet. Es wird daher erwartet, dass neue Themen umfangreich und frühzeitig in Nachrichten thematisiert werden. Eine erste Recherche zu geeigneten Themenseiten resultierte in vier Nachrichtenwebseiten, die systematisch durchsucht wurden. Insgesamt liegen ca. 14.500 Newsartikel vor, die sich relativ gleichmäßig auf die Websites verteilen (vgl. Bild 2). Drei der vier Websites verzeichnen zudem ein deutliches Wachstum an News, lediglich „vegnews.com“ stagniert seit 2020 bei ca. 1000 News pro Jahr für den relevanten Suchbereich.

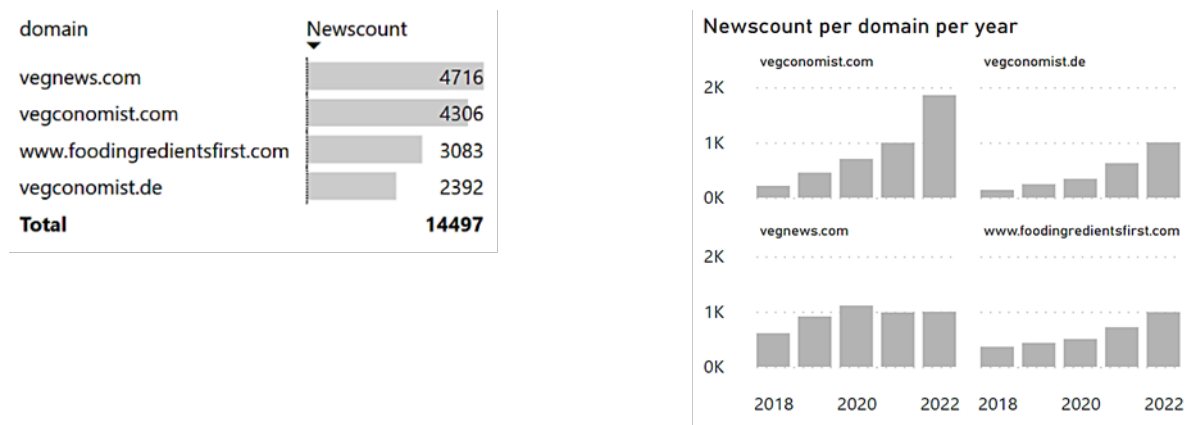


Bild 2: Nachrichtendatensatz Beschreibung

4.2 Themenerkennung Nachrichtenartikel

Eine vegane Ernährungs- und Lebensweise hat in den letzten Jahren erheblich an Zulauf gewonnen und Marktstudien erwarten, dass sich dieser Trend in den nächsten Jahren noch beschleunigen wird. Der deutsche Markt für vegetarische und vegane Ersatzprodukte liegt bereits bei über einer Milliarde Euro und wächst aktuell jährlich zwischen 25% und 33%. Weltweit wird erwartet, dass der Markt bis 2025 auf über 22 Milliarden US Dollar ansteigt, die erwarteten Wachstumsraten liegen bei ca. 12% [The23]. Dabei essen deutlich mehr Frauen als Männer vegetarische/vegane Alternativen zu tierischen Produkten und bei den unter 30-jährigen ist der

Anteil am höchsten [Bun21a], [Bun21b]. Der wichtigste Grund für einen veganen Lebensstil ist Nachhaltigkeit (66% der Befragten in Deutschland), gefolgt von Tierwohl (62%), aber auch gesundheitliche Aspekte spielen bei mehr als 50% eine Rolle [WIE22-ol]. Marktstudien im Auftrag von Unternehmen nennen als wichtigste Trends bei den veganen Produkten: Backwaren (insb. Ei-Ersatz), Fast Food für unterwegs, Fertiggerichte, Eis und Dessert, Käse und herzhaftere Aufstriche, Süßigkeiten und Snacks, Wurst und Fleisch, Fisch und Getränke (insbesondere Milch-Ersatz) [BH21]. Diese Umfrageergebnisse können genutzt werden, um die mit BERTopic identifizierten Themen zu validieren.

Auf Basis des zuvor beschriebenen Nachrichtendatensatzes sind mit BERTopic zunächst 53 Ausgangsthemen identifiziert worden, die dann im Folgeschritt mittels hierarchischem Clustering zu 27 Hauptthemen automatisch aggregiert wurden. Für die Benennung dieser Hauptthemen wurde, wie zuvor skizziert, GPT-3.5 genutzt. Im Folgenden werden diese Hauptthemen lediglich als Themen bezeichnet.

Um die Qualität der automatisch generierten Themen und Titel zu validieren, sind zwei separate Evaluationen durchgeführt worden:

- 1) Je Thema sind 50 Nachrichtentexte randomisiert ausgewählt und anschließend danach bewertet worden, ob sie dem Titel des Themas korrekt (=1) oder falsch zugeordnet erscheinen (=0). Die Bewertung wurde von neun Personen durchgeführt.
- 2) Ein qualitativer Vergleich der automatisch generierten Themen mit Marktstudien zum Thema „Veganismus“ dient der Validierung: Finden sich ähnliche Themen auch in externen Marktstudien?

Das Ergebnis der ersten Evaluation in Bild 3 zeigt, dass im Durchschnitt aller untersuchten Nachrichtentexte 73% als korrekt durch ihren Titel beschrieben evaluiert wurden. Bei zwei Dritteln aller automatisch identifizierten Themen beschreibt der automatisch generierte Titel die untersuchten Nachrichten in 76% bis 96% zutreffend. Hierbei ist zu beachten, dass die Ergebnisse, die die Repräsentationsfähigkeit der automatisch generierten Titel evaluieren und nicht die thematische Geschlossenheit der automatisch errechneten Themen. Die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Themenerkennung durch das Clustern von Kontextvektoren ist bereits umfassend belegt [ZFC+22], [EY22], [Gro22]. Um dies zu verdeutlichen, wurde das Thema „plant-based food for animals“, in welchem nur 12% der Texte durch den Titel korrekt beschrieben sind, nochmals händisch nach der Zusammengehörigkeit der Texte in dem Cluster analysiert. Hierbei stellt sich heraus, dass 76% der Texte ein in sich geschlossenes Thema bilden, jedoch durch den automatisch generierten Titel nicht beschrieben werden.

Topics	Percentages	Topics	Percentages
Vegan lifestyle and wellness advice	96%	Vegan Pizza	78%
Celebrity vegans and athletes	92%	Vegan skincare and makeup	78%
Vegan Business and Products	92%	Sustainable chocolate innovation	76%
Veganism and sustainable fashion activism	92%	All topics	73%
Vegan ice cream and cheese brands	90%	Plant-based meat alternatives	72%
Plant-based fast-food options	85%	Attitudes and trends in veganism	68%
Insect-based protein and bee-free honey	84%	Plant-based industry and agricultural solutions	68%
Mycelium-based meat alternatives and mushrooms	84%	3D-printed plant-based meat	66%
Plant-based dairy alternatives	84%	Plant-based functional food ingredients	64%
Plant-based seafood and algae	84%	Vegan Cheese and Butter	64%
Alternative plant protein innovation	82%	Sustainable plant-based food and packaging	61%
Beverage Innovation	82%	Plant-based coffee options	42%
Vegan egg and mayo alternatives	80%	Plant-based meat industry trends	20%
Sustainable vegan fashion	78%	Plant-based food for animals	12%

Bild 3: Auswertung der manuellen Evaluation von je 50 randomisiert gezogenen Nachrichten je Thema, 100% = jeder Nachrichtentext ist dem entsprechenden Thema korrekt zugeordnet.

Die 27 Themen decken sowohl Ernährungs- als auch Lebensstil-Themen ab. Bei den Nahrungsmitteln zeigt sich, dass 14 Themen den Nahrungsgruppen zugeordnet werden können, bei denen auch auf Basis der Marktstudien eine Zunahme erwartet wird. Die über BERTopic generierten Themen sind dabei etwas spezifischer. So wird nicht von Backwaren sondern von "Vegan egg and mayo alternatives" oder von "Vegan pizza" gesprochen. 7 Themen spiegeln das wachsende Bewusstsein und die Motivation für einen veganen Lebensstil wider. Das in den Befragungen besonders wichtige Thema Nachhaltigkeit und Klimaschutz spiegelt sich in den Themen zu veganer Kleidung und Verpackung wider. Auch der an Bedeutung gewinnende Gesundheitsaspekt ist durch die automatisiert generierten Themen wie "Vegan lifestyle and wellness advice", "Celebrity vegans and athletes" und "Plant-based functional food ingredients" abgedeckt. Insekten als Proteinquelle werden bei den Marktstudien als stagnierender Bereich eingeschätzt. Insgesamt kann man festhalten, dass die automatisiert generierten Themen alle Bereiche abdecken, die in den Marktstudien genannt werden, spezifischer sind und zusätzlich angrenzende Themen wie Hautpflege und nachhaltige Verpackungen aufzeigen.

4.3 Entwicklungen von News, Patenten und Publikationen

Das Ziel besteht darin, die Relevanz von Themenentwicklungen, die in den Medien oder ähnlichen Informationsquellen auftauchen, zu validieren, indem wissenschaftliche Publikationen und insbesondere Patente genutzt werden, um z. B. die wettbewerbsfähigen Vorteile von Unternehmen zu überprüfen oder Erfolgsaussichten von Technologien zu relativieren. Patente stellen in diesem Zusammenhang eine besondere Qualität von Forschungsergebnis dar, da sie im Allgemeinen nur beantragt werden, wenn a) ein entscheidender Fortschritt in einem Thema realisiert wurde und b) eine wirtschaftliche Relevanz durch diese neue Erkenntnis erwartet wird. Somit werden in den folgenden Analysen insbesondere Patente den News gegenübergestellt und Publikationen ergänzend betrachtet.

Um diesen Vergleich zu ermöglichen, wird eine automatisierte Abfrage von Patenten und zugleich wissenschaftlichen Publikationen durchgeführt, wie sie in Kapitel 3.1 kurz beschrieben wurde. Durch die Nutzung von GPT-3.5 überführen wir die semantischen Themen-Beschreibungen in eine Datenbankabfrage, um den unterschiedlichen Suchstrategien gerecht zu werden. Die Ergebnisse dieser Suche, sowie Interpretationen und beobachtete Herausforderungen, sowie schließlich die Kombination mit der bereits genannten Informationsquelle News, wird im Folgenden dargelegt.

Hierbei wurden folgende Regeln zur Erstellung der Suchanfrage auf die Patent- und Publikationsdatenbank an GPT-3.5 übergeben.

- 1) Es dürfen nur die Operatoren AND, OR, () und „“ verwendet werden.
- 2) Wörter im Suchstrang müssen immer in Anführungszeichen gesetzt werden. Hierdurch werden nur Patente und Publikationen gefunden, welche die Suchwörter eindeutig beinhalten.
- 3) Es dürfen nur die Wörter aus dem Thementitel und direkte Synonyme verwendet werden.

Aus dem automatisch generierten Themennamen: „Plant-based meat alternatives“ wird automatisch der Suchstrang: *“(“Plant-Based Meat” OR “Meat Alternatives” OR “Meat Substitutes” OR “Vegan Meat” OR “Meat-Free” OR “Meat Analogue” OR “Meat Imitation” OR “Meat Replacement” OR “Meatless Products”)”* generiert.

Die Ergebnisse wurden händisch überprüft. Bei 15 der Suchanfragen wurde keine Beanstandung des Suchstrangs festgestellt. Vier der Suchanfragen waren zu ungenau, wie die folgende Suchanfrage für das Thema: „Plant-based fast food options“ zeigt. Der korrespondierende Suchstrang *“(“Plant-Based Fast Food” OR “Vegan Fast Food” OR “Vegetarian Fast Food” OR “Meatless Fast Food” OR “Fast Food Alternatives” OR “Fast Food Substitutes” OR “Healthy Fast Food”)”* deckt zwar den Bereich des pflanzlichen Fast-Foods ab, jedoch wird auch nach "Fast Food Alternatives", "Fast Food Substitutes" und "Healthy Fast Food" gesucht, was nicht mehr dem exakten Thema entspricht. Fünf der Suchanfragen waren zu genau und schränkten die Suchanfrage zu stark ein. Keine der Suchanfragen führte zu themenabweichenden Ergebnissen.

4.3.1 Nachrichtenthemen ohne korrespondierende Patente

Der Vergleich der Medienpräsenz über alle Jahre pro Hauptthema ist in Bild 4 dargestellt. Deutlich ist erkennbar, dass eine ganze Reihe von Nachrichten-Themen keinerlei Patente zu verzeichnen hat. Inhaltlich ist klar festzustellen, dass bei diesen Themen offenbar gesellschaftlich ein Interesse besteht und daher eine entsprechende Berichterstattung stattfindet. Zugleich kann es mehrere Gründe geben, warum keine Patente vorhanden sind, die zu folgenden Hypothesen führen:

- Themen sind zwar nachrichtlich von Bedeutung, stellen aber eher Haltungen, Einstellungen oder Überzeugungen dar. Ein Beispiel hierfür könnte das Thema „Attitudes and trends in veganism“ sein. Zu solchen Themen kann es zwar Forschungen und damit Publikationen geben, wie aus Bild 5 ersichtlich ist, Erkenntnisse lassen sich aber ggf. nicht patentieren.

- In der Diskussion befindliche Themen sind tatsächlich noch nicht von der Forschungs-
 gemeinde aufgenommen worden und es könnte sein, dass in Zukunft Patente folgen. Ein Bei-
 spiel könnte „Plant-based food for animals“ sein, zu dem inzwischen zwar Publikationen
 vorliegen, aber ebenfalls noch keine Patente³.
- Methodisch könnte hier der Unterschied von semantischer Repräsentation der Themen hin
 zur vergleichsweise eingeschränkten Stichwortsuche eine Ursache sein. Das könnte bedeu-
 ten, dass zwar inhaltlich relevante Patente existieren, diese aber (noch) nicht gefunden wer-
 den konnten.

Main topics	news	% news media presence	% patents media presence	patents	% publications media presence	publications
Alternative plant protein innovation	6,05 %			45,54 %		30,90 %
Plant-based functional food ingredients	5,42 %			26,80 %		26,86 %
Plant-based meat alternatives	12,05 %			10,97 %		6,77 %
Plant-based dairy alternatives	7,06 %			5,84 %		3,84 %
3D-printed plant-based meat	0,94 %			3,36 %		3,15 %
Plant-based coffee options	2,68 %			2,93 %		0,14 %
Vegan Business and Products	1,50 %			2,23 %		3,79 %
Vegan egg and mayo alternatives	1,90 %			0,88 %		0,31 %
Plant-based fast-food options	9,28 %			0,55 %		0,40 %
Mycelium-based meat alternatives and mushrooms	0,88 %			0,31 %		12,40 %
Vegan skincare and makeup	2,07 %			0,28 %		0,08 %
Vegan Cheese and Butter	0,72 %			0,19 %		0,11 %
Sustainable plant-based food and packaging	3,19 %			0,04 %		0,21 %
Vegan lifestyle and wellness advice	3,75 %			0,03 %		4,21 %
Sustainable vegan fashion	3,16 %			0,02 %		6,45 %
Celebrity vegans and athletes	1,81 %			0,01 %		0,02 %

Bild 4: Medienpräsenz für News, Patente und Publikationen je Hauptthema (Ausschnitt, De-
 tails vgl. Onlineversion unter <https://shorturl.at/eioFR>)

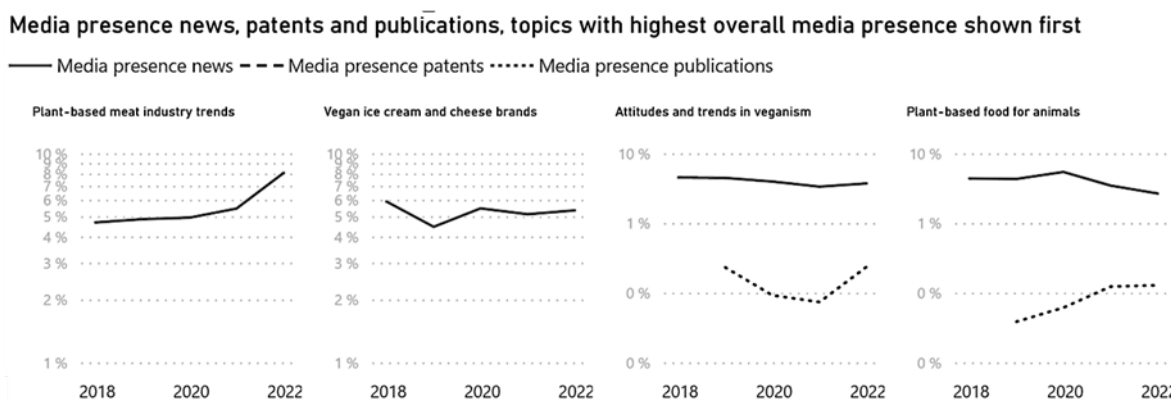


Bild 5: Entwicklung von Medienpräsenz für Themen ohne Patentpublikation.⁴

³ Von den 27 identifizierten Themen konnten zu 24 Themen, Publikationen und zu 20 Themen, Patente, mittels der automatisch generierten Suchstrangs, gefunden werden.

⁴ Logarithmische Skalierung sichert optisch fairen Vergleich für prozentuale Steigerungen auch auf verschiedenen Größenniveaus, d.h. Veränderungen sind miteinander vergleichbar

4.3.2 Stark wachsender Informationsmarkt für vegane Produkte

In den nachfolgenden Analysen werden lediglich solche Themen weiter analysiert, die auch Patentanmeldungen verzeichnen. Da die Frequenzen von Patenten eher unregelmäßig sind, Einreichungen oft eine relativ lange Vorlaufzeit haben und keinerlei Hypothesen zu saisonalen Besonderheiten vorliegen, werden Jahresscheiben aggregiert und als Zeitreihe betrachtet. Dies übt einen ausbalancierenden Effekt auf zufällige Varianzen von Einreichungen bzw. Erscheinungsdaten für alle Arten von Datenquellen aus.

In Bild 6 sind als Einstieg beispielhafte absolute Veröffentlichungszahlen für News, Publikationen und Patente je Thema dargestellt. Bei fast allen Themen⁵ ist ein Anstieg von Nachrichten, in vielen Fällen aber auch bei Patenten und Publikationen erkennbar. Der Anwendungsbereich "Veganismus" ist damit eindeutig ein wachsendes Trendthema.

Einige Themen haben absolut betrachtet tatsächlich höhere Publikations- und Patentmengen als Nachrichten, was zu der Hypothese verleiten könnte, dass hier rasche Entwicklungen vergleichsweise „im Verborgenen“, d. h. in der Wissenschaft ohne breitere Wahrnehmung durch die Gesellschaft, stattfinden. Das Wissen über die Quellenzusammensetzung der verschiedenen domänenbeschreibenden Themen kann nun von Politik und Wirtschaft dazu genutzt werden, weiterführenden Untersuchungen und Analysen anzustellen und so unabhängig vom medialen Hype entscheidungsfähig zu sein.

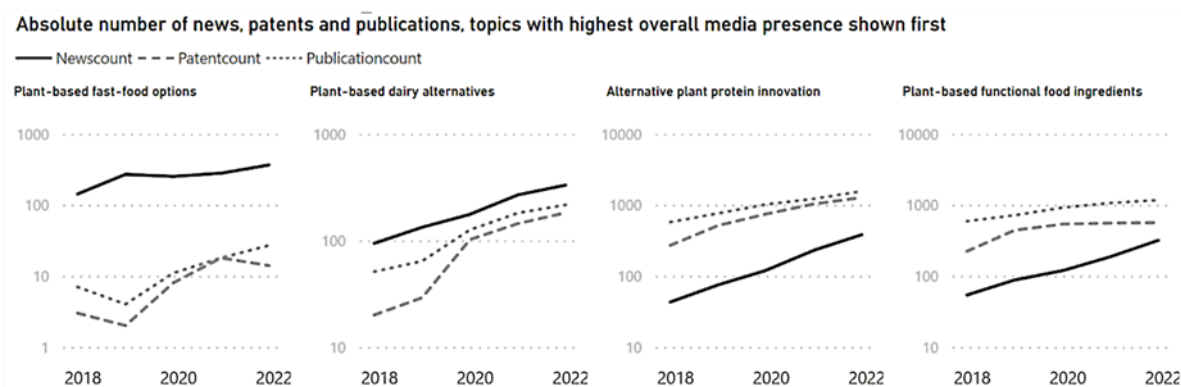


Bild 6: Entwicklung der absoluten Anzahlen News, Publikationen und Patente⁶

4.3.3 Relative Stärke von Themen im Informationsmarkt

In einem wachsenden (Informations-)Marktumfeld, das für den Bereich „Veganismus“ zweifellos vorliegt, ist die Wahrnehmung und Relevanz einzelner Themen nicht mehr alleine auf Basis der absoluten Zahlen bewertbar. Vielmehr muss die relative Positionierung im Vergleich mit allen Themen bewertet werden. Dies ist vergleichbar mit einer Wettbewerbsanalyse aufgrund von Marktanteilen: Kann sich ein Thema in seiner Wahrnehmung (gemessen anhand der Medienpräsenz) bewähren und damit seine relative Position halten oder sogar ausbauen? Sinkt hingegen die Medienpräsenz, so verliert ein Thema relativ zu anderen Themen an Bedeutung.

⁵ Vgl insbesondere die Onlineversion der Analyseergebnisse unter <https://shorturl.at/eioFR>, Seite 3

⁶ Logarithmische Skalierung. d.h. Steigungen sind vergleichbar

Diese Interpretation gilt für alle drei Kategorien von Nachrichten, Publikationen und Patenten gleichermaßen.

Einige Beobachtungen aus diesem „Marktvergleich“ lassen sich ableiten (vgl. Bild 7):

- Neben den sehr präsenten großen Themen „Plant-based meat alternatives“ und „Plant-based dairy alternatives“ zeigen auch zwei kleinere Themen (gemessen an der absoluten Häufigkeit in den News) eine sehr steilen Anstieg bei den Patenten: „Vegan egg and mayo alternatives“ sowie „3D-printed plant-based meat“. Diese könnten zukünftig stärkere Aufmerksamkeit bekommen.
- Das Thema „Mycelium-based meat alternatives and mushrooms“ verzeichnet zwar in den Medien eine wachsende Aufmerksamkeit, hingegen sind die Publikationen stark zurückgegangen und die Patente schwanken auf konstantem Niveau. Hier scheint das technologische Entwicklungspotenzial aktuell nicht stark ausgeprägt, oder die Entwicklung bereits abgeschlossen zu sein (durch Erfolg oder Fehlschlag).
- Der Bereich „Sustainable plant-based food and packaging“ hat in der öffentlichen Aufmerksamkeit bis 2021 an Bedeutung verloren, hingegen bei Publikationen und zuletzt auch bei Patenten ein Wachstum zu verzeichnen.
- Ein sehr divergentes Verhalten ist bei „Vegan Business and Products“ zu verzeichnen, dies könnte sich durch die geringe Spezifikation des Themas erklären.

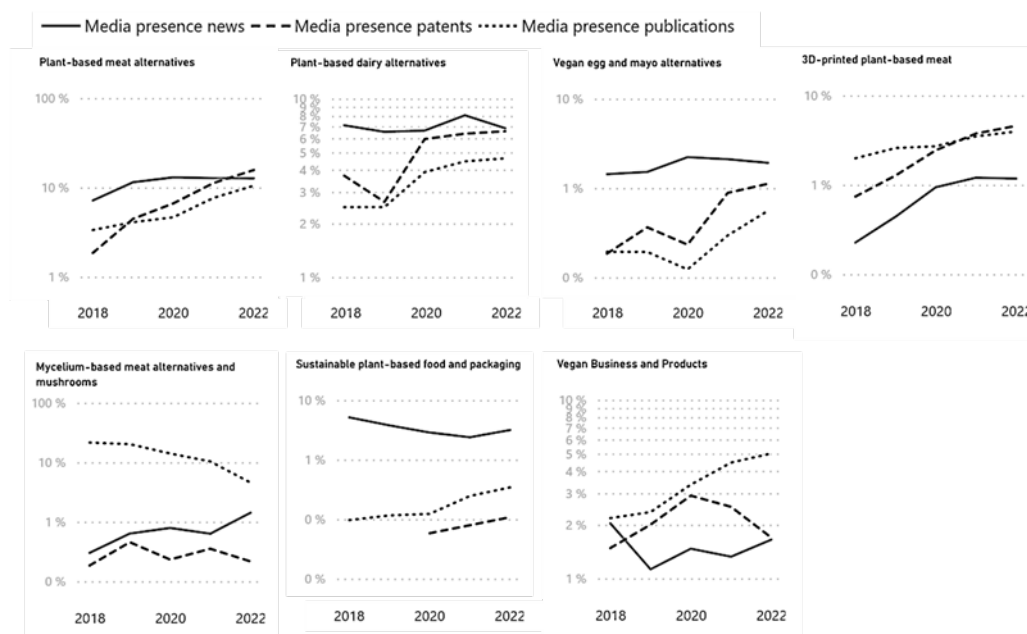


Bild 7: Entwicklung von Medienpräsenz für Nachrichten, Publikationen und Patente

4.3.4 Vor- und Nachläufigkeit von Patenten im Vergleich zu Nachrichten

Neben der Analyse der Medienpräsenz, die die relative Stärke eines Themas im Vergleich zu allen Themen bewertet, kann mit dem normierten zeitlichen Aufkommen von Nachrichten und Patenten für ein einzelnes Thema bewertet werden, ob Patente eher im Vorhinein zur medialen Berichterstattung oder im Nachhinein eingereicht werden. Es wird ersichtlich, wann die meisten

Nachrichten bzw. Patente zu einem Thema identifiziert wurden (vgl. Bild 8). Läuft die Nachrichten-Kurve oberhalb der Patente, so kann evtl. von einem „Vorlaufen“ der Nachrichten gesprochen werden, d. h. Patente folgen eher auf die Nachrichten.

Die unterschiedliche Intensität und damit evtl. die Vor-/Nachläufigkeit wird auch in der Darstellung unten deutlich, in der die Differenz zwischen „Temporal Intensity News“ von „Temporal Intensity Patents“ dargestellt ist. Negative (rote) Balken zu Beginn der Zeitachse (2018 bis 2020) deuten an, dass Patente „vor den Nachrichten“ kommen, wohingegen negative Balken erst spät im Zeitraum zeigen, dass zunächst die Nachrichten dominierten und dann erst Patente auftauchten. Hypothetisch lassen sich damit zwei Gruppen von Themen differenzieren:

1) Patente triggern Nachrichten:

In dem Fall entstehen in der Wissenschaft Innovationen, deren Bedeutung für die Gesellschaft und Wirtschaft erst mit der Zeit erkannt wird. Zwei Themenblöcke stechen hier hervor: „Alternative plant protein innovation“ und „Plant-based functional food ingredients“. Beide Themen haben in 2022 einen rasanten Anstieg in der öffentlichen Wahrnehmung (Media Presence News) genommen.

2) Gesellschaft (=Nachrichten) triggert Patente:

In diesem Fall werden Themen zunächst intensiv diskutiert und damit die Aufmerksamkeit von Forschenden und Unternehmen auf den Lösungsbedarf gelenkt. Plastische Beispiele sind die Themen „Plant-based meat alternatives“, „Vegan egg and mayo alternatives“ (mit einem sehr starken Anstieg der Patente in den letzten zwei Jahren). Einen Sonderfall stellt das Thema „3D-printed plant-based meat“ dar: hier sind die Zuwachsraten sowohl bei Nachrichten als auch bei Patenten jährlich deutlich, allerdings wächst bislang der Nachrichtenanteil immer noch schneller als der Patentanteil.

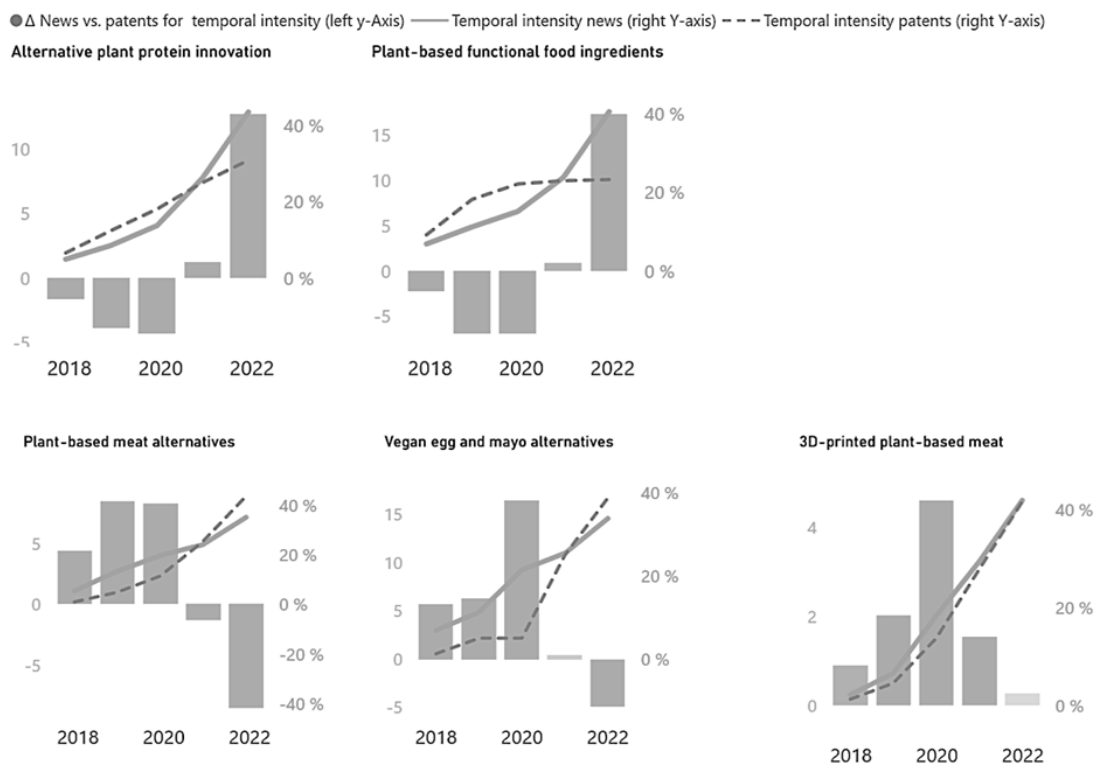


Bild 8: Vergleich der temporalen Intensität von Nachrichten und Patenten.

5 Evaluation der Ergebnisse, kritische Reflexion und Ausblick

Die automatisierte Identifikation von Themen über BERTopic war sehr erfolgreich, wie ein qualitativer Vergleich mit Marktstudien zeigt. So wurden alle in den Marktstudien genannten Trend-Themen auch durch die automatisierte Suche identifiziert, und auch die automatisch generierte Beschreibung (Kurztitel) der Themen von BERTopic wurde positiv validiert. Die automatisch identifizierten Themen sind mehrheitlich sehr spezifisch, so werden z. B. ausgewählte Produktgruppen wie Schokolade oder Eis explizit sichtbar. Die Breite der Themen ist jedoch nicht einheitlich und so finden sich sehr spezifische neben allgemeineren Themen. Neben dem eigentlichen Kernbereich decken die Nachrichten auch angrenzende Themen ab und können daher für die Kontextualisierung der Ergebnisse zu einzelnen Produkten genutzt werden. Im dargestellten Fallbeispiel werden vegane Produkte in Zusammenhang gebracht mit "Celebrities" und "Athletes", aber auch zu "Activism" und nachhaltigen Verpackungen. Diese Themen sind nicht durch Patente und Publikationen abgedeckt, können aber einen wichtigen Kontext für unternehmerische Entscheidungen darstellen.

Das ausgewählte Fallbeispiel wurde so gewählt, dass es sowohl durch ein verändertes Konsumverhalten als auch durch Forschungsaktivitäten geprägt ist. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass gerade in einem solchen Themenkomplex die Kombination von Nachrichten, Patenten und Publikationen wertvoll ist, da sich die zeitliche Entwicklung für Teilbereiche deutlich unterscheiden kann. Die bisher vorliegenden Auswertungen bezüglich des "Vor-/Nachlaufens" von News im Verhältnis zu den Patenten, können bisher nur als erste Hinweise gesehen werden und erfordern eine vertiefte Analyse der Themen mit der längerfristigen Zielsetzung eine Kategorisierung anhand von Indikatoren einzuführen. Dabei ist jedoch die automatisierte Schnittstelle zwischen den einzelnen Datenkorpora als ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer kombinierten Auswertung zu sehen. Hier wurde ein erster Vorschlag entwickelt und erprobt, der nun weiterentwickelt werden kann: Die Qualität der Suche nach Patenten und Publikationen ist derzeit noch durch einen methodischen Bruch gekennzeichnet, da die Nachrichtenthemen in Suchbegriffe „übersetzt“ werden müssen. Wäre hingegen eine vektorbasierte Suche nach Patenten und Publikationen auf Basis eines Themen-Embeddings möglich, würden auch Patente gefunden, die eben gerade nicht eines der – relativ wenigen – Schlagworte enthalten, die aber dennoch von ihrem Inhalt her einem Thema zuzuordnen wären.

Die Themenerkennung im Fallbeispiel zeigt bereits gute Ergebnisse, obwohl bisher nur vier Nachrichtenwebseiten ausgewertet wurden. Zukünftig könnte die Quellenauswahl noch ausgeweitet werden, und auch eine automatisierte Auswahl von Nachrichtenwebseiten erscheint interessant. Des Weiteren gilt es an der Interpretation der Ergebnisse zu forschen und deren Aussagefähigkeit im Rahmen der strategischen Vorrasschau zu validieren.

Literatur

- [Ang20] ANGELOV, D.: Top2Vec: Distributed Representations of Topics, 2020
- [BH21] BORGMANN, S.; HOLZMANN, C.: VEGANZ - Ernährungsreport 2021. Berlin, 2021
- [BMR+20] BROWN, T.; MANN, B.; RYDER, N.; SUBBIAH, M.; KAPLAN, J. D.; DHARIWAL, P.; NEELAKANTAN, A.; SHYAM, P.; SASTRY, G.; ASKELL, A.; AGARWAL, S.; HERBERT-VOSS, A.; KRUEGER, G.; HENIGHAN, T.; CHILD, R.; RAMESH, A.; ZIEGLER, D.; WU, J.; WINTER, C.; HESSE, C.; CHEN, M.;

- SIGLER, E.; LITWIN, M.; GRAY, S.; CHESS, B.; CLARK, J.; BERNER, C.; MCCANDLISH, S.; RADFORD, A.; SUTSKEVER, I.; AMODEI, D.: Language Models are Few-Shot Learners. In: H. Larochelle; M. Ranzato; R. Hadsell; M.F. Balcan; H. Lin (Hrsg.): Advances in Neural Information Processing Systems. Curran Associates, Inc, 2020, S. 1877–1901
- [Bun21a] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Deutschland, wie es isst · Der BMEL-Ernährungsreport 2021. Berlin, 2021
- [Bun21b] forsa Politik- und Sozialforschung GmbH: Ernährungsreport 2021. Berlin, 2021
- [DCL+18] DEVLIN, J.; CHANG, M.-W.; LEE, K.; TOUTANOVA, K.: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, 2018
- [Dri22] DRIEBUSCH, C.: IPO Market Faces Worst Year in Two Decades. ‘Really Hard Pill to Swallow.’. The Wall Street Journal, 2022, 22.8.2022
- [Dv20] DAAS, P. J.; VAN DER DOEF, S.: Detecting innovative companies via their website. Statistical Journal of the IAOS, (36)4, 2020, S. 1239–1251
- [EY22] EGGER, R.; YU, J.: A Topic Modeling Comparison Between LDA, NMF, Top2Vec, and BERTopic to Demystify Twitter Posts. *Frontiers in Sociology*, (7), 2022, S. 886498
- [GGW+22] GEURTS, A.; GUTKNECHT, R.; WARNKE, P.; GOETHEER, A.; SCHIRRMEISTER, E.; BAKKER, B.; MEISSNER, S.: New perspectives for data-supported foresight: The hybrid AI-expert approach. *FUTURES & FORESIGHT SCIENCE*, (4)1, 2022
- [Go23-ol] GO, P.: How ready are you to go public when the opportunity arises? Unter: https://www.ey.com/en_gl/ipo/trends, 3. Mai 2023
- [Gro22] GROOTENDORST, M.: BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure, 2022
- [HB13] HINES, A.; BISHOP, P. C.: Framework foresight: Exploring futures the Houston way. *Futures*, (51), 2013, S. 31–49
- [Hug23-ol] Hugging Face – The AI community building the future. Unter: <https://huggingface.co/>, 28. April 2023
- [HW79] HARTIGAN, J. A.; WONG, M. A.: Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Applied Statistics*, (28)1, 1979, S. 100
- [Int22] INTEMANN, K.: Understanding the Problem of “Hype”: Exaggeration, Values, and Trust in Science. *Canadian Journal of Philosophy*, (52)3, 2022, S. 279–294
- [LBH15] LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G.: Deep learning. *Nature*, (521)7553, 2015, S. 436–444
- [Llo19] LLOYD, J.: What’s Behind Technological Hype? *Issues in Science and Technology*, 2019, 7/10/2019
- [LXH22] LI, X.; XIE, Q.; HUANG, L.: Identifying the Development Trends of Emerging Technologies Using Patent Analysis and Web News Data Mining: The Case of Perovskite Solar Cell Technology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (69)6, 2022, S. 2603–2618
- [LXJ+19] LI, X.; XIE, Q.; JIANG, J.; ZHOU, Y.; HUANG, L.: Identifying and monitoring the development trends of emerging technologies using patent analysis and Twitter data mining: The case of perovskite solar cell technology. *Technological Forecasting and Social Change*, (146), 2019, S. 687–705
- [MG22] MUHLROTH, C.; GROTTKE, M.: Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (69)2, 2022, S. 493–510
- [MHA17] MCINNES, L.; HEALY, J.; ASTELS, S.: hdbscan: Hierarchical density based clustering. *The Journal of Open Source Software*, (2)11, 2017, S. 205
- [MHS+18] MCINNES, L.; HEALY, J.; SAUL, N.; GROßBERGER, L.: UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection. *Journal of Open Source Software*, (3)29, 2018, S. 861

- [Mül11] MÜLLNER, D.: Modern hierarchical, agglomerative clustering algorithms, 2011
- [Ope23] OpenAI: GPT-4 Technical Report, 2023
- [PP21] POSTMA, A.; PAPP, B.: Of trends and trend pyramids. *Journal of Tourism Futures*, (7)2, 2021, S. 162–167
- [RG19] REIMERS, N.; GUREVYCH, I.: Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. In: Inui, K.; Jiang, J.; Ng, V.; Wan, X. (Hrsg.): *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*, Hong Kong, China, Association for Computational Linguistics, Stroudsburg, PA, USA, S. 3980–3990
- [SE20] STEVE BORCHARDT; ESTREGUIL: *Text Mining for Horizon Scanning*, 2020
- [The23] *Vegan Food Market Size, Trends and Global Forecast To 2032*. London, 2023
- [Joa96] JOACHIMS, T.: *A Probabilistic Analysis of the Rocchio Algorithm with TFIDF for Text Categorization*, 1996
- [van05] VAN DER HEIJDEN, K.: *Escenarios – El arte de la conversación estratégica*. 2. Auflage, Business book summary, Wiley, Hoboken, NJ, 2005
- [VG21] VIET, N. T.; GNEUSHEV, V.: Analyzing and Forecasting Emerging Technology Trends by Mining Web News. *Conference on Creativity in Intelligent Technologies and Data Science*, Springer, Cham, 2021, pp. 55–69
- [VSP+17] VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J.; JONES, L.; GOMEZ, A. N.; KAISER, Ł.; POLOSUKHIN, I.: Attention is All you Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, (30), 2017
- [WB21] WEST, J. D.; BERGSTROM, C. T.: Misinformation in and about science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, (118)15, 2021, e1912444117
- [WIE22-ol] WIESENHOF Geflügel-Kontor GmbH: GREEN LEGEND stellt zweite Veggie-Studie vor. Unter: <https://www.green-legend.com/news/green-legend-zweite-veggie-studie/>, 5. Mai 2023
- [XLJ+21] XU, X.; LI, J.; JIANG, J.; HOU, S.: A Disruptive Technology Identification Method Based on Multisource Data: Take Unmanned Aerial Vehicle Systems As An Example: 2021 7th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA). *2021 7th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA)*, 2021, S. 428–435
- [ZFC+22] ZHANG, Z.; FANG, M.; CHEN, L.; NAMAZI RAD, M. R.: Is Neural Topic Modelling Better than Clustering? An Empirical Study on Clustering with Contextual Embeddings for Topics. *Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 2022, S. 3886–3893

Autoren

Philipp Haan, M.Sc. hat Wirtschaftsinformatik an der Technischen Universität Clausthal studiert und ist seit 2021 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IIS. Seit 2022 promoviert er an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg zum Themenschwerpunkt der automatisierten Trend- und Themenerkennung mittels Natural Language Processing (NLP) und Natural Language Generation (NLG). Hierbei liegt der Fokus primär auf der Automatisierung des Horizon Scanning Prozesses.

Manuel Berbig, M.Sc. studierte Informatik an der Technischen Hochschule Nürnberg. Seit 2022 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IIS in der Gruppe Future Engine-

ering beschäftigt. Sein Schwerpunkt liegt auf der Erfassung, Vorverarbeitung und Informationsgewinnung von Textdaten aus Online-Quellen sowie darauf aufbauenden Markt- und Trendanalyse durch Natural Language Processing (NLP).

Prof. Dr. Ralph Blum ist seit 2009 Professor an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm und hat den Schwerpunkt Industriegütermarketing und Innovationsmanagement inne. Seine Forschungsgebiete umfassen KI-basierte Markt-, Trend- und Szenarioforschung, B2B-Markenführung im Investitionsgütergeschäft sowie antizipative Marktforschung und strategische Vorausschau. Seit 2019 ist er verantwortlich für das Forschungsfeld "Datenbasierte Trend- und Szenarioforschung" am Fraunhofer IIS und leitet die Forschungsgruppe Future Engineering. Seit 2015 ist er Mitglied der wissenschaftlichen Leitung des Nuremberg Campus of Technology, und war von 2014 bis 2019 Vizepräsident der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm im Ressort angewandte Forschung.

Prof. Dr. Roland Zimmermann ist Architekt für die Gestaltung analytischer IT-Systeme. Bestandteile von Lösungen sind die Indikatordefinition (Erfolgsfaktoren-basiert), das Datenmanagement (Quellenanalyse, Integrationskonzepte, Automatisierungslösungen), die Konzeption integrierter Analytiklösungen (Multidimensionale Analysen, NLP-basiertes Maschinelles Lernen und Process Mining) sowie die Ergebnispräsentation (Informationdesign, Interaktionskonzepte, UI/UX).

Elna Schirrmeister, Dipl.Ing. ist stellvertretende Leiterin des Competence Center Foresight am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Als Wirtschaftsingenieurin verfügt Sie über Industrieerfahrung und ihre Forschung konzentriert sich auf die Weiterentwicklung von Methoden des Horizon Scanning, der Szenarien-Entwicklung, des Visioning und Zukunftsbefragungen. Die Entwicklung von Zukunftsdialogen zur Reflexion kognitiver Bias und zum Umgang mit komplexen Zukunftsfragen steht aktuell im Mittelpunkt ihrer Forschungsaktivitäten.

Jan Rörden, M.A. ist seit 2020 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ISI im Competence Center Foresight beschäftigt. Mit einer mehrjährigen Erfahrung im Bereich Applied Machine Learning und Data Science liegt sein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Informationsgewinnung durch (teil-)automatisierte Textanalysen durch Natural Language Processing (NLP), die hauptsächlich im Horizon Scanning zur Anwendung kommt.

Anwendung von Foresight-Aktivitäten in kleinen und mittleren Unternehmen – Ein narrativer Literaturüberblick

Leon Rasztar, M.Sc.

Prof. Dr. Katharina Hölzle

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Tel.: +49 30 6807969-25

E-Mail: {leon.rasztar/katharina.hoelzle}@iao.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Foresight (Vorausschau) ist für die Innovationsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit von Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Allerdings wurden die Vorteile von Foresight bisher hauptsächlich für große Unternehmen analysiert. In diesem Beitrag werden Foresight-Aktivitäten im Kontext von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) untersucht, indem die einschlägige Literatur analysiert und eine qualitative Interviewstudie durchgeführt wird. Vordergründiges Ziel der Studie ist die Beantwortung der Forschungsfrage, welche Besonderheiten bei der Anwendung von Foresight-Aktivitäten in KMU zu beachten sind. Das Organizational Future Orientation Model von Rohrbeck, 2010, dient als theoretische Grundlage. Unsere Literaturanalyse zeigt, dass KMU Foresight-Aktivitäten durchführen müssen, um nicht von den umfangreichen Aspekten der Zukunft überwältigt zu werden. Für die Unternehmen ist es von besonderer Bedeutung, das Potenzial zu erkennen, das in ihren Partnern und Kunden steckt. Sie sollten daher ihre Informationsbeschaffung gemeinsam mit diesen Parteien verbessern. Darüber hinaus benötigen die KMU digitale Kompetenzen, um den Umgang mit unterschiedlichen Informationen zu verbessern. Akteure wie der Eigentümer oder Geschäftsführer müssen ein angemessenes Management und ein entsprechendes Bewusstsein aufweisen, um den Erfolg der Foresight-Aktivitäten zu gewährleisten. Unsere Interviewstudie zeigt jedoch, dass KMU meist nur rudimentäre Ad-hoc-Foresight-Aktivitäten durchführen, weil sie aufgrund ihrer Größe der Meinung sind, dass Planung nicht notwendig ist. Hier bedarf es eines Kulturwandels. Die vorliegende Studie beleuchtet die Schlüsselfaktoren, die bei der Anwendung von Foresight-Aktivitäten in KMU zu berücksichtigen sind und leistet einen Beitrag zu einem bisher wenig betrachteten Forschungsfeld, während sie gleichzeitig wertvolle Erkenntnisse für Praktiker liefert.

Schlüsselworte

Foresight, Vorausschau, Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), Innovation, Resilienz, Digitale Transformation

Shaping foresight activities for small and medium-sized companies – A narrative literature review

Abstract

Foresight is crucial for the innovative capacity and resilience of companies. However, the benefits of foresight have so far been analyzed mainly for large companies. This paper examines foresight activities in the context of small and medium-sized enterprises (SMEs) by analyzing the relevant literature and conducting a qualitative interview study. The primary objective of the study is to answer the research question, which particularities have to be considered when applying foresight activities in SMEs. The Organizational Future Orientation Model by Rohrbeck, 2010, serves as a theoretical basis. Our literature analysis shows that SMEs need to conduct foresight activities in order not to be overwhelmed by the extensive aspects of the future. It is of particular importance for these companies to recognize the potential that lies within their partners and customers. They should therefore improve their information gathering together with these parties. In addition, SMEs need digital skills to improve the way they handle different types of information. Stakeholders such as the owner or CEO must have appropriate leadership and awareness to ensure the success of foresight activities. However, our interview study shows that SMEs usually only conduct ad hoc foresight activities on a rudimentary basis because they believe that planning is not necessary due to their size. This is where a culture change is needed. This study sheds light on the key factors to consider when applying foresight activities in SMEs and contributes to a hitherto unmapped field of research while providing valuable insights for practitioners.

Keywords

Foresight, Small and Medium-sized enterprise (SME), innovation, resilience, digital transformation

1 Einführung

Unternehmen sind mit zunehmend volatilen, unsicheren, komplexen und ambivalenten externen Bedingungen konfrontiert, die dynamische Antworten erfordern [MVH20]. Die meisten Unternehmen haben Schwierigkeiten bei der Entwicklung und Umsetzung angemessener Antworten, da es anspruchsvoll ist, neben globalen Trends auch Veränderungen im Mikro-Umfeld zu erkennen und auf der strategischen Ebene der Organisation auf diese Entwicklungen zu reagieren [RBH15]. In der Vergangenheit war eine schnelle Reaktion auf ein Problem mit einem geringeren Risiko [RBH15] und einem verstärkten Wettbewerbsvorteil verbunden [GMG16]. Heute wollen sich verschiedene Akteure wie Eigentümer oder Manager auf Veränderungen vorbereiten und ihnen voraus sein, indem sie versuchen, die Zukunft vorherzusagen [MVH20]. Hierfür bietet Foresight (Vorausschau) geeignete Methoden zur Analyse und Erkennung sowohl positiver als auch negativer Veränderungen [AMT+18]. Eine abgewogene und effektive Reaktion auf Umweltsignale durch die Berücksichtigung von Entwicklungen, möglichen Zukunftsszenarien und Veränderungen im Umfeld der Organisationen ist die Kernfunktion von Foresight [Cuh19]. Obwohl das Foresight-Forschungsfeld unter anderem durch die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie zunehmende Aufmerksamkeit erfährt, wird es immer noch als fragmentiert beschrieben [MAK+22]. Innerhalb des Forschungsfeldes liegt der Schwerpunkt auf der Frage, wie man Foresight einsetzt und wie man sie im strategischen Planungsprozess einer Organisation etabliert [GRR+20]. Nur wenige Organisationen verfügen über die notwendigen strategischen Fähigkeiten und Organisationsstruktur, um Foresight-Methoden sinnvoll einzusetzen [RS13]. Im Mittelpunkt der Foresight-Forschung stehen vor allem größere Organisationen als Anwender, was zu dem Begriff "*Corporate Foresight*" führte [GRR+20]. Corporate Foresight kann definiert werden als "*eine Reihe von Praktiken, die es Unternehmen ermöglichen, eine überlegene Position auf zukünftigen Märkten zu erreichen*" [RK18, S. 106]. Große Unternehmen weisen einen eher formalisierten Foresight-Prozess auf, der eine ganze Reihe von Ressourcen nutzt und spezifische Kompetenzen erfordert [RK18]. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und ihre Foresight-Möglichkeiten stehen aufgrund ihrer Größe und oft weniger stringenter Organisationsstruktur nicht im Zentrum der Foresight-Literatur [PDN18]. Dabei sind KMU überproportional von Veränderungen betroffen und anfälliger für Bedrohungen von außen [MVH20]. Im Gegensatz zu größeren Organisationen, verfügen sie nicht über ausreichende Ressourcen und etablierte Prozesse, auf die sie zurückgreifen können [GMG16]. Hier besteht eine Forschungslücke zwischen der Forschung zu Foresight und den Bedürfnissen von KMU. Diese Studie soll diese Forschungslücke schließen, indem sie folgende Forschungsfrage beantwortet:

Welche Besonderheiten sind bei der Anwendung von Foresight-Aktivitäten in einem KMU zu beachten?

Die Studie ist in fünf Abschnitte gegliedert. Im ersten Abschnitt werden die relevanten Begriffe und Foresight-Modelle eingeführt. Anschließend wird ein Rahmenwerk ausgewählt, das die organisatorischen Aspekte von Foresight-Aktivitäten abdeckt. In einem dritten Schritt wird eine Literaturrecherche durchgeführt, mit deren Hilfe herausgefunden werden soll, wie KMU die Zukunft antizipieren und verstehen können. Angesichts des wenig formalisierten Stands von

Foresight in KMU umfasst der Suchbegriff auch allgemeinere Begriffe und einzelne Foresight-Instrumente umfassen [SHM19]. Die Ergebnisse werden nach ausgewählten Rahmendimensionen geclustert und in einem vierten Schritt mit Ergebnissen von Interviews mit Vertretern von KMU und Anbietern von zukunftsorientierten Lösungen für KMU verglichen und diskutiert. In einem letzten Schritt werden Hinweise für die Anwendung von Foresight in KMU gegeben. Die Beantwortung dieser Forschungsfrage wird einen Beitrag zur Foresight-Forschung leisten, indem die Besonderheiten bei der Anwendung von Foresight-Prozessen in KMU, beleuchtet werden. Hierbei grenzt sich die Studie durch ihren Fokus auf KMU von bereits bestehenden Literaturrecherchen im Foresight-Feld ab. Schließlich tragen die Ergebnisse dazu bei, KMU zu helfen, widerstandsfähiger und innovativer zu werden.

2 Theoretischer Hintergrund

Die Begriffe "*strategisches Foresight*" und "*unternehmerisches Foresight*" werden häufig synonym verwendet [MAK+22]. Vor diesem Hintergrund definieren wir Foresight in Anlehnung an [RBH15] als "*eine Praxis, die es einer Organisation ermöglicht, die Grundlage für einen künftigen Wettbewerbsvorteil zu legen*". Da nicht alle Unternehmen Foresight-Aktivitäten in der gleichen Intensität einsetzen müssen [RK18] und der Bedarf an Foresight-Methoden mit der Größe zunimmt, wurden kleinere Organisationen von der Forschung bisher eher vernachlässigt. Hinzu kommt, dass Erkenntnisse aus der Forschung zu größeren Organisationen nicht universell auf in den KMU-Kontext übertragen werden können [MVH20]. Ein wesentlicher Unterschied zwischen KMU und größeren Organisationen besteht darin, dass KMU im Allgemeinen durch einen Mangel an Zeit, methodischem Wissen, Ressourcen und Personal eingeschränkt sind [MC00]. Außerdem erschwert die begrenzte Liquidität die Risikobereitschaft, da die Folgen eines Scheiterns schlimmer wirken [FHM+11]. KMU haben jedoch auch einen Vorteil gegenüber ihren größeren Pendanten: Aufgrund ihrer geringen Größe ist die Organisationsstruktur weniger träge, was die Reaktion auf Veränderungen erleichtert [MVH20]. In dieser Untersuchung folgen wir der Europäischen Kommission und definieren ein KMU als ein Unternehmen, das nicht mehr als 250 Mitarbeiter und einen maximalen Umsatz von 50 Millionen Euro hat [Eu03-ol].

2.1 Foresight und damit verbundene Bereiche

Foresight ist in einer Vielzahl von sich überschneidenden Forschungsfeldern verankert, zum Beispiel ist sie Teil der Innovationsmanagementforschung [RS13]; [VVD10]. Eine wichtige Funktion des Innovationsmanagements ist die Integration von externem Wissen in die Organisation, wofür strategische Foresight-Aktivitäten genutzt werden können [RS13]. Foresight kann Innovationsprozesse erleichtern [KMV15], da sie bei den daraus resultierenden strategischen Entscheidungen helfen kann [MG19]. Hier besteht eine Verbindung zu Open Innovation, welches sich mit dem kollaborativen Nutzen von Innovationspotenzial beschäftigt [WGS18]. Innovationsmanagement und Foresight sind also miteinander verbunden. Darüber hinaus gilt Foresight als dynamische Fähigkeit [Fer22] und wird zur Unterstützung für die Management- und Organisationsebene eingesetzt [SRW19]. Diese Verbindung von Foresight und dynamischen

Fähigkeiten ist in diesem Forschungsbereich üblich [MAK+22]. Dynamische Fähigkeiten werden als *"die Fähigkeit eines Unternehmens bezeichnet, interne und externe Kompetenzen zu integrieren, aufzubauen und neu zu konfigurieren, um auf ein sich rasch veränderndes Umfeld zu reagieren"* [Tee97]. Unter dieser Prämisse kann Foresight die Fähigkeit verbessern, äußere Veränderungen zu erkennen und auf sie zu reagieren [Vec15]. Durch den Einsatz von Foresight können Organisationen ihre strategische Flexibilität stärken, ihre Reaktionsgeschwindigkeit erhöhen und ihre Entscheidungsqualität steigern [HL20]. Diese Vorteile können auch im Kontext von KMU beobachtet werden [HKA21]. Darüber hinaus ist Foresight Teil der Organisationsforschung und wird häufig im Kontext des strategischen Managements betrachtet [IMC17]. Forscher plädieren für ihren Einsatz in Organisationen, weil sie diese in die Lage versetzt, Chancen zu erkennen und ihre Strategien zu verbessern [ASM17]. Schließlich steht Foresight im Zusammenhang mit Wissensmanagement [ASM17]. Wissensmanagement ist ein wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit Innovationen oder Innovationsmanagement, bei der Foresight eine wesentliche Rolle spielt [Kai12]. Durch ihre Verbindung zum Foresight-Forschungsfeld werden diese Forschungsfelder genutzt, um für diese Studie relevante Literatur zu finden. Der Grund dafür ist, dass Erkenntnisse aus verwandten, aber nicht ausschließlich auf Foresight fokussierten Bereichen für die Weiterentwicklung der Foresight-Forschung genutzt werden sollen, um den Mangel an Foresight-Literatur, welche auf KMU fokussiert ist, zu kompensieren. Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Forschungsbereiche ist ein Modell erforderlich, das die Foresight-Fähigkeiten von KMU bewertet und die Konsolidierung der Ergebnisse erlaubt. Folglich muss ein Modell, das den Foresight-Prozess sowohl präzise und ganzheitlich abbildet als auch flexibel genug ist, um weiterführende Erkenntnisse aufzunehmen, identifiziert und ausgewählt werden. Dies wird Gegenstand des folgenden Abschnitts sein.

2.2 Modelle zur Bewertung von Foresight-Fähigkeiten in Organisationen

In der Vergangenheit wurden mehrere Rahmenwerke zur Bewertung von Foresight-Fähigkeiten in unterschiedlichen Kontexten entwickelt. Sie reichen von der Bewertung der Fähigkeiten eines einzelnen Futuristen [HGD+17], bis hin zur Analyse kollaborativer Foresight-Netzwerke [WFD14]. Die meisten Forschungsarbeiten konzentrieren sich jedoch auf die Bewertung organisatorischer Foresight-Fähigkeiten. Im Idealfall verfügt eine Organisation über gut funktionierende organisatorische Prozesse für Foresight, was wiederum dazu führt, dass das Unternehmen seine Wettbewerber übertrifft [RBH15]. Mit anderen Worten: Die Foresight-Prozesse innerhalb einer Organisation sollten idealerweise so ausgereift sein, dass sie verinnerlicht sind und sich eigenständig wiederholen [Kon22]. Wenn alle relevanten Dimensionen eines organisatorischen Foresight-Prozesses synchron zusammenarbeiten, wird dies als Idealzustand angesehen [AJ03]. Wenn also ein Foresight-Modell alle relevanten Dimensionen des Foresight-Prozesses enthält, kann es auch genutzt werden, um mit dessen Hilfe Eigenschaften von Foresight in KMU abzubilden und zuzuordnen. Hierfür wurden innerhalb des Forschungsfeldes drei prominente Foresight-Modelle identifiziert. Nach deren Vorstellung wird anschließend eines als Grundlage für diese Untersuchung ausgewählt wird.

Das Foresight Maturity Modell, entwickelt von Grim, 2009, bewertet organisatorische Praktiken anhand von Best Practices externer Benchmarks. Es kann auch dazu verwendet werden, zu bewerten, wie Organisationen ihre Effektivität steigern können. Das Modell von Grim war das

erste zur Messung der Foresight-Reife und wurde zuvor zur Erklärung der Foresight-Disziplinen innerhalb einer Organisation verwendet [Kon22].

Dufva und Ahlqvist, 2015, führten ein Foresight-System ein, das die Qualität von Entscheidungsprozessen in komplexen und unsicheren Kontexten verbessern soll, in dem es das Zusammenspiel von den verschiedenen, in den Foresight-Prozess involvierten, Elementen, offenlegt [DA15]. Durch das Offenlegen der Elemente soll eine einfachere Steuerung des Foresight-Prozesses ermöglicht werden [DA15].

Das Organizational Future Orientation (OFO) Modell wurde von Rohrbeck, 2010, entwickelt, um alle Aspekte der Foresight-Fähigkeiten einer Organisation angemessen bewerten zu können. Hierfür werden die Bereiche beschrieben, die innerhalb des Foresight-Prozesses von Bedeutung sind. So wird die Messung von Foresight-Fähigkeiten möglich und Probleme im Foresight-Prozess können identifiziert werden [Roh10].

Da das OFO am häufigsten der drei Modelle zur Bewertung von Foresight-Aktivität in Unternehmen genutzt wurde und der Nutzen durch andere Studien bestätigt wurde [RK18], [Kon22], wird es als Grundlage für diese Studie ausgewählt.

2.3 Das Organizational Future Orientation Modell von Rohrbeck, 2010

Das OFO evaluiert die Zukunftsbereitschaft einer Organisation und besteht aus fünf Dimensionen, die sich in weitere Elemente aufteilen lassen [Roh10]. Da diese fünf Dimensionen alle für den Foresight-Prozess relevanten Aspekte abdecken, können sie genutzt werden, um die Ergebnisse dieser Studie nach ihrer Zugehörigkeit zu sortieren. Die fünf Dimensionen sind, *Nutzung von Informationen, Methoden der Integration, Menschen und Netzwerke, Organisation und Kultur*. Die Dimension *Nutzung von Informationen* beschreibt, wie und welche Art von Informationen beschafft werden. Die Dimension *Methoden der Integration* beschreibt, wie die beschafften Informationen anschließend interpretiert und verarbeitet werden [Roh10]. Als Nächstes beschreibt die Dimension *Menschen und Netzwerke* die Charakteristika, der einzelnen Menschen und Netzwerke, die von dem Unternehmen genutzt werden, um Informationen zu beschaffen und innerhalb der Organisation zu verbreiten. Die Dimension *Organisation* beschreibt den Umgang mit den gesammelten und interpretierten Informationen auf der organisatorischen Ebene. Die Dimension *Kultur* beschreibt den Grad an Unterstützung, den die Auseinandersetzung mit Foresight erfährt. Gelingt das Zusammenspiel der fünf Dimensionen, ist ein Foresight-Prozess in seiner Gänze beschrieben. Das OFO bildet die Basis für diese Studie, das weitere Vorgehen wird in der Methode erläutert.

3 Methode

Die für diese Studie gewählte Methodik ist eine narrative Literaturübersicht. Mit ihrer Hilfe wird das Aufspüren von empirischen Belegen ermöglicht, die den vordefinierten Einschlusskriterien einer Forschungsfrage entsprechen [Sny19]. Die Erfassung dieses weiten Forschungsfeldes erfolgt mithilfe der vier Schritte, die von TRANFIELD ET AL., 2003 [TDS03] erstmals beschrieben wurden. In einem ersten Schritt wird die Forschungsfrage definiert [TDS03]. Unter

der Berücksichtigung, dass Foresight in KMU bisher ungenügend erforscht wurde und KMU-Besonderheiten in ihrem Umgang mit Foresight im Vergleich zu großen Unternehmen aufweisen [MVH20], zielt die Forschungsfrage darauf ab zu beleuchten, welche Besonderheiten bei der Anwendung von Foresight in KMU zu beachten sind.

Forschungsfrage: Welche Besonderheiten sind bei der Anwendung von Foresight-Aktivitäten in einem KMU zu beachten?

Zweitens wird ein Forschungsrahmen festgelegt [TDS03]. Dabei nutzt diese Untersuchung die Datenbank Web of Science als umfassendes Archiv für wissenschaftliche Veröffentlichungen, welche ein breites Spektrum an Forschungsarbeiten abdeckt und zusätzliche Analysewerkzeuge bietet. Der Zeitraum für die zu betrachtenden Studien wurde auf 2008 bis 2023 festgelegt, da sich die Foresight-Forschung in diesem Zeitraum auf die Frage zu konzentrieren begann, wie durch Foresight ein strategischer Vorteil erzielt werden kann [GRR+20]. Darüber hinaus entwickelt sich das Forschungsfeld stetig weiter, wodurch ältere Forschungsarbeiten zunehmend an Bedeutung verlieren [DB19]. In Kombination mit dem Zeitraum werden relevante Suchbegriffe festgelegt. Unter Berücksichtigung der englischen Forschungsliteratur wird die Suche auf Englisch durchgeführt. Die Hauptbegriffe sind "SME" und "foresight", oder Synonyme von Foresight und "organi?ation*", die dann durch eine Reihe von Foresight-Aktivitäten und Verben ergänzt werden, die in der Foresight-Literatur häufig verwendet werden. Zusätzlich werden Begriffe wie "preparedness", "transformation", "scenario" und "planning" aufgenommen, um den Forschungsrahmen zu erweitern und die Identifizierung von Literatur zu ermöglichen, die nicht in der Foresight-Forschung verwurzelt ist, sondern aus den zuvor diskutierten verwandten Forschungsbereichen stammt. Schließlich wurden auch die Begriffe "roadmapping", "Delphi" und "forecast" aufgenommen. Damit soll sichergestellt werden, dass auch Studien, die einzelne Foresight-Aktivitäten innerhalb einer Organisation angewandt haben, einbezogen werden. Für die konzeptionelle Eingrenzung haben wir beschlossen, alle Forschungsarbeiten einzubeziehen, die sich mit der Bewertung des Verhaltens von Organisationen befassen, wenn sie Veränderungen ausgesetzt sind. Dazu gehört der Versuch, die Zukunft zu verstehen und zu antizipieren, das Wissen über die Zukunft in die Organisationsstruktur zu übertragen und diese Prozesse zu erleichtern, aber auch negatives Verhalten, das den Wandel einer Organisation behindert. Bild 1 zeigt die verwendeten Schlüsselwörter.

```
(((TS= SME*)) AND ALL=(foresight OR "futures research" OR sensemaking OR "environmental scanning" OR "forward looking" OR "futures knowledge" OR "future studies" OR organi?ation*)) AND ALL=(preparedness OR transformation OR scenario OR planning OR roadmapping OR delphi OR forecast*)
```

Bild 1: Die verwendeten Schlüsselwörter

In einem dritten Schritt werden die zuvor definierten Such-Parameter angewendet, die gesammelten Studien gesichtet und ausgewählt, um geeignete Studien zu identifizieren [TDS03]. Die Suche mit den Suchbegriffen ergab 227 Studien, die durch den Vergleich ihrer Abstracts und Titel mit den Forschungskriterien aufgenommen oder aussortiert wurden. Außerdem wurden die Ein- und Ausschlusskriterien angewandt. Die Einschlusskriterien besagen, dass es sich bei den Artikeln entweder um quantitative oder qualitative empirische Studien oder um theoretische Arbeiten handeln muss, die zum Verständnis des Forschungsgebiets beitragen [TDS03].

Ein thematischer Bezug zu den konzeptionellen Kriterien muss ebenfalls erkennbar sein [TDS03]. Die Ausschlusskriterien sind das Erscheinungsjahr, die Sprache und der Kontext von Foresight. Studien, die Foresight in einem staatlichen Kontext betrachten, oder andere Akteure als Organisationen untersuchen, sind ausgeschlossen. Nach dem Anwenden dieser Kriterien wurden 48 Arbeiten inkludiert.

In einem vierten Schritt wird eine narrative Synthese durchgeführt [TDS03], die als ein geeignetes Instrument zur Analyse eines vielfältigen Forschungsfeldes gilt [MAK+22]. Die 48 Arbeiten wurden anhand der fünf Dimensionen, die in dem von Rohrbeck, 2010 entwickelten Modell vorgestellt wurden, sortiert und ausgewertet. So wurden beispielsweise Ergebnisse aus Studien, die sich mit Open Innovation oder der Zusammenarbeit verschiedener Akteure befassen, der Dimension *Menschen und Netzwerke* zugeordnet, weil Netzwerke die Struktur bilden, durch die Open Innovation stattfindet, da Akteure zusammenkommen, um Wissen auszutauschen. Durch dieses Verfahren war es möglich, Forschungsarbeiten aus verschiedenen, aber verwandten Bereichen in den Kontext des Foresight-Modells zu rücken und so die Entdeckung von Besonderheiten zu ermöglichen. Bild 2 zeigt ein Ablaufdiagramm der Forschungsmethode zur Übersicht.

Nach der Literaturrecherche und der Zuordnung der Ergebnisse zu den jeweiligen Elementen des Foresight-Systems führten wir mehrere Interviews (zwischen 30 und 90 Minuten) durch, in denen wir das Foresight-Verhalten von KMU in der Praxis in Erfahrung brachten. Die Interviews fanden zwischen März 2022 und März 2023 statt. Der für die Interviews entwickelte Fragebogen kann im Anhang eingesehen werden und enthält allgemeine Fragen wie "*Denken Sie regelmäßig über die Zukunft nach?*" und "*Woher beziehen Sie die gewünschten Informationen?*", um dem weit verbreiteten Mangel an Foresight-Wissen in Unternehmen Rechnung zu tragen [RBH15]. Angesichts des sehr unterschiedlichen Stands der Foresight-Aktivitäten in den befragten Organisationen wurden außerdem bewusst spezifische Begriffe der Foresight wie "*Szenarioanalyse*" oder "*Horizon Scanning*" weggelassen, um die Befragten nicht zu verwirren und zu beeinflussen. Nur wenn diese die Begriffe selbst erwähnten, wurden Rückfragen gestellt. Diese Entscheidung wird durch die Feststellung begründet, dass kleinere Unternehmen, ein eher spontanes und reaktives Verhalten gegenüber Veränderungen vorweisen [MC00]. Die gesammelten Informationen aus den Interviews werden geprüft und mit den Ergebnissen der Literaturrecherche verglichen. Dieser zweiseitige Ansatz bietet die Möglichkeit, Erkenntnisse aus der Literatur mit Einsichten aus der Praxis zu verbinden. Abschließend werden Implikationen für die Anwendung von Foresight in KMU herausgearbeitet.

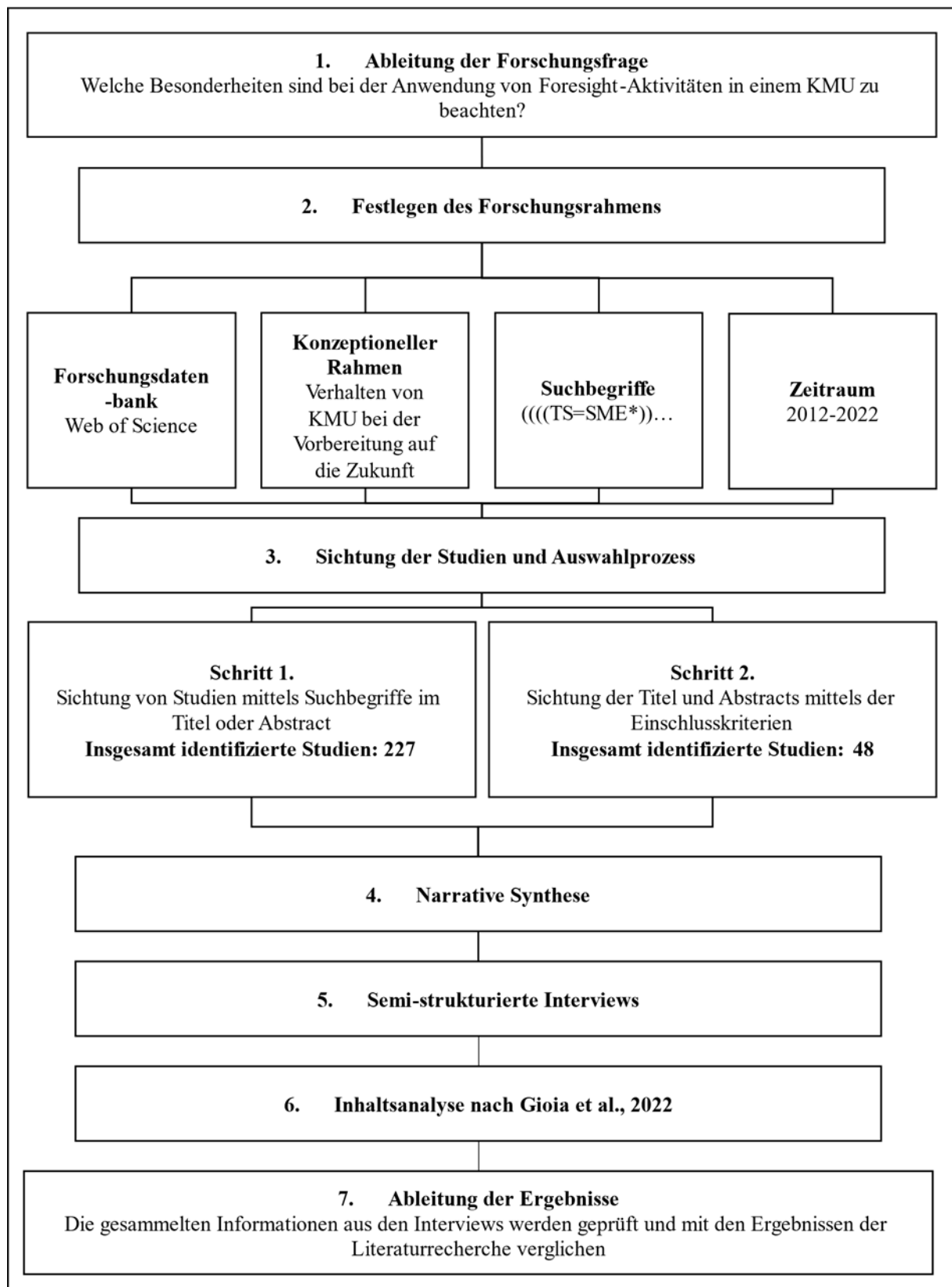


Bild 2: Die Forschungsmethode als Ablaufdiagramm

4 Ergebnisse

Zunächst wird über allgemeine Erkenntnisse aus der Literatur und den Interviews berichtet, dann werden die Ergebnisse der Literaturrecherche und der Interviews den fünf Dimensionen des Organizational Future Orientation Modells (OFO) zugeordnet. Der vierstufige Prozess der Literaturrecherche führte zu 48 geeigneten Arbeiten, die inhaltlich auf ihre Zugehörigkeit zu einer der Dimensionen des OFO geprüft und anschließend ausgewertet wurden. Die endgültige Stichprobe umfasst Arbeiten aus einer Vielzahl von Fachjournalen, wobei *Technological Forecasting and Social Change* die häufigste Zeitschrift ist, gefolgt vom *Journal of Business Research* und dem *Review of Managerial Science*. Insgesamt machen diese Zeitschriften 29 % der gesamten Stichprobe aus. Die übrigen 71 % der Beiträge decken ein breites Themenspektrum ab, das vom Logistikmanagement bis zur Dienstleistungstheorie und -praxis reicht. Alle Zeitschriften befassen sich mit Veränderungen und Management- oder Organisationsprozessen. Nur ein Beitrag wurde vor 2010 veröffentlicht, während die meisten Beiträge in den Jahren 2019 (n=8) und 2021 (n=7) erschienen sind, was die aktuelle Bedeutung des Themas unterstreicht und mit der Einschätzung der Forscher übereinstimmt, dass das Veränderungsmanagement in KMU ein wichtiges Thema ist [NAL19].

Nutzung von Informationen	[HWR18; MPP+21; SLA+21; SR14; ZXT10; ZBS16]
Methoden der Integration	[AEG+13; CA11; CLL+22; CCW11; HFZ15; ISD19; KT21; NAL19, SVM+22; SCK10]
Menschen & Netzwerke	[AMT+18; AHS18; CF19; DSP+21; MGP08; MR17]
Organisation	[BDD+20; BDR+18; DW12; DRE20; FRS+20; GB19; Men20; MSM+21; PLL15; SYM+19; SK16; SP19; WCB17]
Kultur	[BFB+22; BSK17; CCP+21; DZM21; HDB+12; Her19; MW16; NM18; PZS12; RMS22; SHC20; SLP19; SO16]

Bild 3: Die identifizierten Studien und deren zugewiesene OFO-Dimension

Europäische KMU machen mehr als 75 % der Befragten KMU innerhalb des Datensatzes aus. Die meisten der befragten KMU sind in der verarbeitenden Industrie tätig. Betrachtet man die Gesamtheit der gesammelten Forschungsergebnisse, lassen sich einige allgemeine Feststellungen treffen. Erstens ist eine Fokussierung auf Open Innovation und Kollaboration in Zukunftsaspekten zu beobachten, die in der identifizierten Literatur eine dominante Rolle spielen. Zweitens befasst sich ein großer Teil der Arbeiten mit dem Verhalten des Eigentümers, Managers oder Unternehmers, was die Bedeutung dieser verdeutlicht. Drittens ist festzustellen, dass der Großteil der Forschung drei sogenannten Wachstumspfaden folgt: Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Internationalisierung. Diese Wachstumspfade bieten Chancen, die Wettbewerbsvorteile eines KMU zu erhöhen [DZM21]. Diese allgemeinen Pfade werden durch einen eher KMU-spezifischen Aspekt, die Nachfolgeplanung, erweitert, der mithilfe der ausgewählten Studien herausgearbeitet wurde. Hier wird betont, dass KMU sich der Bedeutung von Schlüsselpersonen mit essenziellem Wissen in ihrem Unternehmen bewusstwerden müssen. Sie müssen hier ferner antizipieren, wie sich diese Schlüsselpersonen langfristig auf das Unternehmen

auswirken, z. B., wenn sie ausscheiden oder in den Ruhestand gehen [DW12; GB19]. Die Nachfolgeplanung ist für KMU wichtig, da sich eine unklare oder fehlende Nachfolgeplanung auf der Führungsebene negativ auf die Arbeitsleistung auswirken kann, auch lange bevor ein potenzieller Nachfolger die Kontrolle übernehmen soll [GB19]. Dieses Szenario erstreckt sich auch auf wichtige Schlüsselmitarbeiter, da einige wenige Mitarbeiter in der Regel über wertvolle Informationen in einem KMU verfügen, die nach dem Ausscheiden des Mitarbeiters aus dem Unternehmen verloren gehen [DW12]. Zusätzlich zur Literaturrecherche wurden insgesamt 19 semistrukturierte Interviews mit KMU in 13 verschiedenen Branchen durchgeführt. Bild 4 gibt einen Überblick über die Interviewpartner.

Interviewpartner	Geschäftsfeld	Position
R1	Immobilienverwaltung	Besitzer
R2	Händler	Besitzer
R3	Importeur von Holz	Besitzer
R4	Herstellung	Besitzer
R5	Floristik	Besitzer
R6	Baugewerbe	Besitzer
R7	Kurier	Besitzer
R8	Herstellung	Besitzer
R9	Pharmaceuticals	Besitzer
R10	Logistik	Besitzer
R11	Logistikverbund	Besitzer
R12	Logistik	Besitzer
R13	Logistikverbund	Besitzer
R14	Versicherungen	Manager
R15	Versicherungen	Manager
R16	Film	Besitzer
R17	Risiko Management	Manager
R18	Risiko Management	Besitzer
R19	Risiko Management	Besitzer

Bild 4: Überblick über die Interviewpartner

Die Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Der Inhalt wurde dann mithilfe der Methode von Gioia und Kollegen, 2012, codiert und ausgewertet. Hierbei wird der Inhalt mit *first order concepts* strukturiert, dann in *second order themes* aggregiert und schließlich in *overarching dimensions* zusammengeführt [GKA12]. Die *overarching dimensions* bilden in dieser Studie die Dimensionen des OFO-Modells. Die Bilder 5 und 6 zeigen diesen Prozess.

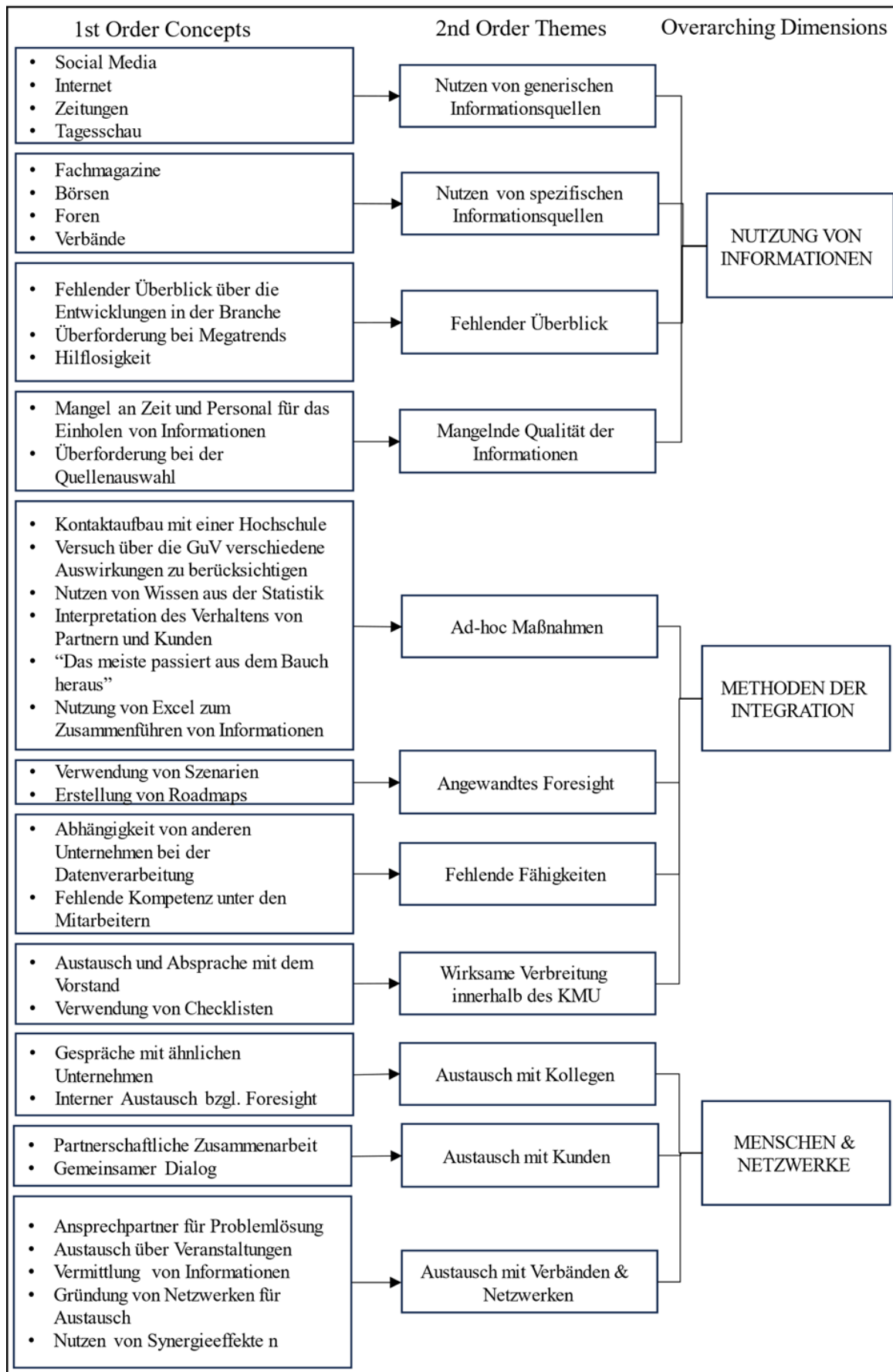


Bild 5: Inhaltsanalyse nach GIOIA ET AL., 2012 (1)

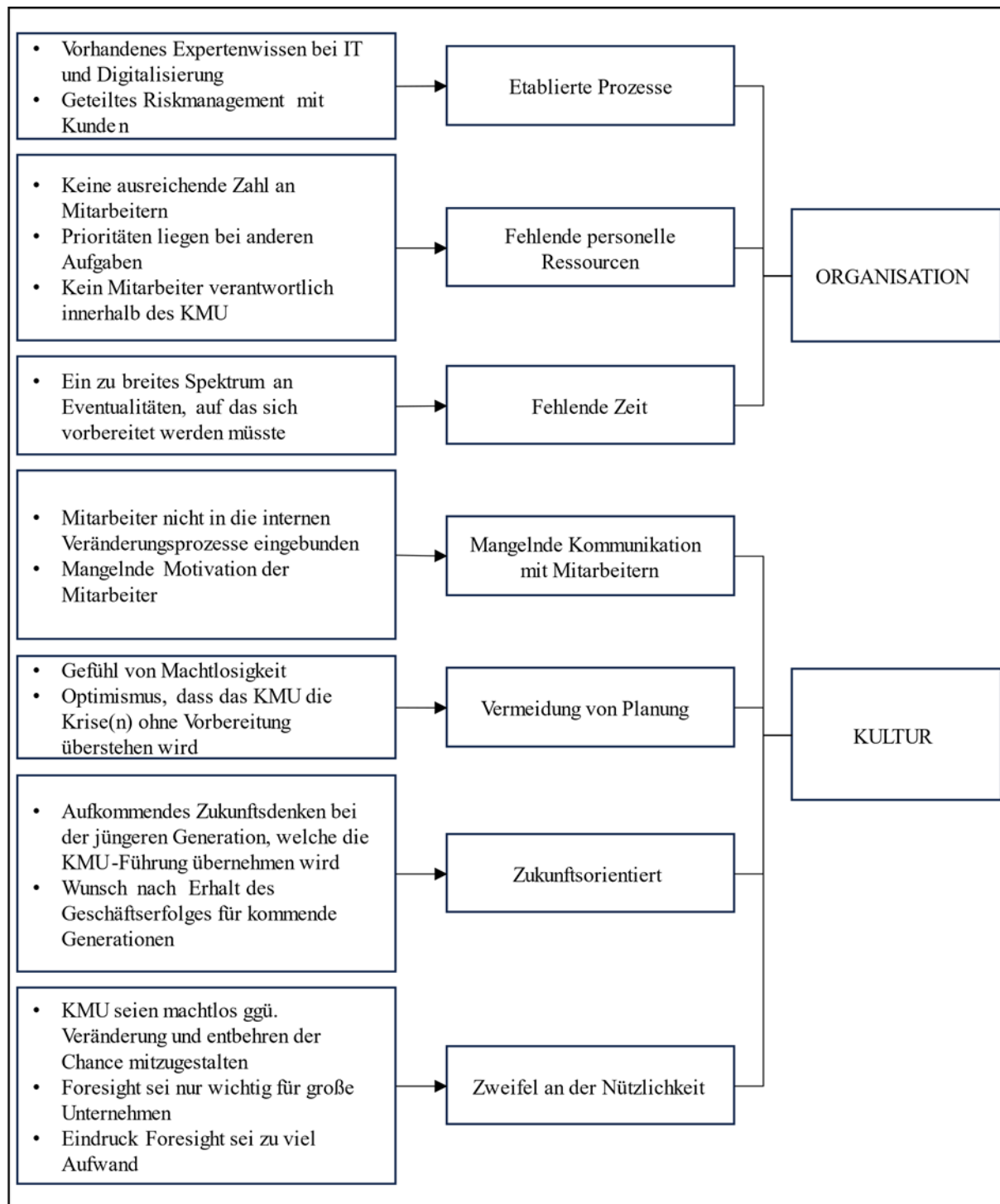


Bild 6: Inhaltsanalyse nach GIOIA ET AL., 2012 (2)

Kleine Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten bildeten die Mehrheit, während fünf KMU mehr als 100 Beschäftigte hatten. Im Allgemeinen weisen die befragten KMU nur ein rudimentäres oder gar nicht vorhandenes Maß an Foresight-Aktivität auf. Die Mehrheit führt Zeit- und Ressourcenmangel als Erklärung an, was mit der Einschätzung von [SHC20] übereinstimmt. Auch die Überzeugung, dass sie Entwicklungen nicht beeinflussen können, selbst wenn sie die Zukunft verstehen, hält sich hartnäckig, was zu dem Glauben führt, dass Foresight-Aktivitäten ohnehin vergeblich seien. Eine häufige Antwort auf die Frage, wie sie sich dann auf Veränderungen und potenzielle Bedrohungen vorbereiten würden, war, dass sie ein finanzielles

Sicherheitspolster aufgebaut hätten, das ihnen bei Veränderung und einem damit einhergehenden Handlungszwang Zeit verschaffe. Mit einem solchen Polster könne man z. B. Preiserhöhungen verhindern oder Rechnungen bezahlen. Wenn die Unternehmen Foresight anwenden, konzentrierten sie sich meist auf die Vorhersage von finanziellen Verlusten oder versuchten, das Verhalten der Kunden zu beobachten und vorherzusagen. Der mangelnde Fokus auf interne Prozesse bedeutete, dass sie nur wenig darüber wussten, wie ihre internen Prozesse optimiert werden könnten oder wie sich die jüngsten Fortschritte, beispielsweise im Bereich der KI, auf ihr Geschäft auswirken würden. Im Folgenden wird der Inhalt der identifizierten Papiere genauer analysiert und mit den Ergebnissen aus den Interviews verglichen.

4.1 Nutzung von Informationen

In der analysierten Literatur werden am häufigsten drei relevante Akteure für die Informationsbeschaffung genannt, nämlich der KMU-Eigentümer oder Manager, die Mitarbeiter und die Kunden [CA11]. Diese drei Akteure sollten in offene Foresight-Strategien eingebunden werden, um so an relevante Information zu gelangen. Sie könnten z. B. den Kontakt zu anderen KMU, größeren Unternehmen oder auch zu Universitäten und Forschungseinrichtungen suchen [ZXT10], [ZBS16]. Bei der Integration dieser Wissensträger kann es zu Schwierigkeiten kommen [HWR18]. In komplexen Szenarien könnte ein Foresight-Unterstützungssystem in den Foresight-Prozess integriert werden, um bei der Informationsbeschaffung, der Interpretation oder der Entscheidungsfindung zu helfen. Ein solches System kann jedoch nur unterstützend eingesetzt werden, da es nicht über KMU spezifische Erkenntnisse verfügt und somit nicht die Beobachtungs- oder Interpretationsqualität von Menschen erreicht [VBT+15]. Nichtsdestotrotz kann ein solches System einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung von Informationen innerhalb der Organisation leisten [VBT+15]. Insbesondere in Anbetracht der jüngsten Fortschritte in der KI wird der Einsatz eines unterstützenden Systems in Zukunft an Bedeutung für die Informationsbeschaffung gewinnen, da KI-basierte Ansätze bestimmte Trends schneller erkennen können [MG19]. Aus diesem Grund werden KI-Systeme mit einer verbesserten Unternehmensleistung in Verbindung gebracht [SLA+21]. Weiterhin können unterstützende Tools einen Beitrag zur Informationsbeschaffung und -verarbeitung leisten [MPP+21]. Generell führt die Einbeziehung externer Beratung oder Quellen in den Entscheidungsfindungsprozess nachweislich zu einer Verringerung der Voreingenommenheit und einer Steigerung der Entscheidungsqualität [MW16]. Diese Erkenntnisse stehen im Gegensatz zu dem Glauben, dass die Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der Unternehmen durch den Einsatz von Foresight-Tools zu kostspielig ist und keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert [BSK17]. Zudem zeigt die Forschung, dass es unwahrscheinlich ist, dass KMU die Entwicklungen in ihrer Branche vollständig verstehen [SR14], was durch die Interviews bestätigt wurde.

Es gibt aus meiner Sicht nicht die einzige Informationsquelle. Und wenn man die anzapfen kann, dann hat man keinen Durchblick, weil dafür die Märkte viel zu vielschichtig sind. – R18

Die meisten der befragten KMU konzentrieren sich stark auf das Tagesgeschäft und haben weder die Zeit noch die Ressourcen, um Informationen über zukünftige strategisch relevante Entwicklungen einzuholen.

4.2 Methoden der Integration

Korrekt angewandte Foresight-Methoden integrieren neues Wissen in Unternehmen, erhöhen nachweislich die Flexibilität, die organisatorische Anpassungsfähigkeit und werden daher für Organisationen empfohlen. [HL20], listen in ihrer Arbeit relevante Foresight-Methoden auf, die zur Erzielung von Ergebnissen eingesetzt werden. Sie müssen jedoch mit Blick auf das Foresight-Ziel ausgewählt werden, da das Ergebnis je nach gewählter Methode variieren kann [ETD+17]. Richtig durchgeführt, können Methoden wie Roadmapping jedoch einen großen Beitrag zum zukünftigen Erfolg einer Organisation leisten [CLL+22], [YKV+19]. Obwohl Roadmaps ein dominantes Instrument innerhalb der Foresight-Strategie sind, sind sie nicht für KMU optimiert [CA11]. Denn es mangelt den KMU oft an den Fähigkeiten und Ressourcen, die Roadmaps zu erstellen und zu befolgen [KT21]. Eine mögliche Lösung für dieses Problem besteht darin, Roadmapping kooperativ in kleinen Gruppen gemeinsam mit anderen Unternehmen durchzuführen, um mangelnde Fähigkeiten zu kompensieren [SCK10]. Es muss also die Fähigkeit erworben werden, diese Methoden zu ihrem Vorteil einzusetzen, aber auch die Fähigkeit, eine geeignete Methodik auszuwählen, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Sobald diese Fähigkeiten erworben und aufrechterhalten werden, wird die Widerstandsfähigkeit von KMU gesteigert [ISD19]. Während einige Interviewpartner berichten, dass sie SWOT-Analysen oder Szenarien verwendet haben, war es offensichtlich, dass das Wissen über eine Vielzahl von Foresight-Aktivitäten gering war und die Maßnahmen ad-hoc und mit geringen Auswirkungen auf die Gesamtorganisation durchgeführt wurden. Sehr oft wurden die Ergebnisse nicht in der Organisation verbreitet, d. h. die Mitarbeiter haben nur indirekt über Kollegen von den angewandten Methoden gehört.

Das meiste passiert aus dem Bauch muss ich gestehen. Also wir haben jetzt keine schriftlich niedergelegten Pläne. – R13

Idealerweise sollten Mitarbeiter von Anfang an in den Prozess eingebunden werden und ein gemeinsames Ziel erarbeitet werden. Ein gemeinsames Ziel lässt sich am besten durch strategische Diskussionen ermitteln, in denen kritische Aspekte erörtert und die Beteiligung gefördert wird [AEG+13]. In diesem Zusammenhang ist die Teamarbeit von großer Bedeutung [HFZ15], denn die Teilnehmer sollten aus unterschiedlichen Bereichen (Marketing, Sales, Produktion etc.) kommen. Das Ziel ist die Schaffung einer gemeinsamen Basis zur besseren Durchsetzung der Arbeitsergebnisse [SAC17], [SM16]. Das Ziel eines Foresight-Projekts sollte nicht nur darin bestehen, Veränderungen zu identifizieren, sondern ein umfassendes Verständnis der Auswirkungen der Veränderungen auf die Organisation und der entsprechenden Folgen zu erlangen [VR10]. Ein tiefgreifendes Verständnis zu erlangen kann durch die Priorisierung des Tagesgeschäfts behindert werden [ITG+20]. Daher sollte vor Beginn eines Foresight-Projektes eine interne Bewertung durchgeführt werden, um bestehende Stärken und Schwächen innerhalb der Organisation zu ermitteln und die Ergebnisse in das Projekt einfließen zu lassen [CCW11], [SVM+22].

4.3 Menschen und Netzwerke

Der KMU-Eigentümer, oder Manager hat einen starken Einfluss auf das KMU, weshalb er bei jedem Veränderungs- oder Foresight-Prozess eine Schlüsselrolle spielt [MGP08]. Wie bei der

Nutzung von Informationen haben Mitarbeiter gleichfalls einen starken Einfluss auf die Prozesse innerhalb einer Organisation und sollten daher als wichtige Akteure in den Foresight-Prozess eingebunden werden, da idealerweise alle Akteure von der Notwendigkeit von Foresight-Aktivitäten überzeugt sein und sich beteiligen sollten [Roh10]. Letzteres bedeutet auch, dass die Kunden eines KMU im Prozess eine Berücksichtigung finden sollten. Die Kunden können wesentlich zu jedem Innovationsprozess beitragen [CF19]. Der Input von Kunden oder Klienten ist eine zentrale Innovationsquelle für KMU [MR17]. Die Interviews ergaben, dass Kunden vielfach konsultiert wurden, aber nicht immer auf strukturierte Weise und nicht immer in Bezug auf Foresight, sondern auch zur Aufrechterhaltung der Geschäftsbeziehung

Also wir arbeiten mit vielen unserer Kunden sehr partnerschaftlich zusammen. – R4

Wenn irgendwie eine Branche, in der ein großer Kunde drin ist, irgendwie in eine Schieflage gerät, dann merken wir das sofort – R8

Weiterhin gaben die befragten Eigentümer oder der Miteigentümer der jeweiligen KMU an, dass sie innerhalb ihrer Organisation am meisten an Foresight-Aktivitäten interessiert seien und keine anderen Parteien involvieren würden. Sie betrachteten Foresight als ihre Verantwortung und wiesen ihre Mitarbeiter nur selten an, Foresight zu betreiben oder sich anderweitig zu engagieren. Dies sorgte dafür, dass die Foresight-Bemühungen schnell eingestellt wurden, wenn die Arbeitsbelastung der Eigentümer zunahm und anschließend in Vergessenheit gerieten, wenn die Arbeitsbelastung wieder abnahm. Dieses Phänomen zieht sich wie ein roter Faden durch die Interviews: Foresight wurde entweder nur kurz oder gar nicht in Betracht gezogen. In dem Fall (R7) führten Mitarbeiter aus Neugierde Foresight-Aktivitäten durch und erhielten wenig bis gar keine Unterstützung von ihren Vorgesetzten, was dazu führte, dass sie von sich aus aufhörten, weil es zu kompliziert war, Daten zu beschaffen, und ihnen die Fähigkeit und Zeit fehlte, mit den Daten angemessen zu arbeiten.

Ja, und da haben wir leider in dem Moment nicht die Ressource gar nicht für im Einsatz und keine Manpower technisch, um diese Systeme zu pflegen. – R7

Zusätzlich wurde der Austausch mit Verbänden oder Netzwerken in der Foresight-Literatur ausführlich behandelt, denn er erleichtert nachweislich die Schaffung von neuem Wissen [AHS18]. Weiterhin baut sie auch organisatorische Barrieren ab, da sie Akteure aus verschiedenen Organisationen miteinander verbindet und einen neuen Blick auf die Anliegen der Gruppe(n) ermöglicht [WFD14]. Kooperationen tragen auch zu einer detaillierteren Bewertung des potenziellen Wandels bei, indem sie den Austausch innerhalb einer größeren Gruppe ermöglicht, was zu einer ausgewogeneren Reaktion führt [AMT+18]. Diese Erkenntnisse wurden von den Interviewpartnern geteilt, die allermeisten geben an, in Kontakt mit bestimmten Verbänden und Netzwerken zu stehen.

Aber wir würden uns jetzt nicht als IT oder Digitalisierung Experten sehen. Wir haben dazu so ein Kompetenz Netz, so ein zwei Kreise wo man dann Dinge diskutiert. – R5

4.4 Organisation

Während das ideale Foresight-Szenario einer Organisation darin besteht, alle Entwicklungen in ihrem externen Umfeld zu erfassen [RK18], sollte bewertet werden, wie Foresight von den verschiedenen Akteuren gesehen wird und welches Ziel verfolgt werden soll [PDN18]. Hierfür sind kontinuierliche Prozesse erforderlich, um einen stetigen Fluss von externem Wissen in die Organisation zu schaffen und aufrechtzuerhalten [DRE20], [SYM+19], [WCB17]. In der Organisation sollte ein Prozess installiert werden, der externes Wissen einbezieht, da nicht formalisierte Aktivitäten die Wahrscheinlichkeit von Fehlern erhöhen können [PLL15]. Dies deckt sich mit Forschungsergebnissen, wonach mit zunehmender Wahrnehmung der Wettbewerbsfähigkeit mehr Wissen in die Organisation eingebracht wird [SP19]. In diesem Zusammenhang sollte besonderes Augenmerk auf die Aufrechterhaltung der Absorptionsfähigkeit der KMU [BDD+20], [MSM+21] und die Erlangung der Fähigkeiten zur Durchführung von Marktanalysen [FRS+20] gelegt werden. Die Etablierung dieser Prozesse stellt jedoch eine Herausforderung dar, da die Entscheidungsträger von KMU wenig Bedarf für eine Planung sehen [BDR+18], da sie dem Tagesgeschäft gegenüber der Erkundung neuer Möglichkeiten höhere Priorität einräumen [ISD19].

Aber dann brauche ich mir nicht noch Gedanken machen, was passiert, wenn jetzt weiß ich nicht alle anderen Eventualitäten auch noch auftreten. Das geht nicht. Also dann mache ich mir zu viel Gedanken und habe kein Geschäft mehr. – R10

Weiterhin sollten die Mitarbeiter an den Foresight-Aktivitäten oder Diskussionen über die Zukunft teilhaben [MGP08], [Men20]. Zudem sollten sie auch in Führungsentscheidungen einbezogen werden [SK16]. Ein Interviewpartner (R8) stieß auf ein Problem, als ein sachkundiger Mitarbeiter das Unternehmen verließ und eine Lücke in einer wichtigen Fähigkeit hinterließ. Diese Feststellung steht im Einklang mit der Notwendigkeit, dass Organisationen wichtiges Wissen übertragen sollten, bevor ein Mitarbeiter oder eine Führungskraft das Unternehmen verlässt [DW12].

4.5 Kultur

KMU weisen bestimmte Überzeugungen oder Denkweisen auf, die sich aus ihrer Größe ergeben, z. B. die Meinung, dass sie nicht in der Lage sind, sich auf mehr als einen Veränderungsprozess gleichzeitig zu konzentrieren [DZM21], oder sie zögern, Wissen mit anderen auszutauschen [BFB+22]. Der Eigentümer oder Geschäftsführer des KMU fühlt sich oft unwohl, wenn es darum geht, Ratschläge von außen zu erhalten, da er der Meinung ist, dass er allein für den Erfolg seines Unternehmens verantwortlich ist [HFZ15], [SLP19]. Dies ist jedoch ein Irrglaube, da die Einbeziehung externer Beratung in den Entscheidungsfindungsprozess nachweislich zu einer Verringerung der Voreingenommenheit führt [MW16]. Darüber hinaus sollten die Eigentümer oder Manager ihren Managementstil an die neuen Zukunftsaussichten des Unternehmens anpassen, um die Denkweise der Mitarbeiter zu ändern [HDB+12] und Wandelbarkeit demonstrieren [RMS22]. Zusätzlich zu dem Unwohlsein glauben sie, dass die Verbesserung der Widerstandsfähigkeit der Unternehmen durch den Einsatz von Foresight zu kostspielig ist und keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert [BSK17]. Die Änderung dieser Sichtweisen ist der

Schlüssel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von KMU [MGP08]. Eine positive Einstellung zum Wandel ist mit besseren Innovationspraktiken verbunden [PZS12]. Das wettbewerbsintensive Umfeld, in dem sich viele KMU befinden, und die damit einhergehende Zurückhaltung, Wissen zu relevanten Themen zu teilen [BFB+22], macht eine Verbesserung der Fachkenntnisse jedoch weniger wahrscheinlich. Nichtsdestotrotz sollten den Mitarbeitern neue Fähigkeiten vermittelt werden und motiviert werden, innovativer zu werden [NM18]. Im Idealfall würde sich daraus ein Mentalitätswandel bei jedem einzelnen Mitarbeiter des KMU vollziehen, der eine Abkehr von den sehr linearen und bürokratischen Prozessen forciert, die das Tagesgeschäft von KMU beherrschen [CCP+21]. Dieser Wandel kann durch die Einführung von Prozessen erreicht werden, die die Mitarbeiter befolgen müssen, wobei sich die vorherrschende Kultur im Laufe der Zeit langsam verändert [SO16]. Um einen Kulturwandel zu unterstützen, gründete ein Befragter einen Verband, der regelmäßig Treffen veranstaltete, bei denen die Ausichten der jeweiligen Branche und entsprechende Trends diskutiert wurden:

Wir haben eine Vereinigung von KMU gegründet, in der wir solche Themen diskutieren. Wir arbeiten gemeinsam an Themen, die etwas unbequem sind, weil sie einen von der Arbeit am Kerngeschäft abhalten. Aber so können wir uns die Last teilen und alle können davon profitieren. – R19

Nichtsdestotrotz sind Zweifel an der Notwendigkeit von Foresight unter den Interviewpartnern weit verbreitet. In der Forschung wurde beobachtet, dass diese Zweifel abnehmen, wenn das Unternehmen reifer wird [Her19].

5 Diskussion und Limitationen

Die Analyse der Literatur mithilfe des OFO-Modells von Rohrbeck, 2010; die Zuordnung der Ergebnisse auf die fünf Dimensionen des Modells und die Einordnung der Ergebnisse aus den qualitativen Interviews beantwortet die Forschungsfrage "Welche Besonderheiten müssen bei der Anwendung von Foresight-Aktivitäten in einem KMU berücksichtigt werden?" wie folgt: KMU sollten das besondere Potenzial ihrer Kollaboration mit anderen KMU und Kunden nutzen und die Zusammenarbeit in den Dimensionen *Nutzung von Informationen*, *Methoden der Integration* und *Menschen und Netzwerke* vorantreiben [GRR+20], [SHM19]. Durch die Zusammenarbeit entstehen Synergieeffekte, welche den KMU erlauben, Kosten bei der Informationsbeschaffung und -verarbeitung zu sparen und Wissen in die Organisation zu bringen. Fehlende Fähigkeiten bei der *Nutzung von Informationen* und den *Methoden der Integration* könnten durch das Anpassen von Foresight-Methoden ausgeglichen werden, in dem KMU z. B. verstärkt mit externen Akteuren kooperieren und so neues Wissen erlangen. Auch ermöglicht der beschriebene Fall eine einfachere Informationstransformation und berücksichtigt die begrenzten Datenanalysefähigkeiten von KMU [HWR18]. Das Suchen und Vereinbaren von Kollaborationen mit Außenstehenden sollte Teil des Foresight-Prozesses in KMU sein, auch um die negativen Effekte wie Ressourcen- und Zeitmangel, die aus der Größe der KMU entstehen, auszugleichen. Zusätzlich müssen die digitalen Kompetenzen in KMU erhöht werden, da ein Mangel an Fähigkeiten längerfristig zu Problemen führt [DSP+21], [MG19]. In diesem Zusammenhang muss die *Kultur* der KMU und deren Wahrnehmung, dass Informationssysteme vor allem für Verwaltungsarbeiten genutzt werden [AMT+18] geändert werden. Generell sollte die

Besonderheit, der starken Ausrichtung auf das Tagesgeschäft erkannt werden und stattdessen eine zukunftsgerichtete Denkweise entwickelt werden. Hierfür sollte die Kultur von fehlender Planung in KMU [BDR+18] aufgebrochen und die Notwendigkeit von Foresight als Teil des Foresight-Prozesses unterstrichen werden. Neben dem eigentlichen Foresight-Prozess muss ein KMU die eigene *Organisation* so strukturieren, dass sich eine positive Einstellung zu Veränderung etabliert und Zeit verfügbar ist, um den Austausch über Foresight zu erlauben. Diese Prozesse sollten möglichst parallel und kontinuierlich ablaufen und die besondere Doppelrolle des Eigentümers oder Managers berücksichtigen. Dieser tritt regelmäßig sowohl als Initiator von Foresight-Aktivitäten auf, schränkt aber auch Ressourcen von Foresight-Aktivitäten ein, um sich auf das Tagesgeschäft konzentrieren zu können [ISD19]. Kontinuierliche Prozesse könnten den Einfluss dieser Besonderheit abbauen. Folglich müssen Eigentümer und Manager einen Weg finden, sich selbst zu managen. In diesem Zusammenhang wurde eine weitere Besonderheit von KMU festgestellt, nämlich die Nachfolgeregelung, die sich negativ auf die Leistung eines KMU auswirken kann, selbst wenn der Wechsel noch nicht erfolgt ist [GB19]. Auch hier können kontinuierliche Prozesse, welche in die Organisationsstruktur aufgenommen wurden, helfen. Es ist wichtig zu erwähnen, dass sich dieses Phänomen auch auf einzelne Schlüsselmitarbeiter erstreckt [DW12]. Ferner zeigt der sporadische Umgang mit Foresight-Methoden, dass KMU oft mit Methoden und Prozessen konfrontiert sind, die nicht entsprechend ihren Anforderungen entwickelt wurden. Dies benachteiligt KMU in ihren Foresight-Bemühungen. Außerdem werden die KMU-Eigentümer dadurch davon abgehalten, aktiv zu werden und ihrerseits Foresight-Methoden einzuführen. In den Interviews wurde wiederholt die Auffassung geäußert, dass Foresight "*nichts für sie*" oder "*zu kompliziert*" sei, während das allgemeine Interesse an der Vorbereitung für die Zukunft groß war. Abschließend schlagen wir vor, den spezifischen Fähigkeiten von KMU mehr Aufmerksamkeit zu schenken und dies mit einem neuen Ansatz von Foresight zu verbinden.

Eigentümer und Manager können die Ergebnisse nutzen, um das Einführen von Foresight-Aktivitäten zu erleichtern, da diese Studie Besonderheiten offenlegt, die beachtet werden sollten. Je nach Branche und Unternehmensgröße müssen KMU möglicherweise keine umfangreichen Ressourcen für rigorose Foresight-Aktivitäten aufwenden, sondern können stattdessen nach Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit anderen KMU suchen.

Auch wenn diese Untersuchung einen neuen Schritt in der Foresight-Forschung im KMU-Kontext darstellt, ist sie nicht frei von Einschränkungen. Auf Grund des Mangels an Foresight-Literatur mit KMU-Bezug wurde Literatur aus benachbarten Forschungsfeldern herangezogen, was die Validität einschränken könnte. Weiterhin wurden die qualitativen Interviews mit KMU geführt, die größtenteils nicht mit Foresight vertraut waren, sodass die Ergebnisse wahrscheinlich weniger aufschlussreich sind als Ergebnisse von KMU mit mehr Foresight-Erfahrung. Weiterhin wurde das gewählte OFO-Modell in seinem Umfang für diese Studie gekürzt. Nur die fünf Dimensionen, nicht aber die Messmöglichkeiten wurden verwendet, was einen gewissen Verlust von Aussagekraft bedeutet. Durch die Kombination der Erkenntnisse aus den Interviews mit den Ergebnissen der narrativen Literaturübersicht konnten die Ergebnisse in einer Reihe von Fällen bestätigt werden, was die Erkenntnisse weiter untermauert.

6 Fazit

In diesem Beitrag wurden die Besonderheiten bei der Anwendung von Foresight im KMU-Kontext untersucht. Hierbei wurde auf ein breites Feld der Literatur aus Bereichen wie Innovationsmanagement oder Strategiemangement zurückgegriffen. Trotz der Limitationen konnten wichtige Besonderheiten, wie das Kollaborationspotenzial, die Doppelrolle des Eigentümers oder Managers, die hindernde Kultur, die Nachfolgeplanung und die Notwendigkeit von angepassten Foresight-Methoden identifiziert werden. Während diese Besonderheiten Anhaltspunkte für Praktiker bieten, liefern die identifizierten Besonderheiten von KMU einen Beitrag zur KMU-Forschung. Zukünftige Studien können die aufgedeckten Besonderheiten nutzen, um auf deren Grundlage einen differenzierteren Forschungsansatz von Foresight in KMU zu entwickeln. Auch könnte auf dieser Basis ein Foresight-Prozess entwickelt werden, der die Besonderheiten berücksichtigt. Das Ergebnis könnte ein maßgeschneiderter systematischer Foresight-Prozess sein, den KMU verfolgen können, um ihre Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Abschließend hat diese Untersuchung dazu beigetragen, ein bisher wenig erforschtes Element des Foresight-Forschungsfeldes zu ergründen.

Literatur

- [ASM17] ADEGBILE, A., SARPONG, D., & MEISSNER, D. (2017). Strategic Foresight for Innovation Management: A Review and Research Agenda. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14, 1750019.
- [AMT+18] ALI, R. H. R. M., MOHAMAD, R., TALIB, Y. Y. A., & ABDULLAH, A. (2018). The roles of top management and users in strategic IS planning: a perspective of SMEs. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 6, 61–80.
- [AJ03] ANDERSEN, E. S., & JESSEN, S. A. (2003). Project maturity in organisations. *International Journal of Project Management*, 21, 457–461.
- [AHS18] ARFI, B., HIKKEROVA, L., & SAHUT, J.-M. (2018). External knowledge sources, green innovation and performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 210–220.
- [AEG+13] ASSARLIND, M., ERIKSSON, H., GREMYR, I., & JAKOBSSON, T. (2013). Adopting new ways of working in small and medium-sized enterprises: findings from interventions in 12 European companies. *Total Quality Management & Business Excellence*, 24, 945–958.
- [BDD+20] BENHAYOUN, L., DAIN, L., DOMINGUEZ-PÉRY, C., & LYONS, A. C. (2020). SMEs embedded in collaborative innovation networks: How to measure their absorptive capacity? *Technological Forecasting and Social Change*, 159, 120196.
- [BFB+22] BERTELLO, A., FERRARIS, A., BERNARDI, D., & BERTOLDI, B. (2022). Challenges to open innovation in traditional SMEs: an analysis of pre-competitive projects in university-industry-government collaboration. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 18, 89–104..
- [BSK17] BRANICKI, L. J., SULLIVAN-TAYLOR, B., & LIVSCHITZ, S. R. (2017). How entrepreneurial resilience generates resilient SMEs. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 24, 1244–1263.
- [BDR+18] BRINCKMANN, J., DEW, N., READ, S., MAYER-HAUG, K., & GRICHNIK, D. (2018). Of those who plan: A meta-analysis of the relationship between human capital and business planning. *Long Range Planning*, 52, 173–188.
- [CA11] CAETANO, M., & AMARAL, D. C. (2011). Roadmapping for technology push and partnership: A contribution for open innovation environments. *Technovation*, 31, 320–335.

- [CLL+22] CAMPAGNOLO, D., LAFFINEUR, C., LEONELLI, S., MARTIARENA, A., TIETZ, M. A., & WISHART, M. (2022). Stay alert, save businesses. Planning for adversity among immigrant entrepreneurs. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 28, 1773–1799.
- [CCP+21] CHIARINI, A., CASTELLANI, P., ROSSATO, C., & COBELLI, N. (2021). Quality management internal auditing in small and medium-sized companies: an exploratory study on factors for significantly improving quality performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32, 1829–1849.
- [CCW11] CRAGG, P., CALDEIRA, M., & WARD, J. (2011). Organizational information systems competences in small and medium-sized enterprises. *Information & Management*, 48, 353–363.
- [CF19] CRISTO-ANDRADE, S., & FRANCO, M. J. (2019). Cooperation as a vehicle for innovation: a study of the effects of firm size and industry type. *European Journal of Innovation Management*, 23, 329–347.
- [Cuh19] CUHLS, K. E. (2019). Horizon Scanning in Foresight – Why Horizon Scanning is only a part of the game. *FUTURES & FORESIGHT SCIENCE*, 2.
- [DRE20] DABIC, M., VLACIC, E., RAMANATHAN, U., & EGRI, C. P. (2020). Evolving Absorptive Capacity: The Mediating Role of Systematic Knowledge Management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67, 783–793.
- [DZM21] DENICOLAI, S., ZUCHELLA, A., & MAGNANI, G. (2021). Internationalization, digitalization, and sustainability: Are SMEs ready? A survey on synergies and substituting effects among growth paths. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120650.
- [DSP+21] DEL GIUDICE, M., SCUOTTO, V., PAPA, A., TARBA, S. Y., BRESCIANI, S., & WARKENTIN, M. (2021). A Self-Tuning Model for Smart Manufacturing SMEs: Effects on Digital Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 68–89.
- [DB19] DJURICIC, K., & BOOTZ, J.-P. (2019). Effectuation and foresight – An exploratory study of the implicit links between the two concepts. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 115–128.
- [DA15] DUFVA, M., & AHLQVIST, T. (2015). Elements in the construction of future-orientation: A systems view of foresight. *Futures*, 73, 112–125.
- [DW12] DURST, S., & WILHELM, S. (2012). Knowledge management and succession planning in SMEs. *Journal of Knowledge Management*, 16, 637–649.
- [ETD+17] ESMAELIAN, M., TAVANA, M., DI CAPRIO, D., & ANSARI, R. (2017). A multiple correspondence analysis model for evaluating technology foresight methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 125, 188–205.
- [Eu03-ol] EU. (2003). What is an SME? Retrieved November 9, 2022, from https://eisma.ec.europa.eu/about-eisma_en
- [FRS+20] FALAHAT, M., RAMAYAH, T., SOTO-ACOSTA, P., & LEE, Y.-Y. (2020). SMEs internationalization: The role of product innovation, market intelligence, pricing and marketing communication capabilities as drivers of SMEs' international performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 152, 119908.
- [Fer22] FERGNANI, A. (2022). Corporate foresight: A new frontier for strategy and management. *Academy of Management Perspectives*.
- [FHM+11] FRANCO, M., HAASE, H., MAGRINHO, A., & RAMOS SILVA, J. (2011). Scanning practices and information sources: an empirical study of firm size. *Journal of Enterprise Information Management*, 24, 268–287.
- [GB19] GABRIEL, A., & BITSCH, V. (2019). Impacts of succession in family business. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 26, 304–324.
- [GKA12] GIOIA, D. A., CORLEY, K. G., & HAMILTON, A. L. (2013). Seeking qualitative rigor in inductive research. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15–31.

- [GMG16] GONZÁLEZ-BENITO, Ó., MUÑOZ-GALLEGO, P. A., & GARCÍA-ZAMORA, E. (2016). Role of collaboration in innovation success: Differences for large and small businesses. *Journal of Business Economics and Management*, 17, 645–662.
- [GRR+20] GORDON, A. V., RAMIC, M., ROHRBECK, R., & SPANIOL, M. J. (2020). 50 Years of corporate and organizational foresight: Looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119966.
- [Gri09] GRIM, T. (2009). Foresight Maturity Model (FMM): Achieving Best Practices in the Foresight Field. *Journal of Future Studies*, 13, 69–80.
- [HL20] HAARHAUS, T., & LIENING, A. (2020). Building dynamic capabilities to cope with environmental uncertainty: The role of strategic foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 120033.
- [HKA21] HADJINICOLAOU, N., KADER, M., & ABDALLAH, I. (2021). Strategic Innovation, Foresight and the Deployment of Project Portfolio Management under Mid-Range Planning Conditions in Medium-Sized Firms. *Sustainability*, 14, 80.
- [HDB+12] HÅKONSSON, DORTHE D, BURTON, R. M., OBEL, B., & LAURIDSEN, J. T. (2012). Strategy Implementation Requires the Right Executive Style: Evidence from Danish SMEs. *Long Range Planning*, 45, 182–208.
- [HFZ15] HATAK, I., FLOH, A., & ZAUNER, A. (2015). Working on a dream: sustainable organisational change in SMEs using the example of the Austrian wine industry. *Review of Managerial Science*, 9, 285–315.
- [Her19] HERBANE, B. (2019). Rethinking organizational resilience and strategic renewal in SMEs. *Entrepreneurship & Regional Development*, 31, 476–495.
- [HGD+17] HINES, A., GARY, J., DAHEIM, C., & VAN DER LAAN, L. (2017). Building Foresight Capacity: Toward a Foresight Competency Model. *World Futures Review*, 9, 123–141.
- [HWR18] HUBER, F., WAINWRIGHT, T., & RENTOCCHINI, F. (2018). Open data for open innovation: managing absorptive capacity in SMEs. *R&D Management*, 50, 31–46.
- [ISD19] IBORRA, M., SAFÓN, V., & DOLZ, C. (2019). What explains the resilience of SMEs? Ambidexterity capability and strategic consistency. *Long Range Planning*, 53, 101947.
- [IMC17] IDEN, J., METHLIE, L. B., & CHRISTENSEN, G. E. (2017). The nature of strategic foresight research: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 87–97.
- [ITG+20] ISENSEE, C., TEUTEBERG, F., GRIESE, K.-M., & TOPI, C. (2020). The relationship between organizational culture, sustainability, and digitalization in SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122944.
- [Kai12] KAIVO-OJA, J. (2012). Weak signals analysis, knowledge management theory and systemic socio-cultural transitions. *Futures*, 44, 206–217.
- [KMV15] KELLER, J., MARKMANN, C., & VON DER GRACHT, H. A. (2015). Foresight support systems to facilitate regional innovations: A conceptualization case for a German logistics cluster. *Technological Forecasting and Social Change*, 97, 15–28.
- [KT21] KLEIN, V. B., & TODESCO, J. L. (2021). COVID -19 crisis and SMES responses: The role of digital transformation. *Knowledge and Process Management*, 28, 117–133.
- [Kon22] KONONIUK, A. (2022). Determinants of Foresight Maturity in SME Enterprises of Poland. *Foresight and STI Governance*, 16, 69–81.
- [MC00] MAJOR, E. J., & CORDEY-HAYES, M. (2000). Engaging the business support network to give SMEs the benefit of foresight. *Technovation*, 20, 589–602.
- [MGP08] MARCATI, A., GUIDO, G., & PELUSO, A. M. (2008). The role of SME entrepreneurs' innovativeness and personality in the adoption of innovations. *Research Policy*, 37, 1579–1590.

- [MAK+22] MARINKOVIĆ, M., AL-TABBAA, O., KHAN, Z., & WU, J. (2022). Corporate foresight: A systematic literature review and future research trajectories. *Journal of Business Research*, 144, 289–311.
- [MR17] MARTÍNEZ-ROMÁN, J. A., & ROMERO, I. (2017). Determinants of innovativeness in SMEs: disentangling core innovation and technology adoption capabilities. *Review of Managerial Science*, 11, 543–569.
- [MPP+21] MATARAZZO, M., PENCO, L., PROFUMO, G., & QUAGLIA, R. (2021). Digital transformation and customer value creation in Made in Italy SMEs: A dynamic capabilities perspective. *Journal of Business Research*, 123, 642–656.
- [MW16] MEISSNER, P., & WULF, T. (2016). Debiasing illusion of control in individual judgment: the role of internal and external advice seeking. *Review of Managerial Science*, 10, 245–263.
- [Men20] MENDY, J. (2020). Staff preferences in four SMEs experiencing organizational change. *Journal of Organizational Change Management*, 33, 331–348.
- [MVH20] MEYER, T., VON DER GRACHT, H. A., & HARTMANN, E. (2020). How Organizations Prepare for the Future: A Comparative Study of Firm Size and Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–13.
- [MSM+21] MIROSHNYCHENKO, I., STROBL, A., MATZLER, K., & MASSIS, D. (2021). Absorptive capacity, strategic flexibility, and business model innovation: Empirical evidence from Italian SMEs. *Journal of Business Research*, 130, 670–682.
- [MG19] MUHLROTH, C., & GROTTKE, M. (2019). Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–18.
- [NM18] NG, H. S., & KEE, D. (2018). The core competence of successful owner-managed SMEs. *Management Decision*, 56, 252–272.
- [NAL19] NORTH, K., ARAMBURU, N., & LORENZO, O. J. (2019). Promoting digitally enabled growth in SMEs: a framework proposal. *Journal of Enterprise Information Management*, 33, 238–262.
- [PLL15] PARNELL, J. A., LONG, Z., & LESTER, D. (2015). Competitive strategy, capabilities and uncertainty in small and medium sized enterprises (SMEs) in China and the United States. *Management Decision*, 53, 402–431.
- [PZS12] PELTIER, J. W., ZHAO, Y., & SCHIBROWSKY, J. A. (2012). Technology adoption by small businesses: An exploratory study of the interrelationships of owner and environmental factors. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 30, 406–431.
- [PDN18] POURU, L., DUFVA, M., & NIINISALO, T. (2018). Creating organisational futures knowledge in Finnish companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 84–91.
- [Roh10] ROHRBECK, R. (2010). Towards a maturity model for organizational future orientation. *Academy of Management Proceedings*, 2010, 1–6.
- [RBH15] ROHRBECK, R., BATTISTELLA, C., & HUIZINGH, E. (2015). Corporate foresight: An emerging field with a rich tradition. *Technological Forecasting and Social Change*, 101, 1–9.
- [RK18] ROHRBECK, R., & KUM, M. E. (2018). Corporate foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 105–116.
- [RS13] ROHRBECK, R., & SCHWARZ, J. O. (2013). The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting and Social Change*, 80, 1593–1606.
- [RMS22] RUBIO-ANDRÉS, M., MAR, DEL, & SASTRE-CASTILLO, M. Á. (2022). Driving innovation management to create shared value and sustainable growth. *Review of Managerial Science*, 16, 2181–2211.
- [SLA+21] SALEEM, H., LI, Y., ALI, Z., AYYOUB, M., WANG, Y., & MEHREEN, A. (2021). Big data use and its outcomes in supply chain context: the roles of information sharing and technological innovation. *Journal of Enterprise Information Management*, 34, 1121–1143.

- [SVM+22] SALGADO, M., VALERIA, MARTÍNEZ, M., LÓPEZ-SANZ, M., & MARTÍN-PEÑA, MARÍA LUZ. (2022). Driving organisational change in SMEs using service design. *Journal of Service Theory and Practice*, 32, 701–736.
- [SAC17] SANTOS, C., ARAÚJO, M., & CORREIA, N. (2017). A methodology for the identification of strategic technological competences: An application in the sheet metal equipment industry. *Futures*, 90, 31–45.
- [SM16] SARPONG, D., & MACLEAN, M. (2016). Cultivating strategic foresight in practise: A relational perspective. *Journal of Business Research*, 69, 2812–2820.
- [SRW19] SCHWARZ, J. O., ROHRBECK, R., & WACH, B. (2019). Corporate foresight as a microfoundation of dynamic capabilities. *Futures & Foresight science*.
- [SHM19] SCHWEITZER, N., HOFMANN, R., & MEINHEIT, A. (2019). Strategic customer foresight: From research to strategic decision-making using the example of highly automated vehicles. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 49–65.
- [SYM+19] SHAH, H. A., YASIR, M., MAJID, A., YASIR, M., & JAVED, A. (2019). Promoting strategic performance through strategic orientation and strategic renewal: A moderated mediation model. *Management Decision*, 58, 376–392.
- [SK16] SIRÉN, C., & KOHTAMÄKI, M. (2016). Stretching strategic learning to the limit: The interaction between strategic planning and learning. *Journal of Business Research*, 69, 653–663.
- [Sny19] SNYDER, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. Science direct.
- [SP19] SONIEWICKI, M., & PALISZKIEWICZ, J. (2019). The Importance of Knowledge Management Processes for the Creation of Competitive Advantage by Companies of Varying Size. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 7, 43–63.
- [SCK10] SPITHOVEN, A., CLARYSSE, B., & KNOCKAERT, M. (2010). Building absorptive capacity to organise inbound open innovation in traditional industries. *Technovation*, 30, 130–141.
- [SR14] SU, P., & REN, S. (2014). Sustaining Competitiveness in the Economic Recession: Exploration and Exploitation in Two Small- and Medium-Sized Enterprises in a Developing Economy (U. Stettner, Aharonson, Barak S, & T. L. Amburgey, Eds.). Emerald Group Publishing Limited.
- [SHC20] SUNDSTRÖM, A., HYDER, A. S., & CHOWDHURY, E. H. (2020). Market-oriented business model for SMEs' disruptive innovations internationalization. *Marketing Intelligence & Planning*, 39, 670–686.
- [SLP19] SUVONOVA, H., LEE, J., & PARK, T. (2019). Organizational preparedness for corporate entrepreneurship and psychological capital: does the managerial level matter? *Asian Journal of Technology Innovation*, 27, 359–376.
- [SO16] SWOBODA, B., & OLEJNIK, E. (2016). Linking Processes and Dynamic Capabilities of International SMEs: The Mediating Effect of International Entrepreneurial Orientation. *Journal of Small Business Management*, 54, 139–161.
- [TPS97] TEECE, D. J., PISANO, G., & SHUEN, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18, 509–533.
- [TDS03] TRANFIELD, D., DENYER, D., & SMART, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14, 207–222.
- [Vec15] VECCHIATO, R. (2015). Strategic planning and organizational flexibility in turbulent environments. *Foresight*, 17, 257–273.
- [VR10] VECCHIATO, R., & ROVEDA, C. (2010). Strategic foresight in corporate organizations: Handling the effect and response uncertainty of technology and social drivers of change. *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 1527–1539.

- [VBT+15] VON DER GRACHT, H. A., BAÑULS, V. A., TUROFF, M., SKULIMOWSKI, A. M. J., & GORDON, T. J. (2015). Foresight support systems: The future role of ICT for foresight. *Technological Forecasting and Social Change*, 97, 1–6.
- [VVD10] VON DER GRACHT, H. A., VENNEMANN, C. R., & DARKOW, I.-L. (2010). Corporate foresight and innovation management: A portfolio-approach in evaluating organizational development. *Futures*, 42, 380–393.
- [WFD14] WEIGAND, K., FLANAGAN, T., DYE, K., & JONES, P. (2014). Collaborative foresight: Complementing long-horizon strategic planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 85, 134–152.
- [WGS18] WIENER, M., GATTRINGER, R., & STREHL, F. (2018). Collaborative open foresight - A new approach for inspiring discontinuous and sustainability-oriented innovations. *Technological Forecasting and Social Change*, 119370.
- [WCB17] WIESNER, R., CHADEE, D., & BEST, P. (2017). Managing Change Toward Environmental Sustainability: A Conceptual Model in Small and Medium Enterprises. *Organization & Environment*, 31, 152–177.
- [WM11] WIESNER, R., & MILLETT, B. (2011). Strategic approaches in Australian SMEs: Deliberate or emergent? *Journal of Management & Organization*, 98–122.
- [YKV+19] YOON, J., KIM, Y. J., VONORTAS, N. S., & HAN, S. W. (2019). A moderated mediation model of technology roadmapping and innovation: The roles of corporate foresight and organizational support. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 61–73.
- [ZXT10] ZENG, S. X., XIE, X. M., & TAM, C. M. (2010). Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30, 181–194.
- [ZBS16] ZIEBA, M., BOLISANI, E., & SCARSO, E. (2016). Emergent approach to knowledge management by small companies: multiple case-study research. *Journal of Knowledge Management*, 20, 292–307.

Anhang

Kategorie	Hauptfrage	Erklärende Frage/Beispiel
1. General Info	Stellen Sie sich und Ihr Unternehmen bitte kurz vor.	Ungefährer Umsatz? In welcher Industrie/Branche sind Sie tätig? Wie viele Internationale Handelspartner? Regionale Vernetzung? etc.
1.1	Wie viele Mitarbeiter hat Ihr Unternehmen?	
1.2	Wie stark in ein Netzwerk eingebettet? Wertschöpfungskette oder Netzwerk?	
2. Foresight	Nutzen Sie Technologien/Tools zur strategischen Vorausschau und wenn ja, welche und wie? Geben Sie uns bitte ein Beispiel.	Foresight beschäftigt sich mit der Vorhersage von möglichen, unternehmensrelevanten Entwicklungen außerhalb der Unternehmensumgebung.
2.1	Wird zwischen kurz, mittel und langfristiger Foresight unterschieden?	
2.2	Was sind Ihre größten unternehmerischen Risiken? Bereiten Sie sich auf diese vor?	Unternehmerische Risiken: Wegbrechen von Kunden/Partnern/Mitarbeitern/Liquidität etc.

3. Kompetenzen	Wie gehen Sie mit potenziellen äußeren Gefahren um? Wie gehen Sie mit einem eintretenden Krisenfall in Ihrem Unternehmen um? Nennen Sie uns bitte ein Beispiel und führen Sie uns durch den Prozess.	
3.1	Wie sieht der Gefahrerkennungsprozess im Alltag aus?	Wie viel Zeit wird auf die Gefahrerkennung verwendet? Gibt es eine designierte Person?
3.3	Wie könnten Ihre jetzigen Prozesse bzgl. der Gefahrerkennung verbessert werden?	Welche Informationen sind für Sie am wichtigsten, um rechtzeitig auf äußerliche Gefahren reagieren zu können?
3.4	Welche Lehren ziehen Sie aus vergangenen Krisen? In welcher Form wird es festgehalten?	Wurden auf Grund der Erfahrungen mit vergangenen Krisen betriebliche Prozesse dauerhaft verändert?
3.5	Welche Informationen sind für Sie am wichtigsten?	Welche für Sie wichtigen Informationen sind schwer zu bekommen? Was würden Sie sich wünschen? (Instrumente, Prozesse etc.)

Autoren

Leon Raszta, M.Sc. studierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Potsdam. Seit 2023 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IAO und Doktorand von Prof. Dr. Katharina Hölzle. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf KMU, deren Verhalten im Foresight-Kontext und die damit verbundenen Rahmenbedingung so wie strategische Implementation und Anwendung von Foresight.

Prof. Dr. Katharina Hölzle studierte Wirtschaftsingenieurwesen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Wirtschaftsingenieurwesen studiert, an der University of Georgia, Athens, GA ihren MBA gemacht und dann zunächst in der Wirtschaft bei Infineon Technologies, Capgemini und einem amerikanischen Start-up-Unternehmen gearbeitet. 2008 promovierte sie an der TU Berlin, arbeitete dort als Junior-Professorin und habilitierte sich im Jahr 2011. Sie war von 2011 bis 2019 Professorin für Innovationsmanagement und Entrepreneurship an der Universität Potsdam und von 2019-2022 Fachgebietsleiterin IT-Entrepreneurship am Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam. Sie ist stellvertretende Vorsitzende der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) und ehem. Mitglied des Hightech-Forums der Bundesregierung. Seit dem 1. April 2022 leitet Prof. Dr. Katharina Hölzle das Institut für Arbeitswissenschaft IAT der Universität Stuttgart sowie das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen das Technologie- und Innovationsmanagement, die digitale Transformation und soziotechnische Systeme in Gründung und Innovation.

Session III

Mehr Innovationen durch Venture Clienting – Fallstudie zur Initiative „Stratosfare“

Fabian Machon, M. Sc.

Lennard Haarmann, M. Sc.

Dr.-Ing. Martin Rabe

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM

Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn

Tel. +49 (0)5251-5465-288, Fax. +49 (0)5251-5465-102

E-Mail: {fabian.machon/lennard.haarmann/martin.rabe/roman.dumitrescu}@iem.fraunhofer.de

Marie Bierbüsse, M. Sc.

Dr.-Ing. Mareen Tack

WAGO GmbH & Co.KG

Hansastraße 27, 32423 Minden

Tel. +49 (0) 571-887-0

E-Mail: {marie.bierbuesse/mareen.tack}@wago.com

Rebecca Hanke, M. Sc.

Daniel Kinder, M. Sc.

Miele & Cie. KG

Carl-Miele-Straße 29, 33332 Gütersloh

Tel. +49 (0) 5241 89-609 -40 / -72

E-Mail: {rebecca.hanke/daniel.kinder}@miele.com

Zusammenfassung

In der Zusammenarbeit mit Start-ups sehen viele Unternehmen eine wichtige Säule in der Entwicklung von Innovationen als auch der Weiterentwicklung des Unternehmens durch neue Geschäftsfelder. In den letzten Jahren haben Unternehmen mit unterschiedlichen Kooperationsformen experimentiert – allen voran über Beteiligungen mit Corporate Venture Capital. Venture Clienting ist eine weitere, aber vergleichsweise weniger bekannte Kooperationsform: Unternehmen werden zu Kunden von Start-ups und dies mit unterschiedlichen Zielen. Die Initiative „Stratosfare“ des Innovations- und Spitzenclusters it's OWL ermöglicht Unternehmen den Einstieg und die Skalierung des Venture Clientings.

Die Fallstudie beschreibt „Stratosfare“ aus drei Perspektiven. Aus Sicht eines Innovationsclusters werden Zielsetzung und Aufbau sowie wichtige Erfahrungen gezeigt. Schwerpunkte sind die Wirkung auf die Region Ostwestfalen-Lippe sowie die Zusammenarbeit mit anderen Innovationsclustern, u. a. in Schweden, Singapur und Malaysia. Aus Sicht von Unternehmen werden

Vorgehen, Potentiale und Herausforderungen für das Venture Clienting für Organisationen gezeigt. Hierzu wurde der Ansatz „Scout, Create, Integrate“ entwickelt, welcher das Venture Clienting aus Sicht eines Unternehmens beschreibt. Aus Sicht der Innovationsforschung wird der in Stratosfare entwickelte „PUSH-PULL-Ansatz“ gezeigt, der zwei Wege von Start-ups in ein Unternehmen zeigt, wann welcher Weg am besten funktioniert sowie Vorgehensweisen zur Umsetzung.

Im Resümee werden die wesentlichen Fragen aufgezeigt, welche aus Sicht von Innovationsclustern, Unternehmen als auch der Innovationsforschung noch beantwortet werden müssen. Hierzu wird das in 2022 gestartete Innovationsprojekt „inno.venture“ (Innovationsmanagement mithilfe des Venture Clientings) beschrieben, welches sich als Begleitforschung von Stratosfare genau diesen Fragen widmet.

Schlüsselworte

Venture Clienting, Venture Client Modell, Corporate Start-up Kollabortion, Corporate Venturing, Open Innovation, Innovationscluster, Innovationsmanagement

Corporate Innovation with Venture Clienting – Case Study of the Initiative "Stratosfare"

Abstract

Many companies see cooperation with Start-ups as an important pillar in the development of innovations as well as the further development of the company through new business areas. In recent years, companies have experimented with different forms of cooperation - first and foremost through investments with corporate venture capital. Venture clienting is another but comparatively less well-known form of cooperation: companies become clients of Start-ups and do so with different goals. The initiative "Stratosfare" of the innovation and leading-edge cluster it's OWL enables companies to enter and scale venture clienting.

The case study describes "Stratosfare" from three perspectives. From the point of view of an innovation cluster, the objectives and structure as well as important experiences are shown. The focus is on the impact on the region Ostwestfalen-Lippe as well as the cooperation with other innovation clusters, e.g. in Sweden, Singapore and Malaysia. From the perspective of companies, the approach, potentials, and challenges for venture clienting for organizations are shown. For this purpose, the approach "Scout, Create, Integrate" was developed, which describes venture clienting from a company's point of view. From the perspective of innovation research, the "PUSH-PULL approach" developed in Stratosfare is shown, which shows two paths of Start-ups into a company, when which path works best as well as procedures for implementation.

In the résumé, the most important questions that still need to be answered from the perspective of innovation clusters, companies and innovation research are highlighted. For this purpose, the innovation project "inno.venture" (innovation management with the help of venture clienting), which started in 2022, is described, which is dedicated to exactly these questions as accompanying research of Stratosfare.

Keywords

Venture Clienting, Venture Client Model, Corporate Start-up Collaboration, Corporate Venturing, Open Innovation, Innovation Cluster, Innovation Management

1 Einleitung

In den letzten Jahren verbreitet sich das Venture Client Modell als vielversprechende Kooperationsform zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups. Dabei werden Unternehmen zu Kunden von Start-ups, um Innovationen zu entwickeln und neue Geschäftsfelder zu erschließen. Auch Innovationscluster haben erkannt, dass die Integration von Start-ups ein wichtiger Bestandteil ihrer Aktivitäten sein sollte [EZ18], [CE20]. Ein Beispiel hierfür ist das Innovationscluster it's OWL (Intelligente Technische System Ostwestfalen-Lippe), welcher mit der Initiative „Stratosfare“ das Venture Client Modell im Cluster etablieren will. Es existieren bereits einige wenige Beispiele, wie Venture Clienting durch eine Gruppe von Unternehmen organisiert wird. Das Modell ist jedoch generell sehr neu und wird zum großen Teil durch einzelne, große Unternehmen für sich selbst organisiert.

In dem vorliegenden Beitrag wird eine Fallstudie zu der Initiative Stratosfare gezeigt, um das Venture Clienting selbst sowie dessen Integration in einem Cluster aus drei Perspektiven zu zeigen. Die verschiedenen Perspektiven zeigen ein differenziertes Bild und die Möglichkeiten des Venture Clienting, welche nur auf den ersten Blick trivial erscheinen. Aus Sicht der Clusterorganisation steht die Stärkung der Innovationskraft der regionalen Unternehmen im Vordergrund, wodurch neben dem eigentlichen Venture Clienting-Prozess auch Spill-Over Effekte wichtig sind. Unternehmen betrachten Venture Clienting als eine Möglichkeit des Innovationsmanagements und die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen als Möglichkeit des gemeinsamen Lernens und Hebung von Synergie-Effekten. Für die Innovationsforschung ist das Thema durch die Neuheit an sich interessant, aber auch durch die Verstärkung des Open Innovation Effekts. Zum einen ist Venture Clienting ein effektive Methode zur Anwendung von Open Innovation. Wenn sich mehrere Unternehmen für das Thema zusammenschließen, verstärkt sich dieser Effekt, Impulse von außen in das Unternehmen zu integrieren, durch die Austauschrunden und Lerneffekte zwischen den Unternehmen nochmals.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist ein gesamtheitliches Bild zum Thema Venture Clienting in Innovationsclustern anhand von Stratosfare zu zeigen. Das Bild wird aus drei Perspektiven gezeigt, welche alle nach dem gleichen Schema aufgebaut sind: Es folgt eine Beschreibung der Funktionsweise und darauf aufbauend werden Potential als auch Herausforderungen gezeigt, von denen einige bereits adressiert werden und andere noch nicht. Abschnitt 2 zeigt den Rahmen mit einer Einführung in das Thema Innovationscluster sowie Venture Clienting als eine Form des Corporate Venturings. Abschnitt 3 zeigt die Forschungsmethodik und Informationsquellen für die Fallstudie. Abschnitt 4 ist der Hauptteil und zeigt die Ergebnisse aus den drei Perspektiven Innovationscluster, Unternehmen und Innovationsforschung. Abschnitt 5 fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen und zeigt offene Forschungsfragen, welche in einem aktuell laufenden Forschungsprojekt adressiert werden.

2 Corporate Venturing in Innovationsclustern

2.1 Innovationscluster

Regionale Innovationökosysteme gewinnen trotz oder gerade wegen der fortschreitenden Globalisierung weiter an Bedeutung [HM04], [Bec07]. PORTER definiert diese regionalen Ökosysteme als Cluster mit geografischer Konzentration von Unternehmen in einer bestimmten Branche und/oder mit einer bestimmten Technologie. Dazu gehören ebenfalls Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette wie Kunden, spezialisierte Zulieferer von Komponenten oder Maschinen und Anlagen sowie Dienstleister. Weitere Mitglieder von Innovationsclustern sind Forschungs- und Bildungseinrichtungen, die in der Entwicklung neuer Technologien tätig sind, sowie Regierungs- und Wirtschaftsorganisationen, die die Entwicklung der Branche oder Technologie unterstützen [Por98]. Zudem kann das Cluster institutionell durch ein Clustermanagement geführt werden, um übergreifende Aktivitäten zu koordinieren [Pit12], [TL14]. Cluster erzeugen Wettbewerbsvorteile für die Mitglieder in drei Dimensionen:

- **Steigerung der Innovationskraft:** Durch einen erhöhten Wissensaustausch und die enge Kooperation der Akteure werden Möglichkeiten für Innovationen sichtbar. Diese Innovationen werden durch die Akteure im Cluster gemeinsam realisiert [Por03].
- **Steigerung der Produktivität:** Die Spezialisierung ermöglicht den Unternehmen einen besseren Zugang zu Ressourcen (Personal, Zulieferern, Forschungseinrichtungen) und erzeugt durch viele Unternehmen im gleichen Feld einen erhöhten Wettbewerbsdruck, was zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess führt [Kra11], [ZR09].
- **Steigerung der Anzahl von Unternehmensgründungen:** Durch die clusterspezifische Infrastruktur entstehen tendenziell mehr neue Unternehmen, da z. B. Nachfrage nach spezialisierten Zulieferern entsteht [Por03], [Kra11].

Es wird von Innovationsclustern gesprochen, wenn Cluster sich auf die Anbahnung und Wegbereitung von Innovationen konzentrieren [Eng14]. Der Technologietransfer findet dabei über die Zusammenarbeit von Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen statt und wird in der Regel institutionell durch ein Clustermanagement und Regierungsorganisationen gefördert [KM12]. Das Konzept der Triple Helix beschreibt diese Verzahnung der drei Akteure innerhalb eines Innovationscluster [EL95]. Um mit dem immer schnelleren Innovationstempo mitzuhalten, müssen sich Cluster und ihre Akteure weiterentwickeln. Ein wichtiger Trend ist hierbei die Kooperation mit Start-ups, welche als Akteure in Clustern eintreten [Pit12].

Start-ups zeichnen sich durch ihre innovativen Ideen und agilen Organisationsstrukturen aus und bieten somit eine wertvolle Ergänzung zu Universitäten und Forschungseinrichtungen. Allerdings ist die Zusammenarbeit zwischen Start-ups und etablierten Unternehmen oft noch nicht ausgereift und es gibt noch viel Potenzial für Verbesserungen [BGD+19]. Methoden, die diese Zusammenarbeit charakterisieren, werden Corporate Venturing Mechanismen genannt. Im nachfolgenden Kapitel werden diese einzelnen Methoden kurz beschrieben.

2.2 Corporate Venturing und Einordnung des Venture Client Modells

Corporate Venturing ist ein Teil des Open Innovation Paradigmas [HEH+21]. Es setzt auf die Internalisierung von externem Wissen durch die Kollaboration mit Start-ups. Start-ups sind aus vielerlei Gründen attraktive Kollaborationspartner für etablierte Unternehmen. Aufgrund ihres spezialisierten Wissens verfügen sie über hochinnovative Technologien, Produkte und Services [Kin21], [Kur19]. Etablierten Unternehmen bietet sich so die Möglichkeit, ihre Prozesse zu optimieren, bestehende Produkte zu verbessern oder gänzlich neue Geschäfte zu erschließen [Pet19]. Start-ups zeichnen sich des Weiteren durch eine hohe Agilität aufgrund flacher Hierarchien, schneller Prozesse sowie einer informellen Kommunikation aus [Sim19], [Sch21]. Darüber hinaus macht ihre innovationsfördernde Arbeitskultur Start-ups zu attraktiven Kollaborationspartnern [WE22]. Zur Strukturierung der Kollaboration existieren unterschiedliche Corporate Venturing-Methoden (CV-Methoden). Bild 1 gibt einen Überblick.

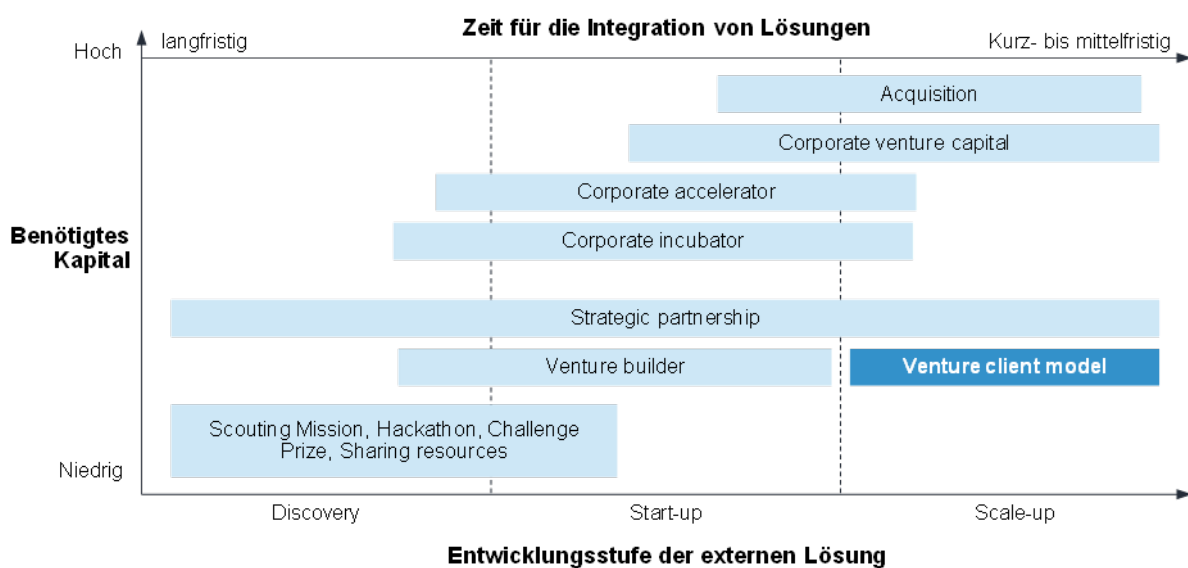


Bild 1: Corporate Venturing Mechanismen im Vergleich [SAR+20]

Die Anordnung der CV-Methoden folgt einer Logik. Je höher der Reifegrad der Start-up-Lösung, desto kürzer ist die Zeit bis zur Integration. Gleichzeitig steigt mit zunehmender Reife der Start-up-Lösung das zur Lösungsintegration benötigte Kapital. So benötigen VC-Methoden wie Scouting Missionen, Hackathons, aber auch Venture Builder und Strategic Partnerships eher weniger Kapital, liefern aber auch Start-ups deren Integration ins Unternehmen länger dauern würde, da ihre Entwicklungsstufe normalerweise geringer ist. Andere klassische CV-Methoden wie Corporate Incubator / Accelerator, Corporate Venture Capital oder Acquisitions benötigen wesentlich mehr Kapital und Ressourcen, liefern dafür aber reifere Lösungen, die schneller ins Unternehmen integriert werden können. Das Venture Client Modell bricht mit dieser Logik. Es ermöglicht die schnelle Integration von weitentwickelten Start-up-Lösungen bei gleichzeitig geringem Kapitalbedarf. Durch das schnelle Testen von Lösungen und einer anschließend angestrebten Lieferantenbeziehung wird die Integration erleichtert und dadurch beschleunigt. Es ist daher besonders attraktiv für etablierte Unternehmen und soll im Folgenden näher beleuchtet werden. Venture Clienting wurde 2014 von GIMMY ET AL. bekannt gemacht, als es umfangreich bei BMW angewendet wurde und hierzu eine eigene Einheit gegründet

wurde – die BMW Start-up Garage [GKS+17-ol], [SAR+20]. Seitdem wurde das Venture Client Modell von einer Vielzahl weiterer Unternehmen wie Continental, Lafrage Holcim oder Telefonica angewendet [GKS+17-ol], [KW20]. Die Grundidee ist: Ein etabliertes Unternehmen stellt einem Start-up ein Budget zur Verfügung, welches im Gegenzug dessen Technologien, Produkt oder Service auf die Produkte, Prozesse oder das Geschäftsmodell des Unternehmens anwendet [GKS+17-ol]. Es werden keine Unternehmensanteile oder IP übertragen, sondern lediglich eine Dienstleistung oder ein Prototyp geliefert [ES20]. Das Modell wird deshalb auch als Start-up-Supplier-Modell bezeichnet. Bild 2 zeigt die Funktionsweise, wobei es unterschiedliche Ausprägungen und Abläufe gibt, das Modell zu nutzen.

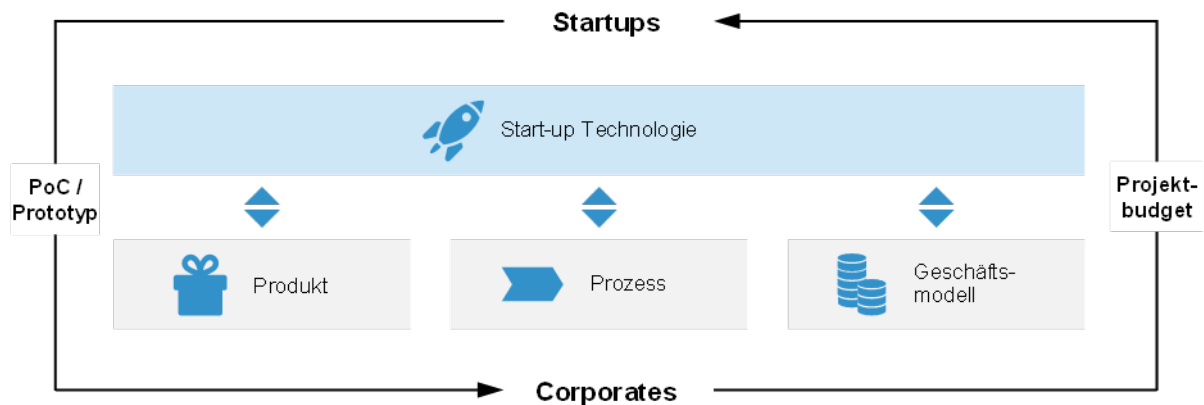


Bild 2: Funktionsweise des Venture Client Modell

Das Ziel sind neue Produkte oder Produktfeature, verbesserte Prozesse oder neue Geschäftsmodelle für das Unternehmen [KW20]. Als Nebenprodukt entsteht eine Art technische Due Diligence, da die Zusammenarbeit gleichzeitig Einblicke in das Start-up und dessen Technologie gibt [GKS+17-ol]. Um beispielsweise die Integrierbarkeit der Start-up-Lösung zu validieren, erwerben die Unternehmen Muster der Lösung und testen sie unter realen Bedingungen [GKS+17-ol]. Auf diese Weise werden sie zu zahlenden Kunden des Start-ups, dem Venture Client [Gim22].

Im Vergleich zu anderen Formen des Corporate Venturing bietet das Modell verschiedene Vorteile für Unternehmen als auch Start-ups. Die Integration der Start-up-Lösung dauert in der Regel nicht länger als sechs Monate [MSS21], [VKK+21]. Niedrige Fixkosten für den Betrieb des Modells ermöglichen den schnellen Einstieg ins Modell gegenüber anderen Methoden [GKS+17-ol]. Das Modell ist schnell skalierbar, da jegliche Geschäfts- und Fachbereiche zum „Venture Client“ werden können und nicht alles auf einer speziellen (Digital-) Einheit lasten muss [GKS+17-ol]. Auf der anderen Seite profitieren Start-ups, da diese als Lieferant des Unternehmens Einnahmen generieren, die sie zur Finanzierung der Weiterentwicklung ihres Unternehmens und Produkts benötigen, ohne dabei Anteile am Unternehmen abzugeben [SAR+20]. Weiterhin profitieren die Start-ups durch namhafte Referenzen sowie durch Branchen- und Fachwissen, welches die Unternehmen während der Projektphase zur Verfügung stellen [GKS+17-ol], [ES20]. Es wird deutlich, dass es sich um eine Art des Technologietransfers handelt, welcher für Innovationscluster von Bedeutung ist.

3 Forschungsmethodik

Der Beitrag zeigt die Ergebnisse einer explorativen Fallstudie in Anlehnung an YIN [Yin94], da Stratosfare vergleichsweise einzigartig ist und der Fall aufschlussreich für die weitere Forschung im Bereich Venture Clienting ist, welche wiederum selbst noch wenig ausgeprägt ist. Die Autoren sind am Aufbau als auch dem operativen Betrieb beteiligt, wodurch der Fallstudie sehr viele und detaillierte Informationen zu Grunde liegen. Bild 3 zeigt die Entwicklungsschritte, Akteure und Informationen als Datenquellen in der Übersicht.

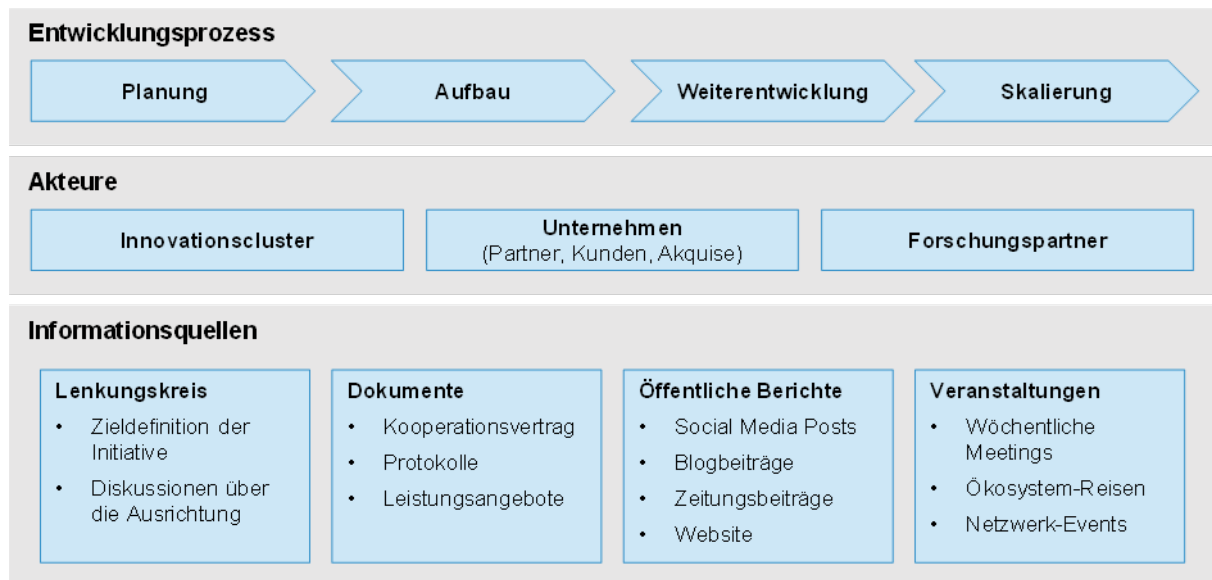


Bild 3: Entwicklungsschritte, Akteure und Informationen der Initiative Stratosfare

Ziel des Beitrags ist ein gesamtheitliches Bild zum Thema Venture Clienting in Innovationsclustern anhand von Stratosfare zu zeigen. Eine Limitation ist die subjektive Sicht der Autoren auf das Thema, welche durch die drei Perspektiven Cluster, Unternehmen und Innovationsforschung ein Stück reduziert werden kann. Jede Perspektive hat eigene Schwerpunkte in der Betrachtung und eine andere Bewertungsgrundlage für Potential und Herausforderungen, wodurch ein unter den gegebenen Umständen ganzheitliches Bild entsteht. Im Fazit führt die explorative Fallstudie zu weiteren Forschungsfragen, die zukünftig durch empirische Ansätze beleuchtet werden können.

4 Fallstudie „Stratosfare“ aus drei Perspektiven

Im Folgenden wird Venture Clienting und die Initiative Stratosfare aus drei Perspektiven beschrieben: Innovationscluster, Unternehmen und Innovationsforschung. Die Perspektive der Innovationscluster zeigt am Beispiel des Cluster it's OWL, wie Venture Clienting in einem Konsortium organisiert werden kann, wie Cluster profitierten und wo die Herausforderungen liegen. Die Perspektive der Unternehmen zeigt, wie Unternehmen das Thema Venture Clienting in der eigenen Organisation aufbauen und es dann skalieren, da es vergleichsweise neu ist. Die Perspektive der Innovationsforschung zeigt Venture Clienting als eine Form des Innovationsmanagements und bringt die beiden anderen Perspektiven zusammen, um Forschungsfragen für ein Ende 2022 gestartetes Forschungsprojekt abzuleiten.

4.1 Perspektive Innovationscluster: Neues Tech-Transfer-Modell

Der folgende Abschnitt beschreibt die Historie und damit Motivation für Innovationscluster, das Venture Clienting als ein Technologietransfer-Format einzuführen. Die Beschreibung des Aufbaus zeigt die ersten Erfahrungen zu Organisation und dem Zusammenarbeitsmodell, um Lessons Learned und noch offene Fragen abzuleiten.

Historie

Der Innovationscluster it's OWL besteht aus mehr als 150 Unternehmen sowie zahlreichen Forschungsinstituten aus der Region OWL, welche gemeinsam an der Entwicklung intelligenter technischer Systeme (ITS) arbeiten [it'23-ol]. Basis ist eine Strategie sowie unterschiedliche Zusammenarbeitsmodelle, welche fortlaufend weiterentwickelt werden. Eine wichtige Konstante ist der Grundgedanke, dass durch Austausch von Wissen über Technologien, Methoden etc. schnellerer Fortschritt möglich ist, als wenn einzelne Organisationen alleine an einer Entwicklung arbeiten. Dieser triviale Grundgedanke wird durch vielfältige „Technologie Transfer“-Formate in die Praxis umgesetzt [Mei01], [Rau13], [Pre16]. Bisher beschränkte sich die Zusammenarbeit vornehmlich auf etablierte Unternehmen (von KMU bis Großunternehmen) und Forschungseinrichtungen sowie Universitäten. Auf Initiative des Unternehmens Miele wurde das Venture Clienting aufgegriffen und zu einem weiteren „Technologie Transfer“-Format weiterentwickelt, wodurch Start-ups zu einem „Transfer-Geber“ werden.

Aufbau von Stratosfare bei it's OWL

Grundgedanke von Stratosfare ist die Nutzung von Synergie- und Skalen-Effekten beim Aufbau und dem Betrieb von Venture Clienting sowie mit einer eigenen Marke eine stärkere Sichtbarkeit von Region und Unternehmen in Start-up-Ökosystemen zu schaffen. Die Initiative Start-up-Autobahn organisiert Venture Clienting für ein Konsortium von Unternehmen in der Automobilindustrie und diente Anfangs als Vorbild, wobei sich mit der Zeit viele Unterschiede ergaben [MFK+19]. Andere ähnliche Initiativen finden sich in Schweden mit IGNITE oder Combi-ent Foundry, Spanien mit BIND 4.0 und Finnland mit Rapid Tampere [IGN23-ol], [Com23-ol], [Bas23-ol], [Rap23-ol].

Die Gründungspartner sind it's OWL, Miele, WAGO und das Fraunhofer IEM, welche gleichzeitig das Kernteam bilden. Das Team übernimmt Aufgaben zum Aufbau als auch dem operativen Betrieb. Zum Aufbau gehörte die Schaffung von Prozessen und Zusammenarbeitsmodellen, einer Marke sowie internes und externes Marketing. Zum operativen Betrieb gehört das Scouting nach Start-ups sowie die Organisation von Events und das Nachhalten und Betreuen von Pilotprojekten. Das Fraunhofer IEM hat ein eigenes Vorgehen zum Scouting entwickelt, um die wesentlichen Trends abzudecken und den Scouting Prozess (das Finden des „richtigen“ Start-ups) für eine wachsende Gruppe an Unternehmen zu ermöglichen, da ein einfaches Suchen in Datenbanken und per Suchmaschine nicht ausreicht. Eine eigene Software-Plattform bildet einen Großteil des Prozesses ab, d. h. es können Scouting-Anfragen gestellt, Ergebnisse sortiert und alle Start-ups als auch Projekte der Initiative eingesehen werden. Die Daten sind miteinander verknüpft und die Unternehmen teilen das Wissen, d. h. alle können alles sehen.

Der wirtschaftliche Betrieb wird über die it's OWL Clustermanagement GmbH abgewickelt, dessen Gesellschafter der it's OWL e.V. ist, wodurch die Initiative den Mitgliedsunternehmen

von it's OWL gehört. Die Initiative soll keinen Gewinn erwirtschaften, nimmt jedoch auch keine Fördermittel in Anspruch. Ein Lenkungskreis bestimmt über die weitere Ausrichtung, wobei jedes feste Mitglied der Initiative ein Stimmrecht hat.

Vorteil Innovationscluster – Weltweite Vernetzung und Start-ups als Influencer

Der Anspruch von Stratosfare ist es Start-ups in den Tech-Transfer bei it's OWL zu integrieren und den etablierten Unternehmen Zugriff auf neuste Technologien zu ermöglichen. Start-ups aus der Region OWL sind bevorzugte Partner, wobei die Initiative von Beginn an international aufgebaut werden sollte, um Trends weltweit miteinzubeziehen. Der Vorteil von Stratosfare ist ein komplementäres Zielsystem mit anderen Clustern und ähnlichen Organisationen (z. B. Wirtschaftsförderungen) weltweit: Mit Stratosfare werden Start-ups mit neuen Technologien und innovativen Produkten gesucht. Andere Cluster oder regionale Start-up-Initiativen haben das Ziel Start-ups zu fördern, indem diese z. B. frühe Kunden finden. So baut Stratosfare ein weltweites Netz aus sog. Ecosystem-Partnern auf, welche Interesse daran haben, dass Start-ups aus deren Netzwerk oder Portfolio ihren Weg zu Stratosfare finden. Das Scouting und die persönliche Ansprache werden erheblich effektiver und effizienter. Das Modell ist nach bisherigen Erfahrungen der Zusammenarbeit mit Dienstleistern (sog. Start-ups-Scouts) in beiden Dimensionen weit überlegen, wenngleich die Dienstleister in einigen Bereichen weiterhin eine Hilfe sind.

Die Zusammenarbeit mit Start-ups weltweit ist aus Sicht von Innovationsclustern eine Form des Standort-Marketings. Gemeinsam mit den Ecosystem Partnern wird nicht nur das Scouting organisiert, sondern auch Reisen von den Mitgliedsunternehmen von Stratosfare in die Region, wo sich Unternehmen und Start-ups dann z. B. auf einem dedizierten Stratosfare Pitch Event persönlich kennenlernen. Wenn es dann noch zu einem PoC-Projekt kommt, lernen Start-ups die Region OWL und dessen Unternehmen intensiv kennen und teilen ihre Erfahrungen. Gleichzeitig profitiert die Zielregion der Reise, welche die Unternehmen aus OWL intensiv kennenlernt, da in der Regel noch Lab-Tours u.ä. stattfinden, wodurch wieder eine Win-Win-Situation zwischen Stratosfare und den Ecosystem Partnern entsteht.

Neuartiges Modell und Finanzierung als Herausforderung

Venture Clienting ist vergleichsweise neu, wodurch Stratosfare nicht selbsterklärend ist. Stratosfare bedient einen zweiseitigen Markt aus Start-ups und Unternehmen und muss beide Akteure auf die Plattform bekommen, um zu wachsen. Für Start-ups ist Venture Clienting eine selbstverständliche und gewinnbringende Form der Zusammenarbeit mit Unternehmen, um das eigene Unternehmen weiterzuentwickeln, wodurch das Interesse an Stratosfare groß ist. Für etablierte Unternehmen ist die Zusammenarbeit mit Zulieferern und Entwicklungsdienstleistern selbstverständlich. Trotzdem war das Verständnis für das Modell und dessen Vorteile auf Seite der Unternehmen nicht direkt gegeben und die Zusammenarbeit mit Start-ups erscheint für die Unternehmen als große Herausforderungen. Da Stratosfare durch Mitgliedschaftsbeiträge der Unternehmen finanziert wird, wurden neue Einstiegsangebote für Unternehmen geschaffen, um das Modell und die Initiative zu testen und damit die Einstiegshürden zu senken.

4.2 Perspektive Unternehmen: Potentiale des Venture Clientings

Aus Sicht der Unternehmen ist Venture Clienting ein wichtiger Bestandteil des Innovationsmanagements, welches viele Bereiche des Unternehmens betrifft. Dies zeigt der Grundprozess, bei dem ein Unternehmen als erstes bestimmen muss nach welchen Lösungen es sucht, bevor die eigentliche Suche startet (Scout). Dann muss eine Start-up Kooperation intern betreut werden, um ein erfolgreiches PoC-Projekt durchzuführen (Create). Letztlich muss die weitere Verwendung der Ergebnisse des Projekts und der getesteten Technologie organisiert und die weitere Kooperation mit dem Start-up geplant werden (Integrate). Bild 4 zeigt den Prozess sowie die Potentiale und Herausforderungen aus Sicht der Unternehmen, welche im Folgenden detaillierter beschrieben werden.

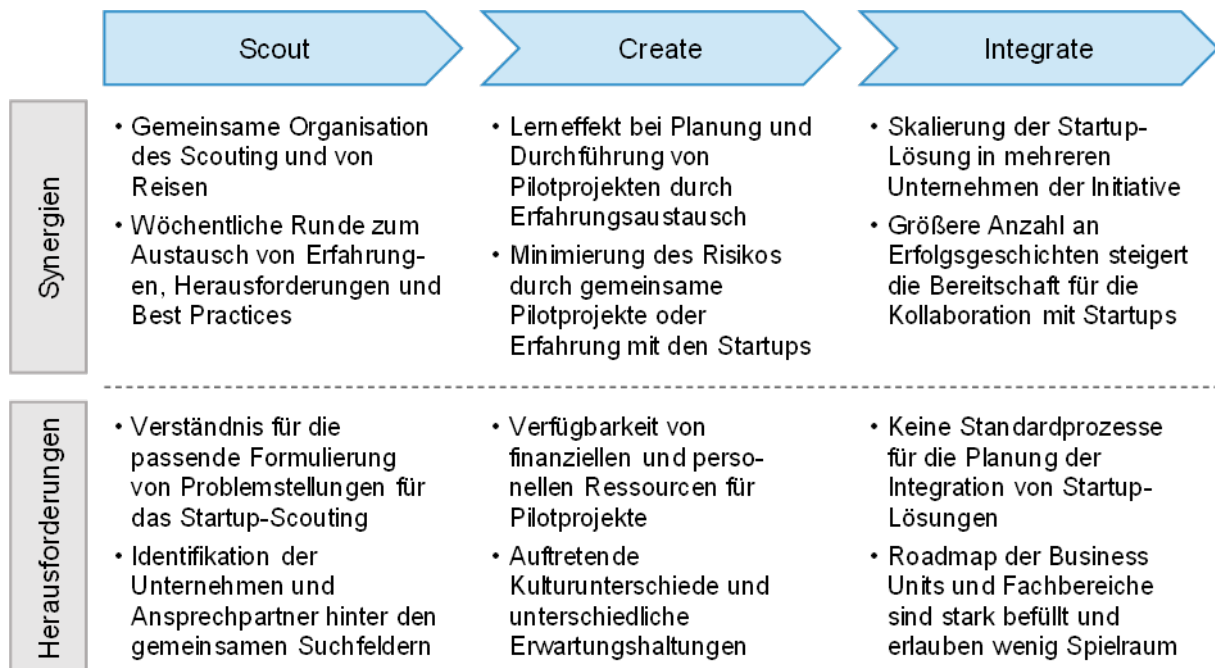


Bild 4: Potentiale und Herausforderungen des Venture Clientings für Unternehmen

Scout: Herausforderungen identifizieren, Start-ups finden

Im Prozessschritt Scout werden Bedarfe und passende Einsatzmöglichkeiten für Start-up-Technologien in den Unternehmen identifiziert und anschließend nach relevanten Start-ups gesucht. Input sind breite, strategische Suchfelder, spezifischere Technologiebedarfe oder konkrete Problemstellungen. Zur anschließenden Suche wurde bei Stratosfare ein eigenes System entwickelt und folgende Quellen genutzt: Spezifische Start-up-Datenbanken, Datenbanken von Netzwerk-Partnern und externe Scouting-Dienstleister.

Die unterschiedlichen Granularitätsstufen der Inputs erlauben es sowohl Start-ups zur Problemlösung als auch zur Inspiration zu suchen. Für die Strukturierung dieser Inputs nutzen wir den intern bei Stratosfare entwickelten PUSH-PULL-Ansatz. Bei PULL wird nach Start-ups für die konkrete Anfrage zur Lösung eines Problems aus einer Business Unit oder Fachbereich gesucht. Bei PUSH werden größere Suchfelder kontinuierlich mit neuen Start-ups und Trends

bespielt oder neue Impulse ins Unternehmen gegeben. Durch die verschiedenen Scouting-Kanäle werden viele Ökosysteme miteinbezogen, wodurch ein besseres Verständnis der individuellen Start-up-Landschaften und Trends ermöglicht wird.

Synergien entstehen bei der gemeinsamen Organisation des Scoutings und bei Reisen in die Ökosysteme (Ecosystem-Journeys). Durch die Senkung von Planungsaufwänden und Kosten bei den Unternehmen und der gemeinsamen Nutzung von Kontakten vor Ort können mehrere Ökosysteme pro Jahr erkundet werden. Die gescouteten Start-ups und entstandenen Pilotprojekte werden in der wöchentlichen Austauschrunde offen zwischen den Partnern besprochen und diskutiert. Hier werden Erfahrungen, Herausforderungen und Best-Practices geteilt.

Herausforderungen zeigen sich bei der Aufnahme der Technologiebedarfe und Problemstellungen aus den Business Unit und Fachbereichen der Unternehmen. Hierbei spielt die passende Formulierung und Flughöhe der Anfrage eine große Rolle. Diese sollten nicht zu offen, aber auch nicht zu spezifisch formuliert sein, um optimale Suchergebnisse zu gewährleisten und Mehrarbeit zu verhindern. Weiterhin besteht eine Schwierigkeit für Start-ups und Netzwerkpartner darin, die Unternehmen und somit die entsprechenden Ansprechpartner hinter den gemeinsamen Suchfeldern zu identifizieren.

Create: Pilotierung der Start-up Lösung

Im Prozessschritt Create wird das Pilotprojekt mit den Start-ups definiert und durchgeführt. Dafür werden in einem ersten Schritt Umfang, Ziele, Ergebnisse sowie Zeit- und Kostenplan definiert. Experten der Unternehmen entwickeln zusammen mit dem Start-up einen Prototyp. Dafür wird die Start-up-Technologie in ein Produkt, Prozess oder ein Geschäftsmodell des Unternehmens integriert. Das Ergebnis wird nach Abschluss des Projekts von den Stakeholdern im Unternehmen bewertet.

In den Pilotprojekten wird die technologische Machbarkeit von Start-up-Technologien hinterfragt und erprobt. Gleichzeitig wird geprüft, ob die Technologie für das Unternehmen geeignet und nutzenbringend ist. Durch die vergleichsweise kurze Dauer und die geringen Kosten der Pilotprojekte können viele Technologien getestet werden. Teil des Ergebnisses ist neben der technischen Validierung auch eine Prüfung des strategischen Fits zum Unternehmen. Falls Projekte zu groß oder risikoreich werden, sollten diese in kleinere aufeinanderfolgende Projekte aufgeteilt werden.

Synergien zeigen sich bei der Anbahnung und Durchführung von Pilotprojekten. Der Erfahrungsaustausch zwischen den Unternehmen generiert Lerneffekte in der Vorbereitung und Planung von Pilotprojekten. So können Best-Practices in den Unternehmensprozessen identifiziert und übernommen werden. Weiterhin hilft der Austausch zu Pilotprojekten mit Start-ups, welche für alle Unternehmenspartner relevant sind, das Risiko bei den anderen Unternehmenspartnern zu senken oder es können gemeinsame Pilotprojekte gestartet werden.

Herausforderungen treten durch die begrenzte Verfügbarkeit von finanziellen und personellen Ressourcen auf. Dadurch können Pilotprojekte nicht immer wie gewünscht umgesetzt werden oder die Anbahnung dauert länger, was wiederum Start-ups frustriert. Ein weiterer Grund für die Verzögerung sind Standard-Unternehmensprozesse (wie z. B. Einkauf, IT oder Rechtsabteilung), welche bei einer Beauftragung des Start-ups durchlaufen werden müssen. Hierzu sollte

mit den Prozessbeteiligten eine Art „Fastlane“ zur Beschleunigung erarbeitet werden. Eine weitere Herausforderung sind Projekte im Produktionsumfeld, da dort Maschinen und Anlagen für das Pilotprojekt benötigt werden, welche aber dauerhaft im Produktivbetrieb sein müssen. In den Pilotprojekten selbst müssen unterschiedliche Arbeits- und Herangehensweisen zwischen Entwicklern des Unternehmens und des Start-ups berücksichtigt werden.

Integrate: Ergebnisse integrieren und skalieren

Im Prozessschritt Integrate stehen verschiedene Optionen für die Verwertung des Pilotprojekts zur Verfügung. Ist die Start-up-Technologie noch nicht ausgereift genug, kann ein weiteres Pilotprojekt oder ein gemeinsames Entwicklungsprojekt durchgeführt werden. Bei ausreichendem Reifegrad ist eine Beschaffung oder eine Lizenzierung der Technologie möglich. Sollte die Technologie des Start-ups strategisch relevant sein, kann in das Start-up investiert werden oder es kann komplett übernommen und integriert werden.

Durch Venture Clienting entsteht eine neue Quelle für Produktinnovationen, die in der F&E weiterentwickelt werden. Für den F&E-Bereich kann damit die frühe Erprobung einer neuen Technologie ergänzt und beschleunigt werden. In den Produktionsbereichen können neue Technologien schnell und effektiv Probleme und Herausforderungen lösen.

Synergien können durch den Austausch über erfolgreich integrierte Start-up-Technologien entstehen. Diese Erfolgsgeschichten können genutzt werden, um die eigenen Business Units und Fachbereiche auf neue Technologien als auch das Venture Clienting aufmerksam zu machen. Die Start-ups können ihre Lösung skalieren und in mehreren Unternehmen einsetzen, was zur Weiterentwicklung und Überlebensfähigkeit des Start-ups beiträgt. Falls die Zusammenarbeit mit dem Start-up im Sinne eines Investments weiter ausgebaut werden soll, sind weitere Referenzkunden aus dem Venture Client-Konsortium ein Vorteil zur Senkung des Risikos.

Herausforderungen zeigen sich in der Planung der Integration des Start-ups und der Technologie, da für diesen Fall aktuell noch keine Standardprozesse vorhanden sind. In der Regel sind die Entwicklungs-Roadmaps der F&E-Bereiche für die nächsten Jahr gefüllt und erlauben nur wenig Spielraum für Projekte, die von außerhalb kommen. Für die konsequente Weiterverfolgung und Integration des Pilotprojekts muss ein hoher strategischer Fit oder ein großer Bedarf zur Lösung eines Problems existieren. In diesen Fällen werden Kapazitäten für die Überführung des Piloten in den Realbetrieb oder ein marktfähiges Produkt freigemacht, da dies in der Regel mit hohem Aufwand verbunden ist.

4.3 Perspektive Innovationsforschung: Bearbeitung von Forschungsfragen

Unternehmen und Innovationscluster stehen beim Aufbau der benötigten Strukturen sowie bei der Durchführung des Venture Clientings vor vielerlei Herausforderungen. Wissenschaftliche Ansätze zur Lösung dieser Herausforderungen existieren kaum, da das Venture Client Modell in der Literatur bisher wenig beleuchtet wurde. Forschungseinrichtungen kommt somit in Innovationsclustern eine wichtige Rolle zu. Indem sie die Funktionsweise des Venture Client Modells erforschen, agieren sie als Befähiger des Technologietransfers zwischen Start-ups und Unternehmen in Innovationsclustern.

Im Rahmen der vorliegenden Fallstudie nehmen diese Rolle das Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und das Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ein. Ziel des gemeinsamen Forschungsprojekts inno.venture ist ein Baukasten für Venture Clienting in Innovationsclustern als auch für einzelne Unternehmen. Die Initiative Stratosfare ist zentraler Forschungsgegenstand, in den die Forschungsinstitute tiefe Einblicke erhalten um Herausforderungen zu beobachten und Lösungsansätze abzuleiten. Die beiden folgenden Abschnitte zeigen die Herausforderungen im Venture Client-Prozess aus Sicht der Innovationsforschung (Abschnitt 4.3.1) sowie erste Lösungsansätze (Abschnitt 4.3.2)

4.3.1 Herausforderungen des Venture Client Modells

Zur Ableitung der Herausforderungen und Generierung von Lösungsansätzen wurde der Stratosfare-Prozess (Scout-Create-Integrate) weiter detailliert. Die Herausforderungen aus Perspektive der Unternehmen wurden bereits beschrieben (vgl. Abschnitt 4.2) und weiter detailliert. Bild 5 zeigt den detaillierten Venture Client Prozess mit bereits weiter analysierten Herausforderungen. Neben den Herausforderungen bei der Durchführung des Venture Client Prozesses („Request“ bis „Adopt“) ergeben sich vor allem Herausforderungen bei der Definition einer Strategie für das Venture Clienting sowie bei der Verankerung in der Organisation („Build“).

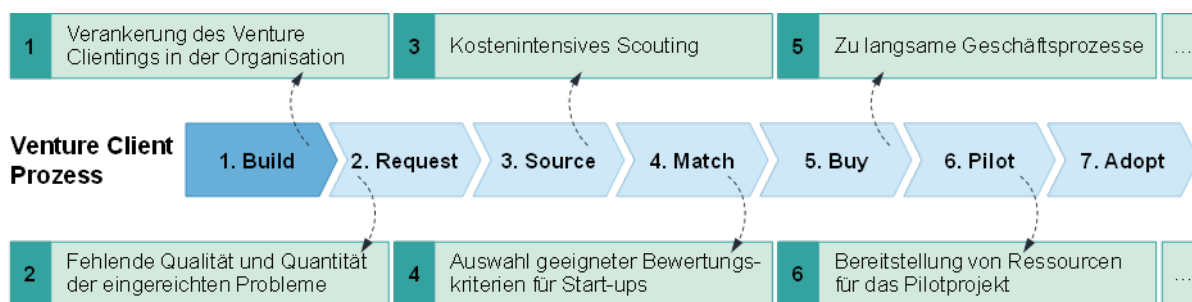


Bild 5: Detaillierterer Venture Client Prozess und beispielhafte Herausforderungen aus Sicht der Innovationsforschung

- Die **Build-Phase** beschäftigt sich mit dem Aufbau der für das Venture Clienting benötigten Strukturen. Dazu zählen die Definition einer Strategie, die Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation sowie notwendiger IT-Systeme. Korrespondierende Herausforderungen zeigen sich unter anderem bei der Verankerung der Venture Client Aktivitäten in der Aufbauorganisation oder der Ableitung strategischer Suchfelder für das Start-up-Scouting.
- Die **Request-Phase** fokussiert die Identifikation und Definition relevanter Problemstellungen und darauf aufbauender Technologiebedarf für das Start-up Scouting. Problematisch ist beispielsweise die Identifikation von passenden Ansprechpartnern in den Fachbereichen. Auch die identifizierten Personen von dem Mehrwert der Kollaboration mit Start-ups und des Modells zu überzeugen ist herausfordernd. Gleiches gilt für die Standardisierung der Problemerkhebung sowie der Problemdokumentation.
- Die **Source-Phase** befasst sich mit der Erstellung einer Longlist von rund 20 Start-ups entsprechend dem zuvor definierten Technologiebedarf. Dabei ist einerseits die Auswahl des passenden Scouting-Werkzeugs (Desk Research, Ecosystem-Journey, Newsletter etc.) eine Herausforderung. Andererseits resultiert eine beispielhafte Herausforderung aus dem

hohen personellen Aufwand bei der Durchführung von Desk Research oder der finanziellen Aufwände beim Outsourcing der Scoutingaktivitäten an Dritte.

- Die **Match-Phase** beinhaltet die Auswahl eines passenden Start-ups zur Befriedigung des Technologiebedarfs. In einem mehrstufigen Bewertungsprozess wird die Longlist zunächst durch die Venture Client Unit und den Venture Client zu einer Shortlist gekürzt. Abschließend erfolgen Pitches zur finalen Auswahl. Herausfordernd ist unter anderem die Festlegung von zielführenden Bewertungskriterien.
- Die **Buy-Phase** betrachtet die Beauftragung des Start-ups als Lieferanten im Rahmen des Pilotprojekts. Dazu gilt es das Pilotprojekt zu definieren, juristische Vereinbarungen zu schließen (Non Disclosure Agreement (NDA) oder Kollaborationsvertrag) und den Einkaufsprozess bis zur Beauftragung des Start-ups zu durchlaufen. Zu Schwierigkeiten führen langwierige Geschäfts- und Entscheidungsprozesse in Legal-, IT- und Einkaufsabteilungen sowie kompliziert oder einseitig gestaltete juristische Dokumente.
- Die **Pilot-Phase** umfasst die Entwicklung des PoC sowie dessen Validierung. Eine wesentliche Herausforderung ist die Bereitstellung von unterschiedlichsten Ressourcen. Hierzu zählen personelle Ressourcen zur Entwicklung des PoC oder Infrastruktur für entsprechende Tests. Zusätzlich führen unterschiedliche Arbeitsweisen und -kulturen von Start-ups und Unternehmen zu Problemen im Rahmen der Kollaboration.
- Die **Adopt-Phase** legt den Fokus auf die langfristige Integration der im Pilotprojekt entwickelten Lösung in Produkt, Prozess oder Geschäftsmodell des Unternehmens. Dies kann durch ein anschließendes Entwicklungsprojekt, eine Lieferantenbeziehung oder ein Investment geschehen. Die Auswahl der passenden Adaptionstrategie sowie die Bereitstellung von personellen Ressourcen für die Integration sind in diesem Kontext als exemplarische Herausforderungen zu nennen.

4.3.2 Lösungsansätze für erfolgreiches Venture Clienting

Im Folgenden werden Lösungen präsentiert, die im Rahmen des Forschungsprojekts erarbeitet wurden und ausgewählte Herausforderungen aus Abschnitt 4.3.1 adressieren. Sie wurden den Stratosfare-Unternehmen zur Verfügung gestellt, wodurch sie aktuell validiert und anschließend verbessert werden können. Die hier gezeigten Lösungen adressieren die drei Prozessschritte Request, Source und Match.

Push- und Pull-Ansatz ermöglicht Scouting mit unterschiedlichen Zielen

Den Prozessabschnitt von der Identifikation einer Problemstellung bis zur Auswahl des dazu passenden Start-ups können Unternehmen unterschiedlich ausgestalten. Hinsichtlich des Ziels lässt sich dies in zwei Vorgehen unterscheiden:

- Beim **Pull-Ansatz** existiert innerhalb des Unternehmens eine konkrete Problemstellung mit einem korrespondierenden Technologiebedarf (Problemraum definiert, Lösungsraum undefiniert). Den Startpunkt im Venture Client Prozesses bildet der sog. Venture Client, d. h. eine interne Stelle im Unternehmen, welche das Problem lösen will. Dieser kommuniziert die Problemstellung an die Venture Client Unit. Gemeinsam detaillieren beide Parteien die Problemstellung und den daraus resultierenden Technologiebedarf. Anschließend scoutet die Venture Client Unit mithilfe von Stratosfare nach passenden Start-ups.

- Beim **Push-Ansatz** stellt die Venture Client Unit den Ausgangspunkt des Venture Client Prozesses dar. Sie identifiziert ein Start-up mit potenziell unternehmensrelevanter Technologie, für die jedoch noch kein Problem mit korrespondierendem Technologiebedarf existiert (Problemraum undefiniert, Lösungsraum definiert). Anschließend stellt die Venture Client Unit das Start-up einem potenziellen Venture Client vor. Adressiert die Start-up-Technologie ein bisher unbekanntes Problem, wird entweder direkt in die Match-Phase übergegangen oder es wird ein weiteres Scouting für Start-ups mit vergleichbarer Technologie durchgeführt.

Die unterschiedlichen Ansätze eignen sich für unterschiedliche strategische Zielsetzungen und haben unterschiedliche Implikationen für die Ausgestaltung des Venture Client Prozesses. Aus strategischer Sicht eignet sich der Pull-Ansatz, um kurzfristig mit inkrementellen Innovationen Probleme im Kerngeschäft zu lösen. Demgegenüber weist der Push-Ansatz eine besondere Eignung zur Entwicklung neuer, zukünftiger Geschäftsmöglichkeiten auf Basis von radikaleren Innovationen auf. Mit Hinblick auf den Venture Client Prozess unterscheiden sich beide Ansätze beispielsweise hinsichtlich der notwendigen Vorgehensweise beim Scouting. Um im Rahmen des Pull-Ansatzes schnell Lösungen mit hohem Problem-Solution-Fit zu finden, eignet sich insbesondere eine Desk Research. Für den Push-Ansatz eignen sich unter anderem Ecosystem-Journeys (vgl. Abschnitt 3), um neue Ideen abseits des Kerngeschäfts zu identifizieren.

Request-Prozess: Internes Marketing und Problemidentifikation

Um Unternehmensabteilungen vom Venture Client Modell zu überzeugen und zur Einreichung von Problemstellung zu motivieren, sollten Marketing-Maßnahmen drei Themenbereiche adressieren – Vorteile der Kollaboration mit Start-ups, Funktionsweise und Vorteile des Venture Client Modells, Leistungen von und Zusammenarbeit mit der Venture Client Unit. Beispiele für konkrete Maßnahmen sind Roadshows durch verschiedene Abteilungen, um bei der Einführung des Venture Clientings Awareness für das Modell zu schaffen, die Kommunikation von Erfolgsgeschichten im Intranet oder ein monatlicher Newsletter als Bericht über die aktuellen Aktivitäten der Venture Client Unit.

Um Problemstellungen mit einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit auszuwählen, hilft es den Prozess der Problemidentifikation zu standardisieren. Es sind drei Schritte notwendig: Problemreicherung durch den Venture Client, Probleminterview zur Detaillierung der Problemstellung und Erstellung eines Problem Statements. Bei der Einreichung unterstützt eine Problem Collection Form (vgl. Bild 6). Der Venture Client beschreibt dabei Motivation und Nutzen der Start-up-Kollaboration sowie Innovationsart und Dringlichkeit. Zusätzlich erfolgt eine weitere Spezifizierung durch die exakte Beschreibung von Ausgangssituation, Problemstellung, bereits erprobten Alternativlösungen sowie des erwarteten Nutzens.

Warum wollen Sie mit einem Start-up zusammenarbeiten?

Keine andere Lösung verfügbar	Lösungsprozess beschleunigen	Keine internen Ressourcen	Neue Technologie testen	Sonstiges
-------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------

Um welche Innovationsart handelt es sich?

Produkt	Produktion
Prozesse	Geschäftsmodell

Bis wann benötigen sie eine Lösung?

Bis gestern	In 1-3 Monaten
In 3-6 Monaten	Nicht dringlich

Wie groß ist der erwartete Nutzen?

Gering	Mittel
Groß	Sehr groß

Was sind die Ausgangssituation und die Problemstellung?

Welche alternativen Lösungen sind bekannt / wurden ausprobiert?

Was sind oder waren Defizite der alternativen Lösungen?

Was ist erwartete Nutzen der Lösung?

Bild 6: Problem Collection Form

Die eingereichte Problemstellung wird anschließend in einem gemeinsamen Probleminterview zwischen Venture Client Unit und Venture Client tiefergelegt. Die darin zu beantwortenden Fragestellungen orientieren sich an der Problem Statement Canvas (vgl. Bild 7).

Zielsetzung Was ist die Zielsetzung des Pilotprojekts (z.B. Prozesskosteneinsparung von 50%, Implementierung eines neues Features,...)?			
Problembeschreibung Existiert ein Problem, das mit Startups gelöst werden kann?	Startup-Lösung Wie sollte eine potenzielle Lösung aussehen?	Projektsetup Sind alle Voraussetzungen für ein Pilotprojekt gegeben?	Lösungsintegration Wie sieht die Integration ins Unternehmen aus?
Status Quo Was ist die Ausgangssituation?	Ergebnis Was ist das Ergebnis eines erfolgreichen Pilotprojekts? (z.B. Automatisierte Qualitätskontrolle, ...)	Budget Existiert Budget für ein Pilotprojekt?	Strategische Relevanz Zahlt die Problemstellung auf strat. Ziele des Bereichs ein?
Problemstellung Was ist die aktuelle Herausforderung?	Technologie-Fit Welche Anforderungen werden an die Technologie gestellt? (z.B. Auflösung, Korrosionsbeständigkeit,...)	Timing Bis wann muss das Pilotprojekt abgeschlossen sein?	
Alternative Lösungen Welche alternativen Lösungen adressieren das Problem?	Startup-Fit Welche Anforderungen werden an das Startup gestellt? (z.B. Series A, DACH Region,...)	Personal Wer ist für das Projekt verantwortlich?	Lösungsintegration Wie soll die Startup-Lösung in das Unternehmen integriert werden? (z.B. Lizenzierung, CVC, ...)
Defizite alternativer Lösungen Welche Defizite weisen die verfügbaren alternativen Lösungen auf?		Ressourcen Können die benötigten Ressourcen zur Verfügung gestellt werden? (z.B. Daten,...)	

Bild 7: Problem Statement Canvas

Mithilfe der Canvas sind folgende Fragen zu klären, die für eine erfolgreiche Integration der Start-up-Technologie nötig sind:

- 1) Problembeschreibung: Existiert ein Problem, das mit Start-ups gelöst werden kann?
- 2) Start-up-Lösungen: Wie sollen potenzielle Start-up-Lösungen aussehen?
- 3) Projektsetup: Sind alle Voraussetzungen für ein Pilotprojekt gegeben?
- 4) Lösungsintegration: Wie sieht die Integration ins Unternehmen aus?

Das gesamte Problem Statement dient als Input für das darauffolgende Start-up-Scouting. Insbesondere wenn das Scouting außerhalb des Unternehmens erfolgt, wie z. B. in Stratofare, ist die klare abgegrenzte Darstellung des Problems sehr wichtig, um gute Scouting- Ergebnisse zu erhalten.

5 Resümee

Venture Clienting bieten für Innovationscluster eine vielversprechende Möglichkeit den Technologie-Transfer zu ergänzen und Start-ups stärker in das Netzwerk und den Transfer einzubinden. Start-ups, Unternehmen sowie der gesamte Cluster profitieren gleichermaßen von dem Modell. Da das Modell vergleichsweise neu ist, müssen einige Herausforderungen gelöst werden, wie der vorliegende Beitrag zeigt. Bild 8 zeigt, wie die Herausforderungen strukturiert werden können, um systematisch gelöst zu werden.

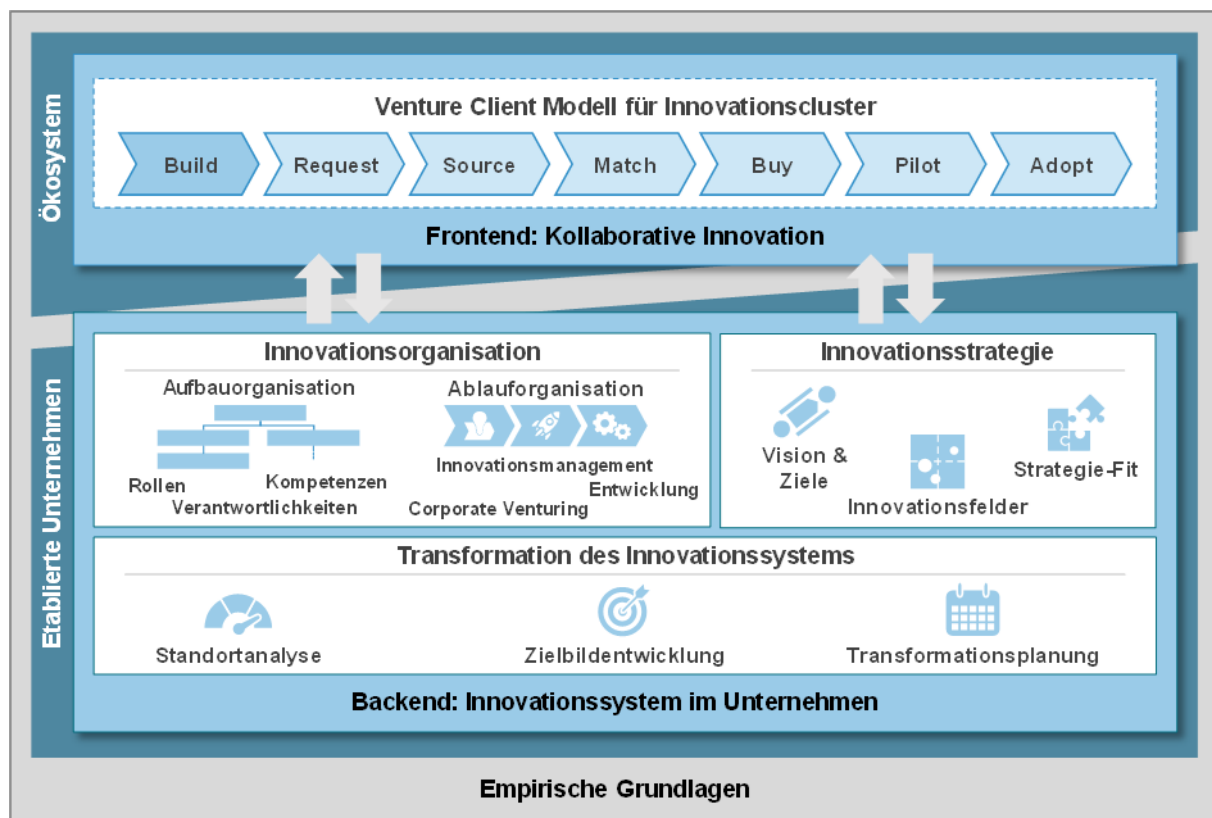


Bild 8: Strukturierung des Venture Clienting in Innovationscluster und Unternehmen – gleichzeitig die Projektstruktur des Forschungsprojekts „inno.venture“

Der obere Bereich **Frontend** beschreibt den Aufbau des Venture Clientings in einem Innovationscluster, wo die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen im Vordergrund steht. Der detaillierte Venture Client-Prozess macht an der Stelle deutlich, dass in allen Prozessschritten eine Möglichkeit gefunden werden muss, die Herausforderungen der Unternehmen sowohl als Gesamtheit (vgl. Abschnitt 4.1), als auch im Einzelnen (vgl. Abschnitt 4.2) zu lösen.

Der untere Bereich **Backend** umfasst die Herausforderungen in den Unternehmen, welche in drei Bereiche unterteilt sind. Der Bereich Innovationsorganisation beschreibt notwendige Anpassungen in der Aufbau- und Ablauforganisation. In der Aufbauorganisation müssen Aufgaben und Rollen verteilt werden, um z. B. Problemstellungen einzusammeln und zu scouten, aber auch die Pilotprojekte durchzuführen. In der Ablauforganisation müssen Innovations- aber auch Kernprozesse betrachtet werden. Beispielsweise muss der Einkaufsvorgang für eine Start-up-Lösung deutlich beschleunigt werden und nach einem PoC eine Möglichkeit geben, ein Fea-

ture schneller in die Serienentwicklung einzuschleusen. Der Bereich Innovationsstrategie umfasst Überlegungen zur Ausrichtung des Venture Clienting – geht es um konkrete Problemlösungen, ein völlig neues Geschäft oder beides? Dies hat Auswirkungen, wie Venture Clienting im Unternehmen organisiert wird. Außerdem handelt es sich letztlich um einen Transformationsprozess, bei dem das Venture Clienting ausprobiert und dann skaliert werden soll, was eine systematische Vorgehensweise erfordert.

Das Projekt inno.venture im Rahmen des it's OWL Förderprogramms adressiert diese Bereiche und sammelt aktuell Daten, um belastbare empirische Grundlagen für die weitere Forschung am Venture Client Modell zu schaffen. Hierbei wird nicht nur Stratosfare betrachtet, sondern es wurden bereits eine Reihe von weiteren Initiativen und einzelne Unternehmen befragt und weitere Datenquellen integriert.

Literatur

- [Bec07] BECKORD, C.: Förderung und Entwicklung von Clustern als Strategie der Wirtschaftsförderung in Sachsen – Vorschläge zur Umsetzung eines integrativen Clustermanagements. Dissertation TU Chemnitz. Chemnitz, 2007
- [BGD+19] BRIGL, M.; GROSS-SELBECK, S.; DEHNERT, N.; SIMON, S.; SCHMIEG, F.: After the Honeymoon Ends: Making Corporate- Relationships Work – Making Corporate- Relationships Work, 2019
- [CE20] CAI, Y.; ETZKOWITZ, H.: Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. Triple Helix Journal, 2020, S. 1–38
- [EL95] ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L.: The Triple Helix – University-Industry-Government Relations. A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. EASST Review, (14)1, 1995, S. 14–19
- [Eng14] ENGEL, J.S. (Ed.): Global clusters of innovation – Entrepreneurial engines of economic growth around the world. Elgar, Cheltenham, 2014
- [ES20] ENKEL, E.; Sagmeister, V.: External corporate venturing modes as new way to develop dynamic capabilities. Technovation, (96-97), 2020, S. 102128
- [EZ18] ETZKOWITZ, H.; Zhou, C.: The triple helix – University-industry-government innovation and entrepreneurship. Routledge, London, 2018
- [Gim22] GIMMY, G.: Kaufen statt Investieren! – Wie Sie mit dem Venture-Client-Modell Start-ups strategisch nutzen. Orgshop GmbH, Moos, 2022
- [GKS+17-ol] GIMMY, G.; KANBACH, D.; STUBNER, S.; KÖNIG, A.; ENDERS, A.: What BMW's Corporate VC Offers That Regular Investors Can't. Unter: <https://hbr.org/2017/07/what-bmws-corporate-vc-offers-that-regular-investors-cant>, 29. Dezember 2022
- [HEH+21] HEMKENTOKRAX, J.-P.; ECKELT, D.; HAARMANN, L.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Die Kraft von -Partnerschaften für das Innovationssystem eines Automobilzulieferers, 2021
- [HM04] HEIDENREICH, M.; MILJAK, V.: Die Erneuerung regionaler Fähigkeiten – Clusterpolitik in Leipzig und Nürnberg. In: Net'swork. Netzwerke und strategische Kooperationen in der Wirtschaft. (Hrsg.): Initiative für Beschäftigung OWL/Universität Bielefeld/Survey/Bertelsmann. Kleine, Bielefeld, 2004
- [Kin21] KINSKI, A.: Buyer-Supplier Relationships Between established Firms and From a Procurement Perspective. Dissertation, Universität Mannheim, 2021
- [KM12] GERD MEIER ZU KOECKER; SONJA KIND: Developing Successful Creative & Cultural Clusters - Measuring their outcomes and impacts with new framework tools, Unpublished, 2012

- [Kra11] KRAUSE-JÜTTLER, G.: Rollen im Transferprozess – Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Regionalen Branchenclustern. In: Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen (Hrsg.): Technologietransfer – Anbahnung und Durchführung von Forschungsoperationen. Dresden, 2011
- [Kur19] KURPUJWEIT, S.: Managing Asymmetric Buyer-Supplier Relationships Between Established Firms and New Ventures. Dissertation, ETH Zurich, 2019
- [KW20] KURPUJWEIT, S.; Wagner, S. M.: Supplier Programs: A New Model for Managing Corporate-Partnerships. Band 62, 2020
- [Mei01] MEIBNER, D.: Wissens- und Technologietransfer in nationalen Innovationssystemen – Dissertation, 2001
- [MSS21] VAN DER MEER, R. J.; SELIG, C. J.; STETTINA, C. J.: Innovation Labs: A Taxonomy of Four Different Types. Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, 2021, S. 1–9
- [Pet19] PETER, L.: Kollaboration zwischen Großunternehmen und Dissertation, Universität St. Gallen, 2019
- [Pit12] PITELIS, C.: Clusters, entrepreneurial ecosystem co-creation, and appropriability: a conceptual framework. *Industrial and Corporate Change*, (21)6, 2012, S. 1359–1388
- [Por03] PORTER, M. E.: Location, Clusters, and Company Strategy. In: Oxford University Press (Hrsg.): *Oxford handbook of economic geography*, 2003, S. 253–274
- [Por98] PORTER, M. E.: *Clusters and the new economics of competition*, 1998
- [Pre16] PREISSLER, S.: Interorganisationaler Wissens- und Technologietransfer – Eine transaktionsökonomische Analyse zwischen Markt und Hierarchie. Dissertation. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden, 2016
- [Rau13] RAUTER, R.: Interorganisationaler Wissenstransfer – Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und KMU. Dissertation. Springer Gabler, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013
- [SAR+20] SIOTA, J.; ALUNNI, A.; RIVEROS-CHACON, P.; WILSON, M.: *Corporate Venturing: Insights for European Leaders in Government, University and Industry*. Luxemburg, 2020
- [Sch21] SCHULTE, M.-G. F.: *Corporate innovation: an analysis of German corporate- cooperation and corporate venture capital*. Dissertation, Technische Universität Berlin, 2021
- [Sim19] SIMON, F.: *External knowledge sourcing from* Dissertation, Eric Cuvillier, 2019
- [TL14] TOMENENDAL, M.; LANGE, H. R.: *Cluster-Entwicklung in einem dreistufigen Modell – Das Fallbeispiel des Berlin-Brandenburger Energietechnik-Clusters*. 79. Auflage, Berlin, 2014
- [VKK+21] VEIT, P.; KRAMER, A.; KANBACH, D.; STUBNER, S.: Revising the taxonomy of corporate accelerators: moving towards an evolutionary perspective. *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, (13)6, 2021
- [WE22] WEBER, J.; ELZ, A. (Hrsg.): *Corporate-Partnerschaften – Innovation durch Kollaboration. Organisationskompetenz Zukunftsfähigkeit*, Springer Gabler, Berlin, 2022
- [Yin94] YIN, R. K.: *Case study research – Design and methods*. Sage Publ, Thousand Oaks, Calif., 1994
- [ZR09] ZADEMACH, H.-M.; RIMKUS, M.: Herausforderung Wissenstransfer in Clustern - Neues Wissen vom Biotechnologiestandort Martinsried. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, (61)4, 2009, S. 416–438

Autoren

Fabian Machon, M.Sc. studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn und an der UiTM in Shah Alam (Malaysia). Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in der Abteilung

Corporate Innovation. Schwerpunkt seiner Forschungsarbeiten bildet die Organisation des Venture Client Modells in Innovationsclustern.

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. Schwerpunkt seiner Forschungsarbeiten bildet die Einführung des Venture Client Modells bei etablierten Unternehmen.

Dr.-Ing. Martin Rabe studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn und der San Diego State University (USA). Er war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik und promovierte im Bereich Smart Services und digitale Geschäftsmodelle für mechatronische Systeme. Parallel war er für das Technologie Netzwerk it's OWL im Bereich Strategie/F&E tätig. Seit 2019 ist Martin Rabe Business Development Manager für beide Organisation und hat in dieser Funktion u. a. eine Forschungspräsenz des IEM in Malaysia sowie die Initiative Stratosfare, welche Unternehmen bei der Einführung, Durchführung und Skalierung des Venture Client Modells unterstützt, aufgebaut.

Dr.-Ing. Mareen Tack (geb. Vaßholz) 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. In dieser Zeit war sie Geschäftsführerin des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ und führte zahlreiche Forschungs- und Industrieprojekte durch. Seit Dezember 2014 ist sie bei der WAGO GmbH & Co. KG in unterschiedlichen Rollen tätig. Sie hat den Bereich Unternehmensstrategie und Digitale Transformation aufgebaut und geleitet. Seit Juni 2023 leitet sie als Vice President den Bereich Corporate Innovation und Exploration.

Marie Bierbüsse ist seit dem Jahr 2021 bei der WAGO GmbH & Co. KG in Minden tätig. Nach erfolgreichem Abschluss ihres Masterstudiums in Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Marketing an der Westfälische Wilhelms-Universität in Münster durchlief sie zunächst das Traineeprogramm „Marketing & Digitalisierung“ im Digital Transformation Office bei WAGO. Hier wirkte sie beim Aufbau eines internen Programms zur Ausarbeitung explorativer Ideen im Unternehmen mit und war verantwortlich für die Internationalisierung und Betreuung der WAGO Kickbox. Als Startup Program Managerin im Bereich „Corporate Innovation und Exploration“ stellt vor allem der Ausbau der Startup Scouting- und Kooperationsaktivitäten bei WAGO den Kern ihrer Tätigkeiten dar. Hierzu gehören neben dem Aufnehmen der Needs aus der Organisation auch das Scouting nach relevanten Startups sowie die Betreuung von Pilotprojekten.

Rebecca Hanke, M.Sc. studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn. Im Rahmen des Studiums hatte sie durch Praktika und eine Werkstudentenstelle bereits erste Einblicke in das Unternehmen Miele & Cie. KG erhalten. Zudem absolvierte sie ihre Bachelor- und Masterthesis in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen in

den Jahren 2018 und 2021. Seit 2021 ist sie als Technology Scout bei der Firma Miele & Cie. KG tätig und somit verantwortlich für das scouten von Startups und die damit zusammenhängenden Aufgaben im Rahmen des Venture Client Modells.

Daniel Kinder, M.Sc. studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Elektrotechnik an der Fachhochschule Münster. Im Rahmen einer Werkstudentenstelle hatte er bereits erste Einblicke in das Unternehmen Miele & Cie. KG erhalten. Zudem absolvierte er seine Masterthesis in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen in 2019 zu dem Thema der Bewertung Innovativer Technologien. Den B.Eng. im Bereich der Elektrotechnik absolvierte er von 2013 bis 2017 praxisintegriert bei dem Unternehmen Xylem Inc. in den Bereichen der Automatisierungstechnik und Elektrokonstruktion. Im Anschluss war er als technischer Projektmanager bei dem Startup GMP für die Koordination intelligenter Gebäudetechnik und dem Bau privater Residenzen im Großraum Los Angeles tätig. Seit 2019 ist er als Technology Manager bei der Firma Miele & Cie. KG angestellt und somit verantwortlich für die Identifikation neuer Technologien auf globaler Ebene, der strategischen Technologiefrüherkennung sowie den Transfer von Innovationsimpulsen durch Pilotprojekte und die damit zusammenhängenden Aufgaben im Rahmen des Venture Client Modells.

Eine Multi-Level-Perspektive für Nischeninnovationen – Zukunftsscanner für Baden-Württemberg

Elna Schirrmeister

Dr. Anna Kirstgen

Jan Rörden

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Tel. +49 (0) 721 6809-351/269/513

E-Mail: {elna.schirrmeister/anna.kirstgen/jan.roerden}@isi.fraunhofer.de

Sibylle Hermann

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 970 2020

E-Mail: sibylle.hermann@iao.fraunhofer.de

Zusammenfassung

In einer VUCA-Welt (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous) wird es immer wichtiger, neue Möglichkeiten zu schaffen, wie sich Akteure aus Wirtschaft, Gesellschaft und Politik mit möglichen Veränderungen auseinandersetzen können. Im Rahmen eines Projektes für das Land Baden-Württemberg haben wir ein Dashboard entwickelt - einen sogenannten Zukunftsscanner - der die Akteure in der Region dabei unterstützt. Die Suchstrategie und die Interpretation der Signale wurde an die Multi-Layer-Perspektive (MLP) [GS07] angelehnt, zudem wurde eine Kombination aus automatisierten und qualitativen Verfahren für die Auswahl der Signale genutzt.

Entsprechend des Grundgedankens der MLP, dass Veränderungen sowohl durch einzelne technologische Entwicklungen oder Praktiken (in sogenannten Nischen) als auch durch veränderte gesellschaftliche Rahmenbedingungen (auf der sogenannten Landschaftsebene) entstehen können, wurde die Auswahl der Quellen sehr breit aufgestellt. Als Informationsquellen wurden Nachrichtenseiten genutzt, da diese für automatisierte Extraktion von Topics aus ganz unterschiedlichen Regionen und Bereichen geeignet sind und damit eine große Vielfalt an "Nischeninnovationen" identifiziert werden kann. Dem MLP-Grundgedanken folgend, dass sich Veränderungen besonders dynamisch entwickeln, wenn es zu einem sogenannten "Alignment" kommt, bei dem sich die Entwicklungen gegenseitig verstärken, wurde ein Diversitätsindikator entwickelt und für die Auswahl der Themen genutzt. Dieser Indikator berücksichtigt bei der Themenauswahl, in welchen globalen Regionen und in welchen technologischen, wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Bereichen ein Thema diskutiert wird.

Für die spezifische Perspektive von Baden-Württemberg wurden über Interviews Hinweise gesammelt, bei welchen Themen besondere Potenziale, für die Innovationsakteure aus Baden-Württemberg gesehen werden.

Die Entwicklung des Zukunftsscanners beschreibt den Versuch, über eine wissenschaftlich fundierte und methodisch avancierte Suche nach frühen Signalen des technologischen und gesellschaftlichen Wandels, die Innovationsakteure in Baden-Württemberg dabei zu unterstützen, sich mit Veränderungen aktiv auseinanderzusetzen.

Schlüsselworte

Weak Signals, Multi-Layer-Perspective, Nischeninnovationen, Horizon Scanning, Natural Language Processing, Topic Modelling, BERTopics, Foresight

A Multilevel Perspective on Niche Innovations – Future Scanner for Baden-Württemberg

Abstract

In a VUCA world (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous), it is becoming increasingly important to create new ways for stakeholders from business, society and politics to address possible changes. As part of a project for the state of Baden-Württemberg, we developed a dashboard – a so-called future scanner – that supports regional stakeholders in this process. The search strategy as well as the interpretation of the signals were both based on the multi-layer perspective (MLP) [GS07]. In addition, a combination of automated and qualitative methods was used to select the signals.

In line with the basic idea of MLP that changes can arise both from individual technological developments or practices ("niches") and from changing societal conditions ("landscape" level), the selection of sources was very broad. Therefore, news sites were used as information sources, as they are suitable for automated extraction of topics from very different regions and areas, thus covering a wide variety of "niche developments".

Following the MLP concept that changes develop dynamically when they are aligned and mutually reinforcing, a diversity indicator for the selection of topics has been developed. When selecting topics, this indicator considers which global regions or technological, scientific or economic areas a topic is being discussed. Focusing on the specific perspective of Baden-Württemberg, interviews were conducted to identify topics that could create a "window of opportunity" for Baden-Württemberg.

The development of the future scanner describes the attempt to support innovation actors in Baden-Württemberg in actively dealing with changes by means of a scientifically based and methodically advanced search for weak signals of technological and social change.

Keywords

Weak Signals, Multi-Layer-Perspective, niche innovations, Horizon Scanning, Natural Language Processing, Topic Modelling, BERTopics, Foresight

1 Hintergrund und Problemstellung

In einer VUCA-Welt (Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous [CvD+21], [Kuz+16]) wird es immer wichtiger, neue Möglichkeiten zu schaffen, wie sich Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik mit möglichen Veränderungen auseinandersetzen können. Etablierte Ansätze zur Umfeldbeobachtung fokussieren auf das jeweilige sozio-technische System mit seinen dominanten Strukturen und Regeln. Wenn es jedoch zu grundlegenden Transformationsprozessen und Disruptionen der sozio-technischen Systeme kommt, ist dieser Fokus zu stark eingeschränkt und eine Aufweitung des Beobachtungsbereichs erforderlich, um resiliente Strategien zu entwickeln. "Eine Systemtransformation liegt dann vor, wenn sich die Anforderungen an die Erfüllung bestimmter gesamtgesellschaftlicher Funktionen (zum Beispiel Ernährung oder Mobilität) grundsätzlich verändern und mit ihnen die Form der Funktionserfüllung. Systemtransformation ist in der Regel das Ergebnis einer Reihe von miteinander verschränkten Transformationen, das heißt technologische, instrumentelle, gesellschaftliche, ökonomische und politische Transformationen." [WDH+20]. Im Rahmen des Projekts wurden fünf Systeme mit einer besonders großen Bedeutung für das Wirtschafts- und Innovationsgeschehen in Baden-Württemberg, bei denen sich solche Transformationsprozesse andeuten, als "Zukunfts-Wirtschaftswelten" ausgewählt und im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Touristik analysiert:

- Redesigned Mobilitäts- und Logistik-Welt
- Responsive Tool- und Robotik-Welt
- Tailored Gesundheits- und Ernährungswelt
- Meshed Cyber- und Service-Welt
- Looped Material- und Ressourcen-Welt

Durch die jeweilige Ergänzung eines englischen Adjektivs wird angedeutet, welches die dominante, globale Herausforderung ist, die durch das sozio-technische System zukünftig umfangreich adressiert werden muss und Bestandteil der Systemtransformation sein wird.

Ziel des Projektes war es Hinweise zu sammeln, wie sich diese fünf "Zukunftswelten" verändern könnten, indem Entwicklungen aufgezeigt werden, bei denen potenziell prägende Einflüsse gesehen werden, so dass eine lineare Extrapolation der vergangenen Erfahrungen in die Zukunft zum unternehmerischen Risiko werden kann [KA18], [SMG+19]. Das Projekt unterstützt die Verfügbarkeit von Informationen für die Abschätzung der Relevanz von Ereignissen und neuen Entwicklungen, für die keine umfangreichen Erfahrungen aus der Vergangenheit vorliegen und die daher Gefahr laufen in ihrer Relevanz unterschätzt zu werden [SMG+19].

 Redesigned Mobilitäts- & Logistik-Welt	 Tailored Gesundheits- & Ernährungs-Welt	 Looped Material- & Ressourcen-Welt	 Responsive Tool- & Robotik-Welt	 Meshed Cyber- & Service-Welt
Die Redesigned Mobilitäts- & Logistik-Welt umfasst die möglichst nachhaltige, intelligent vernetzte Mobilität von Personen und Gütern inklusive Luft- und Raumfahrt, Logistik und Tourismus. Dazu gehört neben der Automatisierung und Automatisierung, der Nutzung grüner Energie zu Land und in der Luft, innerhalb und außerhalb von Gebäuden, auch eine zunehmende Abkehr vom Individualverkehr durch innovative Verkehrskonzepte und Geschäftsmodelle sowie die Verwendung von Satelliten- und Geo-Informationssystemen.	Die Tailored Gesundheits- & Ernährungswelt beinhaltet die Gesundheitswirtschaft mit ihren Teilbereichen Medizintechnik, Biotechnologie und Pharmazie, aber auch die Lebensmittel- und Ernährungsindustrie. Relevante Trends betreffen das zunehmend personalisierte Gesundheitswesen und Ernährungsverhalten, entsprechend der jeweiligen Lebensumstände und Bedürfnisse. Vegane Ernährung, Gesundheits-Apps und mobile Diagnostik sind nur Beispiele für die Verschmelzung der Bereich und den Einfluss der Digitalisierung.	Die Looped Material- & Ressourcen-Welt beinhaltet Materialentwicklung, neue Oberflächen, Prozessindustrie, grüne Chemie und Biotechnologie, Wasserstoffinfrastruktur, Energie, Ressourcenschonung, Bauen, Wasser-, Abfall- und Kreislaufwirtschaft. Relevante Trends sind die Produktion nachhaltiger Verpackungsmaterialien, nachhaltige Energieerzeugung und deren effiziente Nutzung sowie ein ressourcenschonender Umgang und die Entwicklung zur Kreislaufwirtschaft.	In der Responsive Tool- und Robotik-Welt werden Akteure zusammengefasst, die neue physische Produktionstechniken, also die „Zahnräder der Zukunft“ entwickeln und anwenden. Hierzu gehören u.a. der 3D-Druck, Laser als Produktionsmittel sowie die Robotik. Additive Fertigungsverfahren können zu einem Schlüssel für eine dezentrale bzw. regionale Produktion in kleine Losgrößen werden. Fortschritte in der Photonik befeuern die Weiterentwicklung. Die Robotik mit ihren vielfältigen Ausprägungen und Anwendungsmöglichkeiten kommt als wichtiges Technologiefeld hinzu.	Die Meshed Cyber- und Service-Welt stellt Wirtschaftsakteure in den Fokus, die sich mit der Entwicklung und dem Einsatz von virtueller bzw. augmentierter Realität zur Visualisierung von Räumen, Objekten, Personen und Prozessen befassen. Wichtige Impulse für den Fortschritt auf diesem Gebiet kamen und kommen aus der Kreativwirtschaft. Die Anwendungspotenziale sind vielfältig. Die sich dynamisch entwickelnde Cyber- und Service verknüpft neue Akteure untereinander, aber auch virtuelle und physische Welten und es entsteht ein umfassendes Netzwerk, das eine Ergänzung zur physischen Welt darstellt.

Bild 1: Fünf Zukunftswirtschaftswelten mit Kurzbeschreibung

2 Theoretischer Hintergrund und methodischer Ansatz

2.1 Theoretischer Hintergrund

Geels und Schott [GS10] beschreiben Transformationsprozesse als Veränderungen, die weit über die kontinuierlichen, inkrementellen Veränderungen von Systemen hinausgehen, da sie vielfältige, gleichzeitige Veränderungen beinhalten und unterschiedliche Akteure, sowie deren Interaktion betreffen. Transformationsprozesse sind umfangreich in ihrer Wirkung und können mit unterschiedlicher Geschwindigkeit erfolgen. Um Transformationsprozesse, die in der Vergangenheit stattgefunden haben, zu beschreiben [Gee05], wurde Transition Theory bereits umfangreich genutzt. Darüber hinaus gibt es einige Studien, die auf dieser Grundlage zukünftige Transformationspfade und Szenarien ausgearbeitet haben [Mar14], [SBv+13], [SGG14], [SPH+23], [WHK+21].

Transition Theory, die auf der Multi-Level Perspective (MLP) aufbaut, bietet einen passenden Ausgangspunkt, um ganz unterschiedliche Teilsysteme, sogenannte „Socio-Technical Regimes“, hinsichtlich ihrer möglichen zukünftigen Entwicklungen zu beleuchten. Die Unterscheidung von drei Ebenen, ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der allgemeinen Veränderungen (Landschaftsebene), des betrachteten Teilsystems (Regimeebene) mit etablierten Strukturen und Mechanismen und den Innovationsimpulsen einzelner Akteursgruppen und/oder Technologien (Nischenebene), die zunächst nicht passfähig sind zu etablierten Regimen.

Nach Geels [Gee02] geraten sozio-technische Regime unter Druck, wenn sich die Rahmenbedingungen (Landschaftsebene) verändert und gleichzeitig einzelne Innovationen, oder Bündel von Innovationen, die eine ähnliche Ausrichtung haben, das bestehende Regime herausfordern. Die fünf sozio-technischen Systeme, die im Rahmen des hier beschriebenen Projektes betrachtet wurden (z. B. Redesigned Mobilitäts- und Logistik-Welt) können mit ihren etablierten Akt-

euren, Infrastrukturen, Produkten und Regeln als Regime verstanden werden, die durch Veränderungen auf der Landschaftsebene, z. B. Klimaziele und eine alternde Bevölkerung, unter Druck geraten. Für diese fünf oben vorgestellten Zukunftswirtschaftswelten – in Anlehnung an MLP auch als Regime bezeichnet – wird in den nächsten Jahren ein grundlegender Transformationsprozess erwartet.

Innovative Ansätze etablieren sich nach GEELS [Gee05] zunächst in kleinen Nischen, wenn diese mit dem existierenden Regime nicht passfähig sind. Die Beobachtung solcher Nischen ist daher für Innovationsakteure besonders wichtig und kann frühzeitig Hinweise liefern, ob, wann und wie sich ein Regime verändern könnte. Diese Transformation kann Geels Theorie folgend nach unterschiedlichen Mustern erfolgen. Anhand der historischen Transformationsprozesse, wie z. B. der Umstellung von Segelschiffen auf motorisierte Schiffe, wurden verschiedenen Transformationspfade und -typologien entwickelt, bei denen es zu einer vollständigen Substitution oder zu einer graduellen Transformation des bestehenden Systems kommen kann.

Wir gehen davon aus, dass Veränderungen auf der Landschaftsebene in der Regel langsam stattfinden, während Akteure auf der Nischenebene an radikaleren Innovationen arbeiten, die in verschiedene Richtungen gehen [Gee02]. Daher konzentrieren wir uns auf die Identifikation von Nischeninnovationen, die das bestehende Regime herausfordern könnten und sich daher zunächst in abgegrenzten Nischen entwickeln, da diese einen gewissen "Schutz" für Neuheiten bieten.

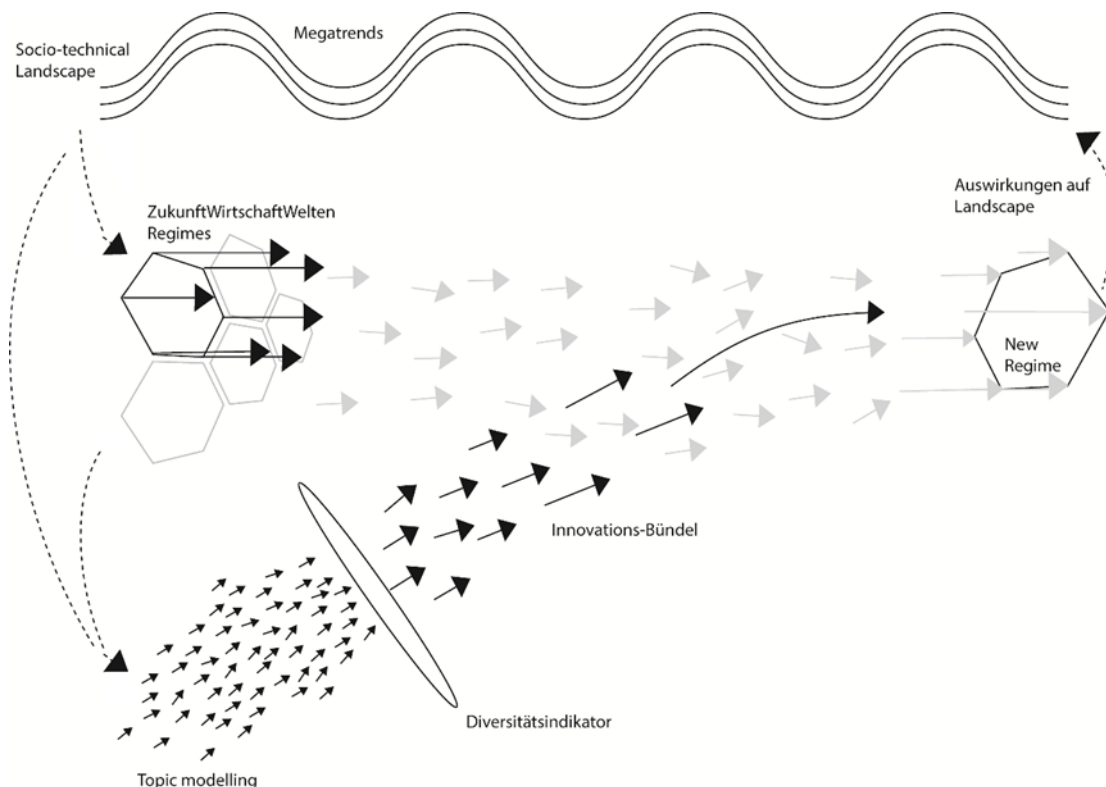


Bild 2: Eigene Darstellung in Anlehnung an Geels und Schot 2010

Nischeninnovationen treten in unterschiedlichen Kontexten auf und können Hinweise auf zukünftige Veränderungen geben. Im Foresight-Kontext wird dabei häufig von "Weak Signals" gesprochen [vO21], [Hil08], da ein gehäuftes Auftreten von Beobachtungen ein Hinweis auf

Veränderungen sein kann. Wir folgen dabei dem konstruktivistischen Begriffsverständnis von schwachen Signalen [Ros12], als Koproduktion, bei der die Wahrnehmung für ein breiteres Spektrum von Phänomenen geöffnet und einem Prozess der "Sinnfindung" unterzogen wird, da es in komplexen Systemen keine "Signale aus der Zukunft" gibt, so dass man auch von "Keimen von Veränderungshypothesen" sprechen könnte [SGW20], [WS16].

2.2 Methodischer Ansatz

Wir nutzen die Struktur der Transition Theory und schlagen vor, die Identifikation von Innovationen auf der Nischenebene, um einen datengestützten Ansatz zu erweitern. SPICKERMANN ET AL. [SGG2014] greifen 2014 in ihrer Analyse eines zukünftigen Mobilitätssystems ebenfalls die MLP auf und beschreiben einerseits die Vorteile dieses Ansatzes, aber auch den hohen Aufwand, der mit der Recherche nach Innovationen auf der Nischenebene einhergeht, wenn keine automatisierten Verfahren zur Verfügung stehen. Beim Environmental Scanning auf der Nischenebene werden neben Experteninterviews oftmals Trend- und Foresight-Studien genutzt und Patente und wissenschaftliche Publikationen ausgewertet. Erst seit wenigen Jahren können dabei immer häufiger ergänzend auch automatisierte Ansätze eingesetzt, die auf Natural Language Processing (NLP) basieren [MKG23], [GGW+22].

Wir nutzen im dargestellten Prozess NLP für die Identifikation von Nischeninnovationen, um den Scanning-Bereich bezüglich der geographischen und thematischen Dimensionen deutlich auszudehnen. Diese Ausweitung ist besonders entscheidend vor dem Hintergrund der zunehmenden Konvergenz und Globalisierung von Wissenschaften [JCP+16]. In der Kombination bedeutet dies, dass „Emerging or strategic Issues“ nicht nur innerhalb einer abgegrenzten Region betrachtet werden sollten, sondern ein möglichst umfassendes, global ausgerichtetes Scanning anzustreben ist, das technologisch offen ist und gleichzeitig auch gesellschaftliche Veränderungen berücksichtigt.

Trotz der automatisierten Verfahren ist die Auswertung des Scanning-Bereichs weiterhin mit erheblichen Herausforderungen verbunden, da die Identifikation relevanter Themen für eine spezifische Region innerhalb der Informationsflut weiterhin schwierig bleibt. Im dargestellten Prozess bedeutete dies zunächst eine sorgfältige Auswahl diversifizierter Quellen, die den Scanning-Bereich definieren und eine anschließende Auswertung unter Verwendung von NLP.

Wir nutzen Topic Modeling (vgl. Kapitel 3.2), um die latenten Themen innerhalb eines Datenkorpus mit Nachrichten und Artikeln aus verschiedenen Quellen (vgl. Kapitel 3.1) zu identifizieren. Die Ergebnisse des Topic Modeling können in Anlehnung an die MLP-Struktur als Bündel von Nischeninnovationen betrachtet werden, bei denen ein Alignment (also eine ähnliche Ausrichtung) zu beobachten ist. Das folgende Bild stellt den Entstehungsprozess von Potenzialen für die einzelnen ZukunftsWirtschaftsWelten schematisch dar.

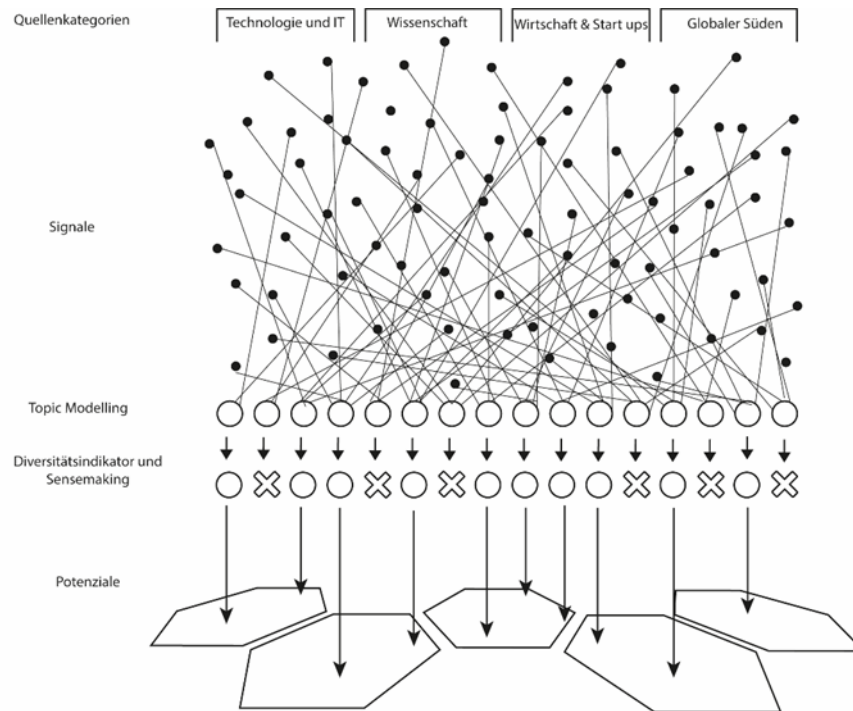


Bild 3: Schematische Darstellung des Filterprozesses zur Identifikation und Auswahl von Potenzialen für eine Zukunftswirtschaftswelt

Die Auswahl und Interpretation dieser Bündel von Nischeninnovationen erfolgte im dargestellten Prozess diskursiv durch das Projektteam und konnte nicht automatisiert werden. Ein entscheidendes Kriterium für die Auswahl von Innovationen war dabei die Diversität der Quellen innerhalb des jeweiligen Topics.

Für ausgewählte Bündel an Nischeninnovationen wurden in einem kreativen Prozess die Zukunftspotenziale analysiert und darüber hinaus Annahmen formuliert, wie ein Innovationsbündel zu einer Transformation auf der Regimeebene einen Beitrag leisten könnte. Dabei wurde die spezifische, regionale Perspektive von Baden-Württemberg eingenommen, da Strukturen und Mechanismen auf der Regimeebene sowohl durch regionale Besonderheiten als auch durch internationale Standards und etablierte Prozesse geprägt werden. Für den baden-württembergischen Kontext wurden regionale Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft identifiziert und in Tandem-Interviews wurden sowohl die allgemeinen Zukunftspotenziale als auch die spezifischen Möglichkeiten in Baden-Württemberg diskutiert.

3 Beispiel: Nischeninnovationen mit Relevanz für die Zukunftswelt "Redesigned Mobilitäts- und Logistikwelt"

Im Folgenden beschreiben wir den Prozess der Identifikation von Nischeninnovationen, die Auswahl bestimmter Bündel an Nischeninnovationen und wie diese interpretiert und den Innovationsakteuren über ein Dashboard zur Verfügung gestellt wurden. In diesem Artikel fokussieren wir uns ausschließlich auf den Bereich Mobilität und Logistik, auch wenn der Prozess in leicht angepasster Weise für vier weitere Bereiche durchgeführt wurde und alle Ergebnisse in

einem übergreifenden Dashboard veröffentlicht sind (<https://zukunftswirtschaft-bw.de/> username: neo4j / password: Zukunft)

3.1 Quellenauswahl

Um den Blick zu weiten und Nischeninnovationen aufzuspüren, die abseits des Fokus der Zielgruppen liegen, haben wir uns – entsprechend der oben dargestellten Methodik - bei der Auswahl der Quellen bemüht, sowohl thematisch als auch geographisch ein Spektrum möglichst abseits der alltäglichen Perspektive abzudecken. Nachrichtenseiten bieten diesbezüglich eine sehr gute Voraussetzung, da sie ein äußerst breites Themenspektrum aus Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft abdecken und auch eine globale Suche möglich ist. Sie wurden daher als primäre Quelle für den Datenkorpus genutzt. Ihre Auswertung bot gleich in mehrerer Hinsicht Vorteile für das Projekt. Zum einen konnten wir mit der Auswahl von Newssites und einem Betrachtungszeitraum der letzten drei Jahre einen verhältnismäßig schnelllebigen und aktuellen Datensatz abbilden, zum anderen erlaubte uns die Auswahl der Newssites als Datenbasis auch eine Erweiterung des Beobachtungsbereichs in geographischer Hinsicht. Durch die Betrachtung von internationalen Einflüssen bestand die Möglichkeit regionale Transformationsbedarfen mit Nischeninnovationen aus anderen Teilen der Welt in Verbindung zu bringen und im baden-württembergischen Umfeld zu kontextualisieren.

Durch die Nutzung von NLP konnten zwei umfangreiche Korpora von Newsartikeln angelegt werden, die zusammen über 90.000 Artikel in deutscher und englischer Sprache umfassen. Beide speisen sich aus verschiedenen Quellen wie Tages- und Wochenzeitungen, Online-Newssites, wissenschaftlichen Quellen sowie Publikationen mit Fokus auf Technologie und IT. Der englischsprachige Korpus berücksichtigt Quellen aus dem Globalen Süden, während der deutschsprachige Korpus Regionalzeitungen aus Baden-Württemberg, Österreich und der Schweiz enthält. Um eine ausgewogene Datenbasis für die Auswertung zu schaffen, haben wir verschiedene Perspektiven im politischen Spektrum sowie Variationen hinsichtlich Zielgruppe und thematischem Fokus berücksichtigt.

3.2 Topic Modelling für die Identifikation von Nischenentwicklungen

Wie eingangs bereits thematisiert, benutzen wir einen Topic Modeling-Algorithmus, um latente Themen (Topics) – also solche, die sich in mehreren Dokumenten wiederfinden – im oben beschriebenen Korpus zu identifizieren. Unsere Wahl ist dabei auf BERTopic [Gro22] gefallen, ein Ansatz, der durch die Kombination sogenannter „pre-trained word embeddings“ (aus der BERT-Familie [VSP+17], zu finden unter anderem auf Hugging Face [Hug-ol]) mit Clustering-Algorithmen gute Ergebnisse erzielt. BERTopic verwendet HDBSCAN [MHA17], ein hierarchisches, dichte-basiertes Clustering, durch das Ausreißer nicht zwingend einem Cluster zugewiesen werden müssen, diese bleiben also kohärenter als mit anderen Verfahren. Als Embeddings wird SBERT (Sentence-BERT, [RG19]) genutzt, da hierdurch weitere semantische Informationen erhalten bleiben. Vor allem durch die Nutzung von Embeddings ist es möglich, dass in einem heterogenen Korpus Topics gefunden werden, die nur in kleinem Umfang oder durch unterschiedliche Begriffe diskutiert werden. Außerdem wird durch das Clustering die Problematik, a priori die Zahl der Topics festlegen zu müssen, umgangen. Vor allem in den

bisher oft verwendetet Topic Modeling Ansätzen wie beispielsweise LDA [BCD10] oder NMF [DCP15] war dies oft ein Problem, das die Qualität der Ergebnisse beeinträchtigt und Auswertungen erschwert hat.

Word-Embeddings, unter anderem beschrieben in [MSC+13], [PSM14], bilden das gesamte Vokabular in einem mehrdimensionalen Vektorraum ab, jeder Begriff wird also durch einen Vektor ersetzt, der wiederum durch die kontextuelle Verwendung beeinflusst wird. Ausgehend von der These, dass Begriffe, die in ähnlichen Kontexten verwendet werden, sich semantisch ähneln, kann also durch Betrachtung eines solchen Vektors die Ähnlichkeit mit jedem anderen Begriff quantifiziert werden – je umfangreicher die Trainingsdaten, desto besser [VSP+17]. Zur Berechnung der Topics wird darauf zurückgegriffen: Topics selbst sind statistisch signifikante Co-occurrences von Begriffen. Dadurch, dass diese Begriffe nun durch Vektoren repräsentiert werden, können auch lexikalisch abweichende, aber semantisch ähnliche, Formulierungen mit einbezogen werden.

Diese Verbesserungen bieten – in Abgrenzung zu anderen Topic Modeling-Algorithmen – sowohl kohärentere Ergebnisse als auch eine vollständigere Auswertung der im Korpus besprochenen Themen. Besonders für unser Erkenntnisinteresse, das sich ausdrücklich auch auf kleinere Randthemen oder Weiterentwicklungen bereits bekannter Bereiche bezieht, sind dies wichtige Aspekte.

3.3 Auswahl von Nischenentwicklungen über einen Diversitätsindikator

Bei der Auswahl der Nischeninnovationsbündel, die vertieft betrachtet werden sollten, erfolgte einerseits eine quantitative Bewertung der Diversität der Quellen, die zu einem Topic beigetragen haben und andererseits eine qualitative Bewertung und Interpretation, die im nächsten Abschnitt unter *Sensemaking* beschrieben wird.

Für die quantitative Bewertung der Diversität wurde ein Diversitätsindikator verwendet. Dieser wird anhand der Vielseitigkeit an Quellen, die auf das Topic hinweisen und die unterschiedlichen Kategorien, denen die Quellen zugeordnet wurden, hergeleitet. Die Kategorien sind:

- Technologie und IT,
- Wissenschaft,
- Wirtschaft und Startups
- Globaler Süden

Der Diversitätsindikator berechnet sich durch Multiplikation der Anzahl der Quellen (über alle Kategorien hinweg) und der Anzahl der Kategorien, die abgedeckt werden.

(Diversitätsindikator = Anzahl der Quellen * Anzahl der Kategorien)

So wurden beispielsweise beim Topic 'E-Bike Markt im Wandel', 50 Artikel aus drei verschiedenen Kategorien und 14 verschiedenen Quellen gefunden. Ein hoher Diversitätsindikator kann interpretiert werden als ein besonders interessantes Innovationsthema, weil eine dynamische Entwicklung durch unterschiedliche Akteure vorangetrieben werden könnte. Zudem wird das Risiko einer Wahrnehmungsverzerrung, beispielsweise durch 'Groupthink', [SMG19] [SGW20], also ähnliche Denkmuster und Ansichten innerhalb einer Gruppe, minimiert. Ein

solcher Effekt könnte vorliegen, wenn in einem Topic sehr viele Artikel einer Kategorie oder sogar einer Quelle zugeordnet sind.

The screenshot displays the 'Zukunftsscanner Baden-Württemberg' interface. The main navigation bar includes 'Startseite', 'Alle Themen', 'Highlights', 'Mobilität und Logistik', 'Tools und Robotik', 'Gesundheit und Ernähr.', 'Cyber und Service', 'Material und Ressource', and 'Stichwortsuche'. The current topic is 'E-Bike Markt im Wandel'. The interface is divided into several sections:

- Redesigned: Mobilität und Logistik:** A network diagram showing interconnected nodes representing different aspects of the topic.
- Themenauswahl:** A dropdown menu showing the selected topic 'E-Bike Markt im Wandel'.
- Bezeichnung:** The topic name 'E-Bike Markt im Wandel'.
- Textquellen:** A list of article titles and URLs, including:
 - 'Police mirrors installed at more than 200 HDB blocks in Singapore to stop bicycle theft' (https://www.channelnewsasia.com/news/)
 - 'Fix your bike: What is the £50 repair voucher scheme and how can I claim one?' (https://www.independent.co.uk/life-style/)
 - 'Boris Johnson's 'golden age of cycling' vision welcomed by campaigners and green gro' (https://www.independent.co.uk/environment/)
 - 'Boris Johnson refused to pay to keep a £1,000 bike gifted to him from Biden, but is rep' (https://www.businessinsider.com/boris-jon)
 - 'Exclusive: Brits on bikes as fitness app data shows pandemic boom' (https://www.channelnewsasia.com/news/)
- Signal:** A list of key signals:
 - Faltbare E-Bikes gewinnen an Bedeutung, z.B. für die Kombination mit Autofahrten
 - Die Grenzen zwischen E-Fahrrädern und E-Motorrädern verschwimmen
 - Rechtliche Rahmenbedingungen für E-Bikes sind in den Ländern sehr unterschiedlich
 - Komponenten von E-Bikes müssen spezifisch an die veränderten Bedingungen angepasst werden
 - Normale Fahrräder lassen sich kostengünstig zu E-Bikes umrüsten
 - Hybride Räder werden wichtiger
- Potenzial:** A list of potential developments:
 - In Deutschland sind die Grenzen der E-Bikes, die angemeldet werden müssen, sehr niedrig. Dies könnte zu einem Hindernis werden. Werden neue Fahrrad-Infrastrukturen für deutlich schneller E-Bikes zugelassen, um damit eine wirkliche Entlastung des Automobilverkehrs zu erreichen?
 - Faltbare Klein-E-Bikes könnten einen wichtigen Beitrag zum neuen Multimodalsplit ausmachen
 - Wer wird zukünftig den E-Bike-Markt dominieren? Die Fahrradhersteller*innen, Motorradhersteller*innen, Automobilhersteller*innen oder neue Akteure
- Perspektive Baden-Württemberg:**
 - Einführung des landesweiten Radleasing-Modells "JobBike BW"
 - BW als erstes Bundesland, das seinen Bediensteten Radleasing anbietet
 - Vorerst nur für die Landesbeam*innen sowie Richter*innen
 - https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/sozialpolitik/mobilitaet/mobilitaetsmanagement/landesbedi/bw/
 - Landesgemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (LGVFG)
- Andere Foresight-Studien:**
 - E-Bike Verkäufe übersteigen fünf Millionen
 - Machen damit über 25 % des EU-Marktes an Fahrrädern aus
 - https://cyclingindustry.news/european-electric-bike-sales-pass-5-million-all-bikes-22-million/
 - European Cycling Associations prognostizieren 30 Millionen verkaufte Fahrräder; davon 17 Millionen E-Bikes
 - https://cyclingindustries.com/news/details/new-european-cycling-industry-forecast-shows-huge-growth-in-bike-and-e-bike-sales
 - Propella Mini verbindet kompaktes Stadtrad mit E-

Bild 4: Screenshot Zukunftsscanner Baden-Württemberg: E-Bike-Markt im Wandel, Nischeninnovationen und Zukunftspotenziale für das Mobilitätsregime

3.4 Von Signalen zu Innovationsbündeln

Nach einer Evaluierung durch den Diversitätsindikator haben wir für die ausgewählten Topics die zentralen Artikel, die eine große Überschneidung mit dem Topic haben, mit dem Projektteam ausgewertet, zusammengefasst und das darin aufscheinende Potenzial für Zukunftsperspektiven in Baden-Württemberg beschrieben.

Beispiel E-Bike-Markt im Wandel:

Für dieses Topic zeigte sich, dass jeweils mehrere Artikel den Kategorien Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft zugeordnet sind und in unterschiedlichen Regionen der Welt veröffentlicht wurden. Es wurde deutlich, dass es nicht nur zu umfangreichen technologischen Innovationen kommt, die in den Fahrradmarkt integriert werden können, sondern darüber hinaus steigt die Reichweite und auch die Wertigkeit der Fahrräder nimmt erheblich zu. Die Einsatzmöglichkeiten, die sich durch die genannten Entwicklungen gerade in der Kombination mit anderen Mobilitätsformen ergeben, weichen deutlich von den heutigen Einsatzmöglichkeiten von E-Bikes ab. Weitere Innovationen, die im Zusammenhang mit diesem Topic identifiziert wurden, sind auf Newssites aus Singapur

veröffentlicht worden. Diese Innovationen greifen veränderte Verhaltensweisen einer älteren Bevölkerung auf und weisen darauf hin, dass Anpassungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen erforderlich werden.

Durch die Kombination dieser Entwicklungen – technologischen und soziale Veränderungen – entfaltet das Innovationsbündel das Potenzial das bestehende Regime stark zu beeinflussen, insbesondere wenn es in den Kontext weiterer Innovationsbündel gesetzt wird, wie etwa den öffentlichen Personennahverkehr.

Zusammengefasst und auf den regionalen Zuschnitt angepasst, haben wir aus den Weak Signals im Topic E-Bike die Ergebnisse in den folgenden Signalen kondensiert:

- Faltbare E-Bikes gewinnen an Bedeutung, z. B. für die Kombination mit Autofahrten
- Die Grenzen zwischen E-Fahrrädern und E-Motorrädern verschwimmen
- Rechtliche Rahmenbedingungen für E-Bikes sind in den Ländern sehr unterschiedlich
- Komponenten von E-Bikes müssen spezifisch an die veränderten Bedingungen angepasst werden
- Länder wie z. B. Singapur sind Vorreiter und könnten als Orientierung genutzt werden
- Normale Fahrräder lassen sich kostengünstig zu E-Bikes umrüsten
- Hybride Räder werden wichtiger

Die so entstandenen Beschreibungen für die ausgewählten Topics bildeten die Grundlagen und den ersten Schritt im Sensemaking-Prozess, auf den im nächsten Abschnitt genauer eingegangen wird. Sie sind darüber hinaus auch als Beschreibungen im Dashboard hinterlegt.

3.5 Sensemaking und Deep Dive – Auswirkungen auf das sozio-technische Regime

Neben der quantifizierten Quellenbetrachtung durch die Diversitätsindikatorik wurde in einem zweiten Schritt ein Sensemaking durch das Foresight-Team durchgeführt.

Im Prozess haben wir festgestellt, dass eine alleinige quantitative Analyse zwar grundsätzlich geeignet ist, um Innovationsbündel zu finden, die Methode aber insbesondere bei regional eingegrenzten Zuschnitten (derzeit) an ihre Grenzen stößt. So fanden wir einige Nischen, die sich auf die Zielregion übertragen lassen, andere jedoch sind für den vorgegebenen regionalen Kontext nicht adaptierbar oder schlicht nicht relevant. Aus diesem Grund wurden alle Ergebnisse aus der teilautomatisierten Suche nach der ersten Filterung durch den Diversitätsindikator nochmals vom Foresight-Team gesichtet und in einem zweiten Schritt einer qualitativen Bewertung unterzogen. In diesem Schritt wurden die verbleibenden Topics in drei Kategorien unterteilt. Für den Zuschnitt nicht relevante Topics wurden aussortiert. Bei den verbleibenden Nischeninnovationen wurde unterschieden zwischen Topics, die Potenzial für die Region haben und solchen, die zwar grundsätzlich interessant sind, aber über die Nische hinaus bekannt sind oder

aber, weil sie zwar potenziell interessante Merkmale haben, nicht aber über ausreichend Disruptionspotenzial für eine Nischeninnovation verfügen. Insgesamt wurden für die fünf ZukunftsWirtschaftsWelten 403 Themen identifiziert, von denen je Welt zwischen 11 und 32 Potenzial-Topics und jeweils zwischen 48 und 77 Topics als Zukunftsthemen mit geringerer Relevanz eingestuft wurden.

Damit die so entstandene Sortierung nicht alleine auf der Perspektive des Foresight-Teams fußt, wurden die sogenannten Potenzial-Topics einem Lenkungskreis besetzt mit Vertreter:innen aus dem Ministerium, Regio-Clustern und IHKs in Workshops vorgestellt und mittels eines Votings in Bezug auf die Bedeutung für das Land Baden-Württemberg weiter priorisiert. Daraus resultierte eine Auswahl von 52 "Highlight-Themen", deren Potenziale für die Region weiter ausgearbeitet wurden. In Tandem-Interviews – Gesprächen, die gemeinsam mit jeweils Vertreter:innen aus Wissenschaft und Wirtschaft mit regionalem Bezug geführt wurden – wurden einerseits die Rechercheergebnisse kritisch überprüft und mit Externen diskutiert, und andererseits ausgewählte globale Zukunftstrends mit den regionalen Besonderheiten in Verbindung gebracht.

Beispiel E-Bike-Markt im Wandel

Das Potenzial dieses Innovationsbündels, ein zukünftiges Regime zu beeinflussen, wurde als sehr hoch bewertet. Der Druck auf der Landschaftsebene, der sich insbesondere durch die gesellschaftliche Anforderung ergibt, die CO₂-Emissionen des Verkehrs erheblich zu reduzieren, passt zu einem zunehmenden Einsatz von E-Bikes und Pedelecs. In Baden-Württemberg gibt es zahlreiche Forschungseinrichtungen, die hier einen Beitrag leisten können. Darüber hinaus können Wirtschaftsakteure von dem sich wandelnden Markt profitieren, beispielsweise durch lokale Komponentenproduktion für den Antriebsstrang und durch die Einführung neuer Geschäftsmodelle, wie z. B. E-Bike-Leasing und ergänzende Anreizsysteme (z. B. Gutschriften in Regional-Währungen je gefahrenem Kilometer), die von öffentlichen und privaten Arbeitgebern umfangreich unterstützt werden. Ein verändertes regionales Regime könnte zukünftig Infrastrukturen für diese Mobilitätsformen in enger Abstimmung mit dem ÖPNV zur Verfügung stellen und über angepasste rechtliche Rahmenbedingungen die Transformation unterstützen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die CO₂-Emissionen des Verkehrs erheblich zu reduzieren und Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft eng in den Transformationsprozess einzubinden.

Die so validierten Ergebnisse bilden das Herzstück des Zukunftsscanners und sind unter den Highlight-Themen im Dashboard aufzurufen. Sie bilden die Essenz der Recherchen im Rahmen des Projekts und wurden im Prozess als Bündel von Innovationen mit den größten Disruptionspotenzialen für Veränderungen auf der Regimeebene, den ZukunftsWirtschaftsWelten, herausgestellt.

Der Zukunftsscanner bietet unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten, so können sich einzelne Personen von den Signalen inspirieren lassen und über die internationalen Links auf Informationen zugreifen, die sonst weniger im Blickfeld sind, darüber hinaus können Unternehmen

ihren Wirtschaftskontext hinsichtlich möglicher Disruptionen auswerten und für das Ministerium wurden Handlungsoptionen aufgezeigt, die ein innovatives Baden-Württemberg unterstützen.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl die Verwendung des MLP-Ansatzes als auch die Kombination mit der (teil-)automatisierten Identifikation von Innovationsbündeln gute Möglichkeiten bietet, um den Horizon Scanning Prozess zu verbessern.

Der MLP-Ansatz bietet eine Rahmung, um den Horizon Scanning-Prozess zu strukturieren und mit den Transformationsprozessen von sozioökonomischen Systemen zu verknüpfen:

- Durch die Verwendung dieses Ansatzes werden nicht nur einzelne Nischeninnovationen identifiziert, sondern der Ansatz legt nahe, gezielt nach Bündeln von Nischeninnovationen zu suchen, die ein Alignment, also eine gewisse Ähnlichkeit ihrer Ausrichtung aufweisen.
- Bei der Suche nach Nischeninnovationen sollte unter Verwendung des MLP-Ansatzes eine deutlich breitere Perspektive gewählt werden, da dieser Ansatz die Suche nach Nischen außerhalb des betrachteten sozio-technischen Systems einfordert.
- Durch den MLP-Ansatz ist es möglich, Innovationsbündel in Bezug zum etablierten Regime zu setzen, so dass sowohl Transformationsmöglichkeiten als auch Widerstands- und Persistenz Tendenzen aufgezeigt werden. Der Ansatz unterstützt den Reflexionsprozess und trägt dazu bei, vertieft mögliche zukünftige Hindernisse zu berücksichtigen und eine Systemperspektive einzunehmen. Dies entspricht auch der Beobachtung von SPIEKERMANN ET AL. [SGG2014].

Die (teil-)automatisierte Identifikation und Auswahl von Nischeninnovationsbündeln ist eine wertvolle Erweiterung der bisher etablierten Ansätze um

- den Suchraum zu erweitern und dabei insbesondere dominante Wahrnehmungsverzerrungen innerhalb einer Region und/oder innerhalb eines sozio-technischen Systems aufzubrechen und
- über das automatisierte Topic Modelling eine sehr große Vielfalt von Innovationsimpulsen zu identifizieren und in komprimierter Form aufzubereiten.

Im Moment wird die optimale Nutzung des Ansatzes noch eingeschränkt durch

- die geringe Anzahl der verfügbaren regionale Nachrichtenartikel,
- die noch fehlende Berücksichtigung von Artikeln in anderen Sprachen als Deutsch und Englisch (z. B. Mandarin),
- die Trennung der Datenkorpora nach Sprachen sowie
- die Notwendigkeit manueller Zusammenfassung von Signalen und die manuelle Beschreibung des zukünftigen Potenzials.

In naher Zukunft ist davon auszugehen, dass der Suchraum durch die Einbeziehung anderer Sprachen vergrößert, und weiterentwickelte Algorithmen zur automatisierten Analyse regionaler Kontexte verwendet werden können. Die Identifikation von Innovationsbündeln kann durch

die automatische Berechnung und Berücksichtigung von spezifisch angepassten Diversitätsindikatoren verbessert werden. Manuelle Beschreibungen der Innovationsbündel können zukünftig mit Hilfe von Tools wie z. B. ChatGPT erleichtert und automatisiert werden. Die vorgeschlagenen Weiterentwicklungsmöglichkeiten, werden dazu beitragen, dass der methodische Ansatz weitreichend automatisiert werden kann. Perspektivisch werden dadurch mehr Kapazitäten für den kreativen Prozess der Ausarbeitung und Beschreibung von Zukunftspotenzialen auf der Basis der MLP-Struktur zur Verfügung stehen. Auch die Darstellung der Innovationsimpulse kann weiter optimiert werden, um zukünftig einen interaktiven Prozess mit unterschiedlichen Stakeholdergruppen zu einzelnen Innovationsimpulsen zu unterstützen.

Literatur

- [BCD10] BLEI, D.; CARIN, L.; DUNSON, D.: Probabilistic Topic Models: A focus on graphical model design and applications to document and image analysis. *IEEE Signal Processing Magazine*, (27)6, 2010, S. 55–65
- [CvD+21] CAVUSGIL, S. T.; VAN DER VEGT, S.; DAKHILI, M.; DE FARIAS, S.; DORIA, E. F.; EROGLU, S.; LIU, L. A.; WANG, E. Y.: International Business in an Accelerated VUCA World: Trends, Disruptions, and Coping Strategies. *Rutgers Business Review*, (6)3, 2021, S. 219–243
- [DCP15] DA KUANG; CHOO, J.; PARK, H.: Nonnegative Matrix Factorization for Interactive Topic Modeling and Document Clustering: Partitional Clustering Algorithms. Springer, Cham, 2015, pp. 215–243
- [Gee02] GEELS, F. W.: Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, (31)8-9, 2002, S. 1257–1274
- [Gee05] GEELS, F. W.: The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860–1930). *Technology Analysis & Strategic Management*, (17)4, 2005, S. 445–476
- [GGW+22] GEURTS, A.; GUTKNECHT, R.; WARNKE, P.; GOETHEER, A.; SCHIRRMEISTER, E.; BAKKER, B.; MEISSNER, S.: New perspectives for data-supported foresight: The hybrid AI-expert approach. *FUTURES & FORESIGHT SCIENCE*, (4)1, 2022
- [Gro22] GROOTENDORST, M.: BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure, 2022
- [GS07] GEELS, F. W.; SCHOT, J.: Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, (36)3, 2007, S. 399–417
- [GS10] GEELS, F.; SCHOT, J.: The Dynamics of Transitions: A Socio-Technical Perspective, 2010, S. 11–104
- [Hil08] HILTUNEN, E.: The future sign and its three dimensions. *Futures*, (40)3, 2008, S. 247–260
- [Hug-ol] Hugging Face: Models. Unter: <https://huggingface.co/models>
- [JCP+16] JEONG, D.; CHO, K.; PARK, S.; HONG, S.: Effects of knowledge diffusion on international joint research and science convergence: Multiple case studies in the fields of lithium-ion battery, fuel cell and wind power. *Technological Forecasting and Social Change*, (108), 2016, S. 15–27
- [KA18] Managing technological entrepreneurship: the engine for economic growth. – PICMET'18 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology. Piscataway, NJ, 2018
- [Kuz16] KUZNIK, T.: Risk Management in a VUCA World: Practical Guidelines Based on the Example of a Multinational Retail Group. In: Mack, O.; Khare, A.; Krämer, A.; Burgartz, T. (Hrsg.): *Managing in a VUCA World*. Springer International Publishing, Cham, 2016, S. 77–95

- [Mar14] MARLETTO, G.: Car and the city: Socio-technical transition pathways to 2030. *Technological Forecasting and Social Change*, (87), 2014, S. 164–178
- [MHA17] MCINNES, L.; HEALY, J.; ASTELS, S.: hdbscan: Hierarchical density based clustering. *The Journal of Open Source Software*, (2)11, 2017, S. 205
- [MKG23] MÜHLROTH, C.; KÖLBL, L.; GROTTKE, M.: Innovation signals: leveraging machine learning to separate noise from news. *Scientometrics*, (128)5, 2023, S. 2649–2676
- [MSC+13] MIKOLOV, T.; SUTSKEVER, I.; CHEN, K.; CORRADO, G.; DEAN, J.: *Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality*, 2013
- [PSM14] PENNINGTON, J.; SOCHER, R.; MANNING, C.: *Glove: Global Vectors for Word Representation: Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. Stroudsburg, PA, USA, Association for Computational Linguistics, Stroudsburg, PA, USA, 2014
- [RG19] REIMERS, N.; GUREVYCH, I.: *Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks*, 2019
- [Ros12] ROSSEL, P.: Early detection, warnings, weak signals and seeds of change: A turbulent domain of futures studies. *Futures*, (44)3, 2012, S. 229–239
- [SBv+13] SILVESTER, S.; BEELLA, S. K.; VAN TIMMEREN, A.; BAUER, P.; QUIST, J.; VAN DIJK, S.: Exploring design scenarios for large-scale implementation of electric vehicles; the Amsterdam Airport Schiphol case. *Journal of Cleaner Production*, (48), 2013, S. 211–219
- [SGG14] SPICKERMANN, A.; GRIENITZ, V.; GRACHT, H. A. VON DER: Heading towards a multimodal city of the future? *Technological Forecasting and Social Change*, (89), 2014, S. 201–221
- [SGW20] SCHIRRMEISTER, E.; GÖHRING, A.-L.; WARNKE, P.: Psychological biases and heuristics in the context of foresight and scenario processes. *FUTURES & FORESIGHT SCIENCE*, (2)2, 2020
- [SMG+19] SCHIRRMEISTER, E.; MEISSNER, L.; GUTKNECHT, R.; GÖHRING, A.-L.: Analyse organisationspezifischer Biases im Kontext von Innovationsmanagement und Foresight. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung 21. und 22. November 2019, Berlin*. Bd. 390, *Verlagschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts*, Band 390, Heinz Nixdorf Institut Universität Paderborn, Paderborn, 2019, S. 361-380
- [SPH+23] SHU, T.; PAPAGEORGIOU, D. J.; HARPER, M. R.; RAJAGOPALAN, S.; RUDNICK, I.; BOTTERUD, A.: From coal to variable renewables: Impact of flexible electric vehicle charging on the future Indian electricity sector. *Energy*, (269), 2023, S. 126465
- [vO21] VAN VEEN, B. L.; ORTT, J.: Unifying weak signals definitions to improve construct understanding. *Futures*, (134), 2021, S. 102837
- [VSP+17] VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J.; JONES, L.; GOMEZ, A. N.; KAISER, L.; POLOSUKHIN, I.: *Attention Is All You Need*, 2017
- [WDH+20] WYDRA, S.; DAIMER, S.; HÜSING, B.; KÖHLER, J.; SCHWARZ, A.; VOGLHUBER-SLAVINSKY, A.: *Transformationspfade zur Bioökonomie – Zukunftsszenarien und politische Gestaltung*. Karlsruhe, 2020
- [WHK+21] WYDRA, S.; HÜSING, B.; KÖHLER, J.; SCHWARZ, A.; SCHIRRMEISTER, E.; VOGLHUBER-SLAVINSKY, A.: Transition to the bioeconomy – Analysis and scenarios for selected niches. *Journal of Cleaner Production*, (294), 2021, S. 126092
- [WS16] WARNKE, P.; SCHIRRMEISTER, E.: Small seeds for grand challenges—Exploring disregarded seeds of change in a foresight process for RTI policy. *Futures*, (77), 2016, S. 1–10

Autoren

Elna Schirrmeister ist stellvertretende Leiterin des Competence Center Foresight am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Als Wirtschaftsingenieurin verfügt Sie

über Industrieerfahrung und ihre Forschung konzentriert sich auf die Weiterentwicklung von Methoden des Horizon Scanning, der Szenarien-Entwicklung, des Visioning und Zukunftsbefragungen. Die Entwicklung von Zukunftsdialogen zur Reflexion kognitiver Bias und zum Umgang mit komplexen Zukunftsfragen steht aktuell im Mittelpunkt ihrer Forschungsaktivitäten.

Dr.-Ing. Anna Kirstgen arbeitet seit 2021 als Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Competence Center Foresight am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Ihre Arbeit umfasst die Identifikation und Analyse von Signalen, Trends und möglichen Zukünften, um die Treiber des Wandels in Gesellschaft, Technologie und Märkten besser zu verstehen. Mit ihrer Erfahrung unterstützt sie Klienten dabei, Chancen zu erkennen und robuste Strategien für die Zukunft zu entwickeln. Ihr Portfolio umfasst Methoden wie Roadmapping, Visioning, Szenarioprozesse, Horizon Scanning und Trendradar.

Jan Rörden ist seit 2020 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ISI im Competence Center Foresight beschäftigt. Mit einer mehrjährigen Erfahrung im Bereich Applied Machine Learning und Data Science liegt sein Forschungsschwerpunkt im Bereich der Informationsgewinnung durch (teil-)automatisierte Textanalysen durch Natural Language Processing (NLP), die hauptsächlich im Horizon Scanning zur Anwendung kommt.

Sibylle Hermann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team "Service Business Innovation" des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation. Sie arbeitet schwerpunktmäßig zu den Themen Dienstleistungsinnovation, Geschäftsmodellentwicklung, vernetzte Wertschöpfung und Kollaboration in Multi-Akteur-Konstellationen und betreut das Service-Innovationslabor (ServLab) des Fraunhofer IAO.

Session IV

Datengestützte SGE – Systemgenerationsentwicklung: Konzeption und Anwendung einer Methode zur Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten

Sebastian Hünemeyer

Jonathan Bauer

Steffen Wagenmann

Alexander Kubin

Albert Albers

IPEK – Institut für Produktentwicklung

Kaiserstraße, Karlsruhe

Tel. +49 (0) 721 608 42371

E-Mail: {sebastian.huenemeyer/steffen.wagenmann/alexander.kubin}

@partner.kit.edu

albert.albers.@kit.edu

Zusammenfassung

Fahrzeugentwickelnde stehen in der frühen Entwicklungsphase vor der Herausforderung, dass entwickelte Konzepte aufgrund Geheimhaltung und finanziell angespannter Projekte kaum mit Zielkunden erprobt und evaluiert werden können. Dies kann zu einer erhöhten Marktunsicherheit führen, die sich in unklaren Kundenanforderungen an zukünftige Fahrzeuggenerationen widerspiegelt. Unternehmen laufen infolgedessen Gefahr, dass die technisch umgesetzten und die von Kunden tatsächlich geforderten Anforderungen nicht kongruent sind. Die Entwicklung eines neuen technischen Systems basiert stets auf einem Referenzsystem, von dem ausgehend eine neue Systemgeneration durch Variation der darin enthaltenen Referenzsystemelemente (RSE) entwickelt wird. Empirische Studien haben die Potentiale der Analyse von Nutzungsdaten aus diesen Referenzen dargelegt: Entscheidungen können objektiviert, bestehende Marktunsicherheiten reduziert und neue Kundenbedarfe erhoben werden.

In diesem Beitrag wird daher eine Methode zur Triangulation von qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten vorgestellt. Ergebnis der Methode ist ein Set an Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an eine zukünftige Systemgeneration. Die Methode wurde in Zusammenarbeit mit einem deutschen OEM entwickelt, in der Konzeptphase angewendet und initial bewertet. Die Methode ergänzt die Erfahrung von Entwickelnden um eine faktenbasierte Entscheidungshilfe und leistet dadurch einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion von Marktunsicherheiten. Das Entwicklungsteam hat die Reduktion der wahrgenommenen Marktunsicherheit in einer abschließenden Umfrage bestätigt. Ergänzend dazu wird eine Proxy-Variablen für die Marktunsicherheit eingesetzt, um den Erfolgsbeitrag der Methode ganzheitlich zu untersuchen. Am letzten Messpunkt konnte die indexierte Marktunsicherheit um 54% im Vergleich zum Projektstart reduziert werden.

Schlüsselworte

Datengestützte Produktentwicklung, SGE – Systemgenerationsentwicklung, Frühe Phase der Produktentwicklung, Anforderungsmanagement, Automobilentwicklung, Marktunsicherheit

Data-driven SGE – System Generation Engineering: designing and applying a method for eliciting requirements from product usage data

Abstract

In the early development phase, vehicle developers encounter the challenge that developed concepts can hardly be tested and evaluated with target customers due to secrecy and financially strained projects. This can lead to increased market uncertainty, which is expressed in unclear customer requirements for future vehicle generations. Consequently, companies are at risk that technically implemented requirements and those actually demanded by customers are not congruent. The development of a new technical system is always based on a reference system, from which a new system generation is developed by variation of the reference system elements (RSE) it contains. Empirical studies have outlined the potentials of analyzing usage data from these references: Decisions can be objectified, existing market uncertainties can be reduced, and new customer needs can be elicited.

This paper thus presents a method for triangulating qualitative and quantitative product usage data. The outcome is a set of requirements of customers and users for a future system generation. The method was developed in collaboration with a German OEM, applied in the concept phase and initially evaluated. It complements the experience of developers with a fact-based decision support and thus makes a decisive contribution to reducing market uncertainties. The development team has confirmed the reduction of perceived market uncertainty in a final survey. In addition, a proxy variable for market uncertainty is used to holistically examine the method's success contribution. At the final sample point, the indexed market uncertainty was reduced by 54% compared to the start of the project.

Keywords

Data-driven product development, SGE – System Generation Engineering, Early phase of product development, Requirements management, Automotive development, Market uncertainty

1 Einführung und Motivation

Die frühe Phase der Produktentwicklung beschreibt die Zeitspanne von der Initiierung eines Projekts bis zur evaluierten ersten technischen Lösung [ARB+17]. Kennzeichnend für diese Phase ist eine häufig hohe Marktunsicherheit [VH07], die GALBRAITH als Lücke zwischen erforderlichem und vorhandenem Wissen zur Lösung bestimmter Entwicklungsprobleme definiert [Gal73]. Eine wesentliche Ursache für Unsicherheit im Produktentwicklungsprozess sind unklare Bedürfnisse von Kunden und Anwendern [Ver09], [ZKL+21]. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Methoden zur Integration von Kunden und Anwendern in den Produktentwicklungsprozess entwickelt, z. B. die Persona-Methode [Coo06], Motive-Oriented-Design [SML14], oder Contextual Car Modes [GPK+15]. Dennoch zeigt sich, dass Entwickelnde noch immer Schwierigkeiten haben, die Perspektive von Kunden und Anwendern einzunehmen und deren Probleme zu verstehen [BOE20]. Mit zunehmender Verfügbarkeit von Produktnutzungsdaten entstehen dafür jedoch fortwährend neue Informationsquellen [BHK11]. Untersuchungen im Kontext der Produktentwicklungsforschung haben gezeigt, dass die Analyse dieser Daten eine Reduktion von Entwicklungsrisiken und Marktunsicherheiten unterstützen kann [ZBS16]. Während der Fahrzeugnutzung durch Kunden und Anwender können bei Einwilligung im Feld große Mengen an Messdaten erhoben werden [Joh11]. Werden diese Daten aus der Nutzung von Referenzprodukten strukturiert aufbereitet und Entwickelnden zugänglich gemacht, bietet das darin abgebildete Nutzungsverhalten ein großes Potential für die objektive Definition von Produktanforderungen neuer Produktgenerationen [JBJ+14], [MNJ+16]. Hierdurch können die Bedürfnisse von Kunden und Anwendern systematisch konkretisiert werden, wodurch der Unsicherheit im Produktentwicklungsprozess gezielt entgegengewirkt wird. Dieses Potential wird in der automobilen Produktentwicklung allerdings bisher nur unzureichend ausgeschöpft – der Bedarf an unterstützenden Methoden ist hoch [EOH+21].

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Im Stand der Forschung werden zunächst relevante Grundlagen zur Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung erläutert. Anschließend folgt eine Einführung in die Theorie zu Marktunsicherheit sowie Ansätze zur Wissensgenerierung und Unsicherheitsreduktion in der Produktentwicklung.

2.1 Frühe Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung

Entwicklungsmethoden sind oft "nur für Neuentwicklungen" von Produkten geeignet, obwohl der Anteil tatsächlicher Neuentwicklungen in der gegenwärtigen Ingenieurpraxis weniger als 10% beträgt [Kir20]. Innovationserfolge bei fortgeschrittenen, komplexen technischen Systemen können nur dann wirtschaftlich und mit überschaubarem Risiko erzielt werden, wenn bestehende Lösungen als Referenzen genutzt werden, die von Vorgängern, Wettbewerbern oder branchenfremden Produkten oder Forschungsergebnissen stammen (vgl. Bild 1). Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach ALBERS beschreibt diese Zusammenhänge, dem zwei zentrale Hypothesen zugrundeliegen [ABW15], [ARS+19], [AKR+22]:

- Jedes Entwicklungsvorhaben eines neuen technischen Systems der Generation G_n basiert stets auf einem Referenzsystem R_n , das sich aus Elementen bereits bestehender oder geplanter sozio-technischer Systeme zusammensetzt (Referenzsystemelemente, RSE) und die Basis der neuen Systemgeneration darstellt [ABW15], [ARS+19].
- Basierend auf R_n wird jedes zu entwickelnde System durch systematische Kombination der drei Variationsarten von Subsystemen – Übernahmevariation $ÜV_n$, Ausprägungsvariation AV_n und Prinzipvariation PV_n – entwickelt [ABW15], [ARF+20].

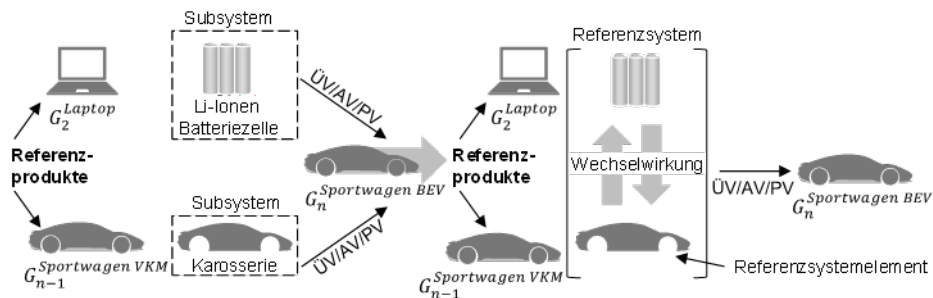


Bild 1: Referenzsystemverständnis am Beispiel der Automobilentwicklung nach [ARS+19]

Der **Frühen Phase im Modell der SGE** kommt eine besondere Bedeutung bei der Abschätzung von Auswirkungen getroffener Entscheidungen zu [ARB+17]. Beginnend mit der Projektinitiierung, werden in dieser Phase wesentliche Elemente des initialen Zielsystems abgeleitet [HHH+18]. Die Angaben zu RSE sowie deren Übernahme- und Neuentwicklungsanteilen stellen den wesentlichen Ausgangspunkt bei der Spezifikation einer neuen Systemgeneration dar. ALBERS ET AL. identifizieren das durch befugte Gremien freigegebene und modellierte Systemkonzept als verkörperten Abschluss der Frühen Phase im Modell der SGE [AHK+23]. Das **Systemkonzept** definiert die Ziele und Anforderungen an ein System sowie die Systemarchitektur und die zugehörigen RSE und Variationsanteile unter Berücksichtigung der Randbedingungen und macht diese der Validierung zugänglich [AHK+23].

Der Modell der SGE bildet den modelltheoretischen Rahmen dieses Beitrags, der auf die konkrete Entwicklungsaufgabe in der Fahrzeugentwicklung übertragen wird. Die systematische Nutzung von Referenzen kann (technologische und marktliche) Unsicherheiten senken, insbesondere durch die Verwendung von Nutzungsdaten aus Referenzprodukten [ARB+17].

2.2 Wissen und Unsicherheit in der Entwicklung technischer Systeme

Wissen umfasst „die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Personen zur Lösung von Problemen einsetzen“ [Nor02]. Neben der Generierung wird der Verbreitung und Anwendung von Wissen eine entscheidende Rolle in der Produktentwicklung zuteil [AB11]. Ferner kann zwischen explizitem und implizitem Wissen unterschieden werden [AB11]. Explizites Wissen liegt z. B. in Dokumenten oder Modellen vor, wobei implizites Wissen hingegen bei Wissensträgern unbewusst im Laufe der Zeit über Erfahrungen aufgebaut wird – es bedarf also zunächst einer Explikation.

Unsicherheit wird als Differenz aus benötigtem und vorhandenem Wissen verstanden (vgl. Bild 2) [Gal73]. Produktentwickelnde sind aufgrund mangelnder Verfügbarkeit objektiver Informationen häufig auf subjektive Annahmen angewiesen [Jes13]. Dies kann zu zahlreichen Änderungen im Entwicklungsprozess führen [Ebe15]. REICHWALD ET AL. unterscheiden technologische Unsicherheit (fehlendes Wissen bzgl. der technischen Lösung und deren Produzierbarkeit) von **marktlicher Unsicherheit** (fehlendes Wissen um Bedürfnisse und Anforderungen von Kunden und Anwendern) [RME+07], [ZKL+21].

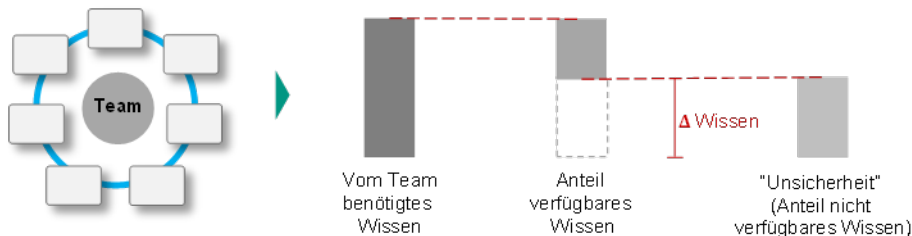


Bild 2: Unsicherheit in Organisationen nach [Wit59] und [Gal73]

Unsicherheit im Entwicklungsprozess ist in Industrien mit hoher Innovationsgeschwindigkeit ein kaum zu vermeidendes Phänomen. Durch die datengestützte Synthese von Anforderungen kann der Anteil verfügbaren Wissens für Entwicklungsteams jedoch systematisch erhöht werden. Daher werden im Folgenden zunächst relevante Grundlagen zur Datenanalyse vorgestellt.

2.3 Referenzgestützte Datenanalyse zur Wissensgenerierung

Im Kontext der Wissensgenerierung kann zwischen Daten, Informationen und Wissen unterschieden werden [Ack89]: Daten beschreiben Symbole, die Eigenschaften von Objekten darstellen. Werden diese Symbole in ein nutzbares Format gebracht und durch relationale Verknüpfungen kontextualisiert, können sie als Informationen betrachtet werden. Wissen entsteht dabei erst durch Analyse und Interpretation der Informationen und das Verständnis um vorliegende Muster [Ack89], [ZBS16]. Dabei werden sowohl unternehmensinterne wie auch -externe Daten verwendet [SBP12]. Die Extraktion von Wissen aus großen, dynamischen und komplex strukturierten Datenmodellen in Datenbanken wird als Data Mining bezeichnet [BH09], [FPS96] (vgl. Bild 3).

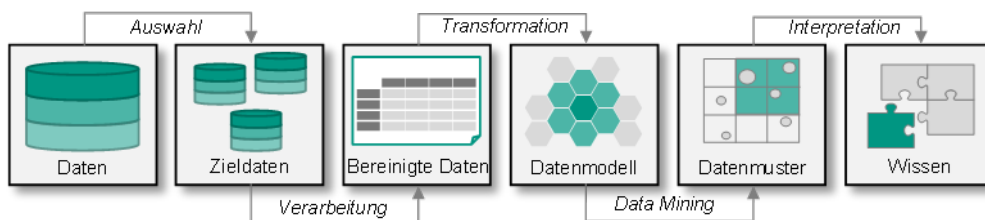


Bild 3: Data Mining innerhalb des generischen Prozesses der Wissensgenerierung aus Datenbanken nach [FPS96]

Das Vorgehen umfasst fünf Schritte [FPS96]: Aus Rohdaten, werden zunächst die Analyse-relevanten Ziel-Datensätze ausgewählt [Lan01]. Rohdaten zeichnen sich zumeist durch große

Datenmengen, verschiedene Datentypen und hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten aus. Es erfolgt die Datenverarbeitung und -bereinigung – die zur Modellierung notwendigen Informationen werden gesammelt sowie Strategien für den Umgang mit fehlenden Daten erarbeitet. Im dritten Schritt werden nützliche Merkmale zur Darstellung der Daten identifiziert und die Datensätze dahingehend transformiert. Das transformierte Datenmodell wird durch Data Mining mit unterschiedlichen Analysewerkzeugen auf bestehende Muster untersucht. Dies bietet den Vorteil, dass Informationen in komplexen Datenmodellen verständlicher dargestellt und interpretiert werden können [BH09]. Beim Data Mining kommen zumeist zwei unterschiedliche Technologien zum Einsatz: die deskriptive und die prädiktive Analytik [Osm19]. Basierend auf Produktnutzungsdaten können kundenindividuelle Muster erstellt werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Praxis auftreten [FPS96].

In diesem Zusammenhang wird häufig auf die Überprüfung der **Datenqualität** hingewiesen [PLW03], [WTR+08], [BCF+09], [EOH+21]. Diese lässt sich in die zwei Qualitätsdimensionen Reliabilität (Kontrollfrage: Inwiefern repräsentieren die verfügbaren Daten die reale Welt?) sowie Validität (Kontrollfrage: Inwiefern dienen die erhobenen Daten der Beantwortung der Fragestellung bzw. Überprüfung der Hypothese?) darstellen [Dro11], [HT15], [SM20]. Zur Beurteilung der Reliabilität können drei Kriterien herangezogen werden: die Aktualität der Daten für die geplante Untersuchung, die Genauigkeit als Maß die Zuverlässigkeit und Korrektheit von Datensätzen, sowie die Vollständigkeit zur Untersuchung des Datensatzes auf fehlende bzw. ausreichende Breite und Tiefe vorhandener Informationen [SHA+13].

Datensätze mit unzureichender Datenqualität können durch sog. **Triangulation** miteinander kombiniert werden, um die entsprechenden Qualitätsstandards zu erfüllen [AT10]. THURMOND unterscheidet dabei die Quellen-, Analyse- und Methodentriangulation [Thu01], vgl. Bild 4.

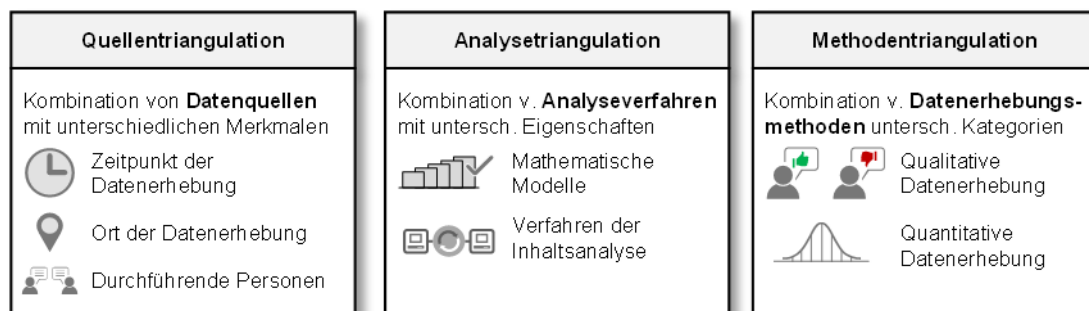


Bild 4: Beschreibung der drei Arten zur Datentriangulation nach [Thu01]

Bei der Quellentriangulation werden unterschiedliche Datenquellen miteinander kombiniert [Den17]. Die Informationsqualität wird z. B. durch Veränderung des Zeitpunktes der Datenerhebung erhöht, dadurch können auffällige Daten oder ähnliche Muster besser identifiziert werden [FF86]. Bei der Analysetriangulation werden mehrere Ansätze zur Datenanalyse kombiniert, z. B. unterschiedliche statistische Verfahren oder mathematische Modelle [Thu01]. Zur Mustererkennung in großen Datenbanken können Regressions-, Cluster- und Klassifikationsalgorithmen zur Analyse eines Problems gewählt und deren Ergebnisse verglichen werden [FPS96]. Die Methodentriangulation nutzt qualitative und quantitative Datenerhebungsmethoden in beliebiger Kombination [Thu01], [Den17]. Durch die Kombination werden mögliche

Verzerrungen einzelner Methoden reduziert sowie Stärken und Schwächen wechselseitig ausgeglichen [Boy93]. Triangulation kann das Vertrauen in die erhobenen Daten erhöhen und das Verständnis bisher unbekannter Probleme durch Datenanalysen verbessern [Kau98], [Ati09], [ONW+19]. Die Triangulationsarten bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Steigerung der Datenqualität, wodurch ein breites Spektrum an Fragen beantwortet und Wissen für die Produktentwickelnden generiert werden kann.

Das dargestellte Rahmenwerk bietet eine initiale Grundlage zur Reduktion marktlicher Unsicherheiten im automobilen Entwicklungsprozess. Ein konkreter Leitfaden zur Anwendung für Entwickelnde in der Frühen Phase wird jedoch nicht aufgezeigt – insbesondere die in Abschnitt 2.1 skizzierten Aspekte der Referenzen-basierten Datenanalyse werden nicht spezifisch aufgegriffen. Folglich gilt es, die beschriebenen Grundlagen auf eine konkrete Problemstellung zu übertragen und mit den Grundlagen des Modells der SGE zu verknüpfen.

3 Forschungsfragen und –methodik

Diese Forschungsarbeit leistet einen Beitrag zur kundenzentrierten und objektiven Anforderungssynthese. Die angewandte Forschungsmethodik basiert auf der Design Research Methodology (DRM) nach BLESSING und CHAKRABARTI [BC09]. Die Grundlagen aus Kapitel 2 werden dazu in ein konsistentes Vorgehensmodell überführt und um neue Ansätze und Erkenntnisse erweitert. Der Nutzen für die Entwicklungspraxis ergibt sich insbesondere aus der anvisierten Reduktion der marktlichen Unsicherheit in der Frühen Phase. Dieser Artikel soll folglich **zwei zentrale Forschungsfragen (FF)** beantworten:

FF1: Wie kann eine methodische Unterstützung für die bedarfsbezogene Integration von qualitativen und quantitativen Nutzungsdaten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung gestaltet werden?

FF2: Welchen Beitrag leistet die entwickelte Methode zur Reduktion von Marktunsicherheiten im Produktentwicklungsprozess?

Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse bauen auf den Vorarbeiten zur umfassenden deskriptiven Problemanalyse in der Automobilindustrie von HÜNEMEYER ET AL. auf [HBW+22]. Der vorliegende Beitrag ergänzt die erhobenen Erkenntnisse um einen präskriptiven Lösungsvorschlag (zu beantworten durch FF1) und eine deskriptive Evaluation (zu beantworten durch FF2). Das Vorgehen sowie angewandte Forschungsmethoden zeigt Bild 5.

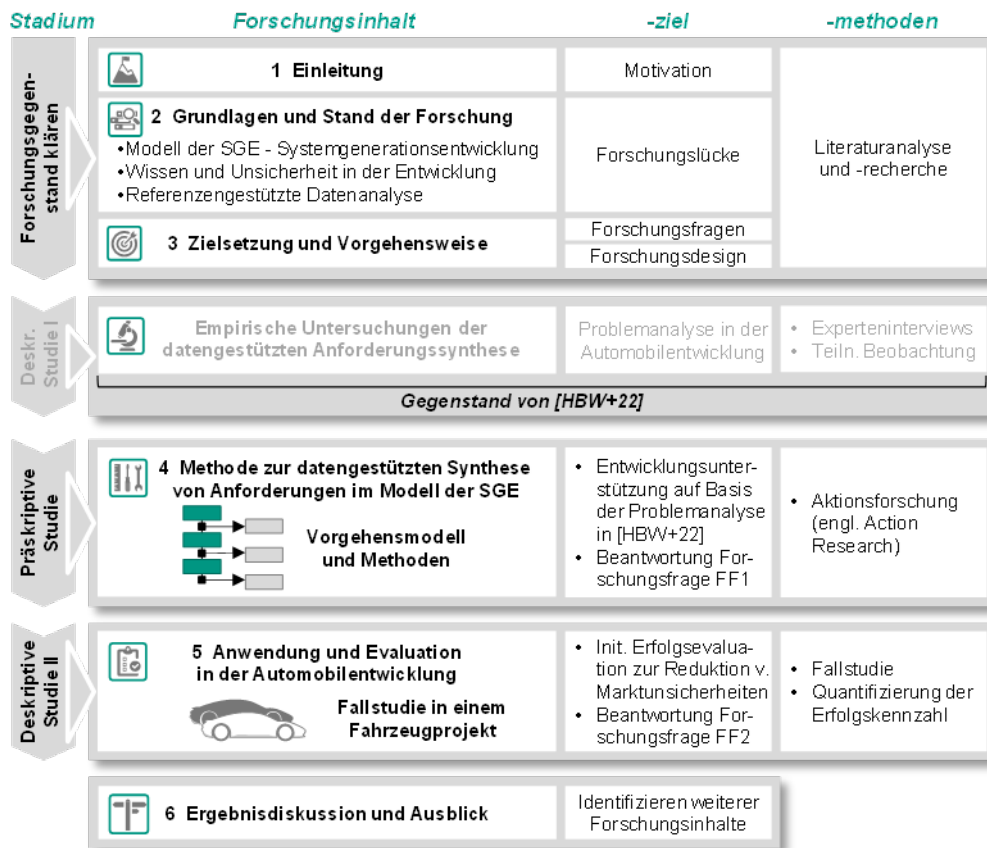


Bild 5: Forschungsmethodik dieser Arbeit auf Basis der DRM [BC09]

Als Beispiel für den weiteren Verlauf dieser Arbeit dienen die Performance- und Fahrfunktionen von batterieelektrisch, hybridisch sowie konventionell betriebenen Fahrzeugen. Die Methode ist in Zusammenarbeit mit einem deutschen OEM entwickelt und in der Konzeptentwicklung initial validiert worden. Folglich sind auch die Produktprofile, durch die jeweils die Bedürfnissituation der einzelnen Teilsysteme beschrieben wird, daran ausgerichtet. Gleichmaßen ist für die übrigen Funktionscluster, z. B. Infotainmentfunktionen, zu verfahren. Die weitere Vorstellung erfolgt exemplarisch an diesem Produktprofil (vgl. Bild 6).



Bild 6: Exemplarische initiale Produktprofile zur Strukturierung der Entwicklung

4 Ergebnis FF1: Methode zur datengestützten Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten im Modell der SGE

Ergebnis der Präskriptiven Studie zur Beantwortung der FF1 ist die nachfolgend detailliert beschriebene Methode zur datengestützten Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten im Modell der SGE. Das Vorgehensmodell ist in Bild 7 dargestellt. Die drei Phasen werden nachfolgend detailliert erläutert.

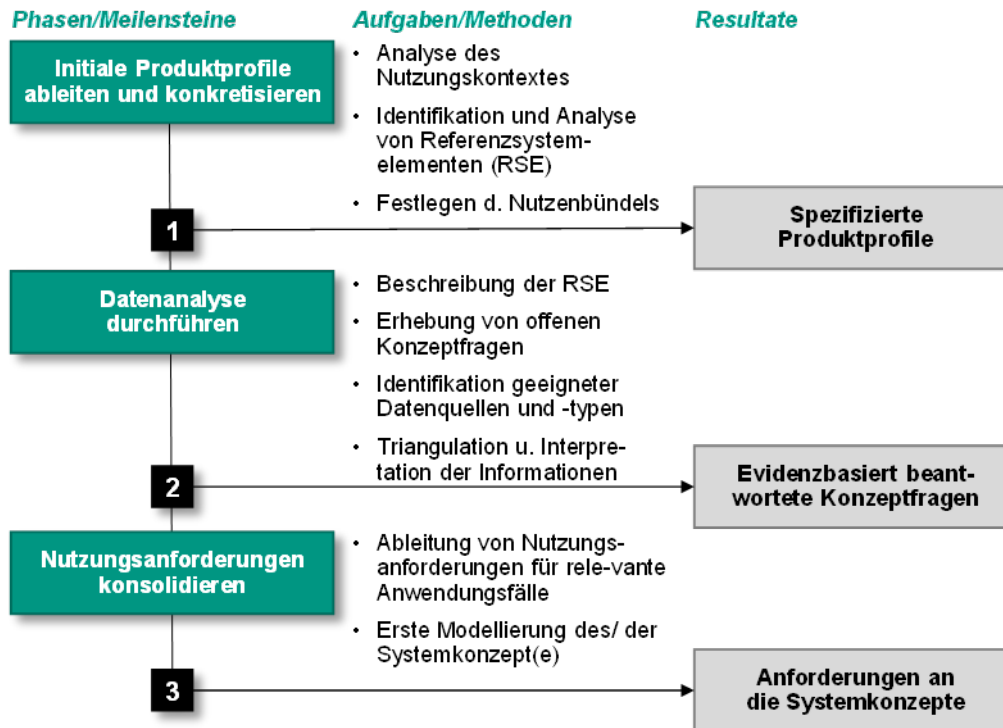


Bild 7: Vorgehensmodell der Methode zur datengestützten Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten im Modell der SGE

4.1 Initiale Produktprofile ableiten und konkretisieren

Diese Phase startet mit der Konkretisierung des jeweiligen Produktprofils (vgl. Bild 8). Zunächst werden Referenzen identifiziert, die zur Analyse von Studien und Nutzungsdaten herangezogen werden. Weiterhin werden Anwendungsfälle bei der Funktionsnutzung erhoben. Diese ermöglichen die gezielte Strukturierung von qualitativen Studien wie Kunden- und Anwenderinterviews und geben zudem Hinweise auf die im Rahmen von quantitativen Studien zu berücksichtigenden Datenpunkte. Insbesondere Kontextfaktoren wie die Topologie der Route stellen im vorliegenden Beispiel vielversprechende Untersuchungsumfänge dar. Abschließend wird das Nutzenbündel bestehend aus Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen definiert. Das exemplarische Produktprofil zeigt zum einen, in welchen Märkten primär Studien und Nutzungsdaten erhoben werden sollten. Zum anderen geben die Inhalte zum Kunden- und Anwendernutzen an, welche Aspekte dediziert abzufragen sind.



Initiale Produktbeschreibung <ul style="list-style-type: none"> • Einfacher als im Taycan (J1) • Identische Umschaltung aller Funktionsstufen • Markentypisches Interaktionserlebnis • [...] 		 <p>SCAN ME</p> <p>Bildquelle: http://tinyurl.com/J1Steering</p>	
Referenzsystem <ul style="list-style-type: none"> • Porsche Taycan (J1), intern • Tesla Model S (Plaid), extern, Wettbewerb • Porsche 911 (992), intern, andere PL • [...] 	Anwendungsfälle <ul style="list-style-type: none"> • Segeln auf flachen Straßen • Energierückgewinnung auf abschüssigen Straßen • Emulieren Schleppmoment VKM auf Rennstrecke • [...] 		
Kunden- und Anwendernutzen <ul style="list-style-type: none"> • Energieeffizientes Fahren • Gewohntes Verhalten bei Fahrpedal-Lupfen • Zielkunden, Zielanwender: alle Märkte, Fokus Europa und USA 	Anbiaternutzen <ul style="list-style-type: none"> • Strategische Positionierung durch USP • Verbesserung im JD Power Ranking • [...] 		

Bild 8: Konkretisierung des Produktprofils zur Identifikation von Referenzsystemelementen relevanter Anwendungsfälle sowie zur Definition des Nutzunbündels

4.2 Datenanalyse durchführen

Die zweite Phase startet mit der Beschreibung der RSE (vgl. Bild 9). Eingesetzte Technologien und Lösungsprinzipien für die Benutzungsschnittstellen sowie das Interaktionsverhalten werden zuerst erhoben. Dies ermöglicht die gezielte Identifikation relevanter Datenpunkte der technischen Teilsysteme für quantitative Feldstudien. Zudem werden die RSE anhand von UX- und Usability-relevanten Produkteigenschaften beschrieben. Diese unterstützen bei der inhaltlichen und thematischen Strukturierung geführter qualitativer Interviewstudien.






Beschreibung der Referenzsystemelemente für die Produktfunktion Schubrekuperation		
Referenzprodukt	Referenzsystemelemente	UX/Usability Eigenschaften der RSE
 <p>Quelle: https://tinyurl.com/PorscheTaycanJ1</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Verhalten: Iconwechsel bei Änderung der Funktionsstufe • Interaktionsprinzip: Toggle zum Umschalten zw. Stufe 0 (Segeln) und 1 (feste Verzögerung), Longpress zur Aktivierung der adaptiven Stufe 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeige der Funktionsstufe: Permanent im direkten Sichtfeld des Fahrers • Modalität der Anzeige: Digital • Modalität der Bedienung: Haptisch • Selbstbeschreibungsfähigkeit: Icons auf den Schnittstellen identisch; im Kombiinstrument entspr. Zusatz der aktiven Funktionsstufe • [...] <p>Quelle: https://tinyurl.com/J1Interior</p>
 <p>Quelle: https://tinyurl.com/BildTesla</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Anzeige- und Bedienschnittstelle: Displayeinheit in der Mittelachse des Fahrzeugs, Menütab „Driving“ • Interaktionsprinzip: Drücken zur Auswahl der gewünschten Funktionsstufe 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeige der Funktionsstufe: Nicht im direkten Sichtfeld des Fahrers • Modalität der Anzeige/Bedienung: Digital • Selbstbeschreibungsfähigkeit: Eingängige Benennung der auswählbaren Funktionsstufen • [...]
[...]	[...]	[...]

Bild 9: Beschreibung der identifizierten Referenzsystemelemente anhand von UX- und Usability-Eigenschaften (Auszug)

Im vorliegenden Beispiel wurde zunächst das Anzeige- und Bediensystem der Vorgänger-Systemgeneration untersucht. Gleichermaßen können RSE aus dem Wettbewerbsumfeld herangezogen werden (hier z. B. Tesla Model S). Im weiteren Verlauf sollten auch dazu je nach Verfügbarkeit spezifische Daten erhoben werden.

Zu Anfang werden anhand des Produktprofils relevante offene Konzeptfragen definiert, die durch die Datenerhebung beantwortet werden sollen. Die offenen Konzeptfragen beinhalten zumeist zentrale ungeklärte Aspekte, die zur Systemsynthese unmittelbar wichtig sind. Werden diese Aspekte nicht oder nur unzureichend im Vorfeld der Erarbeitung alternativer Lösung aufgelöst, erhöht sich das Risiko, an Kunden und Anwendern „vorbei zu entwickeln“ oder unnötig viele Konzeptvarianten abzuleiten. Die gezielte Datenerhebung zur Beantwortung der Fragen zählt somit auf die Wissensbasis des PLT ein. Im Rahmen des Anwendungsbeispiels dieser Arbeit wurden insgesamt 51 offene Konzeptfragen aufgeworfen. Dabei ist sicherzustellen, dass die Fragen einen vergleichbaren inhaltlichen Umfang besitzen und so aufgebaut sind, dass jeweils nur ein Merkmal je Frage untersucht wird. Komplexere Fragestellungen sind dementsprechend zu kaskadieren. Im Zuge der Operationalisierung durch das PLT werden den Fragen jeweils eine oder mehrere qualitative und/oder quantitative Erhebungsmethode sowie eine oder mehrere geeignete Datenquellen zugeordnet (vgl. Bild 10).

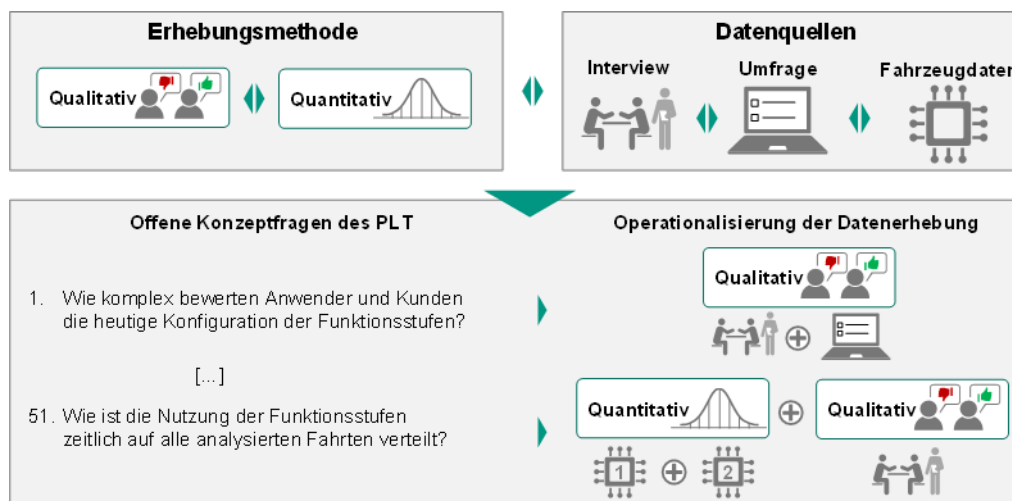


Bild 10: Erhebung offener Konzeptfragen im PLT und Operationalisierung der Daten-erhebung zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen

Anschließend werden die Informationen zur Beantwortung der gestellten Konzeptfragen durch die Datenerhebung generiert. Datenwissenschaftler im Entwicklungsteam bringen hierfür benötigtes Prozess- und technisches Wissen ein. Entwickelnde bringen notwendiges Produktwissen ein, um z. B. geeignete Datenpunkte zu identifizieren. Die gezielte Kombination von Erhebungsmethoden und Datenquellen ermöglicht die Triangulation von Daten. Dadurch können die Antworten zusätzlich abgesichert, detailliert oder kontextualisiert werden. Die generierten Informationen werden abschließend durch das Entwicklungsteam auf Plausibilität bewertet und für die Entwicklung der Systemgeneration interpretiert (vgl. Bild 11).

Zur Beantwortung der ersten offenen Konzeptfrage wurden zwei qualitative Untersuchungen durch eine Quellentriangulation kombiniert. Ergebnis ist die qualitative Einschätzung von Kun-

den und Anwendern, wie komplex die gegenwärtige Konfiguration der Produktfunktion wahrgenommen wird. Die nachgelagerte Interpretation führt zu dem Schluss, dass nur spezifische Anwendungsfälle in der weiteren Entwicklung zu priorisieren sind. Zur Beantwortung der Frage 51 wurde zusätzlich zur Quellentriangulation zweier Fahrzeug-datensammler eine Methodentriangulation durchgeführt, die quantitative Daten um qualitative Daten ergänzt. Im gezeigten Beispiel konnte durch diese qualitative Kontextualisierung der quantitativen Datenbasis eine valide Interpretation realisiert werden.

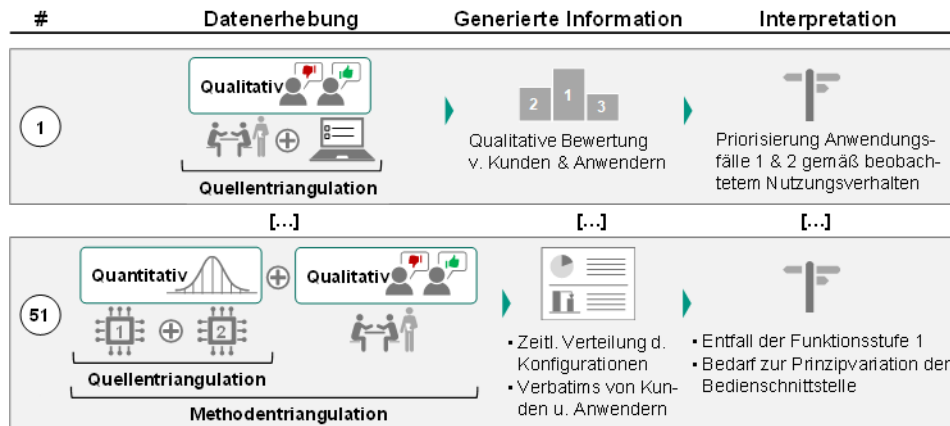


Bild 11: Generieren von Informationen zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen durch Triangulation und Interpretation der Ergebnisse

4.3 Nutzungsanforderungen konsolidieren

In dieser Phase werden die gewonnenen Erkenntnisse zu Nutzungsanforderungen für die priorisierten Anwendungsfälle verdichtet. Eine Teilaktivität beim Spezifizieren von Systemkonzepten ist die Modellierung von Anwendungsfällen der jeweiligen Produktfunktion. Die Beschreibung des Anwendungsfalls leistet insbesondere bei hohen Neuentwicklungsanteilen der betrachteten Produktfunktionen einen Beitrag zum Verständnis um das Nutzungsverhalten.

Die Auswertung der exemplarischen Frage 1 im Anwendungsbeispiel legt die Interpretation nahe, dass die Anwendungsfälle 1 und 2 in den folgenden Schritten der Konzeptentwicklung zu priorisieren sind. Der im Rahmen der Frage 51 abgeleitete Bedarf zur Prinzipvariation der Bedienschnittstelle ist in die Anforderungserhebung der Produkteigenschaft „Modalität der Bedienung“ eingeflossen. Die ersten beiden Phasen des Vorgehensmodells dieser Arbeit haben umfassendes Wissen um das gegenwärtige Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern erhoben. Diese Wissens Elemente, die resultierenden Ziele und Anforderungen sowie die technischen (Teil-) Systeme spannen das Referenzsystem $R_{(n+1)}$ für die zu entwickelnde Systemgeneration auf. Den Anwendungsfällen können jeweils Informationen aus den Analyseschritten sowie analysierte RSE zugeordnet werden. Für jedes dieser RSE wird nun der Variationsbedarf für die Systemgeneration abgeleitet (vgl. Bild 12).

Die Produktentwickelnden können die RSE anschließend durch gezielte Variation in die neue Systemgeneration übertragen und so das Systemkonzept modellieren. Dadurch kann fallspezifisch zwischen der Übernahme eines bewährten Konzeptes, der Anpassung einzelner Interakti-

onselemente (z. B. aufgrund von Rückmeldungen aus dem Feld) sowie der gänzlichen Neuentwicklung einzelner Konzeptinkremente unterschieden werden. Bei neuen Produkt-funktionen bzw. -teilkfunktionen, z. B. aus Bereichen mit schnellem Technologiefortschritt wie den Fahrerassistenz- oder Connect-Systemen, existiert folglich auch oftmals keine direkte Vorgänger-Systemgeneration. Daher stehen Produktentwickelnde in diesem Fall vor der Herausforderung, die „richtigen“ RSE zu identifizieren und Variationsbedarfe abzuleiten.

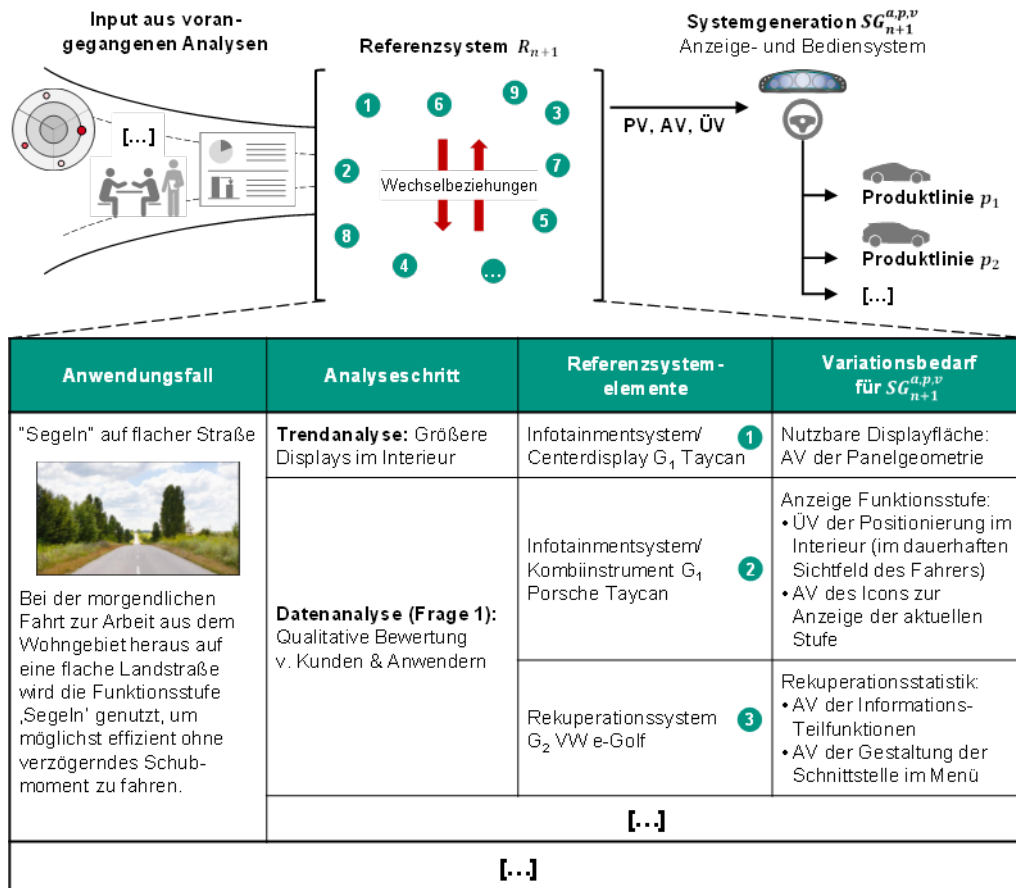


Bild 12: Ableiten von Variationsbedarfen aus den vorangegangenen Analysen der ersten beiden Phasen des Referenzprozesses

Ein einfaches Beispiel zeigt der Anwendungsfall „Segeln auf flacher Straße“. Ein Kernergebnis der Datenanalyse ist die unzureichende Verständlichkeit der Anzeige der Funktionsstufe (vgl. Ergebnisse Beispielfrage 1). Der aus der Datenlage abgeleitete Variationsbedarf sieht in Bezug auf die Positionierung des Anzeigeelements im Fahrzeuginnenraum eine ÜV vor, damit die Funktionsstufe weiterhin im direkten Sichtfeld des Fahrers angezeigt wird. Um das Funktionsverständnis gezielt zu verbessern, wurde weiterhin eine AV der Geometrie der Anzeige der Funktionsstufe abgeleitet. Die verbesserte Selbstbeschreibungsfähigkeit der Produktfunktion soll weiterhin durch eine Rekuperationsstatistik erzielt werden, die in der gegenwärtigen Systemgeneration noch nicht umgesetzt ist. Folglich existiert dazu kein direkter Vorgänger; das Team ist somit auf externe RSE angewiesen. Im vorliegenden Bsp. wurde auf Basis der qualitativen Befragung von Kunden und Anwendern zum Anzeige- und Bediensystem der G2 des VW e-Golf der Variationsbedarf zur AV der Teilfunktion der Information zur Rekuperationsnutzung sowie zur AV der geometrischen Gestaltung der Schnittstelle im Menü abgeleitet. Die

Ableitung von Variationsbedarfen auf Basis von externen RSE geht häufig mit einem erhöhten Entwicklungsrisiko einher. Gerade im vorliegenden Bsp. zeigt sich dies deutlich: konzeptionell ist das Element der Rekuperationsstatistik zielführend in das Anzeige- und Bediensystem übertragbar. Da dem Entwicklungsteam bei der Entscheidung jedoch weder das zugrundeliegende Referenz-ZS, noch technische Dokumentationen (z. B. i.F.v. SW-Code) vorgelegen haben, ist dies durch Fachleute (z. B. SW-Ingenieure) im weiteren Verlauf gesondert zu beurteilen. Auch kann dem erhöhten Entwicklungsrisiko mit dedizierten Validierungsstudien begegnet werden, um technisch mögliche Realisierungen auf den intendierten Kunden- und Anwendernutzen zu überprüfen.

5 Ergebnis FF2: Evaluation der Methode in der Konzeptentwicklung bei einem deutschen OEM

In dieser Evaluationsstudie wurden alle Bausteine der Systematik in einem realen Entwicklungsprojekt im Zuge der Konzeption des Anzeige- und Bediensystems bei einem deutschen OEM angewendet. Die Fallstudie wurde im Zeitraum von 01/2021 bis 04/2022 durchgeführt. Der Startpunkt der Fallstudie war gleichzeitig auch der Meilenstein, an dem das Projekt zur Entwicklung der neuen Systemgeneration intiiert wurde. Der Abschluss der Fallstudie war kurz vor Ende der Frühen Phase der. Der Hauptautor dieser Arbeit war dabei einerseits verantwortlich für die fachliche Leitung des Entwicklungsteams. Andererseits hat dieser die Studienleitung und die Auswertung der Ergebnisse übernommen.

Die Variable der Marktunsicherheit unterliegt einer hohen Subjektivität. Durch eine **quantitative Untersuchung** sollen Unterschiede in der Wahrnehmung der Fachleute über eine numerische Kenngröße ausgeglichen werden. Daher wurde zur Nachweisführung eine Erfolgskennziffer entwickelt, die das Potential zur Reduktion von Marktunsicherheiten misst. Die für die vorliegende Arbeit relevante Form der Unsicherheit sind unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an zu entwickelnden Systemkonzepte. Marktunsicherheit kann für die Bewertung als Betrag derjenigen Nutzungsanforderungen bezeichnet werden, der zum Zeitpunkt der Messung unbekannt ist. Zur Erhebung wurden zunächst in einem Zeitraum von neun Monaten zu diskreten Zeitpunkten offene Konzeptfragen formuliert.

An insgesamt sechs diskreten Zeitpunkten t_n wurden sowohl Antworten auf bereits gestellte Fragen diskutiert als auch neue Fragen (bei Bedarf) erhoben. Über den gesamten Projektverlauf hinweg wurden insgesamt 72 Fragen erhoben. Die Beantwortung der offenen Konzeptfragen hat die Ableitung von Nutzungsanforderungen erlaubt.

Trotz sorgfältiger Planung der Datenanalysen konnten aufgrund von Unterschieden in der Informationsqualität nicht alle Fragen in gleichem Ausmaß beantwortet werden. Die Informationsqualität setzt die erhobenen Informationen in Bezug zu deren Potential, die Wissensbasis des Entwicklungsteams tatsächlich zu erhöhen und damit die Unsicherheit zu reduzieren. Um diesen Sachverhalt zu quantifizieren und im Projektverlauf darzustellen, wurden die Ergebnisse in den eigens konzipierten **Evidenz-Score (ES)** überführt. Diese zeitpunktindividuelle Maßzahl ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Werte der Informationsqualität $Q_{i,t}$ und der Anzahl der Fragen n_t zum Zeitpunkt t :

$$ES_t = \frac{\sum_{i=0}^{n_t} Q_{i,t}}{n_t} \in [0; 1]$$

Durch die Normierung auf die Summe der gestellten Fragen ist der Evidenz-Score eine Maßzahl für den Grad der Beantwortung aller zu einem Zeitpunkt gestellten Fragen. ES_t ist eine antiproportionale Zuordnung zur Marktunsicherheit: Steigt ES_t , sinkt die Marktunsicherheit zum Bezugszeitpunkt. So lässt sich die reduzierte Marktunsicherheit im Entwicklungsprozess numerisch modellieren und bewerten. Zum Zeitpunkt t_1 wurden die ersten 11 Fragen gestellt. Zu diesem Zeitpunkt konnte noch keine der Fragen beantwortet werden, da die Datenlage nicht ausreichend war. Es ergibt sich ein Evidenz-Score $ES_1 = 0$. Zu den übrigen Zeitpunkten wurden stets einige offene Konzeptfragen beantwortet $ES_t > 0 \forall t \in [2; 6]$ (vgl. Bild 12).

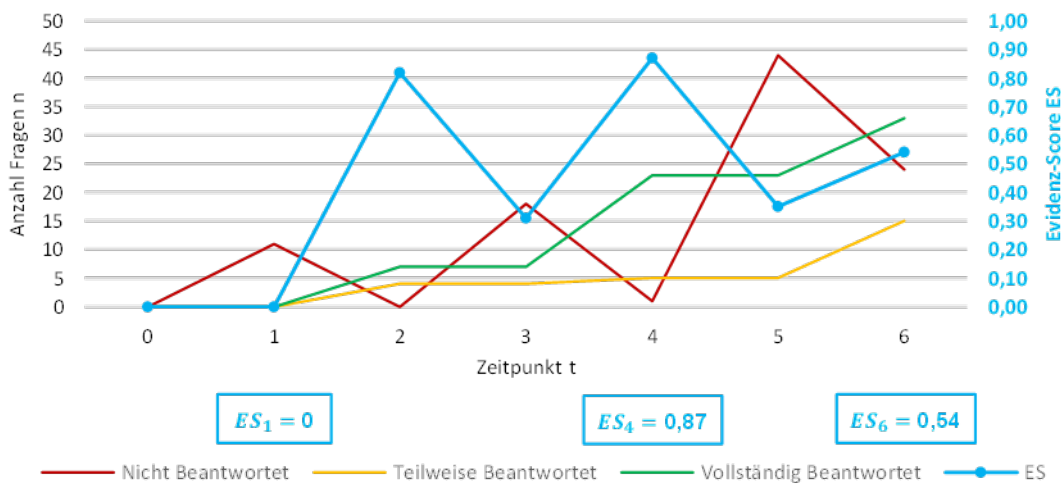


Bild 13: Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES) im Entwicklungsprojekt der neuen Systemgeneration in Relation zu den nicht/teilweise/voll beantworteten Fragen

Durch die Normierung auf die Anzahl der gestellten Fragen n_t ergeben sich u.U. bessere Werte für ES_t , wenn das Team weniger Konzeptfragen definiert. Dies ist jedoch nur ein scheinbares Potential, da jede aufgeworfene Frage ein Kriterium beschreibt, das zwar zum Zeitpunkt der Formulierung der Frage nicht bekannt ist – jedoch sind „bekannte Unbekannte“ weniger gravierend als „unbekannte Unbekannte“. Werden diese auch im weiteren Verlauf des Projekts nicht aufgedeckt (z. B. im Rahmen anschließender Konzeptvalidierungen), so kann sich das Risiko erhöhen, „am Markt vorbei-zu-entwickeln“. Numerisch betrachtet sind Fragen, die zwar aufgeworfen, aber zum Betrachtungszeitpunkt unbeantwortet sind, dennoch nicht geeignet, um die Marktunsicherheit zu reduzieren (vgl. Bild 14).

Zum Abschluss der Studie an Zeitpunkt t_6 betrug der Evidenz-Score $ES_6 = 0,54$. Im Vergleich mit dem Bezugszeitpunkt t_1 stellt dies eine Verbesserung um 54% dar. Dies zeigt, dass die Marktunsicherheit durch die Evidenz-gestützte Beantwortung der erhobenen Konzeptfragen unter Anwendung der Methode gesenkt werden konnte. Das globale Maximum ES_{max} ist jedoch zu Zeitpunkt t_4 mit einem Wert von $ES_4 = 0,87$ zu beobachten. Dies ist somit der Zeitpunkt mit der höchsten Evidenz im Projektverlauf und folglich der geringsten relativen Marktunsicherheit in Bezug zum Zeitpunkt der ersten Erhebung t_1 . Zum Zeitpunkt t_5 sind jedoch

insgesamt 43 zusätzliche Fragen aufgeworfen worden, die auf neue Unklarheiten nach der Modellierung der ersten Konzeptinkremente zurückzuführen sind. Positiv zu bewerten ist, dass das Team diese Unklarheiten identifiziert und klar benannt hat. Da die neuen Fragen dennoch nicht sofort beantwortet werden konnten, ist der Evidenz-Score zunächst auf $ES_5 = 0,35$ gesunken. Zu t_6 wurden hingegen weitere Fragen beantwortet, sodass eine Verbesserung auf $ES_6 = 0,54$ zu verzeichnen war.

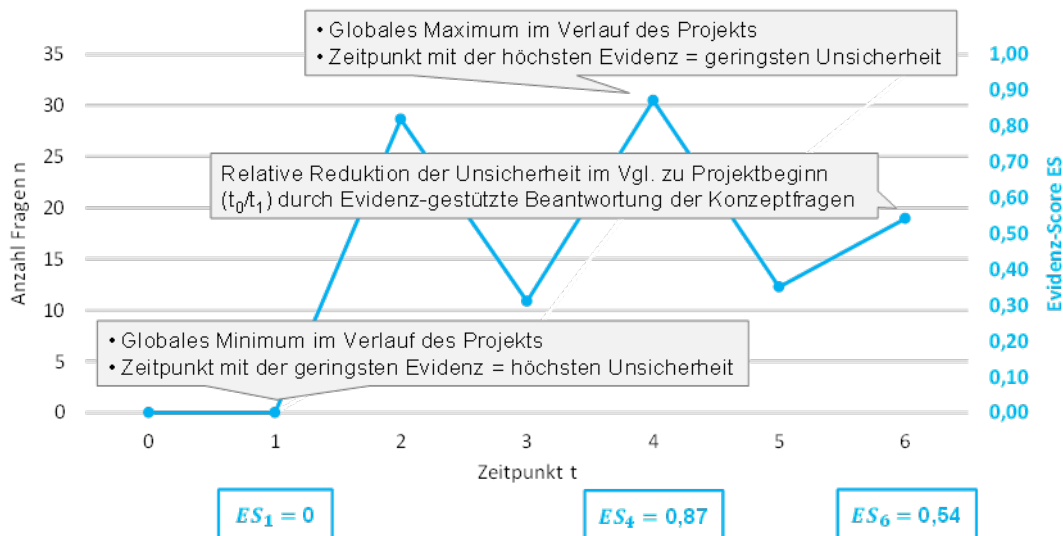


Bild 14: Interpretation der Fokuspunkte ES_1 (globales Minimum), ES_4 (globales Maximum) und ES_6 (Projektabschluss) im Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES)

6 Ergebnisdiskussion und Ausblick

Die Variable Marktunsicherheit (in dieser Arbeit repräsentiert durch unklare Anforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte) weist eine hohe Vielschichtigkeit auf. Aus diesem Grund wurde eine quantitative Maßzahl zur Überprüfung definiert. Die Analyse des Kurvenverlaufs über den gesamten Beobachtungszeitraum weist deutlich auf den Beitrag der Methode zur Reduktion der beschriebenen Marktunsicherheit hin.

In diesem Kontext werden jedoch auch die Grenzen der Systematik sichtbar. Unsicherheit weist in der Praxis zwei Komponenten auf: zum einen die bewusst unbekannt Merkmale – also Dinge, die den Entwickelnden zwar unklar sind, aber über Fragen expliziert und auf diese Weise in Datenanalysen adressiert werden können. Zum anderen gibt es jedoch auch stets unbewusst unbekannt Merkmale. Diese können nicht explizit untersucht werden, weil sie schlichtweg nicht bekannt sind. Auch ein normierter Evidenz-Score von $ES = 1$ ist folglich kein Nachweis, dass keine Marktunsicherheit mehr besteht. Die Maßzahl sollte also weniger als Management-taugliche Optimierungskennzahl, sondern vielmehr als operative Hilfe für das Entwicklungsteam verstanden und genutzt werden. Kundennutzen entsteht nicht durch einen optimierten Evidenz-Score, sondern durch Aufdecken von unklaren Anforderungen an Systemkonzepte. Nur, wenn Ingenieure die Maßzahl als eine Unterstützung der eigenen operativen Arbeit begreifen, kann dadurch ein Mehrwert in der Produktentwicklungspraxis entstehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass unbewusst unbekannt Merkmale bis zur Markteinführung einer neuen Systemgene-

ration unentdeckt bleiben und sich dadurch negativ auf deren Markterfolg auswirken, kann insbesondere durch umfassende, kontinuierliche Validierungsstudien gesenkt werden. Dennoch ist zu erwarten, dass auch danach noch eine gewisse Restunsicherheit bestehen bleibt. Auch dann kann es durchaus noch Anforderungen von Kunden und Anwendern geben, die den Entwicklenden nicht bekannt sind.

Literatur

- [AB11] ALBERS, A.; BRAUN, A.: Der Prozess der Produktentstehung: Handbuch Leichtbau Methoden, Werkstoffe, Fertigung / F. Henning, Carl Hanser Verlag, 2011, S. 5–30
- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive, 2015
- [Ack89] ACKHOFF, R.: From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis* 16, 1989, S. 3–9
- [AHK+23] ALBERS, A.; HUENEMEYER, S.; KUBIN, A.; PFAFF, F.; SCHLEGEL, M.; RAPP, S.: Modelling Technical Systems in the Early Phase: Proposing a Formal Definition for the System Concept. *International Conference on Engineering Design*, 2023
- [AKR+22] ALBERS, A.; KÜRTEEN, C.; RAPP, S.; BIRK, C.; HÜNEMEYER, S.; KEMPF, C.: SGE – Systemgenerationsentwicklung: Analyse und Zusammenhänge von Entwicklungspfaden in der Produktentstehung, 2022
- [ARB+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung, 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), 2020, S. 2235–2244
- [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 Design Society: International Conference on Engineering Design*, (1), 2019, S. 1693–1702
- [AT10] ABOWITZ, D.; TOOLE, T.: Mixed Method Research: Fundamental Issues of Design, Validity, and Reliability in Construction Research. *Journal of Construction Engineering and Management-asc* - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE, (136), 2010
- [Ati09] ATIENO, O.: An analysis of the strengths and limitation of qualitative and quantitative research paradigms. *Problems of Education in the 21st Century*, 2009
- [BC09] BLESSING, L. T. & CHAKRABARTI, A. (2009). DRM, a Design Research Methodology. London, UK: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>
- [BCF+09] BATINI, C.; CAPIELLO, C.; FRANCALANCI, C.; MAURINO, A.: Methodologies for Data Quality Assessment and Improvement. *ACM Comput. Surv.*, (41), 2009
- [BH09] BISSANTZ, N.; HAGEDORN, J.: Data Mining. *Business & Information Systems Engineering*, (1), 2009, S. 118–122
- [BHK11] BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L.; KIM, H.: Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance? *SSRN Electronic Journal*, (1), 2011
- [BOE20] BAVENDIEK, J.; OSTAD, Y.; ECKSTEIN, L.: Evaluating HMI-Development Approaches from an Automotive Perspective, 2020, S. 199–216
- [Boy93] BOYD, S.: Combining qualitative and quantitative approaches. *NLN Publications*, 1993, S. 454–475

- [Cla05] CLARKSON, J. (Ed.): Design process improvement – A review of current practice. Springer London, London, 2005
- [Coo06] COOPER, A.: The inmates are running the asylum – Why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity. 6th Edition, Sams, Indianapolis, Ind., 2006
- [Den17] DENZIN, N. K.: The research act – A theoretical introduction to sociological methods. Routledge Taylor & Francis Group, New York, 2017
- [Dro11] DROST, E.: Validity and Reliability in Social Science Research. *Education Research and Perspectives*, (38), 2011, S. 105–124
- [Ebe15] EBEL, B.: Modellierung von Zielsystemen in der interdisziplinären Produktentstehung = Modeling of System of Objectives in Interdisciplinary Product Engineering, 2015
- [EOH+21] EBEL, P.; ORLOVSKA, J.; HÜNEMEYER, S.; WICKMAN, C.; VOGELSANG, A.; SÖDERBERG, R.: Automotive UX design and data-driven development: Narrowing the gap to support practitioners. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, (11), 2021, S. 100455
- [Fah22] FAHL, J.: Produktportfolio-übergreifendes Spezifizieren von Produktfunktionen der Sportwagenentwicklung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung = Product Portfolio-spanning Specifying of Product Functions within Sports Car Development in the Model of PGE – Product Generation Engineering, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2022
- [FF86] FIELDING, N. G.; FIELDING, J.: Linking qualitative data. *Linking Data: The Articulation of Qualitative and Quantitative Methods in Social Research*, 1986, S. 41–53
- [FPS96] FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P.: From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *AI Magazine*, 1996, S. 37
- [Gal73] GALBRAITH, J. R.: Designing complex organizations. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1973
- [GPK+15] GKOUSKOS, D.; PETTERSSON, I.; KARLSSON, M.; CHEN, F.: Exploring User Experience in the Wild: Facets of the Modern Car. Band 9188, 2015
- [HBW+22] HÜNEMEYER, S.; BAUER, J.; WIEDNER, M.; WAGENMANN, S.; RAPP, S.; ALBERS, A.; FRAZZOLI, E. (2022). Data-driven Interaction Design – an Analysis of the Status Quo in the Early Phase of Automotive Product Development. In *Proceedings of the R&D Management Conference 2022: Innovation for People and Territories*. Trient, Italien
- [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. 2018, Band 385, Heinz Nixdorf Institut, 2018, S. 20
- [HT15] HEALE, R.; TWYXCROSS, A.: Validity and reliability in quantitative research. *Evidence-Based Nursing*, (18), 2015, S. 66–67
- [Jes13] JESCHKE, S. (Hrsg.): Exploring uncertainty – Ungewissheit und Unsicherheit im interdisziplinären Diskurs. *Textlinguistik und Technikkommunikation*, Springer Gabler, Wiesbaden, 2013
- [Kau98] KAULIO, M.: Triangulation strategies in user requirements investigations: a case study on the development of an IT-mediated service. *Behaviour & Information Technology - Behaviour & IT*, (17), 1998, S. 103–112
- [Lan01] LANEY, D.: 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. META group research note, 2001
- [MH07] MCMANUS, H.; HASTINGS, D.: A Framework for Understanding Uncertainty and Its Mitigation and Exploitation in Complex Systems. *Engineering Management Review, IEEE*, (34), 2007, S. 81
- [Nor02] NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen. 3. Auflage, Springer eBook Collection Business and Economics, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002

- [NWF+04] NEUFVILLE, R. DE; WECK, O. DE; FREY, D.; HASTINGS, D.; LARSON, R.; SIMCHI-LEVI, D.; OYE, K.; WEIGEL, A.; WELSCH, R.: Uncertainty Management for Engineering Systems Planning and Design, 2004
- [ONW+19] ORLOVSKA, J.; NOVAKAZI, F.; WICKMAN, C.; SODERBERG, R.: Mixed-Method Design for User Behavior Evaluation of Automated Driver Assistance Systems: An Automotive Industry Case. Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, (1), 2019, S. 1803–1812
- [Osm19] OSMAN, A. S.: Data mining techniques. Data Science and Networking 2, 2019
- [PLW03] PIPINO, L.; LEE, Y.; WANG, R.: Data Quality Assessment. Communications of the ACM, (45), 2003
- [RME+07] REICHWALD, R.; MEYER, A.; ENGELMANN, M.; WALCHER, D.: Der Kunde als Innovationspartner: Konsumenten integrieren, Flop-Raten reduzieren, Angebote verbessern, 2007
- [SBP12] SCHMITT, A.; BORZILLO, S.; PROBST, G.: Don't let Knowledge Walk Away: Knowledge Retention During Employee Downsizing. Management Learning, (43), 2012, S. 53–74
- [SHA+13] SIDI, F.; HASSANY SHARIAT PANAHY, P.; AFFENDEY, L.; A. JABAR, M.; IBRAHIM, H.; MUSTAPHA, A.: Data quality: A survey of data quality dimensions, 2013
- [SM20] SÜRÜCÜ, L.; MASLAKCI, A.: Validity and Reliability in Quantitative Research, (8), 2020, S. 2694–2726
- [SML14] SAUCKEN, C.; MICHAILIDOU, I.; LINDEMANN, U.: Emotional mental model. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, S. 802–806
- [Thu01] THURMOND, V.: The Point of Triangulation. Journal of nursing scholarship an official publication of Sigma Theta Tau International Honor Society of Nursing / Sigma Theta Tau, (33), 2001, S. 253–258
- [Ver09] VERWORN, B.: A Structural Equation Model of the Impact of the 'Fuzzy Front End' on the Success of New Product Development. Research Policy, (38), 2009, S. 1571–1581
- [Wit59] WITTMANN, W.: Unternehmung und Unvollkommene Information – Unternehmerische Voraussetzung -- Ungewißheit und Planung. VS Verlag für Sozialwissenschaften GmbH, Wiesbaden, 1959
- [WTR+08] WANG, K. Q.; TONG, S. R.; ROUCOULES, L.; EYNARD, B.: Analysis of data quality and information quality problems in digital manufacturing: 2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology. 2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 2008, S. 439–443
- [ZBS16] ZHANG, X.; BROWN, H.-F.; SHANKAR, A.: Data-driven Personas: Constructing Archetypal Users with Clickstreams and User Telemetry, 2016
- [ZKL+21] ZIMMERMANN, V.; KEMPF, C.; LUTZ, S.; BURSAC, N.; ALBERS, A.: Dealing with Market Uncertainty in Product Development - A Systematic Literature Review, 2021

Autoren

M.Sc. Sebastian Hünemeyer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management am IPEK, KIT, in Zusammenarbeit mit der Abteilung für die Fahrzeug-Konzeptentwicklung in der frühen Entwicklungsphase der Dr.-Ing. H.c. F. Porsche AG. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der vorausschauenden und datengestützten Entwicklung von Produktkonzepten, insb. für Anzeige- und Bediensysteme.

M.Sc. Steffen Wagenmann ist kooperativer Doktorand in der Forschungsgruppe Advanced Systems Engineering am IPEK, KIT. Seine Forschungsgebiete umfassen Anwendungen des Data Minings in der methodischen Produktentwicklung. Zusammen mit seinem Kooperationspartner TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co.KG arbeitet er an einem Vorgehensmodell zur

Unterstützung von Entwickelnden bei der Nutzung von Maschinendaten für die Zwecke der Produktoptimierung. Zusätzlich leitet er firmenseitig das BMBF-Projekt MoSyS – Mensch-orientierte Gestaltung komplexer Systems of Systems.

M.Sc. Alexander Kubin ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Advanced Systems Engineering am IPEK, KIT. Seine Forschungsarbeit konzentriert sich auf das Spezifizieren von Zielen und Anforderungen anhand von Bedarfen vor dem Leitbild Advanced Systems Engineering.

Uiv.-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 sowie Kompetenz-orientierte Lehre.

Datenbasierter Ansatz zur Erhebung von bedürfnisorientierten Ableitungen von Designentscheidungen in der Automobilentwicklung

Franziska Braun

Sebastian Stegmüller

Dr.-Ing. Antonino Ardilio

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Tel. +49 (0) 0711/970-2320/2246

E-Mail: {franziska.braun/sebastian.stegmueller/antonino.ardilio}@iao.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Um ein Fahrzeug zielgruppenorientiert entwickeln zu können, werden typischerweise quantifizierbare Größen wie beispielweise Alter und Einkommen der potenziellen Kunden des adressierten Marktsegments herangezogen. Aber auch die Beachtung von psychografischen Merkmalen, also „weiche Faktoren“, sind entscheidend, um Produkte für die Zielgruppe(n) attraktiv gestalten zu können. Dazu gehören beispielsweise Persönlichkeits-Eigenschaften wie Extraversion und Intraversion oder Bedürfnisse nach Zugehörigkeit oder Selbstverwirklichung. Diese sind in der Regel nicht direkt und nur mit Hilfsindikatoren als qualitative Kennwerte darstellbar. In der Produktgestaltung hilft man sich daher oft mit Nutzermodellen wie Personas aus [HH18]. Dabei werden Gestaltungsentscheidungen bezüglich der zu adressierenden Zielgruppe in der Regel auf Basis der subjektiven Wahrnehmung der einschätzenden Person getroffen. Es stellt sich die Frage wie solche Bedürfnisse, die die formale Produktgestaltung beeinflussen, objektiv und methodisch erfasst und beschrieben werden können, um sie schließlich bewusst in Produktmerkmalen zu adressieren. Das Fraunhofer IAO hat dazu ein nutzerorientiertes, wertebasiertes Befragungsframework entwickelt und mittels einer internationalen Umfrage erprobt. Durch das Framework werden die Merkmale eines Produkts auf funktionale, emotionale, persönliche und gesellschaftsrelevante Werte (Values) abstrahiert und zu emotionalen Ausprägungen und Bedürfnissen von Zielgruppensegmenten in Bezug setzt. Als Ausgangsbasis dafür wurde die „B2C Elements of Value Pyramid“ von Bain & Company [ASB18-01] herangezogen und marktspezifisch konkretisiert. Dabei wurde in Zusammenarbeit mit den Automobilherstellern Hyundai Motor Company and Kia Corporation eine Nutzenpyramide für den Automobilmarkt entwickelt, bei der die allgemein formulierten Nutzelemente auf das Produkt „Automobil“ übertragen und entsprechend produktspezifisch angepasst und beschrieben wurden. Ergänzend dazu wurde das Motiv- & Emotionsstruktur- Modell „Limbic Types“ als geeignetes Modell zur Definition von Emotionstypen identifiziert und im Framework. Limbic Types [Häu19] bieten die Möglichkeit mit Hilfe von acht definierten Fragen einen idealtypischen Emotionstyp bestimmen zu können, über welchen sich wiederum Wünsche, Ängste und Ziele der Person ableiten lassen. Basierend darauf wurde zur datenbasierten Identifikation von potenziellen Korrelationen zwischen Produktnutzelementen und Emotionstypen, ein Fragebogen erstellt, welcher zusätzlich Fragen zu den Themen Personalisierung, Technologieaffinität, Markenimage, Nachhaltigkeit & Trends einschließt. Die anschließende Erprobung des Befragungsframeworks im

ahmen Durchführung der Umfrage mit insgesamt 5.000 Probanden in den Ländern Deutschland, China, Südkorea, Italien und den USA ermöglichte es dabei auch kulturelle Differenzen ermitteln zu können.

Schlüsselworte

Wertorientiertes Design, Innovationsmanagement, Designmanagement, Nutzerorientierte Produktentwicklung, Technologieplanung, Nutzenprognose, Datenbasierte Nutzermodelle

Data-driven approach for gathering value-oriented derivations of design decisions in automotive development

Abstract

For the development of a vehicle, tailored to a specific target group, quantifiable variables such as age and income of the targeted market segment are typically considered. However, psychographic characteristics, referred to as "soft factors," are also crucial to create attractive products for the target group. These may include personality traits such as extraversion and introversion, as well as needs for belonging or self-realization. Typically, these factors cannot be directly represented as quantitative value so that qualitative key figures have to serve as supplementary indicators. Therefore, user models such as personas are often used in product design [HH18]. Design decisions regarding the target group that should be addressed, are usually made based on the subjective perception of the evaluator. The question arises how such needs that influence the formal product design, can be objectively and methodically recorded and described, to support the conscious addressing of them in later product features. Fraunhofer IAO has developed a user-oriented, value-based survey framework, which has been tested through an international survey. In this framework, the characteristics of a product are abstracted into functional, emotional, personal, and social values, which are then related to emotional manifestations and needs of target segments. As a starting point, the "B2C Elements of Value Pyramid" by Bain & Company [ASB18-01] was adapted to the product "automobile". For doing so, the utility elements were described accordingly to the market in collaboration with the automotive manufacturers Hyundai Motor Company and Kia Corporation. Additionally, the motivational and emotional structure model "Limbic Types" was identified and integrated as a suitable model for defining emotional types. By the use of eight standardized questions, Limbic Types [Häu19] allow the determine of an emotional type, from which desires, fears, and goals of the individual can be derived. For the later identification of apparent correlations between product utility elements and emotional types, a questionnaire was created, which also includes topics such as personalization, technology affinity, brand image, sustainability, and trends. The subsequent survey, conducted with a total of 5,000 participants in Germany, China, South Korea, Italy, and the United States, also enabled the identification of cultural differences.

Keywords

Value oriented Design, Innovation management, Foresight, Design Management, User oriented Product Development, Technology Planning, Data driven user characterization.

1 Einleitung

Die Entwicklung von Fahrzeugen wird zunehmend technologischer und konzeptionell komplexer, wobei zum einen die Kundenwünsche schwerer zu prognostizieren sind und zum anderen eine größere Bandbreite an Gestaltungsparametern zur Verfügung stehen. Bedingt durch rasante technologische Fortschritte in den Bereichen Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und autonomen Fahrfunktionen sowie der Antriebstechnologien Elektro- und Hybridantriebe, werden Produktentwickler vor immer größere Herausforderungen gestellt. Dabei gilt es, neben der Integration der oben genannten Technologien auch den wachsenden Sicherheitsanforderungen sowie Umweltbestimmungen gerecht zu werden und die damit verbundenen sich verändernden Kundenwünsche zu erkennen.

Hinzu kommen Themen wie die kreislauffähige Gestaltung von Produkten, deren Energieeffizienz und der Wandel hin zur Mobilität als Dienstleistungskultur (MaaS), welche die Erwartungshaltung von Endkunden an Mobilitätslösungen und somit auch die Automobilgestaltung maßgeblich beeinflussen.

Während die Automobilmarkt ursprünglich von klaren Produktarchetypen in definierten Fahrzeugsegmenten geprägt war, hat das Aufkommen einer zunehmenden Zahl an Modellvarianten sowie von sogenannten Crossover-Modellen, die sich zwischen bestehenden Fahrzeugklassen positionieren, zu einem unübersichtlichen Marktangebot geführt. Die durch das Aufkommen der Elektromobilität zusätzlich entstandenen Antriebsvielfalt, sowie die Digitalisierung von technischen Fahrfunktionen und MMI-Komponenten sorgen dabei ergänzend für eine Unklarheit des Produktcharakters in Bezug auf Produktmerkmale und Marktbereichsorientierung. Für eine vorrausschauende Produktplanung entsteht somit der Bedarf zu verstehen, welche Produkt- und Servicemerkmale im sich verändernden und zunehmenden diversifizierenden Markt für eine konkrete, zu adressierende Zielgruppe besonders relevant sind. Des Weiteren ergibt sich die Frage, wie ein Fahrzeug oder Mobilitätsservice gestaltet sein muss, um von den Endkunden bezüglich der technologischen Fähigkeiten und der Produktauslegung verstanden und schließlich als attraktiv bewertet zu werden.

Um diese Fragestellungen zu beantworten und die Komplexität der Gestaltungsaufgabe effektiv zu bewältigen, bedarf es neuer vorrausschauende Ansätze und Methoden in der Produktentwicklung, mit dem Ziel die potenzielle Wirkung des Produktdesigns auf die Zielgruppe zu prognostizieren und schließlich bewusst stimulieren zu können. Dabei müssen zwei grundsätzliche Untersuchungsaspekte betrachtet und zueinander in Abhängigkeit dargestellt werden. Zum einen die Definition von Zielgruppen und der Erhebung derer Bedürfnisse und Werte und zum anderen die Identifikation und Ableitung von Anforderungen an das Produkt oder den Service. Aus dem Abgleich der beiden Betrachtungsrichtungen können schließlich jene Merkmale abgeleitet werden, die ein Produktkonzept für eine bestimmte Zielgruppe noch nicht oder nur unzureichend abdeckt. Somit entsteht die Möglichkeit, relevante Informationen für das Produktdesign zielgruppenorientiert aufzubereiten und gezielt zu nutzen. Drei wesentliche Aspekte gilt es somit im Innovationsprozesse vorrausschauend zu betrachten und methodisch zu unterstützen:

- Die Generierung spezifischer Zielgruppenprofile
- Die Bewertung des „Product Customer Fit“
- Die nutzerorientierte Identifikation von wertstiftenden Produktmerkmalen:

Auf Basis der bewussten, frühphasigen Untersuchung und Gestaltung der drei Aspekte können relevante Aspekte in der Produktkonzeption priorisiert werden um das Potenzial für die Entwicklung neuer, innovativer Technologien möglichst vollständig ausschöpfen zu können und einen Wettbewerbsvorteil gegenüber potenziellen Konkurrenzangeboten zu schaffen. In der Konsequenz kann der Innovations- und Projekterfolg entscheidend abgesichert werden.

Risiken, die eine unklare beziehungsweise unkonkrete oder fehlerhafte Zielgruppendefinition mit sich bringen können, gelten als vielfältig: Bei der zielgruppenorientierten Produktgestaltung kann es zu Missverständnissen bei der Abbildung der Funktionen und der Gestaltung der Usability kommen. Darüber hinaus können stilistisch und designästhetisch Divergenzen zwischen Produkt und Nutzer entstehen.

Des Weiteren kommt es zur Verschwendung von monetären Ressourcen und Arbeitskapazitäten, wenn in funktionale oder ästhetische Aspekte der Produktgestaltung sowie in Marketing- und Werbemaßnahmen investiert wird, welche bei der realen Zielgruppe nicht wertgeschätzt werden. Neben der Kundenzufriedenheit leidet zuletzt aber auch die Kundenbindung unter einem mangelnden Zielgruppenverständnis, sowie die Chance, neue Kunden zu gewinnen.

Bei der Zielgruppendefinition ist zu berücksichtigen, dass neben den demografischen Daten, weiche Faktoren wie psychografische Merkmale aber auch schwer zu erhebende latente Bedürfnisse und tieferliegende Kaufmotivationen von hoher Relevanz sind. Diese beschreiben Werte, Überzeugungen, Interessen, Einstellungen und Lebensstilentscheidungen von Personen. Durch die Betrachtung solcher Aspekte ergeben sich tiefere Einblicke in die Bedürfnisse und Wünsche einer Zielgruppe, welche das Produkt oder der Service adressieren sollten, woraus wiederum eine bessere Prognose der Produktwirkung erfolgen kann. Latente Bedürfnisse sind dabei Bedürfnisse oder Wünsche die Menschen haben aber selbst nicht immer bewusst erkennen und artikulieren können und die somit von der klassischen Marktforschung nur bedingt erkannt und adressiert werden können. Demografische Daten und produktbezogene Kundenbefragungen sind zwar nach wie vor wichtig, um die grundlegenden Merkmale einer Zielgruppe zu verstehen und das Marktsegment einzugrenzen, weiche Faktoren können jedoch ein differenzierteres Zielgruppenverständnis vermitteln und sind somit ein wertvolles Instrument für Unternehmen, die mit ihren Kunden auf einer tieferen Ebene in Kontakt treten möchten.

2 Problemdefinition und Stand der Forschung

Die Herausforderung einer möglichst zielgenauen vorausschauenden Prognose und Stimulation der Nutzerakzeptanz besteht zum einen in der Erhebung der psychografischen Merkmale der Zielgruppe und derer latenten Bedürfnisse, sowie zum anderen in der Überführung dieser in Produktnutzenmerkmale. Produktnutzenmerkmale sind Gestaltungsmerkmale eines Produktes die dem Konsumenten neben dem funktionalen Nutzen und der Bedienbarkeit (Usability) auch den emotionalen, persönlichen oder gesellschaftsrelevanten Nutzen kommunizieren. Ein emotionaler Nutzen kann beispielsweise das Gefühl von Sicherheit sein, wie es etwa durch das

kommunizierte und dargestellte Vorhandensein eines Fahrerassistenzsystem vermittelt wird [BAS23].

Kommt es zu Fehlern bei der Erhebung, Interpretation oder Überführung der gesammelten Erkenntnisse in Produktnutzenmerkmale steigt das Risiko eines Misserfolgs. Das Erfahrungswissen der Ingenieure, marktforscher und Produktplaner ist dabei in sich schnell verändernden Märkten nur noch bedingt für vorrausschauende Produktplanungen aussagefähig, weswegen eine möglichst objektive aber bestenfalls einfach zu erhebende Informationsbasis benötigt, die im Rahmen des Innovationsprozesses als Inspirationsquelle und Entscheidungsunterstützung dienen kann. Es stellt sich daher die Frage ob und wie sich psychografische Merkmale und latente Bedürfnisse einer Zielgruppe datenbasiert erfassen und in definierte, umzusetzende Produktnutzenmerkmale überführen lassen. Als Ziel dessen gilt es dabei die spätere Produktattraktivität zu steigern, da mögliche Diskrepanzen in der Produktgestaltung bereits frühzeitig erkannt und Akzeptanz-Potenziale der Produkte prognostiziert werden können.

Untersuchungsaspekt 1: Generierung spezifischer Zielgruppenprofile:

Personas werden häufig verwendet, um Bedürfnisse und Wünsche einer Zielgruppe zu reflektieren. Dabei wird eine fiktive Person als Repräsentant für eine bestimmte Zielgruppe ausgestaltet. Die Art und Weise wie sich Anwender in eine Zielgruppe einfühlen ist jedoch fehleranfällig. In der Studie „The Limits of Personas“ wird unter anderem der psychologische Prozess der „Perspektive-Übernahme“ erläutert. Der Prozess beginnt mit der Annahme, dass der Nutzer ähnliche Motivationen und Verhaltensweisen hat wie man selbst. Im nächsten Schritt passt man seine Perspektive iterativ an, bis sie mit den eigenen Erwartungen und Beobachtungen der Zielgruppen übereinstimmen. Dies erfordert jedoch zum einen eine realistische Selbstwahrnehmung, ein Verständnis für die Richtung, in die das Zielgruppenmodell verändert werden muss und Erfahrungswerte mit ähnlichen Vertretern der Zielgruppe. Durch diese drei Unsicherheiten kommt es zu einer Verzerrung und Fehlentscheidungen bei der Definition einer Persona und ihrer Kundenwünsche [BDS05].

Als Modell zur Erhebung psychografischer Daten von Personen zu gilt das Modell Limbic Types des Psychologen und Neurowissenschaftlers Hans Georg Häusel [Häu19]. Bei Limbic Types handelt es sich um ein Motiv- und Emotionsstruktur-Modell auf Basis von neurowissenschaftlichen Erkenntnissen, welches komplexe emotionale Persönlichkeitsstrukturen verdichtet. Es dient dazu Persönlichkeitsprofile von Menschen zu erstellen, indem Wünsche, Ängste und Ziele nachvollzogen werden können. Das Modell bietet den Vorteil, dass bereits anhand von nur acht standardisierten Fragen eine Tendenz bezüglich emotionaler Ausprägung gegeben werden kann. Dabei wird in die vier nachfolgend beschriebenen Emotionssysteme unterschieden [Häu16] (vgl. Bild 1):

Balance-System (Sicherheit, Ordnung, Zuverlässigkeit): Balance-Typen neigen dazu konservativ zu sein und orientieren sich vermehrt an traditionellen Werten. Sie nehmen Dinge sehr genau können als eher vorsichtig, skeptisch und bewahrend beschrieben werden. Ihr Denken orientiert sich an der Vergangenheit und dem Status Quo. Gegenüber Veränderungen und neuen Dingen sind sie sehr skeptisch.

Harmonie-System (Harmonie, Sensibilität, Verträglichkeit): Die Persönlichkeit von Harmonie-Typen ist durch Fürsorge und Bindung gekennzeichnet. Die Grundeinstellung ist sehr optimistisch und Faktoren wie Familie, soziale Harmonie und das eigene Zuhause spielen eine vorherrschende Rolle.

Stimulanz-System (Neugier, Abwechslung, Entdeckung): Menschen mit einer Stimulanz-Struktur sind ständig auf der Suche nach etwas Neuem. Diese Unstetigkeit zieht sich durch ihr ganzes Leben. Hedonisten, aufgeschlossene oder abenteuerlustige Menschen sind in diesem Bereich zu verorten. Sie lieben moderne und extravagante Produkte und habengrundsätzlich eine positive Einstellung. Genuss, Vergnügen und Anderssein stehen hier prägnant im Vordergrund.

Dominanz System (Leistung, Ehrgeiz, Erfolgswille): Mitglieder dieser Persönlichkeitsgruppe streben nach Anerkennung, Macht, Erfolg, Sieg und Prestige. Der Anteil der Männer in dieser Gruppe ist oft sehr hoch. Sie haben eine hohe Affinität zu Statusprodukten und neuen Produkten. Im Vergleich zu den anderen Gruppen haben Sie die höchste Affinität gegenüber neuen Technologien.

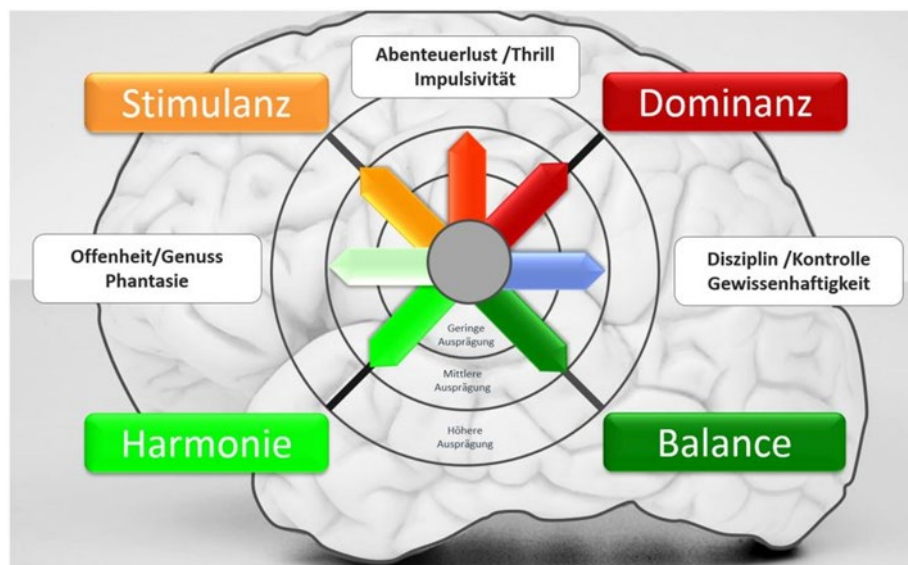


Bild 1: Darstellung der vier Persönlichkeitsausprägungen basierend auf der Limbic Map [Häu16]

Untersuchungsaspekt 2: Bewertung des „Product Customer Fit“:

Wie Anthony Ulwick in seinem Buch „What Customers Want“ [Ulw05] beschreibt, sind viele Innovationspraktiken nicht effektiv, weil sie unvollständig oder nicht zielgerichtet sind. Sein Strategie- und Innovationsprozess „Outcome-driven Innovation“ [Ulw05] geht von der Annahme aus, dass Menschen Produkte und Dienstleistungen vor allem darum kaufen, um konkrete oder abstrakte Aufgaben der Menschen zu erledigen. Diese Aufgaben wiederum haben bestimmte messbare Ergebnisse, wodurch die Leistungserfüllung durch ein Produkt schließlich erhebbar wird. Ziel des Ansatzes ist es dabei auf Basis des Wissens oder der Prognose dessen welche Werte Kunden haben und wie sie den Wert eines Produkts messen, in der Produktkonzeption systematische Kundenwerte zu schaffen. Ulwick erklärt zudem, dass Kunden sich ihren

wahren Bedürfnissen nicht immer bewusst sind und oft Schwierigkeiten haben diese zu formulieren, was das zuvor geschildert Problem der latenten Bedürfnisse unterstreicht. Um schließlich repräsentative, belastbare Aussagen treffen zu können, was betont Ulwick des Weiteren die Relevanz von Daten im Prozess, was bei vielen Methoden und Ansätzen vernachlässigt würde. Beispielhaft kann das Design Thinkings mit seinen eher subjektiven, Empathie-orientierten Methodengenannt werden.

Eine Methode die Daten verwendet, um charakterliche Ausprägungen von Zielgruppen zu identifizieren ist das VALS-Segmentierungssystem (Values and Lifestyle Survey). Entwickelt von den Wissenschaftlern des Stanford Research Institute fokussiert es sich auf die psychografische Marktsegmentierung und bezieht dabei die Konsumentenmotivation (Bsp. getrieben durch Wissen oder Anerkennung) und Konsumentenressourcen (Bsp. Einkommen, Bildung, Intelligenz, Selbstvertrauen, etc.) mit ein. Anhand von einstellungsbezogenen- und demografischen Fragen kann in neun verschiedene Lebensstiltypen unterschieden werden (Innovators, Thinkers, Believers, Achievers, Strivers, Experiencers, Makers) [Mit78-01]. Das VALS-Segmentierungssystem liefert hilfreiche Ansätze für die psychografische Charakterisierung von Zielgruppen, jedoch werden fast ausschließlich demografische Daten genutzt, um psychografische Informationen abzuleiten. Dadurch entsteht, ähnlich wie bei den Personas, ein Interpretationsspielraum, der zu Fehlern in der Prognose der Kundenwünsche führen kann. Zudem gibt keiner der beiden genannten Ansätze Aufschluss darüber wie sich die gewonnen Erkenntnisse über psychografische Ausprägungen der Zielgruppe in Produktnutzenmerkmale übertragen lassen.

Um die Erfüllung von Kundenbedürfnissen durch ein Produkt generisch darstellen zu können, haben Bain & Company auf Basis empirischer Untersuchung 30 Nutzelemente für Produkte identifiziert und diese in Anlehnung an die Maslowsche Bedürfnispyramide in funktionale, emotionale, lebensverändernde und gesellschaftsrelevante Ebenen hierarchisiert [ASB18-01; vgl. Bild 2]. Ziel ist es dadurch den Kundennutzen ganzheitlich abbilden zu können und dabei neben reinen Funktionen auch emotionale und soziale Aspekte zu berücksichtigen. Die Pyramide soll Unternehmen dabei unterstützen die verschiedenen Arten des Kundennutzens zu erkennen und gezielt durch Produkte oder Services ansprechen zu können, um langfristig die Kundenbindung zu stärken und eine Differenzierung auf dem Markt zu erreichen.

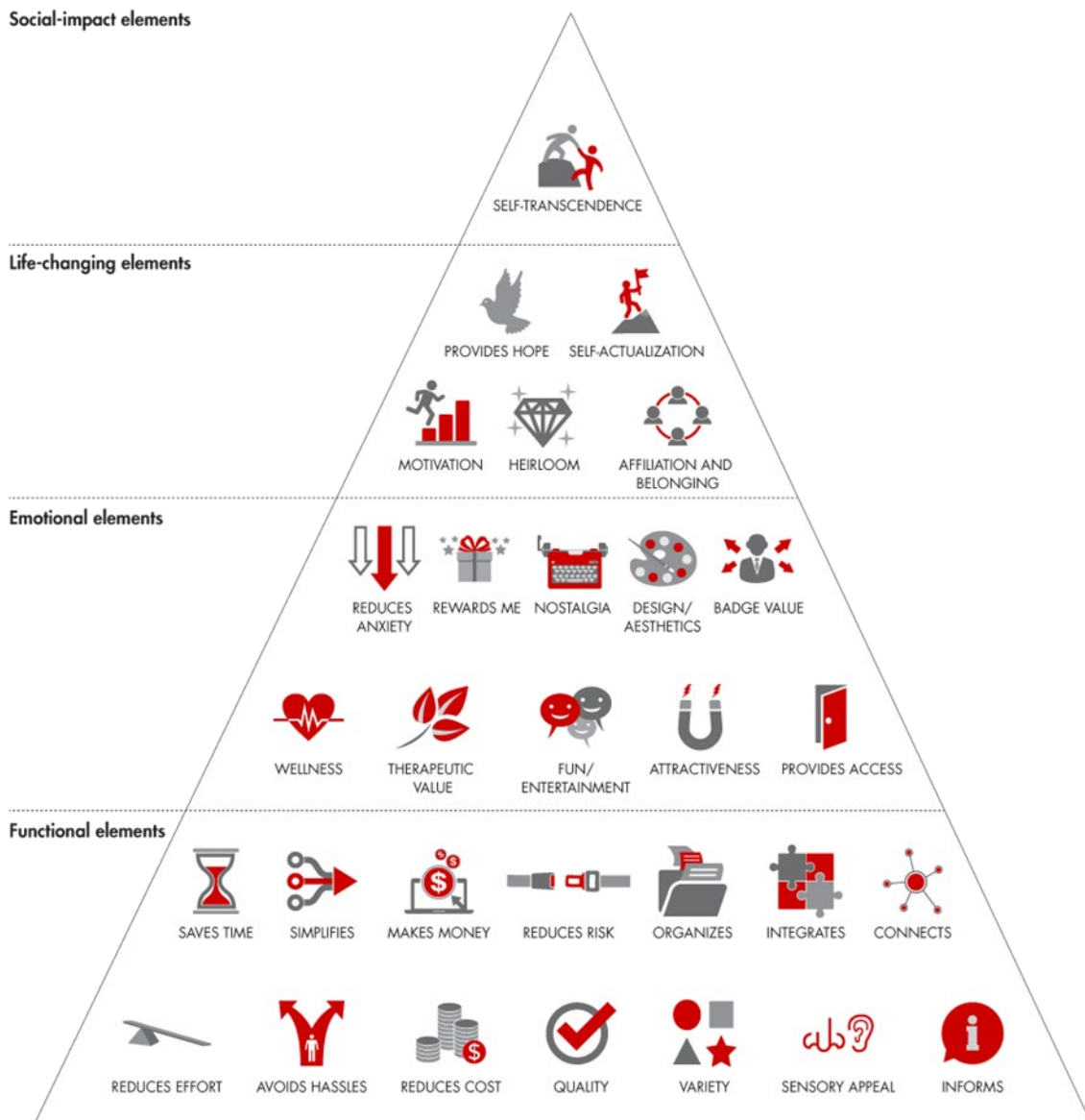


Bild 2: Elements of Value Pyramid von Bain & Company [ASB18-ol]

Untersuchungsaspekt 3: Nutzerorientierte Identifikation von wertstiftenden Produktmerkmalen

Viele traditionelle Produktentwicklungsprozesse folgten dem idealtypischen Ablauf der VDI-Richtlinie 2220 für Produktplanung. Die Produktidee, die im Rahmen der Ideenfindung generiert wird, basiert dabei auf Informationen aus dem Markt und der Umwelt, sowie Informationen aus dem Unternehmen. Wie genau jedoch diese Einflüsse auf die Idee transferiert werden und inwieweit der Anspruch des Kunden dabei berücksichtigt wird, ist jedoch nicht definiert. Ebenso finden keine spätere Überprüfung und Anpassung des definierten Produktes auf konkrete Zielgruppen statt.

Eine der bekanntesten Ansätze, um Produkte nutzerzentriert zu entwickeln stellt dagegen das bereits angesprochene Design Thinking dar. Der Schwerpunkt der Methode liegt auf dem Verständnis und der Einfühlung in die Bedürfnisse, Wünsche und Herausforderungen der Nutzer und Kunden. Die Phasen „Empathize“ und „Define“ konzentrieren sich dabei auf die Problem-

und Bedürfnisdefinition des Nutzers [LLL18]. Damit der Ansatz jedoch erfolgreich durchgeführt werden kann, wird zum einen ein hoher Grad an Empathie sowie Nutzerverständnis der Teilnehmenden vorausgesetzt und zum anderen der Aufbau eines oder mehrerer Prototypen/en und die Erprobung gemeinsam mit potenziellen Anwendern in den Mittelpunkt der Evaluation gestellt [NM19]. Bei komplexen, hochpreisigen Produkten mit langen Entwicklungszeiten wie beispielsweise einem Fahrzeug gestaltet sich die Nutzung von Design Thinking schwierig. Darüber hinaus liegt der Fokus im Design Thinking mehr auf dem direkten Austausch mit der Zielgruppe und dem Beobachten und Identifizieren von Problemen und Herausforderungen. Ein datenbasierter Ansatz für eine breite Erfassung der grundsätzlichen Bedürfnisse, Anforderungen und Charakteristiken wird hier jedoch methodisch vernachlässigt, allerdings immer wieder als potenzielle Ergänzung genannt, die bisher aber nur wenig methodisch untermauert ist.

3 Framework-Gestaltung und Erprobung

Um möglichst objektiv und methodisch-analytisch demografische und psychografische Merkmale von potenziellen Zielgruppen erheben zu können und einen Ansatz zu liefern, Kundenwerte (Customer Values) in Produktnutzenmerkmale zu überführen, wurde ein Framework entwickelt, mit dem sich Zielgruppe(n) und Produkt gleichermaßen bewerten und vergleichen lassen und das als Ausgangsbasis für die Gestaltung von Nutzerfragebögen sowie von Analyse- und Innovationsmethoden dienen kann. Als Ausgangsbasis wurde in Zusammenarbeit mit Hyundai Motor Company and Kia Corp. die B2C Value Pyramid von Bain & Company Inc. [ASB18-ol] zu einer Product Value Pyramid mit besonderem Fokus auf Mobilität weiterentwickelt (vgl. Bild 3). Übertragen auf das Thema Individual-Mobilität, lassen sich somit einerseits Bedürfnisse, Wünsche und Motivationen der Zielgruppe abbilden als auch bereits ein Fahrzeug oder Mobilitätsservice charakterisieren.

In Abstimmung mit dem Anwendungspartner wurden im Fragebogen weitere allgemeine Fragen ergänzt die auf Basis gängiger Befragungsmethoden ausgewählt wurden. Die Notwendigkeit der Ergänzung dieser Bereiche hatte sich im Anwendungsprojekt bei der frühen Überprüfung der Fragebogenstrukturen sowie in der Diskussion mit dem Anwendungspartner ergeben. Die entstandenen zwei Fragenbereiche dienen somit als pragmatisch anwendungsorientierte Passagen um den Fragebogen auf die Besonderheiten des konkreten Innovationsprojektes anzupassen. So spielen bspw. Technologievertrauen und Markenvertrauen eine wesentliche Rolle im Automobilmarkt, wengleich sie in anderen Märkten, eine eher untergeordnete Bedeutung haben. Entsprechend wird empfohlen die beiden Fragenbereiche, projektspezifisch anzupassen. Eine Sammlung und Auswahlliste potenzieller Fragen können dabei eine zukünftige Erweiterung des Framework-Konzeptes darstellen.

Ergänzung von Markt- und Produktspezifischen Erhebungs-Faktoren:

- Status Quo über die aktuelle Fahrzeugnutzung (Privat owned, Leasing, Sharing)
- Kaufpräferenzen (Neuwagen, Gebrauchtwagen, Leasing)
- Präferenz des Fahrzeugtyps
- Stellenwert des Fahrzeugs
- Zahlungsbereitschaft für Sonderausstattung insbesondere hinsichtlich Personalisierung

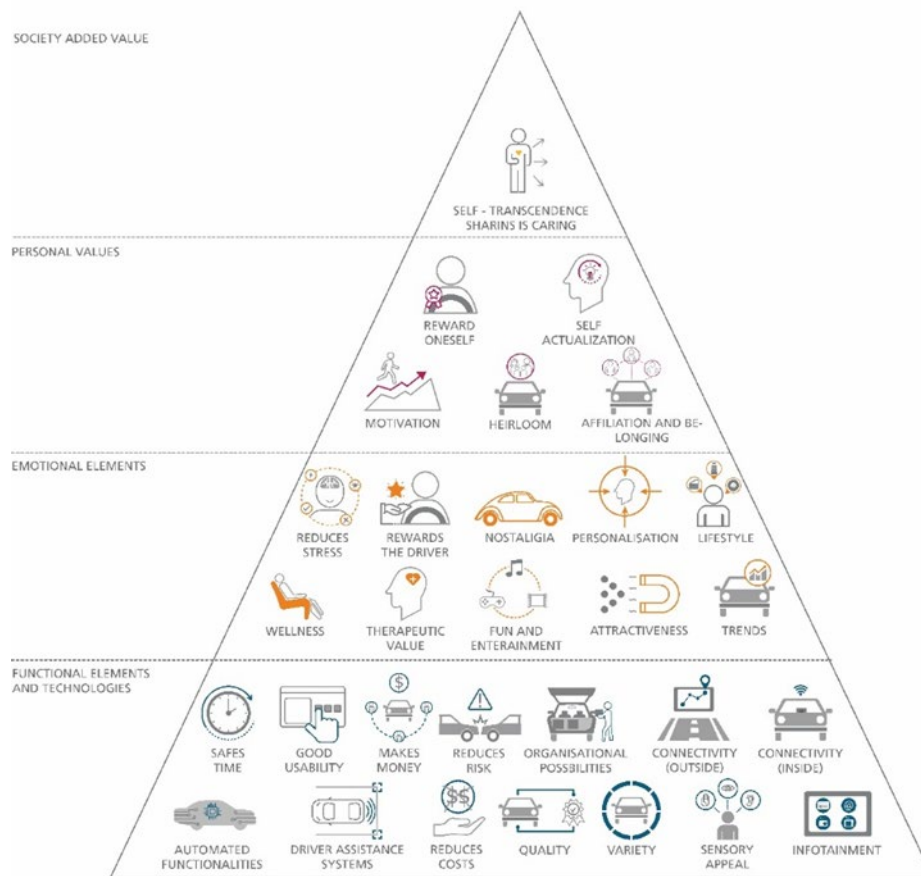


Bild 3: Automotive Product Value Pyramid in Zusammenarbeit mit Hyundai Motor Company and KIA Corp. [Eigene Darstellung]

Ergänzung von Erhebungs-Faktoren in Bezug auf die Innovationsbereitschaft von Nutzern:

- Datenschutz und Bereitschaft Daten zu teilen
- Personalisierungsmöglichkeiten die aktuell genutzt werden (Branchenübergreifend)
- Vertrauen in (neue) Technologien
- Trendbewusstsein
- Markenvertrauen

In Bild 4 ist der entwickelte Strukturansatz für die demografisch-/psychografische Erfassung von Zielgruppen und der Ableitung von Produkt/Service-Anforderungen zusammengefasst dargestellt.

Die Erstellung des finalen Fragebogens basierte dabei auch auf einer experimentellen Vorbefragung, die im Rahmen der IAA 2021 auf einem Messestand mit Besuchenden durchgeführt wurde. Dabei wurden die an Mobilität angepassten Value Elementes auf einer großen Ausstellungsfläche in einem Parcours präsentiert, der von den Probanden bei der Beantwortung eines papierbasierten Fragebogens durchlaufen werden konnte. Im Anschluss daran wurden kurze Interviews geführt um die Verständlichkeit der Fragen und Herangehensweise sowie der Beschreibungen der Value Elements aufzunehmen.

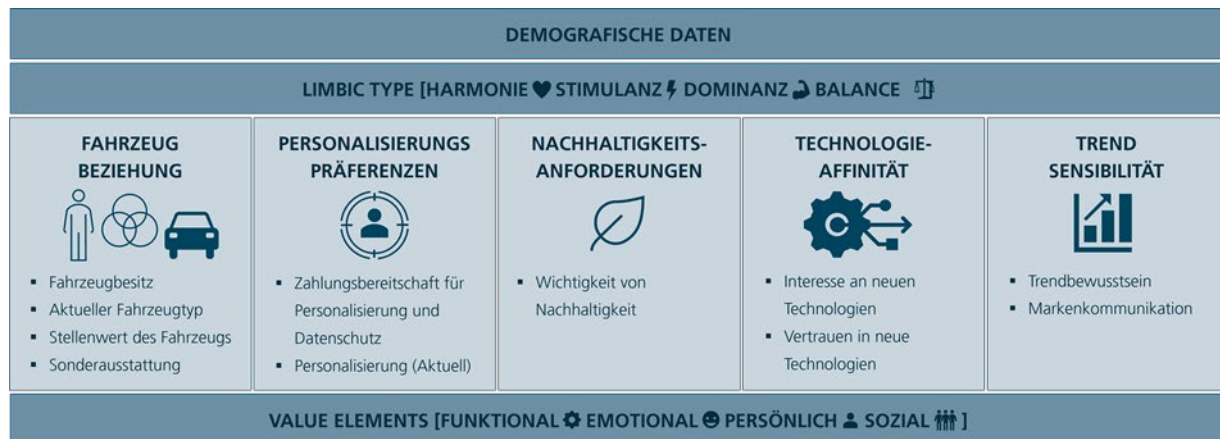


Bild 4: Strukturansatz für die demografische- und psychografische Erfassung von Zielgruppen und Ableitung derer Produkt/Service- Anforderungen [Eigene Darstellung]

Zur Erprobung des Ansatzes und der Identifikation von Optimierung- und Erweiterungspotenzialen, wurde eine quantitative Studie in den fünf Ländern Deutschland, Italien, Südkorea, China und den USA mit jeweils 1.000 Probanden durchgeführt. Durch die Betrachtung verschiedener globaler Kulturkreise sollten zudem übergeordnete inhaltliche Unterschiede ermittelt werden, um das Potenzial der Planungsunterstützung internationaler Produkte in globalen Märkten durch das Framework zu untersuchen. Für die Umfrage wurde ein Online-Fragebogen erstellt und über einen Panel-Anbieter an 5.000 Probanden gestreut. Dabei wurden die demografischen Daten direkt abgefragt. Für die Bestimmung der Limbic Types wurde der bereits existierende Limbic Quick Test verwendet. Die Abfrage der Segmentierungsvariablen erfolgte zum größten Teil mit Hilfe einer Likert Skala und die Erhebung der Value Elements mit Hilfe von Multiple Choice und ergänzenden Anwendungsbeispielen, um das Verständnis der Elemente zu vereinfachen. Anhand der Analyse der Erhebungsdaten aus der Online-Umfrage konnten die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten des Ansatzes im Rahmen einer vorausschauenden Produktplanungs- und Akzeptanz-Bewertung identifiziert und gebildet werden:

Untersuchungsaspekt 1: Generierung spezifischer Zielgruppenprofile:

Anhand des Datensatzes und der Segmentierungsvariablen können spezifische Zielgruppenprofile identifiziert werden. Dazu können entweder demografische Merkmale des angestrebten Marktsegments als Filter gesetzt werden, um psychografische Häufigkeiten abzuleiten oder bestehende, lückenhafte Zielgruppenprofile ergänzt werden. Dazu werden die vorhandenen Informationen als Filter im Datensatz gesetzt, um Informationsdefizite aufzufüllen. Schließlich kann basierend darauf das Problem der unspezifischen und/oder fehlerhaften Zielgruppenbeschreibung eliminiert werden. In Bild 5 ist beispielhaft eine Ableitung psychografischer Merkmale auf Basis des vorhandenem Datensatzes dargestellt.



Filter	Kriterien
Alter	30-40 Jahre (Millennial)
Geschlecht	Weiblich
Beschäftigungsverhältnis	Vollzeit
Haushalts- Nettoeinkommen	2.000 – 4.000€
Limbic Type	Balance oder Harmonie
Wohnort	>Großstadt

- Bevorzugt Compact Car oder Hatchbacks
- Legt wert auf Datenschutz und ist gegen automatisierte Personalisierung
- Die Marke des Fahrzeugherstellers ist dem Segment wichtig bis sehr wichtig
- Gesteigertes Sicherheitsbedürfnis
- Wellness- und Stressreduzierende Elemente im Fahrzeug sind der Nutzergruppe sehr wichtig
- Der Mehrwert für die Familie hat bei der Wahl und Konfiguration des Fahrzeugs einen erhöhten Stellenwert
- Verwendung von Recycelter oder nachhaltiger Materialien ist der Zielgruppe wichtig bis sehr wichtig, zudem muss die „Nachhaltigkeit“ optisch erkennbar sein. Ein Zertifikat oder Gütesiegel ist dagegen nicht unbedingt wichtig.
- Die Nutzergruppe ist stark an neuen Trends interessiert. Dabei spielen Marken und das Markenimage eine wichtige Rolle.

Bild 5: Beispiel zur Ableitung psychografischer Merkmale und Produktnutzenmerkmale [Eigene Darstellung]

Untersuchungsaspekt 2: Bewertung des „Product Customer Fit“

Mit Hilfe des Datensatzes lassen sich anhand bestehender Zielgruppenprofile entsprechende, relevante Produktnutzenmerkmale ableiten. Diese können wiederum mit den Produktnutzenmerkmalen eines bestehenden Produkts verglichen werden. Dadurch lässt sich bewerten, wie gut das Produkt zu der jeweiligen Zielgruppe passt und an welchen Stellen entweder das Produkt angepasst oder die Zielgruppe verändert werden muss (Product Customer Fit). Der Herausforderung der fehlenden Datenbasis kann durch die quantitative Studie entgegnet werden. Bild 6 veranschaulicht den Vergleich des Zielgruppensegments „Functional Family“ und dem Fahrzeug „VW ID.3“. Auf Basis der erhobenen Nutzerdaten, der technischen Spezifikation, einer Internetrecherche hinsichtlich Kundenfeedback zum Fahrzeug sowie auf Basis Experteninterviews wurde je eine Nutzer- und eine Produktpyramide erstellt. Bei der Nutzerpyramide wurden die Elemente unterschieden in essenziell notwendige Jobs to be done, Gains-Elemente die einen zusätzlichen Mehrwert kreieren, Pains-Elemente die eine besondere Relevanz haben und bei Nichterfüllung die wahrgenommene Produktqualität maßgeblich senken würde sowie in Willing-to-compromise-Elemente bei denen die Nutzergruppe kompromissbereit wäre „Auf Produktseite wurden die Elemente nach schlecht „bad“, eher schlecht „rather bad“, eher gut „rather good“ und gut „good“ bewertet. Legt man die beiden Pyramiden übereinander ist erkennbar, wo Divergenzen entstehen. In dem Beispiel lässt sich erkennen, dass der Produktnutzen für das Zielsegment erhöht werden könnte, wenn an folgenden Produktnutzenmerkmale nachgebessert werden würde: Fahrerassistenzsystemen „Driver Assistance Systems“, zeitsparenden Funktionen „Saves Time“ und Unterhaltungsmöglichkeiten „Fun und Entertainment“.



Bild 6: Darstellung des Vergleichs von Nutzerbedürfnissen einer exemplarischen Zielgruppe und den Produktnutzenmerkmalen des ID.3 [Eigene Darstellung]

Untersuchungsaspekt 3: Nutzerorientierte Identifikation von wertstiftenden Produktmerkmalen

Mithilfe einer 2 Way Lift Basket Analysis kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der eine bestimmte Zielgruppe ein spezifisches Produktnutzenmerkmal in Kombination mit einem anderen wählt. Dadurch können referenzierte Aussagen über bevorzugte Produktmerkmale getroffen werden. Beispielsweise zeigt sich auf Basis des Datensatzes, dass eine hohe bis sehr hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass ein deutscher Harmonie-Typ, im Alter zwischen 30 und 40 Jahren, aus den suburbanen Raum, mit einem Haushaltsnettoeinkommen zwischen 2.000 und 2.900 Euro das Produktnutzenmerkmal „Reduces Costs“ in Kombination mit „Reduces Stress“ wählen würde (vgl. Bild 7). Ersteres kann beispielsweise ein Eco-Fahrmodus oder ein günstigere Unterhaltskosten auf Basis wartungsarmer Technologien. Das emotionale Element „Reduces Stress“ kann im Mobilitätskontext beispielsweise durch ein Totwinkel Assistent oder ein Head-up-Display adressiert werden.

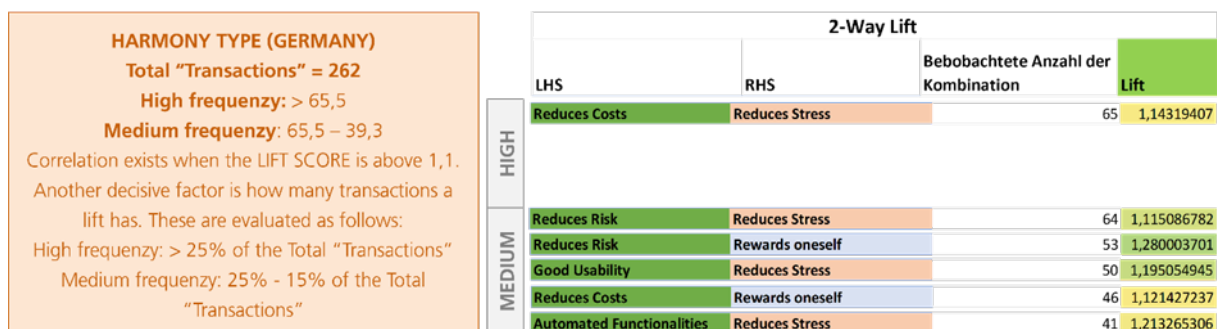


Bild 7: Darstellung der 2 Way Lift Analysis für den Limbic Type „Harmonie“ in Deutschland [Eigene Darstellung]

4 Diskussion und Ausblick

Der vorliegende Beitrag erläutert einen datenbasierten Ansatz wie sich, psychografische Merkmale und latente Bedürfnisse einer Zielgruppe erfassen und in Produktnutzenmerkmale überführen lassen. Des Weiteren bietet er eine Basis, um weitere Merkmale zu ergänzen oder Teilbereiche zu spezifizieren oder zu skalieren. Beispielsweise kann alternativ oder ergänzend zu den Limbic Types, das Fünf-Faktoren-Modell oder auch OCEAN Modell (Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism) [Ase12] implementiert werden. Dadurch lässt sich die Persönlichkeit der Umfrageteilnehmer innerhalb der folgenden fünf Hauptdimensionen skalieren: Offenheit für Erfahrungen, Gewissenhaftigkeit, Extraversion, Verträglichkeit und Neurotizismus. Der Vorteil des Modells ist die Heritabilität, sprich die Erbllichkeit der Eigenschaften, welche bei den Big Five bei 0,5 liegt. 40-45% machen Umweltfaktoren aus und Fehler liegen bei 5-10%. Eine neuere Studie von Kandler und Riemann [KRS+10] geht sogar von bis zu Zweidrittel Heritabilität aus, was besonders interessant sein könnte bei der Entwicklung von komplexen oder radikalen Innovationen für Folgegenerationen. Dadurch ergibt sich das Potenzial potenzielle Zielgruppen in der Zukunft modellieren zu können.

Im nächsten Schritt kann der Ansatz genutzt werden, um potenzielle Kundengruppen für ein konkretes Innovationsprojekt zu identifizieren. Dazu wird der Datensatz nach auffälligen Häufigkeiten bestimmter Variablen-Kombinationen untersucht. Im Vergleich zu bereits etablierten Zielgruppen können darüber neue Zielmärkte abgeleitet werden. Die Bewertung des Product Customer Fit, kann als Werkzeug zur White Spot Analyse genutzt werden um Anforderungen und Etablierungsmöglichkeiten für neue (technologische-) Lösungen zu ermitteln. Dazu wird identifiziert welche Bedarfe an Produktnutzenmerkmalen noch nicht oder nur unzureichend vom Produkt bedient werden. Die abstrakte Beschreibung der Value Elements bilden die Anforderung für neue Lösungen.

Was bisher bei dem Ansatz vernachlässigt wurde ist der Transfer von demografischen und psychografischen Nutzerinformationen in design-ästhetische Merkmale des Produkts. Dies hätte die Möglichkeit, konkrete Designentscheidungen zu referenzieren. Dazu müssten Nutzermerkmale und Designmerkmalen wie Form, Farbigkeit, Materialität, Markenbezug, Bedienbarkeit etc. in Bezug zueinander gesetzt werden. Darüber hinaus gilt es zu untersuchen, wie die Frameworkanwendung in gängige Gestaltungs- und Innovationsmethoden integriert werden kann. Die angesprochene Ableitung von Designmerkmalen könnte dabei formale Gestaltungsprozesse unterstützen. Die datenbasierte Analyse der Zielgruppen aber auch die Ableitung der Produktmerkmale kann dagegen eine interessante Ergänzung im Design Thinking Prozess darstellen und dabei sowohl in den kreativen als auch in den selektierenden Phasen eine wertvolle Informationsbasis bereitstellen.

Literatur

- [ASB18-ol] ALMQUIST, E.; SENIOR, J.; BLOCH, N.: The Elements of Value. Bain. Unter: <https://www.bain.com/insights/the-elements-of-value-hbr/>, 11.05.2023, 2018
- [Ase12] ASENDORPF, J. B.: Psychologie der Persönlichkeit. In Springer-Lehrbuch. Springer Science+Business Media, Berlin, 2012

- [BDS05] BAGNALL, P.; DEWSBURY, G.; SOMMERVILLE, I.: The Limits of Personas. Unter: https://www.researchgate.net/profile/guydewsbury/publication/255621349_the_limits_of_person, 2005
- [BAS23] BRAUN, F.; ARDILIO, A.; STEGMÜLLER, S.: Value-oriented Design of vehicles along emotional personality structures and character traits of customers. In Lecture notes in networks and systems. Springer International Publishing, San Francisco, 2023
- [KRS10] KANDLER, C.; RIEMANN, R.; SPINATH, F.; ANGLEITNER, A.: Sources of Variance in Personality Facets: A Multiple-Rater Twin Study of Self-Peer, Peer-Peer, and Self-Self (Dis)Agreement. Journal of Personality, Bielefeld, 2010
- [Häu16] HÄUSEL, H.-G.: Brain View: Warum Kunden kaufen. Haufe, Stuttgart, 4. Auflage, 2016
- [HH18] HÄUSEL, H.-G.; HENZLER, H.: Buyer Personas: Wie man seine Zielgruppe erkennt und begeistert. Haufe, Stuttgart, 1. Auflage, 2018
- [Häu19] HÄUSEL, H.-G.: Think Limbic! - Die Macht des Unbewussten nutzen für Management und Verkauf. Haufe, Stuttgart, 6. Auflage, 2019
- [KM16] KIM, W. C.; MAUBORGNE, R.: Der blaue Ozean als Strategie: Wie man neue Märkte schafft, wo es keine Konkurrenz gibt. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016
- [LLL18] LEWRICK, M.; LINK, P.; LEIFER, L.: Das Design Thinking Playbook: Mit traditionellen, aktuellen und zukünftigen Erfolgsfaktoren. Vahlen, 2018
- [Mit78-ol] US Framework and VALS Types. Unter: <https://www.strategicbusinessinsights.com//VALS/ustypes.shtml>, 11.05.2023
- [NM19] NEY, S.; MEINEL, C.: Putting Design Thinking to work: How large organizations can embrace messy institutions to tackle wicked problems. Springer, 2019
- [Ulw05] ULWICK, A.: What customers want: Using outcome-driven innovation to create breakthrough products and services. McGraw-Hill, 2015

Autoren

Franziska Braun studierte Industrial Design an der Hochschule Osnabrück und Strategische Gestaltung an der Hochschule Schwäbisch Gmünd. Seit März 2019 arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und seit März 2023 beim Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation im Forschungsteam „Innovation Design“ des Forschungsbereichs für „Innovations- und Mobilitätssysteme“. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf der Entwicklung interdisziplinärer Produktentwicklungsprozesse, dem Value oriented Design von innovativen Produkt- und Servicelösungen und der kreislauffähigen Gestaltung von Produkten.

Sebastian Stegmüller arbeitete seit August 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und seit August 2013 beim Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation im Forschungsteam „Mobility Innovation“ welches er seit April 2018 als Führungskraft leitete. Seit 2021 ist Herr Stegmüller Institutsdirektor und Hauptabteilungsleiter des Forschungsbereichs „Innovations- und Mobilitätssysteme“ am Fraunhofer IAO. Im Rahmen seiner Forschungstätigkeiten beschäftigt sich Herr Stegmüller mit der Frage des Wandels der Produkte der Automobilwirtschaft in Bezug auf die Transformation einer Automobil- zu einer Mobilitätsindustrie sowie der Untersuchung und Entwicklung dafür geeigneter neuartiger Innovationsmethoden.

Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Des. Antonino Ardilio studierte Ingenieurwissenschaften an der Universität Stuttgart und Investitionsgüter-design an der staatlichen Akademie der Bildenden Künste

in Stuttgart. Seit 2002 ist er am Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) tätig und aktuell Leiter des Teams „Innovation Design“. Er promovierte 2013 im Themengebiet Technologie- und Innovationsmanagement an der Universität Stuttgart. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die strategischen Aspekte des Technologie-, Innovations- und Designmanagements. Im Mittelpunkt seiner Arbeit steht die Erforschung des Einflusses und der Schnittstellen der Themenkomplexe „Technologie“, „Innovation“ und „Design“ auf das Unternehmen, den Markt und die Gesellschaft.

Session V

Einstieg in die Kreislaufwirtschaft: Integrative Planung von Produkten und Geschäftsmodellen

Michel Scholtysik, M.Sc.

Dr.-Ing. Christian Koldewey

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Heinz Nixdorf Institut. Universität Paderborn

Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Tel. +49 (0) 5251 60 62 50

E-Mail: {michel.scholtysik/christian.koldewey/roman.dumitrescu}@hni.upb.de

Christoph Pierenkemper, M.Sc.

Dr.-Ing. Christian Hensen

CP contech electronic GmbH

Westring 31A, Leopoldshöhe

Tel. +49 (0) 5202 9877-52

E-Mail: {christoph.pierenkemper/christian.hensen}@contech.de

Zusammenfassung

Nachhaltigkeit wird die Wertschöpfung von morgen maßgeblich beeinflussen. Aufgrund des wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Drucks müssen Unternehmen beispielsweise den Ressourcenverbrauch reduzieren und die Reparierbarkeit von Produkten sicherstellen. Vor diesem Hintergrund hat sich die Kreislaufwirtschaft als ein Erfolg versprechendes Wirtschaftsmodell etabliert. Jedoch erfordert dies eine unternehmensweite Anpassung des tradierten Geschäfts an dem zugrundeliegenden Konzept einer Kreislaufwirtschaft. Einerseits bedarf es kreislauffähige Produkte, welche sich durch Eigenschaften, wie Modularität, Recyclingfähigkeit, etc. auszeichnen. Andererseits braucht es neue und innovative Geschäftsmodelle, welche die Geschäftslogik der Kreislaufwirtschaft abbilden. Dabei ist die Entwicklung von zirkulären Produkten und Geschäftsmodellen integrativ vorzunehmen. Dies wird jedoch bislang nur unzureichend behandelt.

Dieser Beitrag stellt eine Systematik zur integrativen Entwicklung zirkulärer Marktleistungsideen und Geschäftsmodelle vor. Diese umfasst die vier Phasen: Ausgangssituation und Zielbildentwicklung, Erarbeitung von Marktleistungsideen, Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle und Umsetzungsplanung. Ziel der ersten Phase ist, die Analyse und Bewertung eines Produkts hinsichtlich der Kreislauffähigkeit, um eine generische Stoßrichtung als Zielbild für das zirkuläre Produktgeschäft festzulegen. Gegenstand der zweiten Phase ist die Entwicklung und Konkretisierung zirkulärer Marktleistungsideen. Sie bilden die Grundlage für die Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle innerhalb der dritten Phase. Dafür stellt die Systematik ein Business Model Canvas zur Verfügung, dass die Entwicklung von Geschäftsmodellen über mehrere Lebenszyklen ermöglicht. Dadurch wird eine ganzheitliche Beschreibung der zirkulären Geschäftslogik gewährleistet. Abschließend werden in der letzten Phase Maßnahmen identifiziert,

welche in Transformationsprojekten überführt sowie zeitlich strukturiert in eine Umsetzungsroadmap visualisiert werden. Diese stellt das Ergebnis der Systematik dar. Unternehmen erhalten durch das systematische Vorgehen eine Unterstützung, um den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft erfolgreich vorzubereiten. Die Systematik wurde anhand eines mittelständischen Zulieferers von Steuerungseinheiten für Ladesäulen im Automobilbereich validiert.

Schlüsselworte

Kreislaufwirtschaft, zirkuläres Produktdesign, zirkuläre Geschäftsmodelle, zirkuläre Transformation, Nachhaltigkeit, Nachhaltige Entwicklung

Implementing the circular economy: Integrative product and business model planning

Abstract

Sustainability will have a significant impact on tomorrow's value creation. Economic, political and social pressures are forcing companies to reduce resource consumption and ensure that products are repairable. In this context, the circular economy has emerged as a promising business model. However, it requires a company-wide adaptation of traditional business to the underlying concept of a circular economy. On the one hand, there is a need for circular products with characteristics such as modularity, recyclability, etc. On the other hand, there is a need for new and innovative business models that reflect the business logic of the circular economy. The development of circular products and business models needs to be done in an integrative process, but this has been insufficiently addressed.

This paper presents a method for the integrative development of circular market offering ideas and business models. It consists of four phases: Initial situation and vision development, development of market service ideas, development of circular business models and implementation planning. The aim of the first phase is to analyse and evaluate existing product characteristics with regard to their circularity in order to identify a generic thrust as a vision for the circular product business. The second phase focuses on the development and concretisation of circular market performance ideas. These form the basis for the development of circular business models in the third phase. For this purpose, the method provides a business model canvas that enables the development of business models over multiple life cycles. This ensures a holistic description of the circular business logic. Finally, in the last phase, measures are identified, transferred to transformation projects and visualised in a time-structured implementation roadmap. This represents the result of the method. The systematic approach supports companies in successfully preparing their entry into the circular economy. The method was validated on the basis of a medium-sized supplier of control units for charging stations in the automotive sector.

Keywords

Circular economy, Circular product design, Circular business models, Circular transformation, Sustainability, Sustainable development

1 Kreislaufwirtschaft als Treiber für eine nachhaltige Entwicklung

Die Klimakrise gilt als eine der zentralen und entscheidenden Herausforderungen für Politik, Gesellschaft und Wirtschaft [Aca21b]. Vor diesem Hintergrund haben die Vereinten Nationen in der Agenda 2030 insgesamt 17 globale Ziele für eine nachhaltige Entwicklung definiert. Ziel ist es, das Wohlergehen der heutigen und zukünftigen Generationen aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive zu gewährleisten [UN15]. Die daraus abgeleiteten Maßnahmen konfrontieren insbesondere Unternehmen mit gravierenden Veränderungen für ihre zukünftige Wertschöpfung [Bru87], [Eur20]. Die bisher praktizierte Linearwirtschaft wird den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung nur unzureichend gerecht [MMC+17]. Vor diesem Hintergrund hat das Konzept der Kreislaufwirtschaft hohes Potential, um einen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung beizutragen [Aca21b], [PM21]. Die Kreislaufwirtschaft basiert auf innovativen Geschäftsmodellen, indem biologische oder technische Ressourcen durch die sogenannten R-Prinzipien, wie Reduktion (reduce), Wiederverwendung (reuse) oder Recycling (recycle) in Kreisläufen geschlossen werden. Folglich ist eine Erweiterung des Produktlebenszyklus über den End-of-Life eines Produktes notwendig [KRH17]. Daraus ergeben sich für Unternehmen erhebliche Potentiale, einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung zu leisten, indem beispielsweise durch die Wiederverwendung von Produkten der Ressourceneinsatz in der Produktion reduziert wird. Die dargestellten R-Prinzipien bilden das 3R-Rahmenwerk und dienen als grundlegende Charakterisierung einer Kreislaufwirtschaft [KYS+23]. Aufbauend auf dem 3R-Rahmenwerk haben POTTING ET AL. das Rahmenwerk auf insgesamt neun R-Prinzipien (z. B. remanufacture) erweitert, um eine tiefere Beschreibung der Kreislaufwirtschaft zu postulieren [PHW+17]. Dieses Verständnis der Kreislaufwirtschaft wird im sogenannten „Butterfly-Modell“ exemplarisch verdeutlicht und ist in Bild 1 dargestellt.

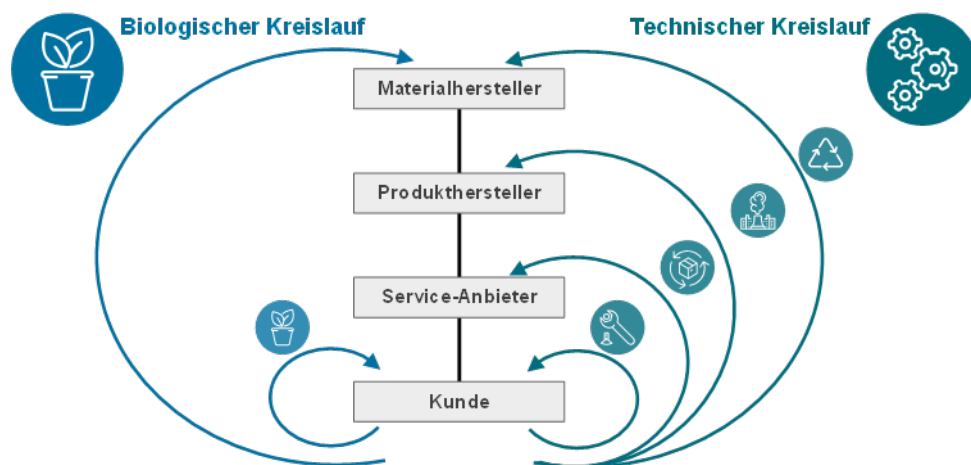


Bild 1: Butterfly-Modell zur Charakterisierung der Kreislaufwirtschaft in Anlehnung an die EllenMacArthur Foundation [Ell13]

Bei der zirkulären Transformation von Unternehmen steht der technologische Kreislauf im Mittelpunkt. Dazu definiert die Ellen MacArthur Foundation vier zentrale Dimensionen, die Einfluss auf die Einführung der Kreislaufwirtschaft haben. Diese Dimensionen sind das **Produktdesign**, das **Geschäftsmodell**, die **Wertschöpfung** und das **Unternehmensumfeld** [Ell13],

[Ell15]. Das Produktdesign umfasst dabei alle Maßnahmen und Aspekte, die im Produkt umgesetzt sein müssen (z. B. Modularität [Mor20], geringe Materialvielfalt [CGB17] etc.), damit es in der Kreislaufwirtschaft zweckmäßig wiederverwertet werden kann. Die direkte Interaktion mit dem Kunden und die Schaffung des Nutzenversprechens wird durch das Geschäftsmodell beschrieben [BPB+16]. Bezogen auf die Rückführung konkreter Produkte oder Komponenten beschreibt die Wertschöpfung alle Prozesse (z. B. Rückführungslogistik [GMC+18]) und Interaktionen (z. B. Kundenincentivierung [Lew16]), die zur Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft notwendig sind. Das Unternehmensumfeld beschreibt die externen Einflüsse auf ein Unternehmen. Insbesondere politische Maßnahmen und Regulierungen (z. B. Gesetze zur Reparierbarkeit von Produkten [Eur20]) haben einen starken Einfluss auf die Ausgestaltung der Kreislaufwirtschaft [Ell13]. Die beschriebenen Bereiche der zirkulären Transformation können nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Einflüsse wie beispielsweise aus dem Unternehmensumfeld können dabei sowohl direkten als auch indirekten Einfluss auf die Gestaltung des Produktdesigns haben [BPB+16], [JJF+20]. Daher ist eine integrative Betrachtung der Dimensionen notwendig [Aca21b]. Im folgenden Beitrag wird die integrative Betrachtung der Produktgestaltung und des Geschäftsmodells fokussiert.

2 Produkte und Geschäftsmodelle im Zeitalter der Kreislaufwirtschaft

Die Operationalisierung der zirkulären Transformation ist keineswegs trivial, sondern mit einem signifikanten Paradigmenwechsel im bestehenden Geschäft eines Unternehmens verbunden [dKC+21]. Es bedarf einer ganzheitlichen Berücksichtigung zirkulärer Prinzipien im Produktentstehungsprozess. Bereits bei der Konzeption neuer Produkte muss die generelle Stoßrichtung des zirkulären Geschäfts in Form von z. B. R-Prinzipien definiert werden, da diese das resultierende Produktdesign und Geschäftsmodell maßgeblich beeinflusst [BPB+16], [HBH17]. Die Stoßrichtung gibt vor, welche charakteristischen Eigenschaften, wie Modularität, einfache Zugänglichkeit definierter Komponenten etc. im Produktdesign berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund müssen Unternehmen ihre bestehenden Produkte hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit bewerten und vergleichen, um darauf basierend zirkuläre Produkte anbieten zu können [SRK+22]. Neben den primär mechanischen Eigenschaften der Kreislaufwirtschaft haben digitale Technologien und Services ein hohes Potential, die Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft zu unterstützen [AUK18]. Beispielsweise können Unternehmen durch Data Analytics Lösungen neue Services wie Predictive Maintenance für ihren Produkten anbieten und gleichzeitig aus den Betriebsdaten den Zustand einzelner Komponenten bzw. Produkte erkennen [PPM17]. Dies führt zu bspw. reduzierten Stillstandszeiten oder einem effizienteren Ressourcenverbrauch bei der Nutzung des Produkts. Die Integration solcher digitaler Technologien oder Services muss bereits frühzeitig im Produktentstehungsprozess berücksichtigt werden. Jedoch werden die Potentiale digitaler Technologien bislang nur unzureichend im Kontext einer Kreislaufwirtschaft genutzt [AWK+21]. Parallel zum Produktdesign muss auch das Geschäftsmodell unter zirkulären Aspekten gestaltet werden. Die Funktionsweise der Kreislaufwirtschaft muss in die bestehende Geschäftslogik eines Unternehmens integriert werden. Eine schematische Darstellung der zirkulären Geschäftslogik ist in Bild 2 dargestellt.

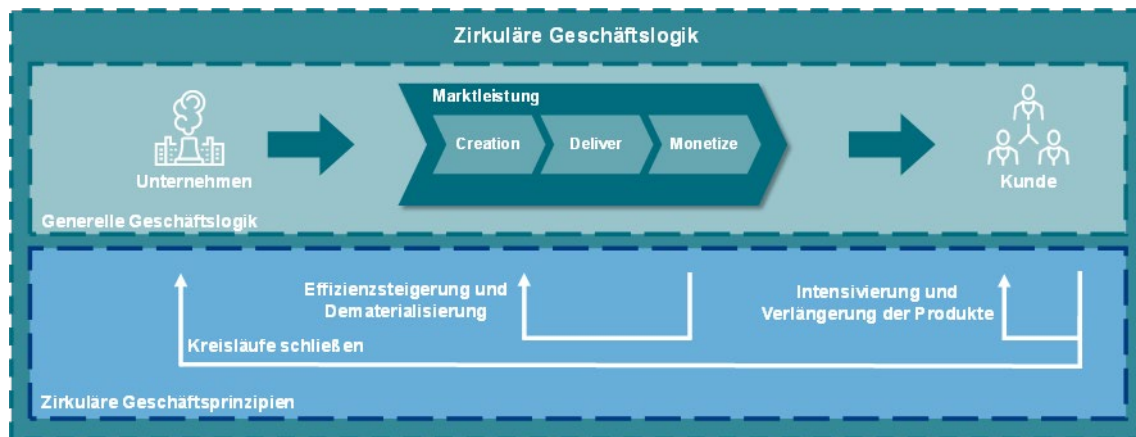


Bild 2: Schematische Darstellung der zirkulären Geschäftslogik in Anlehnung an [BPB+16]

Die allgemeine Geschäftslogik basiert auf dem Wertversprechen, das ein Unternehmen seinen Kunden anbietet, und den dahinter liegenden Prozessen der Wertschöpfung, Leistungserbringung und Abrechnung [GDE+19], [GF14]. Um darauf aufbauend eine zirkuläre Geschäftslogik abzubilden, bedarf es der Integration zirkulärer Geschäftsprinzipien, um Produktkreisläufe zu schließen, zu verlängern oder zu intensivieren. Zumal müssen Unternehmen bestehende Geschäftsmodelle nach den zirkulären Geschäftsprinzipien einer Kreislaufwirtschaft ausrichten. Darüber hinaus bedarf es an lebenszyklusorientierte Geschäftsmodelle, um die ganzheitliche Geschäftslogik der Kreislaufwirtschaft abzubilden [BPB+16]. Allerdings fehlt es den Unternehmen an einer strukturierten Vorgehensweise zur Gestaltung von Geschäftsmodellen unter Berücksichtigung zirkulärer Eigenschaften [GPP+20]. Die dargestellten Herausforderungen der zirkulären Transformation zeigen, dass zirkuläre Produkte und Geschäftsmodelle nicht isoliert voneinander entwickelt werden können. Das Design des Produkts hat einen starken Einfluss darauf, welche zirkulären Geschäftsmodelle möglich sind, und umgekehrt. Daher ist ein integrierter und systematischer Ansatz erforderlich, der die Wechselwirkungen zwischen Produktdesign und Geschäftsmodell vollständig berücksichtigt [SKR+23]. Es ergeben sich zwei zentrale Forschungsfragen für den vorliegende Beitrag:

- *Wie können nachhaltige Aspekte in das zirkuläre Geschäfts integriert werden?*
- *Wie können zirkuläre Produkte und Geschäftsmodelle auf konzeptioneller Ebene integrativ und synergetisch geplant werden?*

Zur Erarbeitung einer geeigneten Lösung orientiert sich der vorliegende Beitrag am Forschungsdesign der „Design Research Methodology“ nach BLESSING/CHAKRABARTI [BC09]. Diese umfasst vier zentrale Phasen: Problemdefinition (I), Deskriptive Studie I (II), Präskriptive Studie (III) und Deskriptive Studie II (IV). Im Rahmen der Problemdefinition wird der grundlegende Forschungsgegenstand festgelegt (vgl. Kapitel 1). Kern der deskriptiven Studie I ist ein umfassendes Problemverständnis, indem sowohl die konkreten Herausforderungen (vgl. Kapitel 2) als auch der Stand der Technik (Kapitel 3) analysiert werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen der deskriptiven Studie I wird im Rahmen der präskriptiven Studie ein geeigneter Lösungsansatz erarbeitet und anhand eines Validierungsbeispiels veranschaulicht (Kapitel 4). Die Anwendbarkeit sowie die Evaluierung des Lösungsansatzes werden im Rahmen des Beitrags mit dem mittelständischen Unternehmen CP contech electronics GmbH diskutiert und bilden den Kern der deskriptiven Studie II (Kapitel 5).

3 Stand der Technik

Für die Planung und Gestaltung des zirkulären Geschäfts existieren Ansätze und Methoden zur Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle sowie der Beschreibung zirkulärer Produkte. Beispielsweise postulieren BOCKEN et al. drei grundlegende Geschäftsprinzipien zur Beschreibung der Kreislaufwirtschaft: Schließung, Verlangsamung und Intensivierung. Es werden jedoch keine konkreten Aspekte im Hinblick auf eine zirkuläre Produktgestaltung definiert [BPB+16]. Für die Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle stellt NUßHOLZ ein erweitertes Business Model Canvas vor. Der Strukturierungsrahmen sowie die Vorgehensweise fokussieren auf die Entwicklung multipler Geschäftsmodelle. Diese werden in einer geeigneten Matrixstruktur dokumentiert. Dabei werden jedoch die spezifischen Charakteristika der Kreislaufwirtschaft nicht isoliert betrachtet [NUß 17]. Eine weitere Methode zur Planung und Strukturierung eines zirkulären Geschäfts stellt LEWANDOWSKI vor. Das Vorgehen berücksichtigt die Entwicklung von Marktleistungsideen, die mit Hilfe des Value Proposition Canvas nach OSTERWALDER/PIGNEUR [OPB+15] entwickelt werden. Darauf aufbauend wird das Geschäftsmodell entwickelt. LEWANDOWSKI berücksichtigt zwar die integrative Perspektive zwischen zirkulärem Produkt und Geschäftsmodell, grundlegende Eigenschaften der Kreislaufwirtschaft (z. B. R-Prinzipien, etc.) werden jedoch nur rudimentär adressiert [Lew16]. Ein weiterer Ansatz zur zirkulären Transformation wird von der Akademie der Technikwissenschaften (acatech) vorgestellt. Dieser betrachtet die Entwicklung bzw. Anpassung eines Produktes sowie das Geschäftsmodell integrativ. Dabei greift acatech auf bestehende methodische Ansätze zurück, die unter dem Blickwinkel der Kreislaufwirtschaft aufbereitet werden. Eine vollständige Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften einer Kreislaufwirtschaft ist damit nicht per se gewährleistet [Aca21a]. Auch weitere Ansätze liefern keine vollumfängliche Lösung der skizzierten Forschungsfragen. Folglich besteht Handlungsbedarf für die Entwicklung einer Systematik zur integrativen Planung zirkulärer Produktideen und Geschäftsmodelle.

4 Systematik zur integrativen Planung zirkulärer Produktideen und Geschäftsmodelle

Die Entwicklung zirkulärer Produkte und Geschäftsmodelle zeichnet sich durch ein hohes Maß an Interdependenzen aus. Um die zirkuläre Transformation erfolgreich zu gestalten, wurde eine Systematik zur integrativen Planung zirkulärer Produktideen und Geschäftsmodelle entwickelt. Ausgangspunkt stellt ein bestehendes Produkt dar, welches zukünftig unter zirkulären Aspekten (z. B. remanufacture) angeboten werden soll. Die Systematik besteht aus vier Phasen: Analyse der Ausgangssituation (I), Erarbeitung von Marktleistungsideen (II), Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle (III) sowie Umsetzungsplanung (IV) (vgl. Bild 3). Die Phasen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

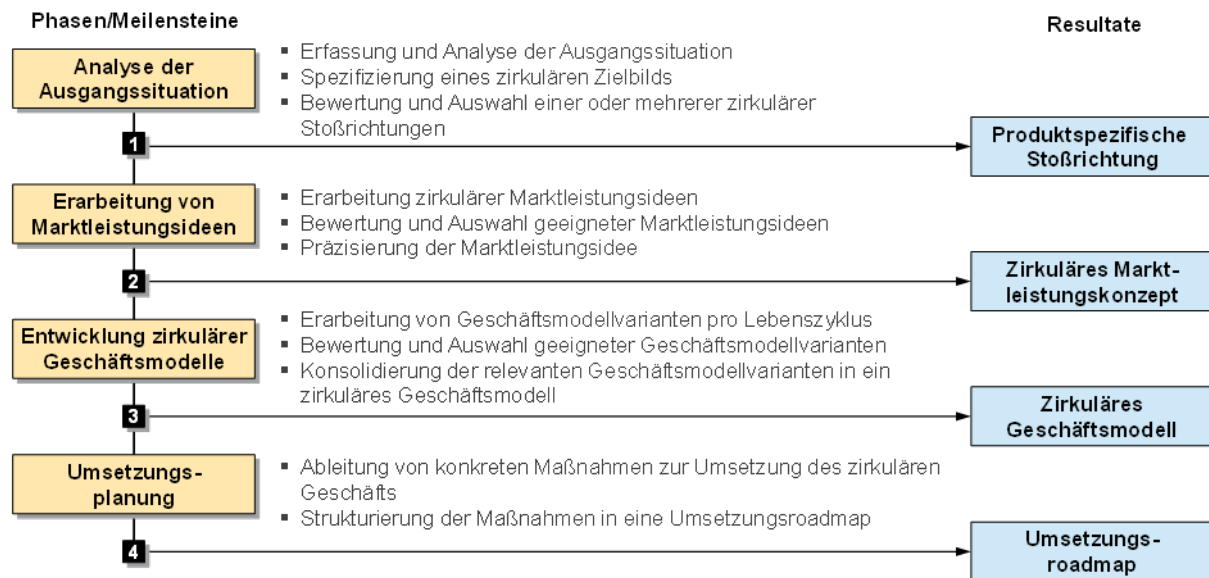


Bild 3: Vorgehensmodell zur integrativen Planung von zirkulären Produkten und Geschäftsmodellen

Analyse der Ausgangssituation: Ziel der ersten Phase ist die produktspezifische Stoßrichtung für das zukünftige zirkuläre Geschäft. Dazu wird das fokussierte Produkt hinsichtlich spezifischer Merkmale im Kontext der Kreislaufwirtschaft analysiert. Aus dem aktuellen Produktdesign ergeben sich synergetische Stoßrichtung für das zirkuläre Geschäft. Die darauf aufbauende Zielbildentwicklung unterstützt den Prozess der Bewertung und Auswahl einer zirkulären Stoßrichtung.

Erarbeitung von Marktleistungsideen: Kern der zweiten Phase ist die Entwicklung potentieller Marktleistungsideen unter Berücksichtigung der zirkulären Stoßrichtung aus der ersten Phase. Die Erarbeitung der Marktleistungsideen basiert auf einem kreativen Entwicklungsprozess, der durch ein zirkuläres Ideation Canvas unterstützt wird. Darüber hinaus werden die erarbeiteten Marktleistungsideen unter Berücksichtigung des Kunden bewertet und eine geeignete Idee ausgewählt. Die Phase endet mit der Präzisierung der ausgewählten Marktleistungsidee in Form eines Konzeptes. Dies stellt das Ergebnis der zweiten Phase dar.

Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle: Die Konkretisierung des zirkulären Geschäfts wird in der dritten Phase durchgeführt. Hierzu werden konkrete Geschäftsmodellvarianten für das Marktleistungskonzept in Bezug auf die antizipierten Lebenszyklen erarbeitet. Hierfür wird ein Business Model Canvas für zirkuläre Geschäftsmodelle angewandt. Dabei werden neben den bekannten Geschäftselementen spezifische Elemente zur Beschreibung der zirkulären Geschäftslogik erarbeitet. Darauf aufbauend werden die beschriebenen Geschäftsmodellvarianten hinsichtlich ökonomischer Aspekte bewertet und zusammengeführt. Das Ergebnis der dritten Phase ist ein konsolidiertes Geschäftsmodell für eine Kreislaufwirtschaft.

Umsetzungsphase: Die bisher erarbeiteten Ergebnisse werden in der vierten und letzten Phase hinsichtlich Chancen und Risiken sowie Potentiale und Herausforderungen untersucht. Anschließend werden Konsequenzen und Maßnahmen abgeleitet, die zur Umsetzung des entwi-

ckelten Geschäftsmodells notwendig sind. Diese werden in einer Umsetzungsroadmap visualisiert. Diese bildet zusammen mit dem zirkulären Marktleistungskonzept und dem Geschäftsmodell das Ergebnis der letzten Phase.

Eine initiale Validierung der Systematik wurde mit dem Unternehmen CP contech electronics GmbH durchgeführt. Die Ergebnisse der Validierung werden folgend dargestellt: Im Mittelpunkt steht dabei der „Circu Charge Controller“, der als Steuereinheit für elektronische Ladesäulen im Automobilbereich dient. Da hierbei teilweise sensible Daten angefallen sind, werden die Ergebnisse verfremdet bzw. nur auszugsweise dargestellt.

4.1 Ausgangssituation und Zielbildentwicklung

In der ersten Phase wird das betrachtete Produkt hinsichtlich seiner bestehenden Eigenschaften analysiert, um die Ausgangssituation für das zirkuläre Geschäft zu erhalten. Darauf aufbauend wird das Zielbild für das zukünftige Produkt erarbeitet. Ziel der ersten Phase ist eine produktspezifische Stoßrichtung für die Gestaltung des Kreislaufgeschäfts. Dazu sind die folgenden zwei Aufgaben vorgesehen: Erfassung und Analyse der Ausgangssituation (I) und Bewertung und Auswahl der zirkulären Stoßrichtung (II). Nachfolgend werden auf die einzelnen Aufgaben im Detail erläutert.

Erfassung und Analyse der Ausgangssituation und Zielbildentwicklung: Kern der ersten Aufgabe ist die Transparenz über Produkteigenschaften, die ein hohes Potential zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft liefern. Dadurch erhalten Unternehmen ein tieferes Verständnis darüber, welche wesentlichen Eigenschaften die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft fördern und welche einen negativen Einfluss haben. Darauf aufbauend können erste strategische Überlegungen getroffen werden, um die zukünftige Kreislaufwirtschaft für das fokussierte Produkt zu formulieren. Vor diesem Hintergrund wird zunächst die produktspezifische Ausgangssituation erfasst. Hierfür wird der Circularity Readiness Check¹ (CRC) angewandt, welcher das fokussierte Produkt anhand von insgesamt 20 Kriterien in den Bereichen Produktdesign (z. B. Modularität), Geschäftsmodell (z. B. Kundenincentives) und Wertschöpfung (z. B. Rückführungslogistik) analysiert [SRK+22]. Durch die Auswahl zutreffender Ausprägungen innerhalb einzelner Kriterien wird der Status Quo des Produkts aufgenommen. Gleichzeitig wird ein initiales Zielbild für das betrachtete Produkt festgelegt (vgl. orange Bewertung in Bild 4). Basierend der Berechnungslogik des CRC wird eine synergetische Übereinstimmung (Synergiefaktor = SF) des Status Quos und dem Zielbild zu den R-Prinzipien ermittelt. Ein Auszug des CRC sowie dem resultierenden Reifegrad ist in Bild 4 dargestellt. Im Validierungsbeispiel wurde festgelegt, dass der „Circu Charge Controller“ einer visuellen und funktionalen Qualitätsprüfung unterzogen wird. In Zukunft plant contech vor allem eine datenbasierte Qualitätskontrolle, um die zugrunde liegenden Prozesse zu optimieren. Des Weiteren ist das Produkt derzeit nicht modular aufgebaut und soll in ein Baukastensystem überführt werden. Auf Basis der gewählten Ausprägungen für den Status Quo und das Zielbild ergibt sich ein besonders hoher Synergiefaktor für die Umsetzung eines Repurposes (SF = 55%). Aus strategischer Sicht haben die R-Prinzipien

¹ Das Vorgehen sowie die Berechnungslogik des Circularity Readiness Checks ist in [SRK+22] beschrieben.

Refurbish (SF = 72%) und Repair (SF = 67%) eine hohe Bedeutung für das zukünftige Kreislaufgeschäft. Bild 4 zeigt exemplarisch Ergebnisse des CRCs.

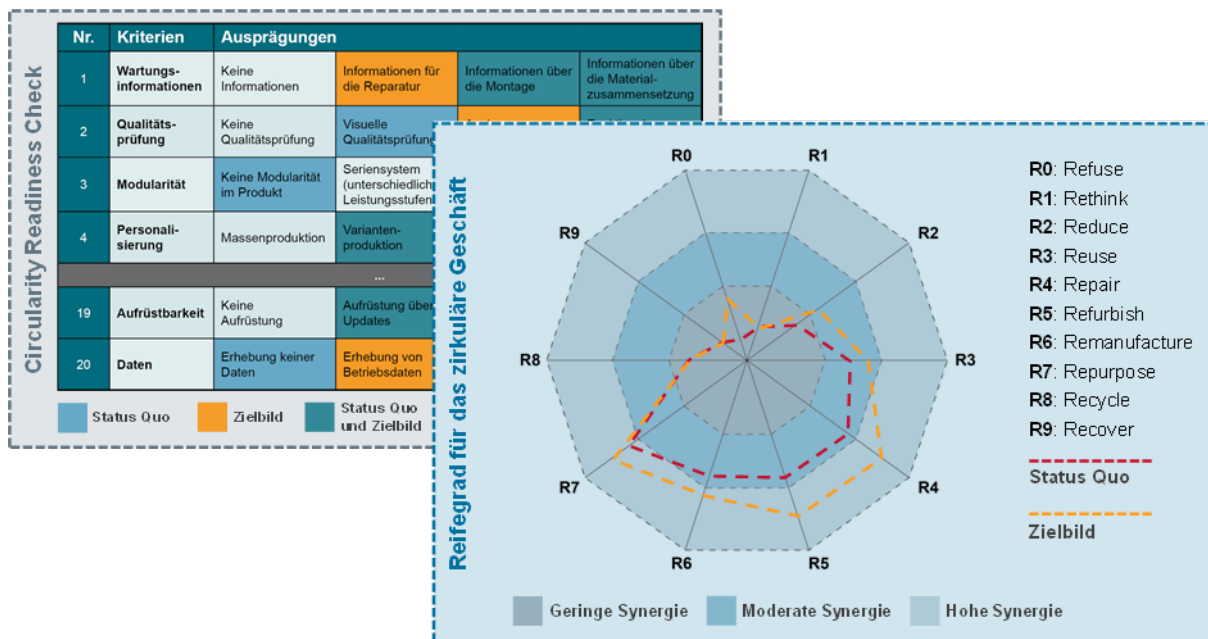


Bild 4: Darstellung des CRC und Reifegrads in Anlehnung an [SRK+22]

Zur Dokumentation werden die Ergebnisse aus dem CRC und den damit verbundenen Reifegrad pro R-Prinzip in ein Steckbrief überführt. Dieser beinhaltet eine kurze Definition des betrachteten R-Prinzips, den erreichten Synergiefaktor, unterstützende und hinderliche Ausprägungen sowie erste initiale Handlungsempfehlungen.

Bewertung und Auswahl der zirkulären Stoßrichtung: Die produktindividuelle Ausgangssituation und das Zielbild dienen als wesentliche Grundlage für die Bewertung und Auswahl der Fokussierung des Kreislaufgeschäfts, die das zentrale Ziel der zweiten Aufgabe darstellt. Dazu wird das betrachtete Produkt anhand von drei zentralen Kriterien bewertet. 1) die zirkuläre Eignung für ein R-Prinzip (vgl. Status Quo Reifegrad), 2) die ökologischen Auswirkungen des R-Prinzips auf das zukünftige Geschäft und 3) die strategische Relevanz. Aus den Bewertungskriterien ergibt sich somit ein Portfolio mit drei Bewertungsdimensionen, in das die jeweiligen R-Prinzipien eingeordnet werden. Bild 5 zeigt das beschriebene Portfolio und verdeutlicht die Ergebnisse aus dem Validierungsbeispiel. Für die Bewertung der zirkulären Eignung werden die Ergebnisse des CRC in Bezug auf den Status quo in das Portfolio übertragen. Vor dem Hintergrund der ökologischen Auswirkungen werden die R-Prinzipien u. a. hinsichtlich der erwarteten Emissionsreduktion und des erwarteten ökologischen Nutzens bewertet. Abschließend wird die strategische Relevanz eines R-Prinzips für das Unternehmen dargestellt. Im Rahmen des Validierungsbeispiels wurden insbesondere die R-Prinzipien Repurpose, Repair und Refurbish mit einer hohen ökologischen Wirkung bewertet. Aufgrund der höheren zirkulären Eignung und der strategischen Relevanz wurde eine kombinierte Stoßrichtung aus den R-Prinzipien „Repurpose“ und „Repair“ ausgewählt. Die Konsolidierung und Dokumentation der ausgewählten Stoßrichtungen ist das Ergebnis der ersten Phase.

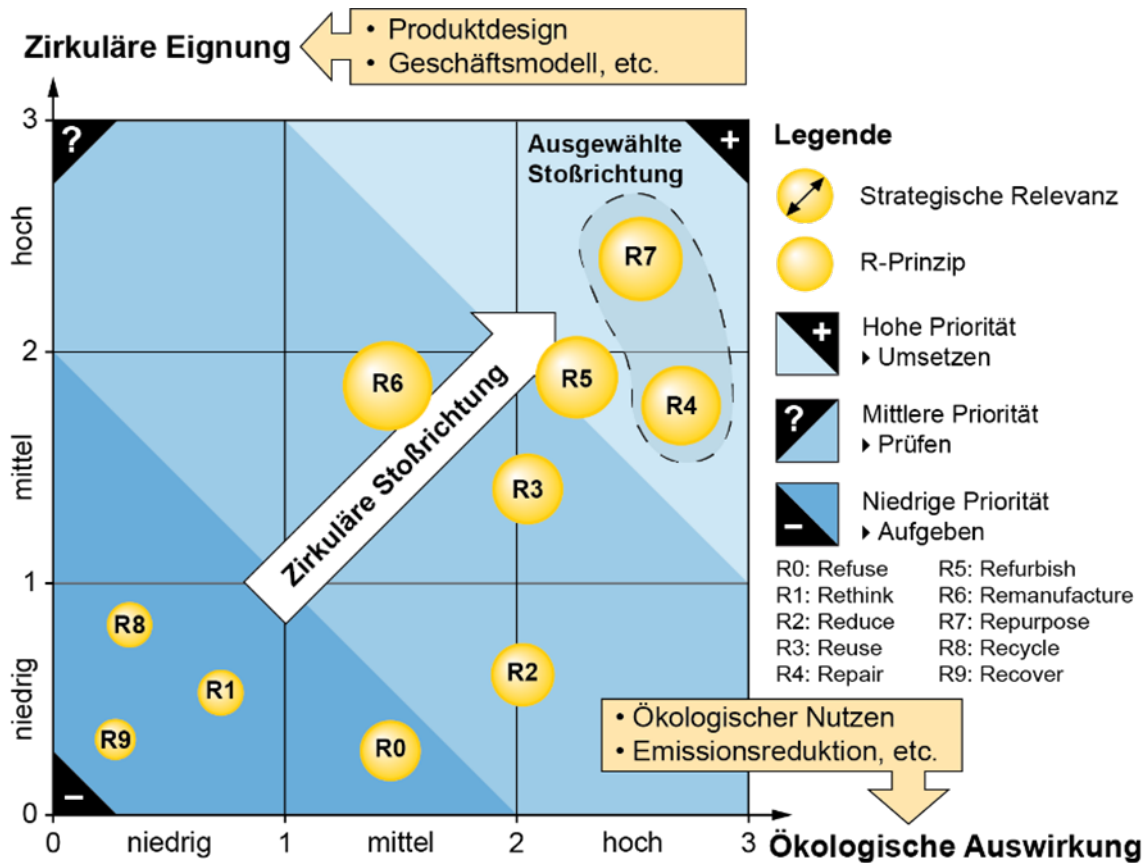


Bild 5: Bewertungsportfolio zur Identifikation der zirkulären Stoßrichtung in Anlehnung an [GDE+19]

4.2 Erarbeitung von Marktleistungsideen

Ziel der zweiten Phase ist ein Marktleistungskonzept, das sich an der zuvor definierten Stoßrichtung orientiert. Dazu werden auf Basis des bestehenden Produktes verschiedene Marktleistungsideen erarbeitet, welche die Umsetzung der zirkulären Stoßrichtung ermöglicht. Im Wesentlichen sind hierfür folgende Aufgaben notwendig: Erarbeitung von zirkulären Marktleistungsideen (I), Bewertung und Auswahl geeigneter Marktleistungsideen (II) und Präzisierung der Marktleistungsidee (III). Im Folgenden werden die dargestellten Aufgaben im Detail erläutert.

Erarbeitung zirkulärer Marktleistungsideen: Für die Operationalisierung der zirkulären Transformation ist die Ausgestaltung der anzubietenden Marktleistung für das zirkuläre Geschäft ein wesentlicher Bestandteil. Im Rahmen des Ansatzes werden verschiedene Marktleistungsideen unter Berücksichtigung der zirkulären Stoßrichtung erarbeitet. Dazu wird das Circular Ideation Canvas² (CIC) angewandt. Dieses bietet eine systematische und strukturierte Vorgehensweise zur Entwicklung von zirkulären Marktleistungsideen. Insgesamt umfasst das Circular Ideation Canvas 23 Gestaltungselemente zur Konkretisierung zirkulärer Marktleistungsideen. Zusätzlich zur entwickelten Marktleistungsidee wird der nachhaltige Mehrwert der Idee

² Die Beschreibung des Vorgehens und der Gestaltungselemente ist in [SRK+23] zu finden.

definiert. Das CIC wird im Rahmen von Kreativitätsworkshops angewandt, um den Teilnehmern den Raum für die Entwicklung innovativer Ideen zu geben [SRK+23b]. Im Validierungsbeispiel wurden fünf verschiedene Marktleistungsideen mit Hilfe des CIC entwickelt und dokumentiert. Bild 6 zeigt einen Ausschnitt der Marktleistungsidee „Smart Modular Eco Charge Controller“ (ML3).

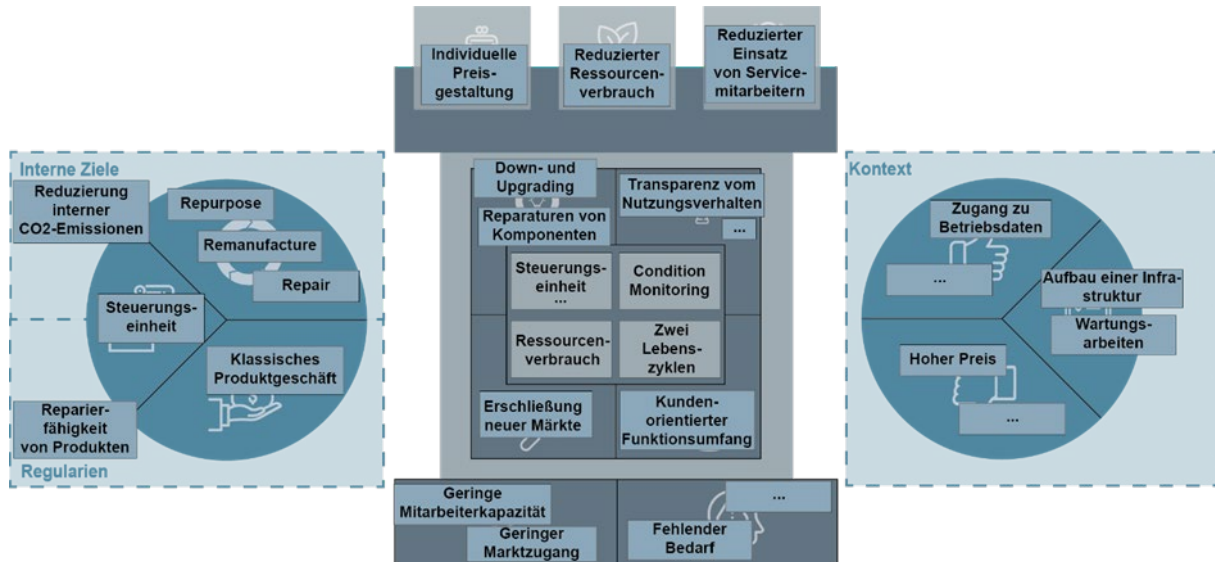


Bild 6: CIC zur Entwicklung zirkulärer Marktleistungsideen (Auszug) nach [SRK+23b]

Kern der Marktleistungsidee ist die modular erweiterbare Softwarestruktur der Steuereinheit. Je nach individuellen Kundenwünschen können konkrete Funktionen innerhalb der Produktnutzung hinzugebucht werden. Damit ist ein kundenindividuelles Down- oder Upgrading bestimmter Leistungen möglich. Dies führt zu einem kontrollierten und angepassten Ressourcenverbrauch, wodurch der ökologische Mehrwert innerhalb der Nutzung erhöht wird. Zusätzlich wird durch mögliche Downgrades auch der Preis des Produktes angepasst. Dadurch werden monetäre Hemmschwellen abgebaut und die Akzeptanz der Steuereinheit erhöht. Aufgrund der hohen Lebensdauer des Produktes (ca. 15 Jahre) geht contech von zwei Produktlebenszyklen aus. Eine zusätzliche Verlängerung der Lebensdauer soll durch standardisierte Reparaturen ermöglicht werden. Diese werden durch die Analyse und Nutzung von Betriebsdaten ermöglicht und dem Kunden durch Condition Monitoring als zusätzlichem Mehrwert angeboten. Für den zweiten Lebenszyklus soll die Steuereinheit im Sinne eines Repurposings in ein neues Produkt mit ähnlicher Funktionalität eingebaut werden. Eine Konkretisierung ist hierfür noch notwendig. Insgesamt soll das Produkt ca. 25 Jahre im Kreislauf verbleiben, wodurch der interne Ressourcenverbrauch und gleichzeitig die Emissionen stark reduziert werden sollen. Das Ergebnis der ersten Aufgabe ist eine Sammlung von Ideen für zirkuläre Produkte.

Bewertung und Auswahl geeigneter Marktleistungsideen: Nach der Entwicklung potentieller Marktleistungsideen ist im nächsten Schritt die produktseitige Ausrichtung des zirkulären Geschäfts zu definieren. Ein zentraler Erfolgsfaktor für zirkuläre Produkte ist die Akzeptanz der Marktleistung durch den Kunden [BSF+21]. Hierzu werden die erarbeiteten Marktleistungsideen unter Berücksichtigung der Verhaltensänderung des Kunden bewertet [GDE+19], [OPB+15]. Grundlage ist der Umgang mit bestehenden Marktleistungen sowie die notwendigen Aktivitäten und Prozesse, um den Mehrwert der Marktleistung zu erfahren. Darüber hinaus

wird der Kundennutzen betrachtet. Dabei wird neben dem funktionalen Nutzen auch der dedizierte Nutzen aus Nachhaltigkeitssicht berücksichtigt. Mit Hilfe dieser Kriterien wird die Eignung der Marktleistungsideen aus Kundensicht beleuchtet. Darüber hinaus wird die technische Umsetzbarkeit der erarbeiteten Marktleistungsideen durch das Unternehmen bewertet. Kriterien wie der Aufbau einer eigenen IT-Infrastruktur oder die technologische Reife dienen als Bewertungshilfe. Somit ergibt sich ein Bewertungsportfolio mit insgesamt drei Bewertungskriterien. Bild 7 visualisiert das Portfolio sowie die Bewertung aus dem Validierungsbeispiel.

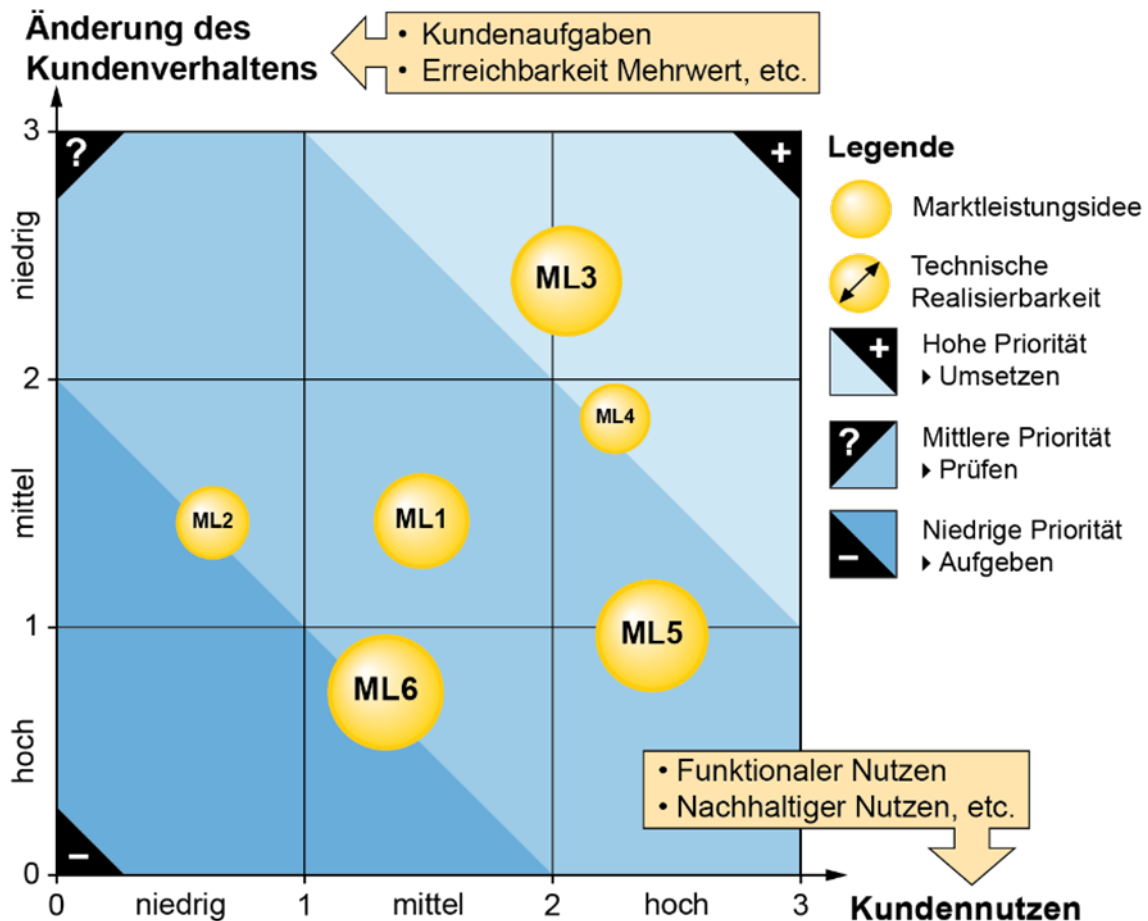


Bild 7: Portfolio zur Bewertung entwickelter Marktleistungsideen (entfremdet)

Im Rahmen des Validierungsbeispiels wurde die Marktleistungsidee (ML3) des „Smart Modular Eco Charge Controllers“ ausgewählt, die das zentrale Ergebnis der zweiten Aufgabe darstellt. Besonderer Vorteil ist die hohe technische Realisierbarkeit, da neben Änderungen im Produktdesign insbesondere die Softwarearchitektur sowie die Servicestruktur an die Marktleistung angepasst werden müssen. Diese Anpassungen wurden vom Unternehmen als moderat eingeschätzt. Darüber hinaus basiert die Idee der Marktleistung auf einer geringen Verhaltensänderung des Kunden, da dieser bei der Bestellung zunächst seinen Funktionsumfang angibt und über das Serviceportal die Möglichkeit erhält, eigenständig weitere Services bzw. Funktionen hinzu zubuchen.

Präzisierung der Marktleistungsidee: In der letzten Aufgabe der zweiten Phase wird die priorisierte Marktleistungsidee konkretisiert. Dabei werden die wesentlichen Erkenntnisse der CIC in ein geeignetes Dokumentationsschema überführt, das als Kommunikationsmedium im

Unternehmen dient. Darauf aufbauend werden erste Anforderungen an die zu gestaltende Marktleistung formuliert. Diese umfassen sowohl konstruktive Anforderungen (z. B. modularer Aufbau der Produktkomponenten, Bauraum, etc.) als auch servicebasierte Anforderungen (z. B. Mustererkennung auf Basis von Betriebsdaten, etc.) Die Anforderungen aus dem konkretisierten Marktleistungskonzept werden in einer initialen Anforderungsliste dokumentiert. Ergebnis der letzten Aufgabe und der zweiten Phase ist ein ausgewähltes und konkretisiertes Marktleistungskonzept für das zirkuläre Geschäft.

4.3 Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle

Kern der dritten Phase ist die Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle, die auf dem Marktleistungskonzept der zweiten Phase aufbauen. Hierfür sind drei zentrale Aufgaben vorgesehen: Erarbeitung von Geschäftsmodellvarianten pro Lebenszyklus (I), Bewertung und Auswahl geeigneter Geschäftsmodellvarianten (II) und Konsolidierung der relevanten Geschäftsmodellvarianten zu einem zirkulären Geschäftsmodell (III). Im Folgenden werden die Aufgaben im Detail beschrieben.

Erarbeitung von Geschäftsmodellvarianten pro Lebenszyklus: Ziel sind Geschäftsmodellvarianten für die Marktleistungskonzept zu entwickeln. Hierzu werden für einen betrachteten Lebenszyklus unterschiedliche Geschäftsmodellvarianten entwickelt. Die Entwicklung der Geschäftsmodellvarianten orientiert sich am Circular Business Model Canvas³ (CBMC) nach SCHOLTYSIK ET AL. [SRK+23a]. Diese stellt eine Erweiterung der Business Model Canvas nach OSTERWALDER/PIGNEUR [OP10] dar, welche insgesamt weiteren die fünf Elemente: Marktleistung, R-Prinzip, Kundenincentives, Rückführungsprozesse sowie End-of-Life integriert. Im Falle des Validierungsbeispiels wurden verschiedene Geschäftsmodellvarianten für zwei antizipierte Lebenszyklen erarbeitet. Insgesamt wurden vier Geschäftsmodellvarianten für den ersten Lebenszyklus und zwei für den zweiten Lebenszyklus erarbeitet. Das Ergebnis der ersten Aufgabe ist eine Sammlung verschiedener Geschäftsmodellvarianten für das betrachtete Marktleistungskonzept.

Auswahl geeigneter Geschäftsmodellvarianten: In den vorangegangenen Phasen wurde die Entwicklung des Kreislaufgeschäfts primär aus ökologischer Sicht bewertet und gestaltet. Im folgenden Schritt werden die entwickelten Geschäftsmodellvarianten hinsichtlich ihres ökonomischen Beitrags für das Unternehmen bewertet. Die klassische Einstufung des ökonomischen Potentials von Geschäftsmodellen wird anhand der Kriterien Realisierbarkeit, Attraktivität und Zukunftsrobustheit der Geschäftsmodelle abgeschätzt [GDE+19]. Dabei ist zu beachten, dass es sich um eine qualitative Bewertung der Geschäftsmodellvarianten handelt. Um eine quantifizierte Aussage über den wirtschaftlichen Erfolg der Geschäftsmodellvarianten zu erhalten, bedarf es konkreter Pilotierungen und Erfahrungswerte [GDE+19]. In der Regel ist die zirkuläre Transformation für Unternehmen jedoch noch unbekannt, weshalb auf qualitative Kriterien bzw. Einschätzungen zurückgegriffen wird. Das resultierende Bewertungsportfolio sowie die Bewertungen der sechs Geschäftsmodellvarianten aus dem Validierungsbeispiel sind in Bild 8

³ Die Herleitung der Circular Business Model Canvas sowie das Vorgehen zur Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle ist in [SRK+23a] zu finden

dargestellt. Ergebnis der qualitativen Bewertung sind zwei Geschäftsmodellvarianten für die antizipierten Lebenszyklen des Marktleistungskonzepts.

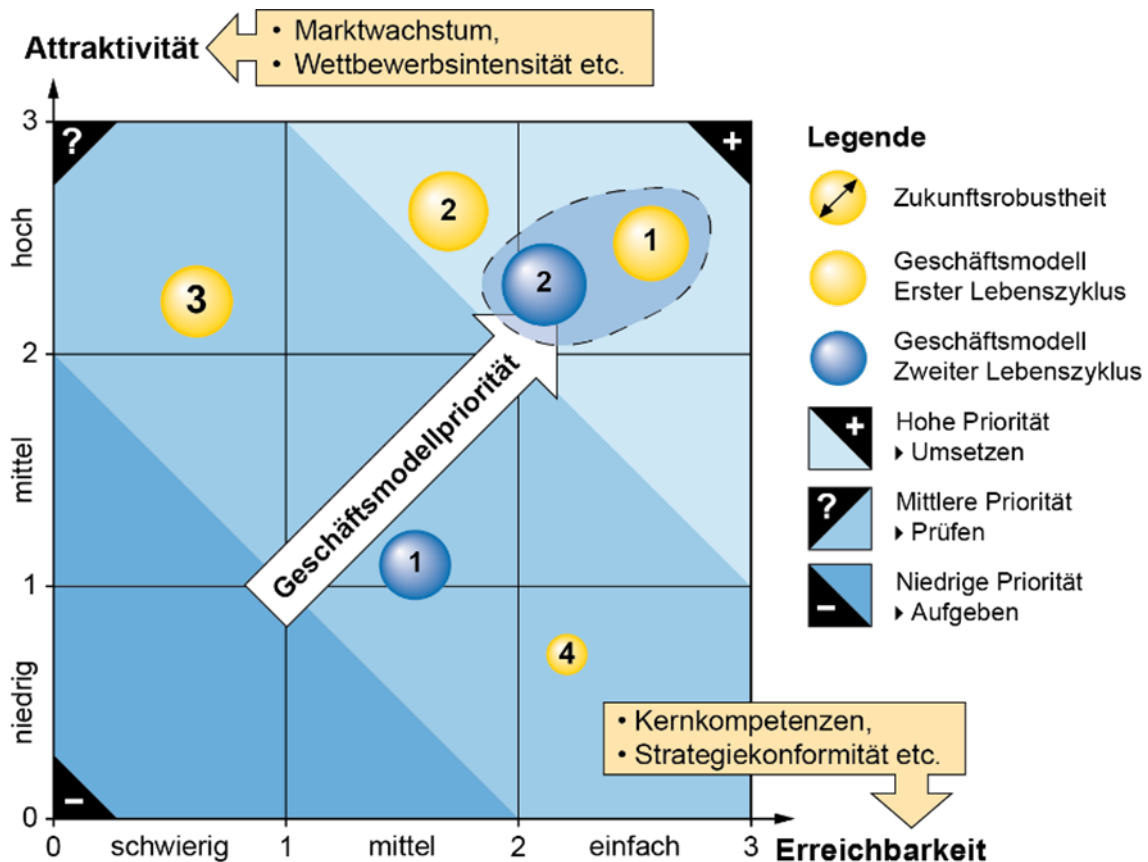


Bild 8: Bewertung und Auswahl der Geschäftsmodellvarianten in Anlehnung an [GDE+19]

Konsolidierung der relevanten Geschäftsmodellvarianten in ein zirkuläres Geschäftsmodell: Ziel der dritten Aufgabe ist, ein zusammengeführtes zirkuläres Geschäftsmodell. Dazu werden die ausgewählten Geschäftsmodellvarianten zusammengeführt und beschrieben. Im Detail beschreibt die Geschäftslogik aus dem ersten Lebenszyklus den serviceorientierten Gedanken und die Abrechnung von zusätzlichen Dienstleistungen, wie z. B. Condition Monitoring, über ein jährlich abgerechnetes Abonnementmodell. Dabei wird definiert, dass der Kunde die Steuerungseinheit nutzen darf, das Eigentum jedoch beim Unternehmen verbleibt. Dadurch ist contech verpflichtet, die Kosten für eventuelle Wartungen oder ähnliches selbst zu tragen. Es sind jedoch keine speziellen Anreize für den Kunden zur Rückgabe der Produkte notwendig, da diese im Besitz von contech bleiben. Sobald der erste Lebenszyklus als abgeschlossen gilt, werden die Steuergeräte auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft und in einen neuen Anwendungsfall eingebaut. Dadurch ändert sich für contech das betrachtete Kundensegment und insbesondere die Kernaktivitäten, wie z. B. Aufbereitungsprozesse. Das Erlösmodell sieht einen klassischen Produktverkauf vor. Am Ende des zweiten Lebenszyklus erhält der Kunde eine Anleitung zur fachgerechten Entsorgung der Steuereinheit. In Bild 9 ist ein Ausschnitt des zirkulären Geschäftsmodells über den gesamten Produktlebenszyklus dargestellt, der das Ergebnis der dritten Phase widerspiegelt.

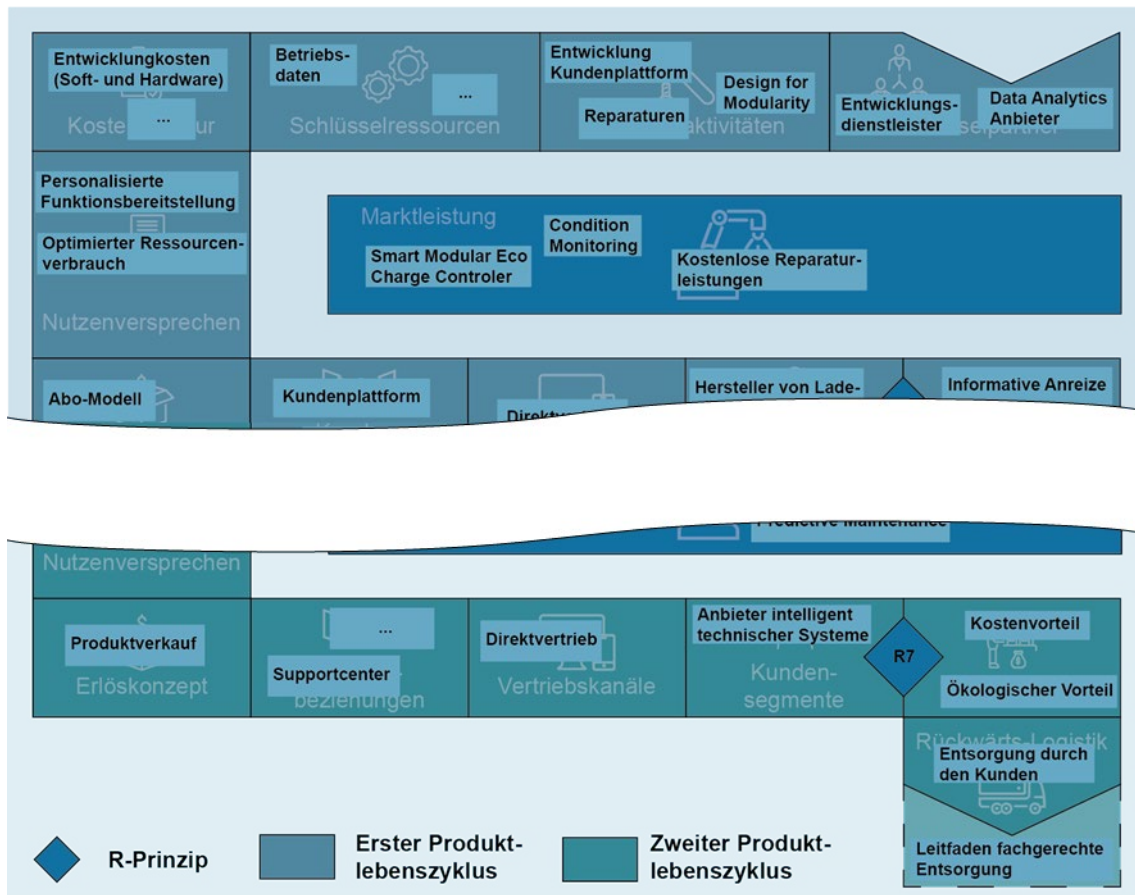


Bild 9: Auszug des zirkulären Geschäftsmodells aus dem Validierungsbeispiel in Anlehnung an [SRK+23a]

4.4 Umsetzungsplanung

In der letzten Phase werden aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Phase Chancen und Risiken sowie Potentiale und Herausforderungen identifiziert. Hieraus werden Konsequenzen und Maßnahmen abgeleitet. Anschließend werden definierte und zeitlich strukturierte Transformationsprojekte erarbeitet und in einer Umsetzungsroadmap visualisiert. Diese stellt das Ergebnis der letzten Phase dar. Hierfür sind im Wesentlichen zwei Aufgaben vorgesehen: Ableitung konkreter Maßnahmen zur Umsetzung des zirkulären Geschäfts (I) und Strukturierung der Maßnahmen in einer Umsetzungsroadmap (II).

Ableitung von konkreten Maßnahmen zur Umsetzung des zirkulären Geschäfts: Ziel dieser Aufgabe sind Maßnahmen zur Operationalisierung des zirkulären Geschäfts. Dazu werden die zentralen Artefakte der Systematik (Circularity Readiness Check, Circular Ideation Canvas sowie Circular Business Model Canvas) mit Hilfe einer SWOT-Analyse kritisch untersucht [GDE+19]. Exemplarische Leitfragen wie „Ist die Umsetzung dieses Geschäftselements aus heutiger Sicht umsetzbar?“ oder „Kann diese Dienstleistung bereits heute angeboten werden?“ dienen als zusätzliche Hilfestellung, um Herausforderungen, Risiken, etc. zu identifizieren. Aus den identifizierten Chancen und Risiken sowie Potentiale und Herausforderungen werden konkrete Maßnahmen abgeleitet. Diese Maßnahmen werden in den Dimensionen: Produktdesign, Geschäftsmodell und Wertschöpfung eingeordnet und in eine Maßnahmenliste überführt. Diese

enthält den Titel der Maßnahme, eine kurze Zusammenfassung, eine Einordnung in die skizzierten Dimensionen sowie den Ursprung der Maßnahme (z. B. Circular Ideation Canvas). Das Ergebnis dieser Aufgabe ist eine übergreifende Maßnahmenliste zur Operationalisierung des zirkulären Geschäfts.

Strukturierung der Maßnahmen in eine Umsetzungsroadmap: Im letzten Schritt werden die identifizierten Maßnahmen zu Transformationsprojekten zusammengefasst und in eine zeitliche Abfolge gebracht. Dabei werden innerhalb der einzelnen Transformationsprojekte weitere Randbedingungen wie Meilensteine, Kooperationspartner, verfügbares Budget etc. definiert. Auf diese Weise entsteht ein strukturiertes und transparentes Gesamtbild für die Operationalisierung des zirkulären Geschäfts. Nach der grundsätzlichen Definition der Transformationsprojekte werden die Zusammenhänge erarbeitet und dokumentiert. Diese werden in eine konsolidierte Umsetzungsroadmap überführt, die das Ergebnis der letzten Phase darstellt. Mit Hilfe der Umsetzungsroadmap wird den Unternehmen das notwendige Werkzeug zur Operationalisierung des zirkulären Geschäfts an die Hand gegeben. Eine exemplarische Visualisierung einer Umsetzungsroadmap ist in Bild 10 dargestellt.

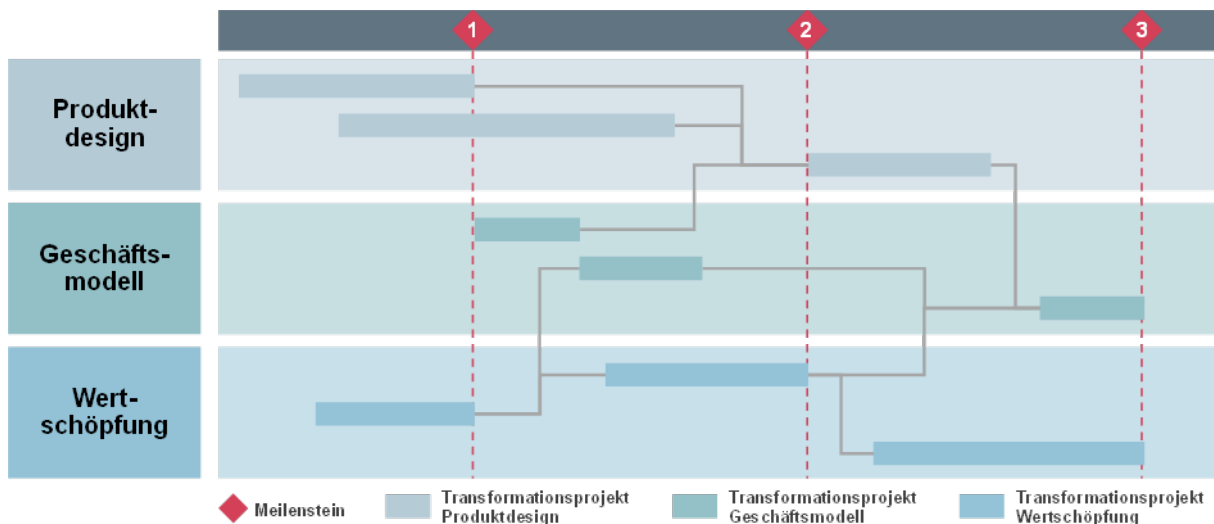


Bild 10: Beispielhafte Visualisierung der Umsetzungsroadmap (entfremdet)

5 Evaluierung und Erfahrungsbericht aus der Praxis

Die steigenden Anforderungen, das bestehende Geschäft nachhaltiger zu gestalten, betrifft nicht nur die Automobilbranche, sondern ist eine Herausforderung für die gesamte Industrie. Vor diesem Hintergrund hat sich contech entschlossen, die zirkuläre Transformation stärker in die Unternehmensstrategie zu integrieren. Dabei geht es insbesondere darum, neue und innovative Geschäftsmodelle unter Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft zu gestalten. Eine frühzeitige Entscheidung über die zirkuläre Ausrichtung ist daher notwendig. In diesem Sinne bietet die Systematik eine strukturierte Vorgehensweise zur Identifikation einer konkreten Stoßrichtung. Für die Evaluation der Systematik wurden Interviews mit den jeweiligen Anwendern durchgeführt. Die gewonnen Erkenntnisse aus den Interviews werden nachfolgend erläutert. In der konkreten Anwendung der Systematik hat sich herauskristallisiert, dass die dargestellten Phasen eine **idealtypische Abfolge** darstellen, diese in der Praxis aber auch **iterativ anzuwenden** sind.

Besonders hervorzuheben ist die **ganzheitliche Sichtweise** des Circularity Readiness Checks zur Bewertung von Produkten hinsichtlich ihrer Kreislauffähigkeit. Durch die Aufteilung in die Dimensionen Produktdesign, Geschäftsmodell und Wertschöpfung wird eine **hohe Transparenz** für das Produkt geschaffen. Basierend auf den Ergebnissen wurde ein **einheitliches Verständnis** der **internen Stakeholder** geschaffen. So konnten in der anschließenden Phase unter **kreativen Bedingungen effizient Marktleistungsideen** erarbeitet werden. Durch die inkludierte Charakterisierung der Marktleistungsideen hinsichtlich ihres Nachhaltigkeitsbeitrages wird eine **integrierte Sicht** auf **Nachhaltigkeit** und **Kreislaufwirtschaft** gewährleistet. Die Systematik ermöglicht somit die Entwicklung sowohl nachhaltiger als auch zirkulärer Marktleistungsideen bzw. -konzepte. Die anschließenden Aufgaben zur Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle sind **klar** und **nachvollziehbar** gestaltet, so dass sich Wissenslücken im Kontext der Kreislaufwirtschaft nicht negativ auswirken. Die Systematik bietet eine sehr **strukturierte** und **intuitive Vorgehensweise**, um erste **zirkuläre Transformationsambitionen** zu **planen** und zu **strukturieren**. Im weiteren Verlauf ist eine technische Spezifikation des entwickelten Marktleistungskonzepts sowie die Durchführung eines ersten Benchmarks erforderlich, um die Kundenakzeptanz des Geschäftsmodells zu ermitteln.

6 Resümee und Ausblick

Der Megatrend Nachhaltigkeit wird die zukünftige Wertschöpfung von Unternehmen maßgeblich beeinflussen. Unternehmen sind gefordert, ihr Handeln nach ökonomischen, ökologischen und sozialen Gesichtspunkten auszurichten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, hat sich das Wirtschaftsmodell der Kreislaufwirtschaft als vielversprechender Ansatz etabliert. Die zirkuläre Transformation ist jedoch keineswegs trivial. Insbesondere müssen Unternehmen bestehende Produkte, Geschäftsmodelle und Wertschöpfung an den Charakteristika der Kreislaufwirtschaft ausrichten. Mit der vorgestellten Systematik werden Unternehmen dazu befähigt, ihr zukünftiges Kreislaufgeschäft eigenständig auszurichten, zu planen und zu konkretisieren. Dazu stellt die Systematik eine Vielzahl von Werkzeugen zur Verfügung, die Unternehmen dabei unterstützen, zirkuläre Produkte und Geschäftsmodelle integrativ, systematisch und strukturiert zu entwickeln. Die Anwendung der Systematik erfolgte mit dem Unternehmen CP contech electronics GmbH, um unter anderem die Praxisrelevanz nachzuweisen. Dennoch zeigen sich einige Limitationen, die in der weiteren Forschung zu berücksichtigen sind. Aus Sicht der Forschung ist es insbesondere notwendig, eine quantifizierbare und vergleichbare Bewertung der einzelnen Teilschritte zu ermöglichen. Hierzu bedarf es konkreter Messgrößen, um z. B. die ökologischen Auswirkungen einzelner R-Prinzipien (vgl. Abschnitt 4.1) zu bestimmen. Daraus lassen sich detaillierte Aussagen für die zirkulären Wirkungsrichtungen ableiten. Darüber hinaus beschreiben die entstandenen Artefakte (Circular Ideation Canvas und Circular Business Model Canvas) das Produkt und das Geschäftsmodell lediglich auf konzeptioneller Ebene. Es bedarf daher einer methodischen Unterstützung, um das Produkt aus technischer Sicht zu spezifizieren und das tatsächliche Geschäftspotenzial des zirkulären Geschäftsmodells abzuschätzen. Darüber hinaus muss überprüft werden, ob die erarbeiteten Geschäftsmodellvarianten konsistent zueinander sind. Aus praktischer Sicht ist die Integration von Iterationschleifen in das beschriebene Vorgehen notwendig. Darüber hinaus ist die Verwendung konkreter Entscheidungspunkte zu berücksichtigen. Diese Entscheidungspunkte sollten konkrete

strategische Zielgrößen beinhalten, um ggf. frühzeitig Anpassungen an den entwickelten Artefakten vornehmen zu können. Weiterhin muss der Einfluss neuer Konzepte, wie dem digitalen Produktpass in die Durchführung der Systematik integriert werden. Vor diesem Hintergrund stellt die Integration von Iterationsschleifen und dedizierten Entscheidungspunkten einen zusätzlichen Mehrwert dar.

Literatur

- [Aca21a] ACATECH: Zirkuläre Geschäftsmodelle – Barrieren überwinden, Potenziale freisetzen, 2021
- [Aca21b] ACATECH: Circular Economy Roadmap for Germany. Berlin, 2021
- [AUK18] ANTIKAINEN, M.; UUSITALO, T.; KIVIKYTÖ-REPONEN, P.: Digitalisation as an Enabler of Circular Economy. *Procedia CIRP*, (73), 2018, S. 45–49
- [AWK+21] AGRAWAL, R.; WANKHEDE, V. A.; KUMAR, A.; UPADHYAY, A.; GARZA-REYES, J. A.: Nexus of circular economy and sustainable business performance in the era of digitalization. *International Journal of Productivity and Performance Management*, (ahead-of-print)ahead-of-print, 2021, S. 1051
- [BC09] BLESSING, L. T.; CHAKRABARTI, A.: *DRM, a Design Research Methodology*. Springer London, London, 2009
- [BPB+16] BOCKEN, N. M. P.; PAUW, I. DE; BAKKER, C.; VAN DER GRINTEN, B.: Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 2016
- [Bru87] BRUNDTLAND, G. H.: *Our Common Future—Call for Action*. Cambridge University Press (CUP), Vol. 14, 1987
- [BSF+21] BJØRNBET, M. M.; SKAAR, C.; FET, A. M.; SCHULTE, K. Ø.: Circular Economy in Manufacturing Companies: A Review of Case Study Literature. *Journal of Cleaner Production*, (57)4, 2021, S. 126268
- [CGB17] CAYZER, S.; GRIFFITHS, P.; BEGHETTO, V.: Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, (10)4-5, 2017, S. 289–298
- [dKC+21] DEL RÍO, P.; KIEFER, C. P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; KÖNNÖLÄ, T.: Drivers and Barriers to the CE: A Micro-/Meso-Level Analysis. In: del Río, P.; Kiefer, C. P.; Carrillo-Hermosilla, J.; Könnölä, T. (Hrsg.): *CIRCULAR ECONOMY – Economic, managerial and policy implications*. Green Energy and Technology, SPRINGER NATURE, [S.l.], 2021, S. 89–108
- [EII13] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION: *Towards the circular economy – Opportunities for the consumer goods sector*. 2. Auflage, 2013
- [EII15] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION: *Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe*, 2015
- [Eur20] EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR COMMUNICATION.: *Circular economy action plan: for a cleaner and more competitive Europe*. Publications Office, 2020
- [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
- [GF14] GASSMANN, O.; FRANKENBERG, K.: *The business model navigator: 55 models that will revolutionise your business*, 2014
- [GMC+18] GEISSDOERFER, M.; MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. DE; EVANS, S.: Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, (190), 2018, S. 712–721
- [GPP+20] GEISSDOERFER, M.; PIERONI, M. P.; PIGOSSO, D. C.; SOUFANI, K.: Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, (277), 2020, S. 123741

- [HBH17] HOLLANDER, M. C. DEN; BAKKER, C. A.; HULTINK, E. J.: Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*, (21)3, 2017, S. 517–525
- [JJF+20] JABBOUR, C.; JOSE, C.; FIORINI, CAMARGO PAULA DE; WONG, C. W.; JUGEND, D.; LOPES DE SOUSA JABBOUR, ANA BEATRIZ; ROMAN PAIS SELES, BRUNO MICHEL; PAULA PINHEIRO, M. A.; DA RIBEIRO SILVA, H. M.: First-mover firms in the transition towards the sharing economy in metallic natural resource-intensive industries: Implications for the circular economy and emerging industry 4.0 technologies. *Resources Policy*, (66), 2020, S. 101596
- [KRH17] KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M.: Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, (127), 2017, S. 221–232
- [KYS+23] KIRCHHERR, J.; YANG, N.-H. N.; SCHULZE-SPÜNTRUP, F.; HEERINK, M. J.; HARTLEY, K.: Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. Band 194, 2023
- [Lew16] LEWANDOWSKI, M.: Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, (8)1, 2016, S. 43
- [MMC+17] MICHELINI, G.; MORAES, R. N.; CUNHA, R. N.; COSTA, J. M.; OMETTO, A. R.: From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. *Procedia CIRP*, (64), 2017, S. 2–6
- [Mor20] MORSELETTI, P.: Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, (153), 2020, S. 104553
- [NUß 17] NUBHOLZ, J.: Circular Business Models: Defining a Concept and Framing an Emerging Research Field. *Sustainability*, (9)10, 2017, S. 1810
- [OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business model generation – A handbook for visionaries, game changers, and challengers. Wiley&Sons, New York, 2010
- [OPB+15] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; BERNARDAKĚS, G. N.; SMITH, A.; PAPADAKOS, T.: Value proposition design – Entwickeln Sie Produkte und Services, die Ihre Kunden wirklich wollen. Beginnen Sie mit. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2015
- [PHW+17] POTTING, J.; HEKKERT, M. P.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A.: Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain. Planbureau voor de Leefomgeving, 2544, 2017
- [PM21] PIGOSSO, D. C.; MCALOONE, T. C.: Making the transition to a circular economy within manufacturing companies: the development and implementation of a self-assessment readiness tool. *Sustainable Production and Consumption*, 2021
- [PPM17] PAGOROPOULOS, A.; PIGOSSO, D. C.; MCALOONE, T. C.: The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, (64)1, 2017, S. 19–24
- [SKR+23] SCHOLTYSIK, M.; KOLDEWEY, C.; ROHDE, M.; DUMITRESCU, R.: Integrative conceptualization of products and business models for the circular economy – A systematic literature review, 2023
- [SRK+22] SCHOLTYSIK, M.; ROHDE, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Adapting the product design to the circular economy using R-principles, 2022
- [SRK+23a] SCHOLTYSIK, M.; ROHDE, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Designing Business models for a circular economy, 2023
- [SRK+23b] SCHOLTYSIK, M.; ROHDE, M.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Circular Product-Service-System Ideation Canvas – A Framework for the Design of Circular Product-Service-System Ideas, 2023
- [UN15] UN, V. N.: Transformation unserer Welt – Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. New York, 2015

Autoren

Michél Scholtysik, M.Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering im Team Strategische

Planung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Planung von nachhaltigen Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen in der Kreislaufwirtschaft.

Dr.-Ing. Christian Koldewey, M. Sc. ist Oberingenieur am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering und leitet dort den Forschungsbereich Strategische Planung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der strategischen Planung von Smart Services sowie der Geschäftsmodell- und Strategieentwicklung.

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu 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).

Christoph Pierenkemper, M.Sc. ist Leiter Supply Chain Management bei der CP contech electronic GmbH. Zuvor arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“. Sein Forschungsschwerpunkt lag im Bereich der strategischen Planung. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Paderborn.

Dr. Christian Hensen verantwortet als Geschäftsführer der CP contech electronic GmbH die permanente technologische Weiterentwicklung der fachlich breit aufgestellten Entwicklungsmannschaft zur Bearbeitung von kunden- und projektspezifische Produktentstehungsprojekten. Herr Dr. Hensen hat nach dem Studium der Elektrotechnik als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Paderborn gearbeitet und im Fachgebiet Nachrichtentechnik zum Thema «Datenübertragung über Niederspannungsleitungen» promoviert. Über mehrere Zwischenstationen mit stetig wachsendem Aufgaben- und Verantwortungsbereich führte ihn sein beruflicher Weg im Jahr 2011 zur CP contech electronic GmbH.

Ein Vorgehensmodell zur systemischen Analyse von inner- und überbetrieblichen Einflussfaktoren bei der Einführung von 5G in Produktion und Logistik

Patrick Ruess, M.Sc.

Sina Rzesnitzek, M.Sc.

Fraunhofer IAO

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Tel. +49 (0) 175 / 7031750

E-Mail: {patrick.ruess/sina.rzesnitzek}@iao.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Mit der Einführung des Mobilfunkstandards 5G bieten sich neue industrielle Potenziale zur Verbesserung des Material- und Informationsflusses durch ein effizienteres, intelligentes und nachhaltiges Logistik- und Lieferkettenmanagement. Dies kann durch ein verbessertes Materialhandling, beispielsweise durch den automatisierten Einsatz von Drohnen oder autonomen Transportsystemen erreicht werden, aber auch durch die Vernetzung dieser Transportmittel mit Produktionsanlagen, Werkzeugen oder Maschinen. Für die vollumfängliche Nutzung dieser Leistungsmerkmale sind noch weitere Entwicklungs- und Standardisierungsschritte notwendig. Auch aus diesem Grund sind viele Unternehmen bei der Implementierung von 5G-Lösungen und -Infrastrukturen zurückhaltend oder ablehnend. Mittels Design Science Research (DSR) wird in diesem Beitrag ein Vorgehensmodell beschrieben, das die Wirkungszusammenhänge für die Einführung von produktionsnahen 5G-Anwendungsfällen aufzeigt. Das durch das Vorgehensmodell mittels eines Causal Loop Diagrams (CLDs) entwickelte Systembild kann zur Ableitung von Implementierungsszenarien in der Technologievorausschau genutzt werden. Für die Analyse werden gleichermaßen technische, betriebswirtschaftliche und politische Einflussfaktoren berücksichtigt. Die empirische Grundlage für das Vorgehen bildet die Begleitforschung des vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Forschungsprojekts *grenzenlos5G@BYBW* (DSR Relevance Cycle). Die Modellierung erfolgte anhand einer Literaturanalyse (DSR Rigor Cycle) sowie einer Fallstudie (DSR Design Cycle). Der Beitrag zeigt damit die Entwicklung, Anwendung und Demonstration von Methoden aus der System- und Komplexitätsforschung zur systematischen Technologieplanung technologischer Innovationen anhand des Mobilfunkstandards 5G.

Schlüsselworte

Technologievorausschau, 5G, Causal Loop Diagram, Systemforschung, Technologiemanagement, Logistik, Produktion

A process model for the systemic analysis of internal and external influencing factors in the introduction of 5G in production and logistics

Abstract

The introduction of the 5G mobile communications standard offers new industrial potential for improving the flow of materials and information through more efficient, intelligent and sustainable logistics and supply chain management. This can be achieved through improved material handling, for example through the automated use of drones or autonomous transport systems, but also by networking these means of transport with production facilities, tools or machines. Further development and standardization steps are still necessary for the full use of these performance features. Also for this reason, many companies are reluctant or dismissive when it comes to implementing 5G solutions and infrastructures. Using Design Science Research (DSR), this paper describes a process model that develops the cause-and-effect relationships for the introduction of production-related 5G use cases. The system picture developed by the process model using a Causal Loop Diagram (CLD) can be used to derive implementation scenarios in technology foresight. For the analysis, technical, business and political influencing factors are equally taken into account. The empirical basis for the procedure is the accompanying research of the BMDV-funded research project *grenzenlos5G@BYBW* (DSR Relevance Cycle). The modeling was based on a literature analysis (DSR Rigor Cycle) as well as a case study (DSR Design Cycle). The paper thus shows the development, application and demonstration of methods from systems and complexity research for systematic technology planning of technological innovations on the basis of the 5G mobile communications standard.

Keywords

Technology foresight, 5G, Causal Loop Diagram, systems research, technology management, logistics, production

1 Einführung

Die Einführung des Mobilfunkstandards 5G verspricht branchenübergreifend neue technologische Möglichkeiten. Diese beziehen sich auf die prognostizierte Leistungsfähigkeit in der 5G-Datenübertragung durch eine deutlich geringere Latenz, einer signifikant höheren Übertragungsrate im Up- und Downstream sowie der Fähigkeit zahlreiche Endgeräte und Nutzer gleichzeitig in ein Netz einzubinden. Dadurch ergeben sich Anwendungsfälle in Themenfeldern wie der Ultra-HD-Video-Übertragung, bei Augmented und Virtual-Reality-Anwendungen, der Remote-Instandhaltung sowie der Maschinensteuerung und -kollaboration [CYZ+22]. Diese können sowohl in der Produktion und Logistik als auch in anderen Bereichen wie z. B. in der Landwirtschaft, Medizintechnik, Bildung oder Unterhaltung zu Einsatz kommen [Tri20], [GT21], [BN22].

5G repräsentiert in Produktion und Logistik eine technologische Neuerung, die in ihrer Entwicklung und Operationalisierung nicht allein auf einen Marktbedarf folgt. Die Potenziale von 5G entfalten sich über Technology-Push, denn aktuelle und zukünftige Leistungsmerkmale lassen sich derzeit und teils auch in Zukunft durch alternative Lösungen abbilden. Weitere Vorteile, die sich gegenüber anderen Mobilfunkstandards und darauf basierenden Übertragungs- und Ortungsdiensten ergeben, werden frühestens mit zukünftigen Standardisierungsschritten verfügbar und nutzbar. Viele Unternehmen, insbesondere kleinere und mittlere Betriebe, zeigen sich daher zurückhaltend bei der Erprobung und Implementierung von 5G-Anwendungen sowie bei Investitionen für den innerbetrieblichen Infrastrukturaufbau. 5G wurde in den zurückliegenden Jahren insbesondere von Technologieanbietern, Regulierungsbehörden, staatlich finanzierter Forschung und Standardisierungsorganisationen vorangetrieben und ermöglicht. Die Implementierung technologiegetriebener Innovation („Technology Push“) ist für Unternehmen und Organisationen risikobehafteter und mit Unabwägbarkeiten verbunden [AG05], [Abe13]. Denn eine Einführung erfordert eine systematische Identifikation geeigneter und profitabler Anwendungsfälle, die Validierung der Leistungsfähigkeit vorhandener Technologiemerkmale sowie die Ableitung von innerbetrieblichen, aber auch kundenseitigen Bedarfen, die sich technologisch adressieren lassen.

Im Folgenden wird daher ein Vorgehensmodell eingeführt, das Unternehmen bei der Entscheidungsfindung, Strategieentwicklung und einer zukunftsorientierten Technologieplanung unterstützt. Das Modell basiert insbesondere auf der Entwicklung eines Causal Loop Diagrams (CLD) aus der System- und Komplexitätsforschung, die Einflüsse und wesentliche Variablen in einem definierten Betrachtungskontext in Zusammenhang bringt. CLDs können kausale Zusammenhänge, Wechselwirkungen und Abhängigkeiten offenlegen und erlauben bei entsprechender Einbettung eine systematische und partizipative Vorgehensweise bei der Analyse und Visualisierung komplexer Systeme. Dieser Beitrag greift hierfür die Ergebnisse und Aktivitäten aus dem vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Projekt *grenzenlos5G@BYBW* auf, in dem Rahmenbedingungen und Anwendungsfälle von 5G in Logistik und Produktion untersucht werden. Dafür wird im folgenden Teilkapitel zunächst aufgezeigt, wie der Ansatz innerhalb des bestehenden wissenschaftlichen Diskurses in der Technologiepla-

nung einzuordnen ist. Im Anschluss erfolgt die Modellentwicklung und -anwendung. Der Ansatz wird am Beispiel der 5G-Technologie illustriert und diskutiert. Im Abschluss erfolgten die Reflektion und die Einordnung der vorgestellten Vorgehensweise für eine technologie- und industrieübergreifende Nutzung und Weiterentwicklung.

2 Grundlagen und Einordnung im Technologiemanagement

Mit der Vorgehensmodell-Entwicklung wird die methodische Erschließung für den bedarfsgerechten und strategischen Einsatz der 5G-Technologie beschrieben. Hierzu wird zunächst eine Einordnung des Forschungsgegenstands innerhalb des Technologiemanagements und der Komplexitäts- und Systemforschung vorgenommen, auch im Kontext der 5G-Implementierung.

2.1 Einordnung des Modells innerhalb des Technologie- und Innovationsmanagements

Technologiemanagement befasst sich mit der angemessenen Planung beim strategischen und operativen Einsatz von Technologie unter der Berücksichtigung von limitierenden Faktoren wie Zeit und Kosten [Fel07]. Sie bezieht sich gleichermaßen auf Technologieveränderungen in Produkt und Material, sowie in der Produktion. Das Technologiemanagement umfasst explorative Phasen der Technologiefrüherkennung, aber parallel auch strategische und operative Schritte (Technologiestrategie, -planung, -entwicklung und -verwertung), die der Synchronisation des heutigen und zukünftigen Technologieportfolios mit den Unternehmenszielen sowie der perspektivischen Integration neuer Technologien in betriebliche Abläufe und Wertschöpfungsprozesse dienen [SZS22].

Der vorliegende Beitrag widmet sich der Betrachtung einer festgelegten Technologie, zu der relevante Informationen identifiziert, verknüpft, aufbereitet und kommuniziert werden sollen. Unter dieser Einordnung der Zielsetzung, des Themenbezugs und der Informationsqualität weist das im Folgenden eingeführte Vorgehensmodell Merkmale des Technologie-Scoutings innerhalb der Technologiefrüherkennung auf [SK11].

Die Technologiefrüherkennung umfasst die Beschaffung, Analyse und Kommunikation relevanter Informationen über technologische Trends zur Unterstützung von Technologieentscheidungen eines Unternehmens und allgemeiner Unternehmensentscheidungen [Zie19]. Insgesamt sieht sich die Technologiefrüherkennung mit der Aufgabe konfrontiert, in einem zunehmend komplexen, undurchsichtigen und hochdynamischen Umfeld eine belastbare Entscheidungsgrundlage als Planungsbasis für Unternehmen zu erarbeiten. Das Technologiescouting als Teil der Technologiefrüherkennung bezieht sich auf die meist auftragbezogene Detailsuche innerhalb eines abgesteckten Suchfelds für eine festgelegte Technologie. Es werden zusammenhängend Informationen innerhalb eines begrenzten Zeitrahmens gewonnen [SK11].

2.2 Systemdynamische Betrachtungen in der Technologiefrüherkennung

Methodische Systembetrachtungen wie Wechselwirkungsanalysen sind innerhalb der Technologiefrüherkennung eine wirksame Herangehensweise für die Informationsaufbereitung und -bewertung [Her21]. Wirkungsdiagramme, Wechselwirkungsbetrachtungen und darauf aufbauende systemdynamische Modellierungen zeigen die Zusammenhänge wesentlicher Einflussfaktoren für konzeptionelle und strategische Diskussionen im Innovationsprozess auf. Für die Systemmodellierung hat sich System Dynamics als Methodik zur ganzheitlichen Analyse und Simulation von komplexen und dynamischen Systemen etabliert. System Dynamics umfasst neben quantitativen Flussdiagrammen auch CLDs, die eine qualitative und partizipative Auseinandersetzung mit systemischen Fragestellungen ermöglichen. Diese Herangehensweise wird auch im Rahmen des vorliegenden Beitrags gewählt. Systemische Untersuchungen erlauben Abschätzungen zum Ablauf und zu Verzögerungen von Innovations- und Diffusionsprozessen [MI17].

2.3 Betrachtung von 5G in der System- und Komplexitätsforschung

Das facettenreiche 5G-Umfeld stellt ein komplexes und vielschichtiges System mit einer Vielzahl von konkurrierenden Interessen und Akteuren dar [BN22]. Unter diesem Gesichtspunkt kann es auch als 5G-Ökosystem [KVS+21] oder Innovationsökosystem betrachtet werden [BN22]. Ein Innovationsökosystem besteht aus einem Netzwerk miteinander verbundener Organisationen und Akteure. Das Ökosystem ist um ein Schwerpunktunternehmen oder eine Plattform herum organisiert und umfasst sowohl Teilnehmer der Produktions- als auch der Nutzungsseite, die sich auf die Entwicklung neuer Werte durch Innovation konzentriert [DGP14]. Die sich entwickelnden Aktivitäten und Artefakte, sowie Institutionen und Beziehungen sind für die Innovationsleistung eines Akteurs oder einer Gruppe von Akteuren wichtig. Innovation ist per Definition wertschöpfend, da sie für alle neu und für einige Akteure zudem nützlich sein kann [GH20]. Aufgrund der vorherrschenden Ökosystem-Dynamik und -struktur des 5G-Umfelds benötigen Industrieakteure eine belastbare Grundlage von Informationen und Prognosen für Entscheidungen und den Entwurf von Strategien [KVS+21]. Die Rolle der Technologievorausschau und der Anwendung von Methoden aus der Systemforschung bei der Ableitung strategischer Pläne findet im wissenschaftlichen Diskurs generell bislang wenig Beachtung [TGA22]. Für 5G bestehen auf Markt- und Netzebene hingegen schon einige Ansätze, in denen systemische Modellierungsmethoden, wie agentenbasierte Simulationen zur Generierung und Ableitung von Szenarien und Strategien, genutzt wurden [HDP21], [JP20].

Mögliche 5G-Anwendungsfelder im Rahmen von Systembetrachtungen für Produktion und Logistik

Durch die Bereitstellung von 5G-Technologie können Daten nahezu in Echtzeit übertragen und eine hohe Verbindungsdichte erreicht werden. Für die Zukunft der Produktion und Logistik sind diese Voraussetzungen der Weg, um neue Anwendungen zu ermöglichen und vorhandene Prozesse zu optimieren. Technologien wie das Internet der Dinge (IoT), Big Data, Machine Learning, Künstlicher Intelligenz (KI), Cloud Computing, Blockchain oder Augmented Reality [Bun20] profitieren von der Leistungsfähigkeit des neuen Mobilfunkstandards, da sie nur

durch schnelle und stabile Netzwerkabdeckung [Tel23-ol] ihr ganzes Potenzial hervorrufen können. Innerhalb der Industrie 4.0 lassen sich deshalb für den Einsatz von 5G Potenziale in verschiedenen Anwendungsfeldern erkennen. Beispielsweise kann Augmented-Reality-gestützte Fernwartung sowie Fernüberwachung mit Echtzeitmonitoring integriert werden. Auch ein flexibles Layout von Produktionslinien wird möglich, wenn kabelgebundene Lösungen durch 5G ersetzt werden können [Tel23-ol]. Für die industrielle Anwendung in der Produktionslogistik bietet 5G unter anderem neue Potenziale zur Verbesserung des Material- und Informationsflusses durch ein effizienteres, intelligentes und nachhaltiges Logistik- und Lieferkettenmanagement [LCP+23]. Dies kann beispielsweise durch den automatisierten Einsatz von Drohnen, intelligenten Robotern oder autonomen Transportsystemen erreicht werden, aber auch durch die Vernetzung der Transportmittel, Sensoren und Aktoren mit den Produktionsanlagen, Werkzeugen und Maschinen. Ein weiterer Mehrwert kann durch die Kombination mit dem Einsatz von KI und Machine Learning geschaffen werden [Bun20]. Hinzu kommt auf Basis der Echtzeitinformationen die Möglichkeit zur Einführung von Identifikations- und Rückverfolgbarkeitslösungen sowie von Entscheidungsunterstützungstools zur Verbesserung des Logistikmanagements [LCP+23]. Auch an den Schnittstellen zur Extralogistik ergeben sich Potentiale, z. B. durch eine Automatisierung von Be- und Entladeprozessen [Tel23-ol].

3 Anwendung eines Vorgehensmodells für die systemische Analyse zur industriellen 5G-Einführung

Für den vorliegenden Beitrag wird ein Vorgehensmodell verwendet, welches⁷ basierend auf den Methoden aus der Komplexitäts- und Systemforschung⁷ die systematische Technologieplanung und Vorausschau in der industriellen Implementierung von 5G unterstützen kann. Ein Vorgehensmodell beschreibt die Aktivitäten und Bedingungen, die nötig sind, um ein Vorhaben durchzuführen. Es gibt Orientierung beim Prozessablauf, bei der logischen Strukturierung von Aufgaben sowie bei der Auswahl und der Anpassung von Methoden an den individuellen Betrachtungsgegenstand.

Das Projekt grenzenlos5G@BYBW

Die konzeptionelle Entwicklung und empirischen Untersuchungen in diesem Beitrag erfolgten im Rahmen der Begleitforschung des Verbundvorhabens grenzenlos5G@BYBW [Fra23-ol]. Für dieses Projekt erhielt das Konsortium, bestehend aus den Fraunhofer Instituten IAO und IIS, sowie Nokia und der Universität Stuttgart, im Jahr 2021 den Zuschlag für eine öffentliche Förderung durch das BMDV. Für die Erprobung der ausgewählten Use Cases wird sowohl auf ein On-Air Testnetz des Unternehmens Nokia im Großraum Ulm/Neu-Ulm zurückgegriffen, als auch auf ein 5G-Campusnetz, das bei einem weiteren Industriepartner implementiert wurde. Im Projekt werden zwei Anwendungsfälle untersucht:

Der Anwendungsfall *Intralogistik der Zukunft* behandelt die Erprobung von 5G bei der Ortung Fahrerloser Transportsysteme (FTS) im Produktionsumfeld. In diesem Kontext wird auch ein Folgemodus für die FTS entwickelt. Im Use Case *Automatisiertes Be- und Entladen* werden die Möglichkeiten zur präzisen Steuerung in der Anwendung für Fahrzeuge an der Laderampe in Logistik- und Produktionsunternehmen untersucht.

4 Forschungsdesign

Die Vorgehensweise bei der Modellentwicklung folgt einem Design Science Research-Ansatz (DSR) nach Hevner [Hev07], der im Kern drei Zyklen vorsieht. Ziel von DSR ist die Generierung von präskriptivem Wissen über die Gestaltung von neuen Lösungen wie Software, Methoden, Modelle oder Konzepte [HPM04]. Mit dieser Herangehensweise wird im Paper ein Artefakt zur Visualisierung des 5G-Wirkgefüges entwickelt. Dafür wird bestehendes Grundlagenwissen einbezogen und mit den aktuellen Herausforderungen aus dem Anwendungsgebiet verknüpft. Bei der Artefakterstellung wird methodisch auf das CLD aus der System- und Komplexitätsforschung zurückgegriffen. Die Entwicklung des CLDs zielt darauf ab, die Komplexität bei der Integration von 5G in den industriellen Kontext und entsprechende kausale Abhängigkeiten sichtbar zu machen. Bild 1 zeigt die Vorgehensweise in der Übersicht.

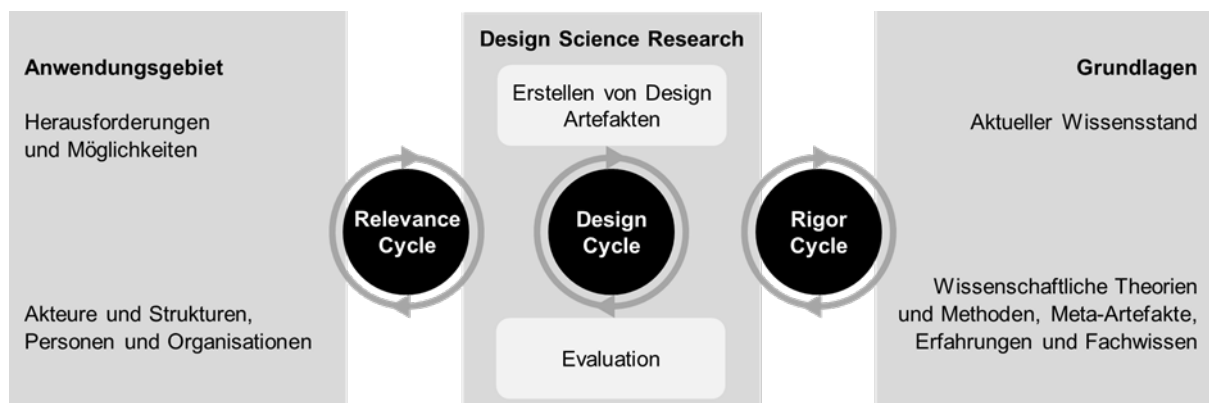


Bild 1: Forschungsdesign folgt dem Design Science Research Ansatz (Eigene Darstellung nach [Hev07]).

Zur Weiterentwicklung des Systembilds ist es zudem in Folgeaktivitäten angedacht, weitere Interviews mit Unternehmen zu führen, die 5G in die Anwendung gebracht haben, aber auch mit Betrieben, die sich bewusst dagegen entschieden haben. Zudem sollen Multiplikatoren mit einem branchenübergreifenden Blick miteinbezogen werden. Hierzu zählen beispielsweise Industrie- und Handelskammern, sowie Verbände und Vertreter von einschlägigen Netzwerken.

Das CLD ermöglicht einen inner- und überbetrieblichen Diskurs zu systemischen Zusammenhängen. Die bisherigen Erkenntnisse und die getroffenen Annahmen können abschließend mittels Group Model Building, einer partizipativen und kollaborativen Erarbeitungsmethode für CLDs, bestätigt und kommuniziert werden (vgl. Bild 2).

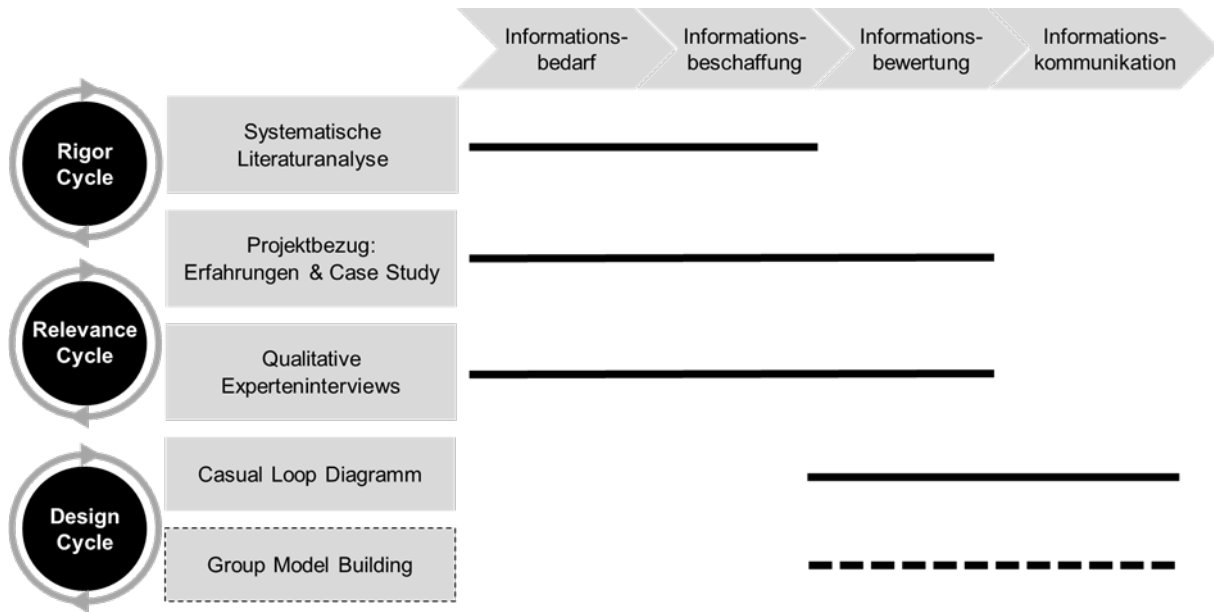


Bild 2: Methodenwahl für das Vorgehensmodell (Eigene Abbildung nach [Ziel9]).

4.1 Entwicklung von CLD entlang der DSR-Zyklen

Relevance Cycle: Der Relevance-Cycle formuliert Anforderungen an den Anwendungskontext und das Artefakt. Diese ergeben sich aus den Projekt- und Forschungszielen. Demnach wird ein Artefakt benötigt, das als Entscheidungs-, Diskussions- und Arbeitsgrundlage die betrieblichen und überbetrieblichen Zusammenhänge bei der 5G-Implementierung aufzeigen kann. Es soll in weiteren Entwicklungsschritten auf die im Projekt zu erprobenden Anwendungsfälle angepasst werden können. Anwender sind Projektbeteiligte und assoziierte Partner von weiteren Unternehmen und Organisationen mit eigenen oder geplanten 5G-Aktivitäten. Das Artefakt soll partizipativ erweiterbar oder veränderbar sein. Die darin aufbereiteten Informationen dienen der Konsensbildung und der Sensibilisierung für die Mehrdimensionalität der 5G-Implementierung.

Rigor Cycle: Auf Basis einer systematischen Literaturanalyse zum Thema 5G wurde eine Liste von Einflussfaktoren identifiziert. Dafür wurden unter Verwendung von Schlagwörter-Kombinationen wie *implementation*, *5G*, *logistics*, *barriers*, *success factors* und *influence factors* ausgewählte Datenbanken (z. B. Scopus, Science Direct) durchsucht und identifizierte Publikationen analysiert. Herangezogen wurden wissenschaftliche Beiträge (*peer-reviewed*), aber auch weitere deutschsprachige Veröffentlichungen (z. B. von Ministerien, Bundesämtern) und Studien, sofern sie eine Relevanz für die Erreichung des Entwicklungsziels aufwiesen (z. B. Leitfäden) oder regulatorische und infrastrukturelle Rahmenbedingungen beschreiben. Die Auswahl der Publikationen beschränkte sich auf den Erscheinungszeitraum von 2019 bis 2023. Final wurden in der Literaturanalyse 48 Einflussfaktoren aus 20 Publikationen identifiziert.

Design Cycle: Für die identifizierten Einflussfaktoren wurden aus der wissenschaftlichen Literatur in konzeptioneller Arbeit Abhängigkeiten und Zusammenhänge herbeigeführt. Mit diesem

Arbeitsstand wurden Thesen für die evaluierende Fallstudie gebildet, die mittels eines Tiefeninterview durchgeführt wurde. Die Thesen waren sortiert nach den Bereichen (I) Rahmenbedingungen (gesellschaftlich, wirtschaftlich, technisch), (II) Herausforderungen bei der Integration, (III) Herausforderungen bei Einsatz und Betrieb, (IV) Motivationsfaktoren und (V) Weiche Faktoren. Für die Fallstudie wurde ein süddeutsches Unternehmen herangezogen, das Lösungen im Bereich Luft-, Regel- und Antriebstechnik fertigt. Insgesamt beschäftigt der Industriepartner knapp 5000 Mitarbeiter in 16 Produktionswerken und über 100 Vertriebsstandorte weltweit. In den Branchen Wärme- und Kälteanlagen, medizinischen Anwendungen, Reinraum- und Agraranlagen, finden die Produkte des Unternehmens Anwendung. Die Erkenntnisse des Interviews führten zu weiteren Einflussfaktoren und Ergänzungen in den Bereichen *Mitarbeiterakzeptanz*, *Raum für Innovation*, *Wirtschaftlichkeit* und dem *Verständnis für 5G-Anwendungsfälle*. Zudem wurden Priorisierungen vorgenommen. Nach diesem Entwicklungsschritt wurde das CLD mit dem Programm Vensim PLE 9.3.5 erstellt.

4.2 Definition der CLD-Kategorien

Die Einflussfaktoren zeigen wissenschaftlich-technische, betriebswirtschaftliche und politische Perspektiven, aber enthalten auch gesellschaftliche und räumliche Aspekte. Dies korrespondiert mit dem konzeptionellen Modell der Quadruple Innovations Helix, mit der die Interaktion zwischen Industrie, Wissenschaft, Regierung und Öffentlichkeit beschrieben wird [CBC12]. Bei den Industrieakteuren wird zwischen *Technologieanbietern* und *Industriellen Anwendern* unterschieden. Der Begriff Wissenschaft wird erweitert und als *Wissenschaft und Forschung* beschrieben und die Regierungsebene in der Kategorie *Politik und Regulatorik* abgebildet. Die Interessen und Rahmenbedingungen aus der Öffentlichkeit werden in der Kategorie *Gesellschaft und Raum* zusammengefasst.

5 Wirkgefüge der Integration von 5G in den industriellen Kontext

Die fünf Kategorien bilden auch die verschiedenen Stakeholder im industriellen 5G-Ökosystem ab, die in dieses System unterschiedliche Interessen und Ziele mit einbringen. Die daraus resultierenden Einflüsse und Zusammenhänge werden im Folgenden betrachtet.

5.1 Einflussfaktoren innerhalb der Kategorien

In der Kategorie *Technologieanbieter* spielt die *Anzahl der Hersteller* als Summe der Unternehmen, die 5G-fähige Maschinen, Geräte und Produkte oder Campusnetz-Komponenten herstellen, eine Rolle. In direktem Zusammenhang damit stehen auch die Faktoren *Verfügbarkeit 5G-fähiger Maschinen*, *Endgeräte und Produkte* sowie *Verfügbarkeit der Komponenten* und *Preis der Komponenten*, da diese direkt das Angebot der 5G-Technologie beeinflussen. Im internationalen Vergleich existieren *Länderspezifische Frequenzbereiche*, die als Herausforderung bei der Implementierung von 5G betrachtet werden können. Einen grundlegenden Einfluss haben die *Standardisierung und Spezifikation von 5G*, denn diese wirken sich auf die *Aktuelle Leistungsfähigkeit von 5G* aus.

Industrielle Anwender haben je nach Reifegrad ihrer Anwendungen den *Bedarf nach Optimierung, Vernetzung oder Automatisierung* ihrer innerbetrieblichen Prozesse. Prinzipiell ist eine *Implementierung von 5G* in ein Unternehmen über die *Nutzung eines öffentlichen Mobilfunknetzes* und den *Aufbau eines privaten Campusnetzes* möglich. Die Umsetzung hängt vom *Technischen Verständnis für mögliche 5G Anwendungsfälle* sowie einem *Verständnis für den Business Case* und dessen erwarteter *Wirtschaftlichkeit (Kosten, Nutzen, Amortisationszeit)* ab. Die Kosten setzen sich aus den *Anfangsinvestitionen*, unter anderem für die benötigten 5G-Komponenten, den *Aufbau einer stabilen Netzinfrastruktur* als Grundvoraussetzung und den möglichen *Bedarf an zusätzlichen Technologien*, beispielsweise einer Glasfaseranbindung zusammen. Eine Herausforderung, die mit laufenden Kosten einher geht, ist die *Netzbetreuung*, die entweder mit einem *Bedarf an externen IT-Dienstleistern* oder dem *Aufbau eigener Kompetenzen* abgedeckt werden kann. Letzteres geht einher mit der *Ausbildung der Mitarbeiter*. Technologische Transformationsprojekte bedeuten oftmals auch *Anpassungsbedarfe bei betrieblichen Abläufen* und *Verzögerungen durch die Neugestaltung der Prozesse*. Die *Verfügbarkeit von Kapital* und *Raum für Innovationen* wirkt sich förderlich auf die Implementierung von 5G im eigenen Unternehmen aus und ist abhängig sowohl von den *Innovationszielen auf Unternehmensebene* als auch von der *Fähigkeit, Innovationsprozesse marketigtechnisch nutzbar* zu machen. Eine Rolle spielen dabei auch die *Erwartungen an 5G*, die im Unternehmen formuliert werden und die *Technologieakzeptanz*. Dabei ist die *Akzeptanz auf Unternehmensseite* von der *Akzeptanz der Mitarbeiter* zu unterscheiden. Die *Integration der Mitarbeiter in den Transformationsprozess* kann den *Widerstand der Mitarbeiter gegen Veränderungen* reduzieren und sich somit positiv auf die Akzeptanz auswirken.

Die **Wissenschaft und Forschung** nimmt Einfluss auf inner- und überbetriebliche Anwendung von 5G, da sie methodisch durch *Technologievorausschau* Akzeptanz und Adoption fördern kann und übergreifend durch die Bereitstellung von Empirie auf Regulierungsstrukturen sowie die Implementierung von neuen Geschäftsmodellen einwirken kann. **Wissenschaft und Forschung** unterstützen zudem einen überbetrieblichen *Wissenstransfer*. Die Zielgruppen sind dabei **industrielle Anwender**, aber auch Interessensgruppen in Politik und Gesellschaft. Die Förderung der Implementierung von 5G in Unternehmen erfolgt unter anderem durch den Aufbau von einschlägigen *Netzwerken für Akteure und Multiplikatoren*, durch eine wissenschaftliche *Quantifizierung des wirtschaftlichen Potentials* von 5G und einer *Identifizierung möglicher 5G-Anwendungsfälle*. Diese Untersuchungen erfolgen beispielsweise im Rahmen von *Industrieforschungsprojekten*.

Die Ausgestaltung von **Politik und Regulatorik** sind Ausdruck von politischem Willen für eine breite Diffusion von 5G in Industrie und Wirtschaft. Aus gezielten *Förderungen und Finanzierungen* der 5G-Technologie ergeben sich Anreize für die Forschung und Entwicklung sowie die Beschaffung von Ausrüstung und Infrastruktur. Dies gilt sowohl für Unternehmen in der Anwendung als auch für Netzbetreiber in der Fläche. Durch das Angebot *Technischer Dienste und Beratung* kann Unternehmen sowohl Unterstützung in technologischer und regulatorischer Hinsicht geboten werden, als auch in Fragen der Cybersicherheit oder bei der *Zuteilung der Frequenzbereiche*. In ihrer vermittelnden Rolle kann die Politik die *Koordination zwischen den Akteuren* unterstützen, *Globale Gremien und Zusammenarbeit* fördern, die *Normung* zur In-

teroperabilität der globalen Telekommunikationsnetze vorantreiben und bestenfalls eine *gemeinsame Vision im 5G-Transformationsprozess* auf nationaler und internationaler Ebene erzielen.

Gesellschaft und Raum bezieht sich unter anderem auf die *Mitnutzung bestehender Infrastruktur* des Mobilfunks und die *Verfügbarkeit öffentlicher 5G Infrastruktur*. Eine Abhängigkeit aus globalen, langfristigen und weitreichenden Entwicklungen wie *Krisen* (Kriege, Pandemien) bedeuten Lieferengpässe oder Einschränkungen in der Kapitalverfügbarkeit. Weitere gesellschaftliche Einflüsse ergeben sich aus *Bedenken hinsichtlich gesundheitlicher Risiken, Datenschutz- und Sicherheitsbedenken*. Diese hemmen die Akzeptanz von 5G. Eine abschließende Hürde aus der Gesellschaft zeigt sich in einem *Mangel an qualifiziertem Personal*.

5.2 Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren

In Bild 3 sind die Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Einflussfaktoren der fünf Kategorien als CLD visualisiert. Ein Pfeil zwischen zwei Faktoren zeigt einen proportionalen Zusammenhang, ein Pfeil mit der Markierung „o“ einen antiproportionalen Zusammenhang darstellen.

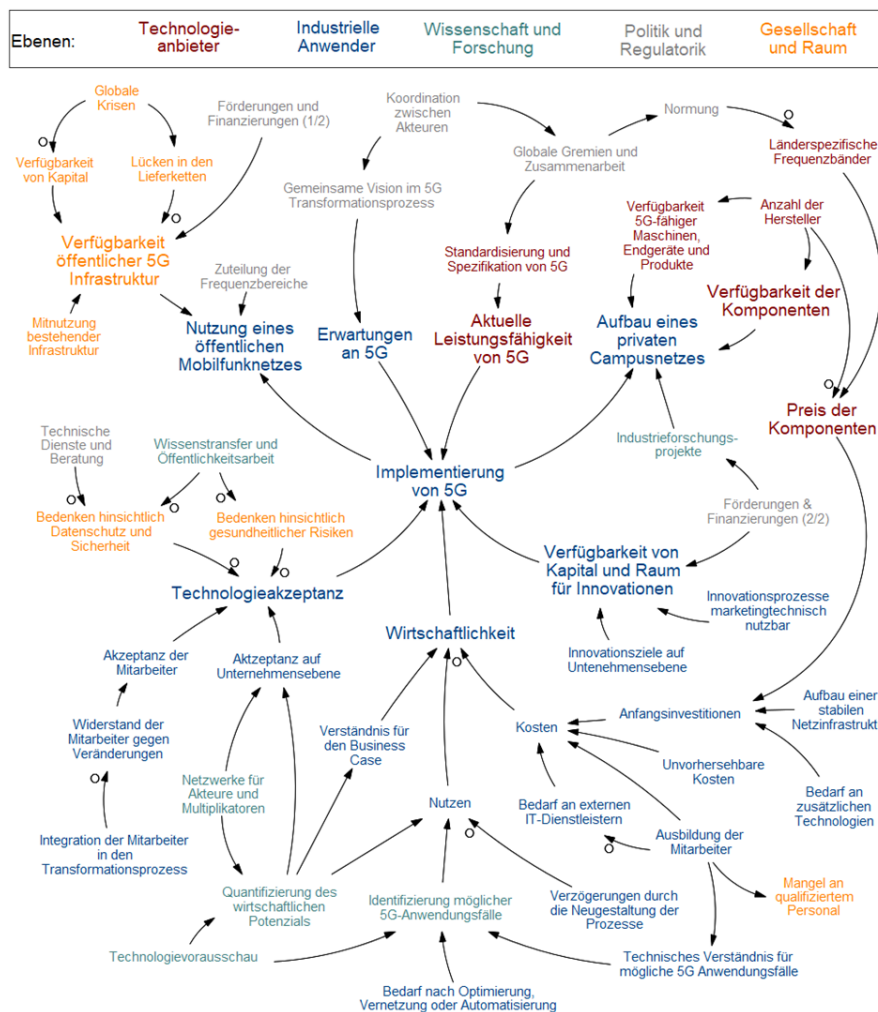


Bild 3: Casual Loop Diagramm mit den Einflussfaktoren auf die Implementierung von 5G in den industriellen Kontext

Im visualisierten Wirkungsgefüge wird eine Zweiteilung sichtbar. Im unteren Teil des CLD sind vorwiegend Faktoren zu finden, die im Einflussbereich des industriellen Anwenders liegen. Dabei kann die 5G-Implementierung auf Basis der Prämisse erfolgen, dass damit ein wirtschaftlicher Vorteil erzielt werden kann. Technologische und teils regulatorische Unabwägbarkeiten beschränken den unternehmerischen Gestaltungsspielraum bleibt der Gestalt 5G. Um auf diese eingehen zu können, müssen Offenheit und Technologieakzeptanz gegeben sein. Die Faktoren, die nicht oder nur in geringem Maße im Ermessensspielraum der implementierenden Betriebe liegen, sind mehrheitlich im oberen Teil des Bildes 3 zu sehen.

6 Diskussion und Zusammenfassung

5G mit seinen potenziell möglichen Leistungsmerkmalen und strukturellen Neuerungen eröffnet in Wissenschaft und angewandter Industrieforschung einen Diskurs, der von einer Einordnung als branchenübergreifende Schrittmachertechnologie bis zu einer skeptischen Beurteilung als kostspielige Nischenlösung reicht. Ungeachtet berechtigter Skepsis, die sich aus bestehenden technologischen Unsicherheiten speist, sind es insbesondere diffuse Narrative zu einer vermeintlich gesundheitsgefährdenden Wirkung, die zu gesellschaftlichen Vorbehalten führen und eine flächendeckende Etablierung ausbremsen. Dies beeinträchtigt eine unaufgeregte politische Auseinandersetzung und erzeugt Skepsis bei Mitarbeitenden in Unternehmen bei der 5G-Einführung. Die Adoption von 5G ist somit gleichermaßen beeinflusst von wirtschaftlichen, industriellen, gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen.

In dieser Gemengelage stellt der Mobilfunkstandard ein geeignetes Betrachtungsobjekt dar, um die Komplexität für die strategische Vorausschau und Technologieplanung zu illustrieren. Dieses Umfeld offenbart aber auch den Bedarf für methodische Ansätze, welche komplexe betriebliche und unternehmerische Rahmenbedingungen handhabbar machen. Denn in diesem Kontext geraten rein analytische Perspektiven, lineare und extrapolierte Prognosen, aber auch evidenzbasierte Methoden an ihre Grenzen. Systembilder und Wechselwirkungsbetrachtungen helfen, insbesondere in ihrer partizipativen Entstehung, dem Umgang mit unternehmerischer Unsicherheit durch ein normatives Umfeld- und Zielverständnis entgegenzutreten. Dieses kollektive Wissen und Bewusstsein in einem Unternehmen ermöglicht eine Ableitung strategischer Prioritäten über die weiteren Phasen des Technologiemanagements. Die Entscheidung für oder gegen die Technologieverwendung und -einführung mit ihren Implikationen, Risiken und Pfadabhängigkeiten bleibt in Teilen eine „Wette auf die Zukunft“, doch die zugrundeliegenden Prämissen sind systematisierbar und nachvollziehbar. Auch im Zuge weiterer technologischer Möglichkeiten zur Informationsgewinnung, -bereitstellung und -aufbereitung in naher Zukunft, beispielsweise durch Large Language Models, sind Herangehensweisen gefragt, die die Verlässlichkeit und Relevanz von Daten und Informationen nachvollziehbar und transparent vermitteln. Das grundsätzliche Verständnis für die Datengrundlage, wie auch die Einordnung zu den Möglichkeiten und den Grenzen ihrer Interpretierbarkeit sorgen für Akzeptanz und Vertrauen. Die Teilhabe am Prozess unterstützt die Legitimation von Entscheidungen und erlaubt eine Kontextualisierung auf die betrieblichen Rahmenbedingungen.

Um dieses Ziel- und Umfeldverständnis zu erreichen, verknüpft das vorgestellte Vorgehensmodell konzeptionelle, empirische und partizipative Elemente. Das Modell legt beispielsweise

den individuellen Ermessens- und Einflussbereich offen, zeigt Abhängigkeiten, die Exponiertheit gegenüber staatlichen und regulatorischen Eingriffen sowie die Bedeutung und Gestaltbarkeit von wesentlichen Schlüsselvariablen.

Die Beiträge zum wissenschaftlich-methodischen Innovationsdiskurs lassen sich insbesondere anhand von drei Punkten zusammenfassen:

- Beschreibung eines Vorgehensmodells durch DSR, welches eine systemische Betrachtung für das Technologyscouting innerhalb der Technologiefrüherkennung ermöglicht
- Exemplarische Anwendung des Modells für die Untersuchung und Analyse von industriellen 5G-Applikationen
- Erweiterung des methodischen Portfolios des Technologiemanagements aus der Perspektive der Komplexitäts- und Systemforschung

Systembetrachtungen wie CLDs bieten die Grundlage für eine weitere Anschlussverwendung durch die Generierung und Ableitung von Szenarien [TGA22]. Aus dem resultierenden Systembild können alternative *What-If*-Zukünfte abgeleitet werden, die eine Auseinandersetzung mit internen und externen Entscheidungen und Ereignissen ermöglichen [BHD+06]. Diese können für eine Technologiestrategie-Entwicklung genutzt werden.

Das vorgestellte Vorgehensmodell bietet weitere Entwicklungspotenziale. Gerade im Umfeld von neuen Technologien mit erwarteten sozialen Implikationen sind systemische und ganzheitliche Analyse- und Betrachtungsinstrumente wertvoll. Das Vorgehensmodell kann somit auch auf andere Technologien und Anwendungsfelder übertragen werden. Eine breitere Fundierung des entwickelten Vorgehens über den illustrierten Technologiefokus „5G in der Produktion“ wäre hierfür wünschenswert.

Literatur

- [Abe13] ABELE, T. (Hrsg.): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013
- [AG05] ALBERS, S.; GASSMANN, O.: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005
- [BHD+06] BÖRJESON, L.; HÖJER, M.; DREBORG, K.-H.; EKVALL, T.; FINNVEDEN, G.: Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, (38)7, 2006, S. 723–739
- [BN22] BLIND, K.; NIEBEL, C.: 5G roll-out failures addressed by innovation policies in the EU. *Technological Forecasting and Social Change*, (180), 2022, S. 121673
- [Bun20] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE: Leitfaden 5G-Campusnetze, 2020
- [CBC12] CARAYANNIS, E. G.; BARTH, T. D.; CAMPBELL, D. F. J.: The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, (1)1, 2012, S. 2
- [CYZ+22] CHENG, J.; YANG, Y.; ZOU, X.; ZUO, Y.: 5G in manufacturing: a literature review and future research. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2022, S. 1–23
- [DGP14] DODGSON, M.; GANN, D. M.; PHILLIPS, N.: The Oxford handbook of innovation management. Oxford Handbooks in Business and Management, Oxford University Press, Oxford, 2014
- [Fel07] FELDMANN, C.: Strategisches Technologiemanagement – Eine empirische Untersuchung am Beispiel des deutschen Pharma-Marktes 1990 - 2010. Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss., 2005. Wirtschaftswissenschaft, Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 2007

- [Fra23-ol] FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT: grenzenlos5G@BYBW. Unter: <https://grenzenlos5g.de/>, 25. April 2023
- [GH20] GRANSTRAND, O.; HOLGERSSON, M.: Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, (90-91), 2020, S. 102098
- [GT21] GILLES, F.; TOTH, J.: Accelerating the 5G transition in Europe – How to boost investments in transformative 5G solutions main report. EIB, Luxembourg, 2021
- [HDP21] HUTAJULU, S.; DHEWANTO, W.; PRASETIO, E. A.: An Agent-Based Model for 5G Technology Diffusion in Urban Societies: Simulating Two Development Scenarios. *Sustainability*, (13)22, 2021, S. 12698
- [Her21] HEROLD, S.: Strategische Technologieplanung am Beispiel der Automobilen Service Robotik, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Technische Universität Braunschweig, 2021
- [Hev07] HEVNER, A. R.: A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, (19), 2007
- [HPM04] HEVNER, A. R.; PARK, J.; MARCH, S. T.: Design Science in Information Systems Research. Band 28, 2004
- [JP20] JAHNG, J. H.; PARK, S. K.: Simulation-based prediction for 5G mobile adoption. *ICT Express*, (6)2, 2020, S. 109–112
- [KVS+21] KALEM, G.; VAYVAY, O.; SENNAROGLU, B.; TOZAN, H.: Technology Forecasting in the Mobile Telecommunication Industry: A Case Study Towards the 5G Era. *Engineering Management Journal*, (33)1, 2021, S. 15–29
- [LCP+23] LAGORIO, A.; CIMINI, C.; PINTO, R.; CAVALIERI, S.: 5G in Logistics 4.0: potential applications and challenges. *Procedia Computer Science*, (217), 2023, S. 650–659
- [MI17] MÖHRLE, M.G.; ISENMANN, R. (HRSG.): Technologie-Roadmapping. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017
- [SK11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.: Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. VDI-Buch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011
- [SZS22] SCHUH, G.; ZELLER, V.; STICH, V. (Hrsg.): Digitalisierungs- und Informationsmanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2022
- [Tel23-ol] TELEKOM DEUTSCHLAND GMBH: Campus-Netze. Unter: <https://geschaeftskunden.telekom.de/magenta-business-networks/netzwerke-fuer-standorte-und-clouds/campus-netze>, 25. April 2023
- [TGA22] TAVANA, M.; GHASRIKHOZANI, M.; ABTAHI, A.-R.: A technology development framework for scenario planning and futures studies using causal modeling. *Technology Analysis & Strategic Management*, (34)8, 2022, S. 859–875
- [Tri20] TRICK, U.: 5G – Eine Einführung in die Mobilfunknetze der 5. Generation. De Gruyter STEM, De Gruyter, Berlin, 2020
- [Zie19] ZIEHM, S.: Analyse geeigneter Methoden zur Technologiefrüherkennung und Implementierung in den Technologieentwicklungsprozess. In: Muchna, C. (Hrsg.): Aspekte des Innovations- und Changemanagements – Ein Theorie-Praxis-Transfer. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, 2019, S. 37–80

Autoren

Patrick Ruess, M.Sc. leitet das Team District Innovation Ecosystems im Forschungsbereich Stadtssystem-Gestaltung am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Patrick Ruess forscht und promoviert im Bereich System- und Innovationsforschung mit einem Fokus auf die Übertragbarkeit von Innovationen in sozialen Systemen und urbanen Räumen.

Sina Rzesnitzek, M.Sc. studierte Technologiemanagement an der Universität Stuttgart und arbeitet im Team District Innovation Ecosystems am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Im Projekt *grenzenlos5G@BYBW* untersucht Frau Rzesnitzek betriebliche und wirtschaftlich-räumliche Potenziale durch 5G und deren Einfluss auf die industrielle und gesellschaftliche Transformation.

Plenum

KI in der Vorausschau – Kritische Evaluation der Anwendung von generativer KI am Beispiel von ChatGPT in der Szenario-Technik

Dr. Dominik Fischer

Dr. Verena Joachim

UNITY AG

Lindberghring 1, 33142 Büren

Tel: +49 (0) 151 550 468 62 / Tel: +49 (0) 162 106 1317

E-Mail: {dominik.fischer/verena.joachim}@unity.de

Sigurd Tranaes

UNITY AG

Breslauer Platz 4, 50668 Köln

Tel: +49 (0) 174 992 5215

E-Mail: sigurd.tranaes@unity.de

Prof. Dr. Hans H. Jung

UNITY AG

Dachauer Straße 65, 80335 München

Munich Business School

Elsenheimer Straße 61, 80687 München

Tel.: +49 (0) 160 882 5527

E-Mail: hans.jung@unity.de

Zusammenfassung

Eine klare Vorstellung von der Zukunft ist die Grundvoraussetzung für erfolgreiche strategische Führung. Mit der Szenario-Technik, der Delphi-Methode, der Trendanalyse, der Bibliometrie oder dem Information Retrieval stehen methodische Ansätze für strategische Vorausschau zur Verfügung. Insbesondere die korrekte Anwendung der Szenario-Technik ist dabei zeit- und ressourcenintensiv. Angetrieben durch solch hohen Aufwand wird immer wieder untersucht, wie Künstliche Intelligenz (KI) dazu beitragen kann, sowohl den Prozess als auch qualitative und quantitative Ergebnisse der strategischen Vorausschau mittels Szenario-Technik zu optimieren.

Aktuell werden neuere KI-Verfahren für große Anwendergruppen nutzbar. Diese Verfahren können aus riesigen Mengen unterschiedlicher, unstrukturierter und miteinander verbundener Datensätze lernen. Solche biologisch inspirierten Programmierparadigmen bieten derzeit die besten Lösungen für Textanalysen und die Verarbeitung natürlicher Sprache. Eine der neuesten Anwendungen dieser Art ist der Ende 2022 von der Firma OpenAI veröffentlichte Chatbot ChatGPT-3 bzw. dessen neuere Version ChatGPT-4. Doch inwiefern kann eine Anwendung wie ChatGPT heute schon die Szenario-Technik unterstützen?

In dieser Studie wird das Sprachmodell ChatGPT-4 und dessen praktischer Einsatz im Kontext der Szenario-Technik systematisch und methodenbasiert untersucht. Unter Berücksichtigung wissenschaftlich etablierter und in der Unternehmenspraxis bewährter Erfolgsfaktoren für Szenario-Projekte werden die mit generativer KI erzeugten Ergebnisse bewertet. Aus der Analyse wird abgeleitet, wie sich generative KI im Prozess der Szenario-Erstellung nutzenstiftend und prozessoptimierend einsetzen lässt. Die Ergebnisse zeigen, dass ChatGPT-4 zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht eingesetzt werden kann, um die Szenario-Technik vollständig zu automatisieren. Gleichzeitig wird anhand von konkreten Hypothesen und Vergleichen zu real durchgeführten Szenario-Projekten gezeigt, wo generative KI im Vergleich zu Experten (aktuell noch) an ihre Grenzen stößt. Aus der Analyse ergeben sich allgemeine Empfehlungen und definierte Erfolgsmuster für das Zusammenspiel von Mensch und Maschine bei der Anwendung der Szenario-Technik.

Schlüsselworte

Zukunftsrobuste Geschäftsplanung, Vorausschau und Strategie, Szenario-Technik, Generative KI, ChatGPT, VUCA-Welt

AI in strategic foresight – Critical evaluation of the utilization of generative AI by the example of ChatGPT in the scenario technique

Abstract

A clear vision of the future is the basic prerequisite for successful strategic management. With the scenario technique, the Delphi method, trend analysis, bibliometrics or information retrieval, methodical approaches for strategic foresight are available. Especially the correct application of the scenario technique is time and resource intensive. Driven by such high effort, it is repeatedly investigated how artificial intelligence (AI) can contribute to optimize both the process and qualitative and quantitative results of strategic foresight using scenario techniques.

Currently, newer AI techniques are becoming available to large groups of users. These can learn from vast amounts of diverse, unstructured, and interconnected data sets. Such biologically inspired programming paradigms currently offer the best solutions for text analysis and natural language processing. One of the latest such applications is the chatbot ChatGPT-3 or its newer version ChatGPT-4, released by the company OpenAI in late 2022. But to what extent can an application like ChatGPT already support scenario technique today?

In this study, the ChatGPT-4 language model and its practical use in the context of scenario technology are investigated systematically and methodologically. Taking into account scientifically established success factors for scenario projects that have been proven in business practice, the results generated with generative AI are evaluated. From the analysis, it is derived how generative AI can be used in the process of scenario creation in a benefit-generating and process-optimizing way. At the same time, concrete hypotheses and comparisons to real scenario projects are used to show where generative AI (currently) still reaches its limits compared to human experts. The results show that ChatGPT-4 cannot be used at this stage to fully automate the scenario technique. The analysis results in general recommendations and defined success patterns for the interaction of humans and machines when using scenario technique.

Keywords

Future-robust business planning, strategic foresight and strategy development, scenario technique, generative AI, ChatGPT, VUCA world

1 Einleitung: Strategische Vorausschau als etabliertes Management-Instrument in der VUCA-Welt

Eine klare Vorstellung von der Zukunft ist die Grundvoraussetzung für erfolgreiche strategische Führung [GP14, S.43]. Veränderungen von Märkten lassen sich zwar nicht voraussagen, aber vorausdenken. Dabei sind klare Zukunftsbilder kein Zufallsprodukt: In zahlreichen Unternehmen sind sie das Ergebnis einer strukturierten und vorausschauenden Unternehmensgestaltung. Strategische Vorausschau ist längst als etabliertes Werkzeug in den Strategieabteilungen vieler Unternehmen angekommen. So zeigt eine globale Umfrage unter 1.068 Top-Managern von BAIN & COMPANY aus dem Jahr 2023, dass 19% der Manager verschiedene Methoden der Szenario-Analyse und des *Contingency Planning* systematisch einsetzen [RBR23]. Ziel ist es, Marktveränderungen und Disruptionspotenziale rechtzeitig zu erkennen und Auswirkungen auf das eigene Geschäft zu verstehen – um die unternehmerische Zukunft aktiv zu gestalten. Dass dies gelingen kann, beweisen Langfriststudien: Unternehmen, die systematisch strategische Vorausschau betreiben, sind nachweislich signifikant erfolgreicher, generieren höhere Umsätze, agieren rentabler und wachsen im Schnitt stärker als ihre Wettbewerber [KD22, S.121f.].

Strategische Vorausschau zielt also darauf ab, Entscheider und Umsetzer in Unternehmen zu befähigen, sicher in einem immer unsicherer werdenden Umfeld zu agieren. Die viel zitierte VUCA-Welt – ein Akronym aus *volatile*, *uncertain*, *complex* und *ambiguous* – ist dabei längst Realität: Unternehmen sehen sich in Form von Energiekrise, Ukraine-Krieg, Inflation, Bedeutungsverlust des Westens, angespannten Lieferketten, Klimakrise etc. mit mannigfaltigen Veränderungen konfrontiert, die HOMER-DIXON und RENN treffend als „globale Polykrise“ [HDR22] beschreiben. Die hohe Frequenz, mit der neue Krisen entstehen, fordert dabei schnelle und gleichermaßen weitsichtige Entscheidungen von Unternehmenslenkern. Strategische Vorausschau umfasst daher das Untersuchen und Bewerten einer stetig steigenden Anzahl von Einflüssen auf das Geschäft in zunehmend kürzeren Abständen. Konkret bedeutet das, Zukunftsszenarien in kürzeren Abständen zu entwickeln und diese verstärkt als Impuls für das laufende Geschäft zu nutzen. Es stellt sich die Frage, inwieweit Künstliche Intelligenz (KI) die Entwicklung von Zukunftsszenarien optimieren kann, um unternehmerische Implikationen abzuleiten. Welche Möglichkeiten bieten sich für die Optimierung des Prozesses der Strategischen Vorausschau mittels Szenarien? Lassen sich vorausschaubasierte Geschäfts-, Produkt- oder Technologiestrategien mithilfe von KI schneller und leichter entwickeln?

KI-Anwendungen können aus riesigen Mengen unterschiedlicher, unstrukturierter und miteinander verbundener Datensätze lernen. Solche biologisch inspirierten Programmierparadigmen bieten zurzeit die besten Lösungen für die Textanalyse und die Verarbeitung natürlicher Sprache. Eine der neuesten Anwendungen dieser Art ist der Ende 2022 von der Firma OpenAI veröffentlichte Chatbot ChatGPT-3, der heute – im Mai 2023 – auch in der neueren Version ChatGPT-4 verfügbar ist.

Grundsätzlich sind die Überlegungen zur Integration von KI-Lösungen in den Prozess der Szenario-Erstellung nicht neu. So haben beispielsweise KÖDDING und DUMITRESCU verschiedene Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien in der Szenario-Technik untersucht und konkrete Handlungsfelder abgeleitet: die Integration digitaler Technologien in den Prozess der Szenario-

Erstellung, die methodische Anpassung und Weiterentwicklung der Szenario-Technik sowie die digitale Souveränität, definiert als Fähigkeit „digitale Technologien kompetent und zielgerichtet für die eigenen Zwecke“ zu nutzen [KD22, S.132]. Jüngst wird für alle drei Handlungsfelder besonders der Einsatz von ChatGPT in der Strategischen Vorausschau diskutiert. SPANIOL und ROWLAND argumentieren, dass der Nutzen von ChatGPT-Szenarien weitgehend von der Fähigkeit des Anwenders abhängt, der KI das entsprechende „Rohmaterial“ zu entlocken. Nach Ansicht der Autoren könne KI zwar nützliche Inhalte für die Entwicklung von Szenarien liefern, werde zum jetzigen Zeitpunkt die Szenario-Experten aber nicht völlig in den Schatten stellen [SR23]. Der vorliegende Artikel greift diese Hypothese auf.

Generative KI wird auf Basis großer natürlichsprachlicher Textbestände trainiert [RN18, S.2]. Unter der Annahme, dass der Einsatz von generativer KI in der Szenario-Technik bei Anwendung durch Experten grundsätzlich das richtige Rohmaterial liefert und somit dazu beitragen kann, die notwendige höhere Frequenz bei der Entwicklung von Zukunftsszenarien zu erreichen, adressiert dieser Beitrag die folgenden drei Forschungsfragen:

- 1) In welchem Prozessschritt der Szenario-Technik lässt sich generative KI nutzen, um ebendiesen zu beschleunigen bzw. ihn (ressourcen-)effizienter zu gestalten?
- 2) Wie ist – unter Berücksichtigung etablierter Regeln für erfolgreiche Szenario-Projekte – die Qualität der durch generative KI erzeugten Ergebnisse zu bewerten?
- 3) Welche Implikationen, Muster und Empfehlungen ergeben sich daraus für zukünftige Szenario-Projekte?

Um diese drei Fragen zu beantworten, ist der vorliegende Beitrag in drei Teile gegliedert: Zunächst wird der Standardprozess der Szenario-Technik dargelegt. Es werden jene Prozessschritte identifiziert, bei denen generative KI eine Beschleunigung der Ergebnisgewinnung erreichen könnte. Der zweite Teil dieses Beitrags hat zum Ziel, für die als relevant definierten Teilschritte Ergebnisse aus realen Beratungsprojekten mit den von ChatGPT generierten Antworten zu vergleichen. Bis dato lässt sich in der Literatur keine weitere Arbeit finden, die ChatGPT-Ergebnisse mit realen, bereits vorliegenden und durch Experten erstellte Szenarien vergleicht. Die Ergebnisse dieser Vergleiche werden deskriptiv und qualitativ diskutiert. Im dritten Teil des Beitrags werden die Implikationen aus den vorliegenden Ergebnissen dargelegt. Zusammenfassend soll somit dargelegt werden, inwieweit generative KI die Entwicklung von Zukunftsszenarien unterstützen kann. Der Beitrag soll aber auch Grenzen aufzeigen und für die Chancen und Risiken der praktischen Anwendung sensibilisieren.

2 Nutzungsmöglichkeiten von ChatGPT zur Prozess-beschleunigung im Standardprozess der Szenario-Technik

Aufbauend auf den Untersuchungen von SPANIOL und ROWLAND muss bei der Szenario-Erstellung mit ChatGPT sehr systematisch vorgegangen werden: Die KI kennt weder die Zielgruppe des erstellten Szenarios noch dessen Verwendungszweck oder die Treiber des zugrundeliegenden Strategieprozesses. Alleinig und frei durch KI generierte Szenarien bewerten sie für die Strategiearbeit als zu generisch, unzureichend und wenig hilfreich. Sie konstatieren: Die von Experten durchgeführte KI-unterstützte Szenario-Entwicklung sei Mittel der Wahl [SR23, S.7].

2.1 Standardprozess der Szenario-Technik

In Anlehnung an GAUSEMEIER und PLASS [GP14, S.49] wird der in Bild 1 dargestellte Prozess der Szenario-Technik für die Erarbeitung der Strategieprojekte verwendet.

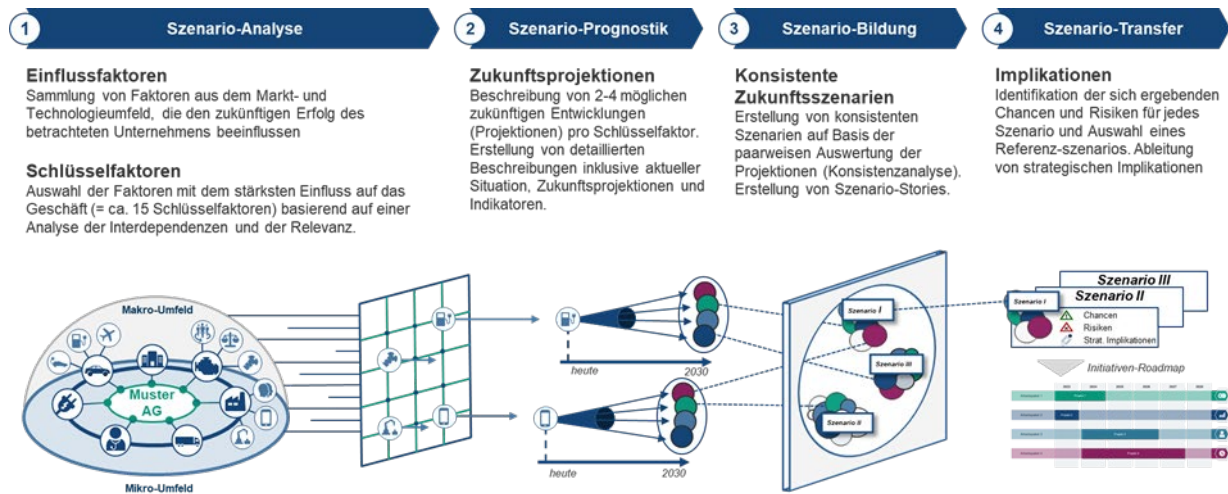


Bild 1: Vier-Phasenmodell der Szenario-Technik in Anlehnung an [GP14, S.49]

Die **Szenario-Analyse** erfordert zunächst die Feststellung der Projektzielsetzung und die Definition des Untersuchungsgegenstands, sprich des Szenariofelds. Anschließend wird das Szenariofeld durch Einflussfaktoren beschrieben. Die Vernetzung und die Relevanz der verschiedenen Einflussfaktoren werden hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Szenariofeld analysiert. Daraus ergeben sich die wesentlichen Einflussfaktoren, die sogenannten Schlüsselfaktoren.

In der **Szenario-Prognostik** werden nach dem Prinzip der multiplen Zukunft jeweils alternative Entwicklungsmöglichkeiten (Projektionen) der zuvor festgelegten Schlüsselfaktoren erarbeitet. Dabei sollte auch das *Undenkbare* in Betracht gezogen werden. Die Erfahrung zeigt, dass häufig nicht das vermeintlich Wahrscheinliche, sondern das *Undenkbare* Realität geworden ist.

Im Rahmen der **Szenario-Bildung** werden aus den Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren mehrere Szenarien generiert. Grundlage dafür sind die paarweise Bewertung der Konsistenz von Zukunftsprojektionen in einer Konsistenzmatrix und die anschließende Konsistenzanalyse. Dadurch lassen sich konsistente Projektionsbündel ermitteln, bestehend aus jenen Zukunftsprojektionen, die gut zusammenpassen. Viele dieser Bündel ähneln sich – daher werden sie mithilfe der Clusteranalyse zusammengefasst. Am Ende führt die Clusteranalyse zu drei bis fünf Clustern von jeweils ähnlichen Projektionsbündeln. Da je Cluster klar ist, welche Projektionen in ihm vorkommen und die Projektionen in der vorangegangenen Phase beschrieben worden sind, ergibt sich der Prosatext für jedes Szenario.

Im **Szenario-Transfer** werden die Auswirkungen der Szenarien vor dem Hintergrund der oben definierten Projektzielsetzung untersucht. Dabei werden für jedes Szenario Erfolgspotenziale und Bedrohungen für das etablierte Geschäft aufgezählt. Daraus wird je Szenario eine strategische Stoßrichtung ermittelt [Gau12, S.6ff.].

Die hier beschriebene und in zahlreichen Projekten bewährte Szenario-Technik wird für die nachfolgende Untersuchung als methodischer Rahmen zur KI-unterstützten Szenario-Entwicklung herangezogen. Innerhalb dieses Rahmens werden mithilfe von ChatGPT in strukturierter Form Teilergebnisse generiert. Diese werden systematisch ausgewertet und evaluiert.

2.2 Identifikation von Nutzungsmöglichkeiten von ChatGPT im Standardprozess der Szenario-Technik

In ihrer Analyse zur Anwendung der Szenario-Technik stellen KÖDDING und DUMITRESCU unter insgesamt 22 konsolidierten Herausforderungen die „aufwendige manuelle Recherche“ und den wiederholt im Prozess auftretenden „Bias bei der Bewertung“ als sehr nennenswert heraus [KD22, S.126f.]. Hinsichtlich der **Forschungsfrage 1** fokussiert die folgende Analyse die drei besonders zeit- und bewertungsintensiven Prozessschritte der Szenario-Technik:

Tabelle 1: Untersuchte Prozessschritte und deren spezifische Herausforderungen basierend auf den Projekterfahrungen des Autorenteam

Phase	ausgewählter Prozessschritt	inhaltliche Herausforderungen	organisatorische Herausforderungen
Szenario-Analyse	Identifikation der <u>Einflussfaktoren</u> und anschließende Auswahl der <u>Schlüsselfaktoren</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fokussierung auf die wichtigsten Schlüsselfaktoren bei gleichzeitiger Abdeckung möglichst vieler Einflussbereiche ▪ Bias bei der Bewertung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zeitintensive Recherche ▪ aufwendige Einbindung möglichst vieler (interner/externer) Experten/Stakeholder
Szenario-Prognostik	Beschreibung der <u>Projektionen</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auswahl adäquater inhaltlicher Dimensionen und Entwicklung guter „Storylines“ zur Beschreibung der Zukunftsprojektionen ▪ prägnanter, sicherer und kreativer Umgang mit Sprache und Stil erforderlich 	Projektionsbildung in der Praxis oft mittels Experten-Workshops: <ul style="list-style-type: none"> ▪ zeitintensiver Prozess ▪ Sicherstellung der Experten-Verfügbarkeit ▪ fehlendes Wissen beeinträchtigt Qualität
Szenario-Bildung	Bewertung der Projektionen in der <u>Konsistenzmatrix</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expertenwissen und Urteilsvermögen im Hinblick auf das Szenariofeld und auf inhaltliche Zusammenhänge erforderlich ▪ Bias bei der Bewertung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zeitintensiver Prozess ▪ Vier-Augen-Prinzip zur Qualitätssicherung erforderlich ▪ hohe Konzentration und lange Aufmerksamkeitsspanne bei den Bearbeitern erforderlich

Für die drei genannten Prozessschritte soll nun untersucht werden, ob den Herausforderungen unter Zuhilfenahme von ChatGPT adäquat begegnet werden kann. Die Notwendigkeit dieser Analyse lässt sich durch die Aussagen des Digitalverbands BITCOM unterstreichen: Laut dem Verband werde generative KI im Alltag der Unternehmen zukünftig „genauso dazu gehören wie heute der PC“ [Bit23]. In einer BITCOM-Umfrage unter 608 deutschen Unternehmen im April 2023 sieht eine Mehrheit von 56% in „KI zur Textgenerierung die größte digitale Revolution seit dem Smartphone“ [Bit23]. Somit ist es offensichtlich, dass die aktive Auseinandersetzung mit generativer KI auch im Zusammenhang mit komplexen Aufgaben, wie der Entwicklung von Unternehmensstrategien, unerlässlich ist.

2.3 Erfolgsfaktoren: Regeln für die Anwendung der Szenario-Technik

Die Szenario-Technik ist ein mächtiges Denkwerkzeug für Strategieverantwortliche und Entscheider in Unternehmen. Sie gilt als „partizipativer, antizipativer und visionsbildender Prozess (...), um heutige Entscheidungsprozesse zu unterstützen“ [KD22, S.122]. Um die bestmöglichen Ergebnisse zu erzielen, sind einige Regeln zu befolgen, die GAUSEMEIER für die einzelnen Schritte der Szenario-Technik treffend zusammengefasst hat. Die wichtigsten dieser Regeln und ihre Relevanz für die vorliegende Untersuchung sind hier in Kurzform dargestellt

Tabelle 2: Checkliste für ein erfolgreiches Szenario-Projekt in Anlehnung an GAUSEMEIER [Gau12, S 20ff.] und Konsequenzen für die vorliegende Untersuchung

Regel	Konsequenz für die vorliegende Untersuchung
1 20 Schlüsselfaktoren sind genug , d. h. eine übersichtliche Anzahl an Schlüsselfaktoren ist die Voraussetzung für prägnante Szenarien.	In UNITY-Beratungsprojekten wird die Regel konsequent angewandt: Die ausgewählten Praxisbeispiele nutzen maximal 16 Schlüsselfaktoren. Die KI wird analog angewiesen, diese Obergrenze einzuhalten.
2 Schlüsselfaktoren müssen Substanz hinsichtlich der Fragestellung aufweisen, d. h. ausgewählte Faktoren müssen Projektrelevanz haben.	Die Projektrelevanz der durch die KI ermittelten Schlüsselfaktoren wird im Kontext realer Projekterfahrungen gemeinsam mit Experten aus dem entsprechenden Projekt bewertet.
3 Schlüsselfaktoren sind zu definieren und in ihrer heutigen Ausprägung präzise zu beschreiben.	Die KI wird angewiesen, für alle generierten Schlüsselfaktoren eine eindeutige Definition und eine Beschreibung des Status quo im jeweiligen Projektkontext zu liefern.
4 Genügend Expertise einbeziehen , um denkbare Entwicklungen im Rahmen der Projektionsbildung umfassend beschreiben zu können.	Die Bewertung der inhaltlichen Güte der durch die KI erstellten Projektionen ist wesentlicher Gegenstand der vorliegenden Analyse. Reale Experten aus den jeweiligen Projekten werden hierzu herangezogen.
6 Projektionen trennscharf formulieren , sodass jede Projektion eine eigenständige Entwicklungsmöglichkeit für den Schlüsselfaktor darstellt. Mehrdeutige Projektionen sind zu vermeiden .	Gemäß dem Postulat der KI-unterstützten Szenario-Entwicklung durch Experten wird die KI angewiesen, Projektionen anhand klarer Vorgaben zu schreiben.
7 Konsistenzbewertung sorgfältig vornehmen , d. h. idealerweise im Vier-Augen-Prinzip. So kann Fehleinschätzungen und Konzentrationsschwächen entgegengewirkt werden.	Die KI erhält eine klare Anleitung für die Konsistenzbewertung. Abweichungen zu realen Projektergebnissen werden analog zum Vier-Augen-Prinzip mit Experten diskutiert.

3 KI-Einsatz in relevanten Prozessschritten der Szenario-Technik und kritische Evaluation der Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die identifizierten Nutzungsmöglichkeiten von ChatGPT zur Prozessoptimierung konkret untersucht. Als Referenzgegenstand dienen drei Kundenprojekte, die durch die UNITY AG zwischen 2019 und 2023 durchgeführt wurden. Experten aus diesen Projekten wurden für den Vergleich und die Evaluierung der hier generierten Ergebnisse konsultiert.

3.1 Fallstudien: Reale Projektergebnisse als Vergleichsrahmen

Die durch ChatGPT generierten Ergebnisse werden im Verlauf der Untersuchung realen Projektergebnissen gegenübergestellt. ChatGPT-4 gibt selbst an, dass das Programm auf Textdaten bis zum September 2021 trainiert wurde. Hier wurden folglich drei Projekte ausgewählt, die in einem vergleichbaren zeitlichen Referenzrahmen durchgeführt wurden. So wird sichergestellt, dass KI und einbezogene Experten grundsätzlich ähnliche Wissensstände nutzen können.

Die Namen der Unternehmen, für die UNITY die Szenario-/Strategieprojekte durchgeführt hat, sowie die Namen der einbezogenen Experten sind den Autoren bekannt. Alle Projektergebnisse sind weiterhin aktuell und werden derzeit (Mai 2023) für die laufende Strategiearbeit der Unternehmen genutzt. UNITY ist entsprechend zu Diskretion verpflichtet. Alle Vergleichsergebnisse sowie die Namen der Experten wurden folglich für die Eingabe bei ChatGPT und die hier erfolgte Veröffentlichung anonymisiert bzw. pseudonymisiert. In einer solchen Form können die drei untersuchten Projekte wie folgt skizziert werden:

- **Automobilindustrie (2019):** 48 Einflussfaktoren aus 12 Einflussbereichen, 17 Schlüsselfaktoren, 3 Szenarien; kontinuierliche workshopbasierte Einbeziehung von 30 Experten aus 10 Unternehmen (z. B. Zulieferer) über die gesamte Projektlaufzeit. Zielsetzung des Projekts: Aufbau einer Roadmap für Anforderungen und Entwicklung von zukünftigen Automotive-Komponenten.
- **Marinesektor (2021):** 40 Einflussfaktoren aus 10 Einflussbereichen, 12 Schlüsselfaktoren, 3 Szenarien; workshopbasierte, globale Einbeziehung von 40 Experten aus dem Unternehmen; 10 Experteninterviews mit Vertretern weiterer Unternehmen aus dem Ökosystem zur Validierung von Schlüsselfaktoren und Projektionen. Zielsetzung des Projekts: Ableitung von Initiativen zur Stärkung des Geschäftsmodells.
- **Maschinenbau (2022/23):** 91 Einflussfaktoren aus 6 Einflussbereichen, 12 Schlüsselfaktoren, 3 Szenarien; workshopbasierte, globale Einbeziehung von 60 Experten aus dem Unternehmen; 8 Experteninterviews mit Vertretern weiterer Unternehmen aus dem Ökosystem zur Validierung von Projektionen. Zielsetzung des Projekts: Generierung von Input für eine neu zu erstellende Unternehmensstrategie.

3.2 Prozessschrittanalyse I: Identifikation der Einflussfaktoren und anschließende Auswahl der Schlüsselfaktoren

Die Szenario-Technik folgt nach GAUSEMEIER dem oben beschriebenen Phasenmodell [GP14, S. 63]. Ins Zentrum der Betrachtung sind die in Kapitel 2.2 herausgestellten Prozessschritte gerückt, da diese in einem Szenario-Projekt die Basis für die Qualität des Ergebnisses schaffen, aber auch einen hohen Aufwand in der Praxis erzeugen. In diesem ersten Analyseschritt steht die Einflussfaktor-Identifikation und die anschließende Auswahl der Schlüsselfaktoren im Fokus. Laut eigener Einschätzung sieht sich ChatGPT in der Lage, die Aufgabe der Ermittlung von Einflussfaktoren grundsätzlich zu unterstützen.

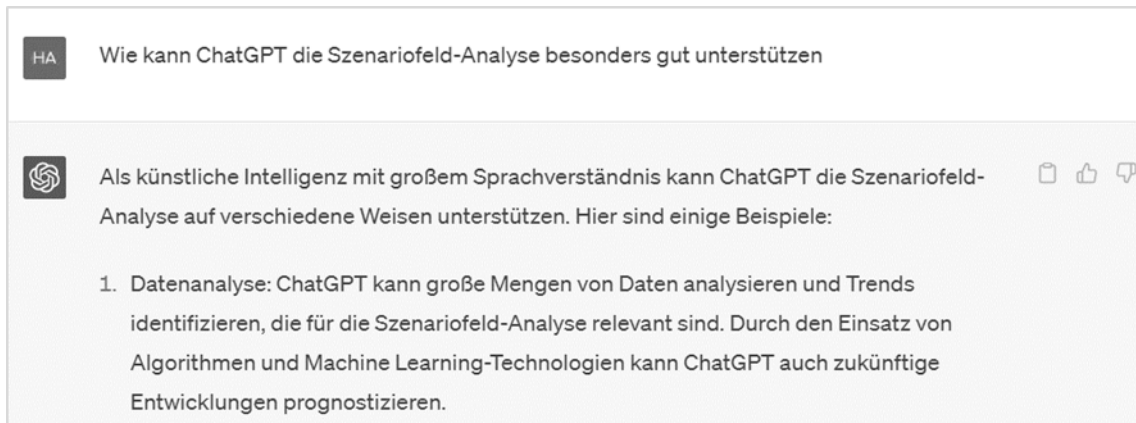


Bild 2: ChatGPT-Selbsteinschätzung zur Leistungsfähigkeit in der Szenariofeld-Analyse

3.2.1 Methodologie und Datenerhebung

Eine besondere Herausforderung liegt auf der Formulierung der sogenannten Prompts, sprich der Anweisungen an die KI [ZWH23]. Um die Prompts für ChatGPT bestmöglich zu gestalten, wurden hier Ergebnisse aus bereits vorliegenden Studien zur Anwendung von generativer KI im Kontext des Szenario-Managements bzw. zum Einfluss der Prompt-Gestaltung auf das Ergebnis berücksichtigt. Folgende Erkenntnisse kamen dabei zur Anwendung:

- Die Zielsetzung und der **Kontext** der zu erstellenden Szenarien ist der generativen KI in den Prompts anzugeben [SR23, S.5].
- Die qualitativen und quantitativen Limitationen der KI sind bei Definition der jeweiligen Aufgaben zu berücksichtigen: **Anforderungen an Qualität und Quantität** der Ergebnisse sind präzise beim Prompt-Design zu spezifizieren [JH23, S. 66].

Da laut POLAK und MORGAN das Prompt-Engineering einen Einfluss auf Quantität und Qualität der Ergebnisse KI-basierter Sprachmodelle hat [PM23, S.5] – und damit auch auf erzeugte Szenarien – haben die Autoren ChatGPT dazu aufgefordert, selbst einen optimalen Prompt für die Lösungen der Aufgabenstellung zur Identifikation von Einflussfaktoren zu erstellen:

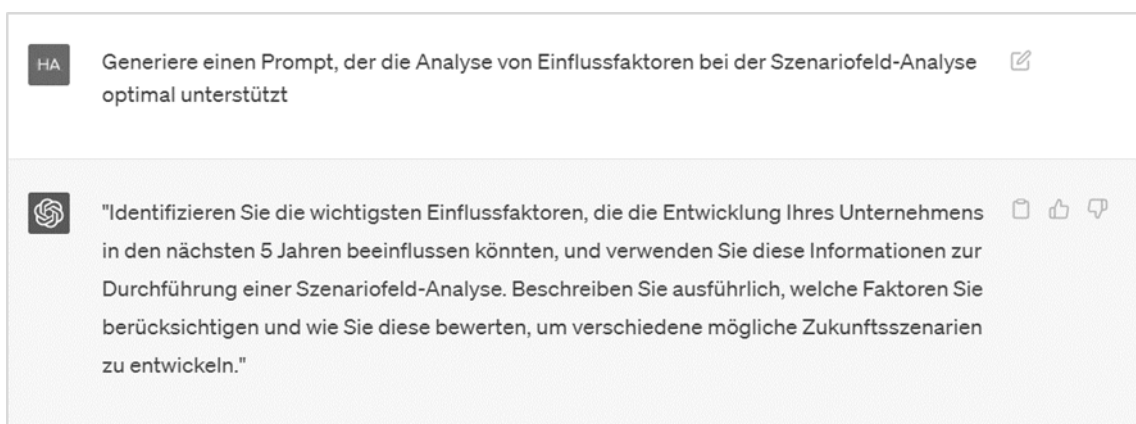


Bild 3: Prompt-Engineering von ChatGPT für die Erstellung einer Szenariofeld-Analyse

Im nächsten Schritt wurde ChatGPT genutzt, um für alle drei in Kapitel 3.1. genannten Fallbeispiele die entsprechenden Einflussfaktoren zu ermitteln. Dazu wurde der KI im Prompt der

jeweilige **Kontext** der zu erstellenden Szenarien erläutert¹. Hinsichtlich **Anforderungen an Qualität und Quantität** wurde darauf geachtet, die in den realen Projekten identifizierten Einflussbereiche für die Sammlung der Einflussfaktoren explizit zu benennen. Ebenso wurde die Anzahl der zu identifizierenden Einflussfaktoren analog zu denen im realen Projekt vorgegeben. So wird eine Vergleichbarkeit zwischen den von Experten im Projekt gebildeten und den von der KI identifizierten Einflussfaktoren gewährleistet.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus dieser Vorgehensweise ableiten:

- Ohne Vorgabe einer Mindestanzahl an zu identifizierenden Einflussfaktoren im Prompt unterschätzt ChatGPT die benötigte Anzahl. In mehreren Versuchen musste die KI explizit aufgefordert werden, die Liste fortzuführen. Allerdings kam es auch bei Vorgabe der Anzahl wiederholt zu Abbrüchen.
- Fehlt die Definition der identifizierten Einflussbereiche, beschreibt die KI überwiegend sehr generische Einflussfaktoren. Erst durch die Spezifikation der Einflussbereiche in den Prompts steigt die Qualität der Einflussfaktoren und die Güte ihrer Beschreibung.
- Bei mehrfacher Wiederholung der Abläufe auf verschiedenen Endgeräten erzeugt die KI trotz Verwendung identischer Prompts unterschiedliche Listen von Einflussfaktoren. Beauftragt man die KI anschließend, die Unterschiede zu erklären oder diese aufzulösen, kann diese keine nachvollziehbare Erklärung liefern. Oder anders: ChatGPT ist (aktuell) nicht in der Lage, zu erklären, welche Faktoren warum berücksichtigt wurden.

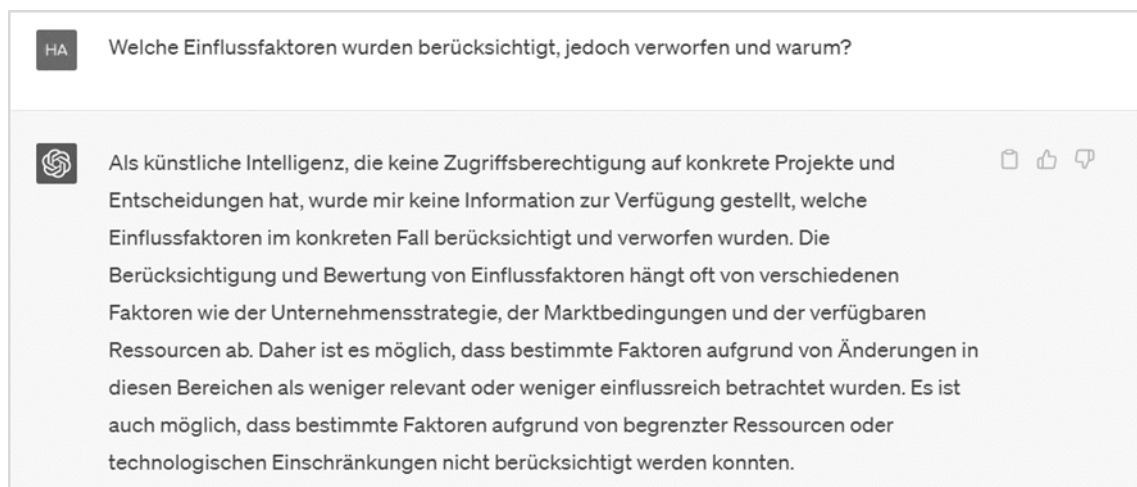


Bild 4: Grenzen von ChatGPT bei der Erstellung einer Szenariofeld-Analyse

Vor besonders großen Herausforderungen steht ChatGPT bei den systematischen Schritten zur Ermittlung von Schlüsselfaktoren auf Basis der erstellten Einflussfaktorenliste. Aufgrund von Systemlimitationen konnte keines der bislang etablierten Verfahren der direkten und indirekten Einflussanalyse [GP14, S.67ff.] direkt und systematisch nachgebildet werden.

¹ Die Beschreibung des Kontexts erfolgte jeweils in anonymisierter Form und ohne Nennung des Unternehmens.

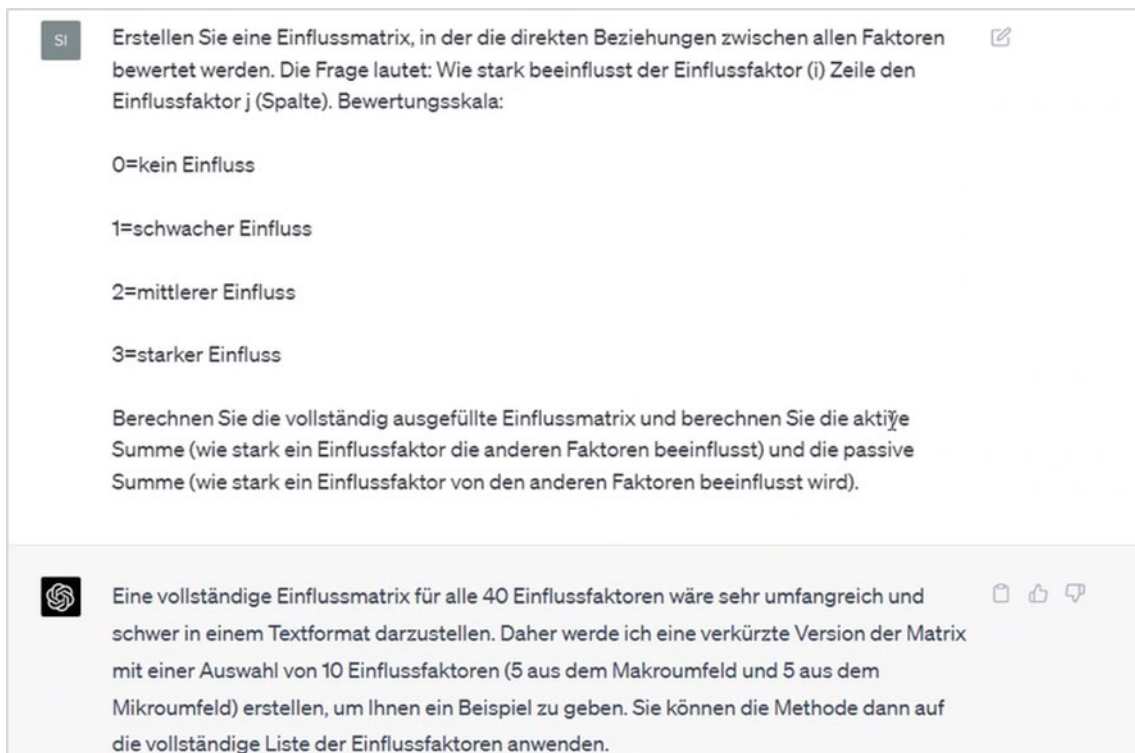


Bild 5: Grenzen von ChatGPT am Beispiel der Erstellung einer Einflussmatrix

Aktuell bietet ChatGPT nur die Option, die Schlüsselfaktoren ohne methodische Darstellung direkt abzuleiten und die Auswahl zu begründen. Dieses Vorgehen wurde auf alle drei Fallstudien angewendet. Die Ergebnisse nebst Bewertung finden sich im folgenden Abschnitt.

3.2.2 Einfluss- und Schlüsselfaktoren: Deskriptive und qualitative Ergebnisse

Die Untersuchung bis hier zeigt: ChatGPT kann grundsätzlich für jede der Fallstudien **Einflussfaktoren** identifizieren. Betrachtet man das quantitative Ergebnis, so ist festzustellen, dass die Anzahl der identifizierten Faktoren trotz spezifischer Prompts je Szenario und je Einflussbereich zum Teil sehr stark von den Ergebnissen abweicht, die die Experten zuvor in den Projekten erarbeitet haben. So ist z. B. für das Fallbeispiel Maschinenbau zu beobachten, dass bei 91 Einflussfaktoren aus 6 Einflussbereichen 53% der von ChatGPT ermittelten Faktoren von denen der Experten abweichen. Trotz expliziter Prompts hat die KI die Liste auf 100 Faktoren erweitert und insgesamt 31 Faktoren ergänzt. Alle Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Trotz der zu beobachtenden Abweichungen kann über alle drei Fallstudien hinweg festgehalten werden, dass ChatGPT durchaus in der Lage ist, die – teilweise in langen und mühsamen Prozessen – entstandenen Einflussfaktorenlisten in bestimmten Einflussbereichen zu ergänzen. Umgekehrt gibt es jedoch eine ganze Reihe von Einflussbereichen, in denen die Experten eine umfassendere und differenziertere Liste von Einflussfaktoren erstellen. Da im Rahmen der Szenario-Erstellung jedoch ein erheblicher Aufwand auf die Recherche von Informationen entfällt, kann ChatGPT hier den Praxisprozess merklich bereichern. In allen drei Fallstudien, die inhaltlich sehr unterschiedlich sind, war dies der Fall. Die Expertenmeinung und insbesondere die für jeden Projektverlauf wertvolle thematische Auseinandersetzung mit den inhaltlichen Themen

kann die KI derzeit aber nicht vollständig ersetzen. Der generativen KI käme in diesem Teilprozessschritt lediglich die Rolle eines Inspirators zu.

Tabelle 3: Einflussfaktoren der Fallstudien: Ergebnisvergleich Experten vs. ChatGPT

Automobilindustrie (2019)						Marinesektor (2021)						Maschinenbau (2022/23)					
Einflussbereiche	Einflussfaktoren					Einflussbereiche	Einflussfaktoren					Einflussbereiche	Einflussfaktoren				
	Experten		ChatGPT		Abweichung		Experten		ChatGPT		Abweichung		Experten		ChatGPT		Abweichung
	Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.			Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.			Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.	
Big Data	6	12,5 %	4	8,3 %	2	Society & Culture	1	2,5 %	5	12,5 %	4	Society	13	14,3 %	27	27,0 %	14
Digitalization	11	22,9 %	8	16,7 %	3	Politics & Regulations	4	10,0 %	4	10,0 %	0	Technology	19	20,9 %	10	10,0 %	9
Dynamic of ecosystem	4	12,5 %	8	12,5 %	4	Economy & Market Development	5	12,5 %	5	12,5 %	0	Economy	19	20,9 %	10	10,0 %	9
Energy efficiency	1	2,1 %	1	2,1 %	0	Ecology & Environment	5	12,5 %	7	17,5 %	2	Environment	14	15,4 %	10	10,0 %	4
Energy supply	1	2,1 %	1	2,1 %	0	Propulsion, Energy & Fuel	9	22,5 %	2	5,0 %	7	Politics	7	7,7 %	10	10,0 %	3
Progress/developments in materials science	2	4,2 %	2	4,2 %	0	Customer & Customer Needs	3	7,5 %	2	5,0 %	1	Industry	19	20,9 %	33	33,0 %	14
Future mobility	10	20,8 %	2	4,2 %	8	Digital Solutions	6	15,0 %	5	12,5 %	1	Summe	91	100 %	100	100 %	53 (53 %)
Social development and changing values	2	4,2 %	1	2,1 %	1	Shipping Operations & Transport Framework	3	7,5 %	4	10,0 %	1						
Globalisation of the economy	4	8,3 %	1	2,1 %	3	Ownership	1	2,5 %	1	2,5 %	0						
Sustainability	5	10,4 %	2	4,2 %	3	Supply chain	3	7,5 %	5	12,5 %	2						
Sharing Economy	1	2,1 %	1	2,1 %	0	Summe	40	100 %	40	100 %	18 (45 %)						
Entrepreneurship	1	2,1 %	17	35,4 %	16												
Summe	48	100 %	48	100 %	40 (83 %)												

Legende:
Fakt. = Faktoren
Gew. = Gewichtung in Relation zur Gesamtzahl der Faktoren

Blickt man auf die Ergebnisse der Ermittlung von **Schlüsselfaktoren**, so fällt das Resultat der Untersuchung kritischer aus: Die Abweichungen in den Fallstudien Automobilindustrie und Marinesektor liegen, wie in Tabelle 4 dargestellt, deutlich über 60%.

Tabelle 4: Schlüsselfaktoren der Fallstudien: Ergebnisvergleich Experten vs. ChatGPT

Automobilindustrie (2019)						Marinesektor (2021)						Maschinenbau (2022/23)					
Einflussbereiche	Schlüsselfaktoren					Einflussbereiche	Schlüsselfaktoren					Einflussbereiche	Schlüsselfaktoren				
	Experten		ChatGPT		Abweichung		Experten		ChatGPT		Abweichung		Experten		ChatGPT		Abweichung
	Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.			Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.			Anzahl Fakt.	Gew.	Anzahl Fakt.	Gew.	
Big Data	5	20,0 %	4	16,0 %	1	Society & Culture	1	4,8 %	1	4,8 %	0	Society	4	9,3 %	5	11,6 %	1
Digitalization	6	24,0 %	6	24,0 %	0	Politics & Regulations	1	4,8 %	2	9,5 %	1	Technology	11	25,6 %	10	23,3 %	1
Dynamic of ecosystem	1	4,0 %	2	8,0 %	1	Economy & Market Development	2	9,5 %	5	23,8 %	3	Economy	5	11,6 %	7	16,3 %	2
Energy efficiency	0	0 %	1	4,0 %	1	Ecology & Environment	3	14,3 %	6	28,6 %	3	Environment	8	18,6 %	10	23,3 %	2
Energy supply	0	0 %	0	0 %	0	Propulsion, Energy & Fuel	6	28,6 %	2	9,5 %	4	Politics	6	14,0 %	5	11,6 %	1
Progress/developments in materials science	1	4,0 %	1	4,0 %	0	Customer & Customer Needs	1	4,8 %	0	0 %	1	Industry	9	20,9 %	6	14,0 %	3
Future mobility	15	20,0 %	2	8,0 %	3	Digital Solutions	3	14,3 %	2	9,5 %	1	Summe	43	100 %	43	100 %	10 (23,3 %)
Social development and changing values	0	0 %	0	0 %	0	Shipping Operations & Transport Framework	2	9,5 %	2	9,5 %	0						
Globalisation of the economy	3	12,0 %	0	0 %	3	Ownership	1	4,8 %	0	0 %	1						
Sustainability	2	8,0 %	1	4,0 %	1	Supply chain	1	4,8 %	1	4,8 %	0						
Sharing Economy	1	4,0 %	0	0 %	1	Summe	21	100 %	21	100 %	14 (66,7 %)						
Entrepreneurship	1	4,0 %	8	32,0 %	7												
Summe	25	100 %	25	100 %	18 (72 %)												

Legende:
Fakt. = Faktoren
Gew. = Gewichtung in Relation zur Gesamtzahl der Faktoren

Betrachtet man abschließend die gesamte Untersuchung zur Szenariofeld-Analyse, lassen sich verschiedene Effekte hinsichtlich Qualität und Quantität der identifizierten Faktoren erkennen. Als Beispiel sei hier die Strukturierung des Einflussbereichs Entrepreneurship im Szenario Automobilindustrie (2019) zu nennen (Bild 6).

Zu berücksichtigen ist dabei vor allem, dass ChatGPT etablierte methodische Ansätze der Schlüsselfaktorenbildung aufgrund von technischen Limitationen (noch) nicht nutzen kann und daher die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse nur bedingt eingeräumt wird.

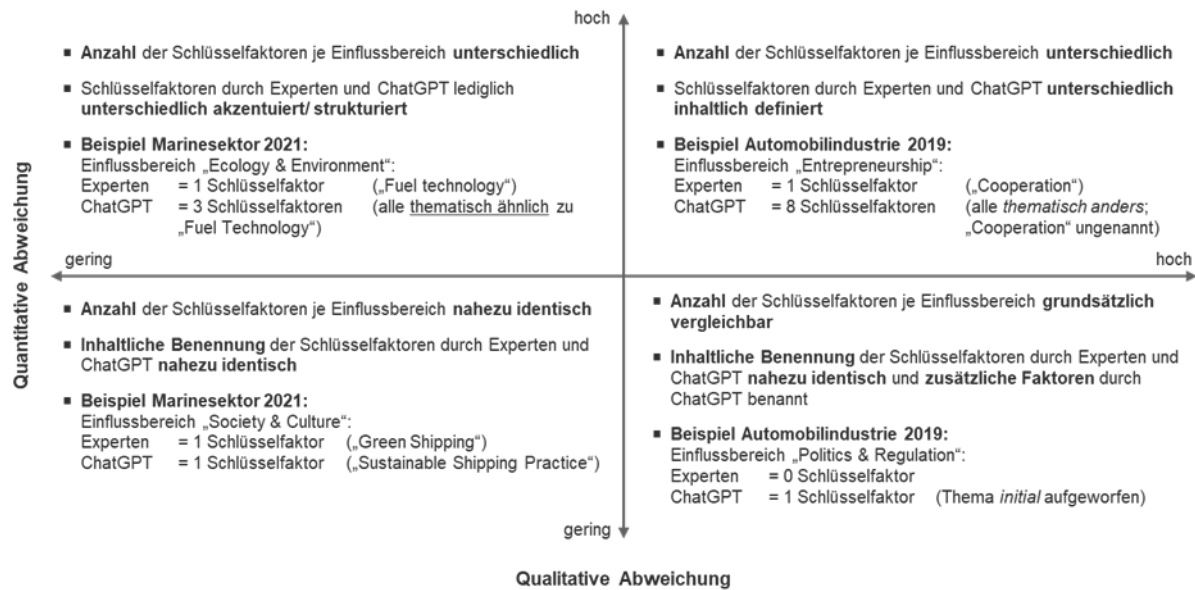


Bild 6: Abweichungen zwischen den von Experten und der KI identifizierten Einflussfaktoren

3.3 Prozessschrittanalyse II: Beschreibung der Projektionen

Projektionen beschreiben, wie sich Schlüsselfaktoren zukünftig entwickeln können. Sie sind das Kernelement eines jeden Szenario-Projekts. Von der Güte der Projektionen hängen später die „Aussagekraft und Qualität der Szenarien und damit letztlich der Erfolg des gesamten Szenario-Projekts ab“ [GP14, S.55]. In der Praxis ist die Projektionsbildung zeit-, arbeits- und wissensintensiv, weshalb hier untersucht werden soll, inwieweit ChatGPT den Prozess unterstützen kann.

3.3.1 Methodologie und Datenerhebung

Einen Schlüsselfaktor anhand von zwei trennscharfen Dimensionen zu beschreiben und die Dimensionen in ihren Extremen auszuformulieren gilt als bewährtes Mittel für die Bildung prägnanter Projektionen. So lässt sich der Schlüsselfaktor *Attitude towards food* beispielsweise anhand der zwei Dimensionen *Food type* (= *natural* vs. *artificial*) und *Eating purpose* (= *pleasure* vs. *satiation*) aufspannen. Bei der Suche nach solchen Dimensionen gibt es kein Richtig oder Falsch. Die entstehenden Projektionen sollten allerdings immer im Kontext des jeweiligen Szenario-Projekts und dessen Zielsetzung stehen. Die Suche nach passenden Dimensionen im Projektteam ist ein wichtiger Vorgang, der die Auseinandersetzung mit der Zukunft katalysiert. ChatGPT sollte nach Meinung der Autoren folglich nicht dafür genutzt werden, ungeleitet und ohne klare Struktur Projektionen zu erstellen. Allerdings kann die KI bei der Diskussion potenzieller Dimensionen unterstützen. ChatGPT wurde deshalb zunächst angewiesen, für jeweils einen Schlüsselfaktor aus jedem der drei verwendeten Fallbeispiele sechs zueinander trennscharfe Dimensionen inklusive Extremausprägungen zu generieren (Beispiel vgl. Bild 7).

Die Qualität der Ergebnisse wurde im Anschluss wie folgt analysiert: Zunächst wurde überprüft, ob alle vorgeschlagenen Dimensionen trennscharf sind. Das heißt konkret: Dimension A

In den folgenden Spalten der Tabelle 5 (Vorschlag 1 bis 6) ist die Bewertung der Unabhängigkeit der Dimensionsvorschläge von ChatGPT durch Szenario-Experten zu entnehmen. Fallbeispiel 1 und 3 weisen hier mit je 13 Punkten recht hohe Werte bei der Trennschärfe auf. Lediglich zwei Kombinationen an Dimensionen wurden als abhängig voneinander bewertet. Fallbeispiel 2 ist mit nur 8 Punkten bewertet. Daraus lässt sich schließen, dass nicht alle von ChatGPT vorgeschlagenen Dimensionen zwangsläufig trennscharf sind, obwohl dies im Prompt als Bedingung genannt wurde. Trennschärfe ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung für diesen Prozessschritt [Gau12, S. 20ff.].

In Szenario-Projekten ist die Erarbeitung der Dimensionen ein wichtiger Kreativprozess. Die Auswahl und die Ausprägungen der Dimensionen durch die Extreme führt zur Meinungsbildung. Diese Meinungsbildung ist für das gemeinsame Verständnis im Projekt unabdingbar. Die Ergebnisse zeigen, dass ChatGPT relevante Dimensionsvorschläge für diese Diskussion ausgeben kann. Diese Vorschläge könnten als Diskussionsgrundlage im Kreativprozess zu einer Beschleunigung führen. Allerdings bedarf es weiterhin einer qualitativen Diskussion im Szenario-Team, insbesondere zur Sicherstellung der Achsenunabhängigkeit. Auch müssen bei der Achsendiskussion im Team stets die Zielsetzung und der Zweck des Gesamtprojekts im Fokus bleiben. Mit einer solchen Integration von ChatGPT in den Prozess hat die KI die Rolle des Inspirators, während die Projektmitglieder weiterhin die Experten- und Entscheiderrolle ausfüllen.

Darüber hinaus wurden aus dem Erfahrungswissen der Autoren heraus die textuellen Beschreibungen der von ChatGPT erzeugten Projektionen bewertet: Die Untersuchung zeigt, dass unter klarer Vorgabe des Quadranten und der dazugehörigen Definition der Dimensionsausprägung von ChatGPT sehr gute Vorschläge zu erwarten sind. Das ist nicht überraschend – unterstreichen die Ergebnisse doch die Grundidee von ChatGPT als KI mit sprach- und textbasiertem Fokus. Die Vorschläge könnten in einem Szenario-Team als Ausgangsbasis für weitere Verfeinerungen erhalten und mit eigenen Schwerpunkten akzentuiert werden.

Übrigens: Gute Projektionen glänzen immer durch prägnante Inhalte, eine lebendige Sprache und klare Storylines. Als Sprachmodell hat ChatGPT hier echte Stärken, die objektiv allerdings schwer zu messen sind und deshalb nicht explizit untersucht wurden. Gibt man der KI allerdings die gewählten Dimensionen und ihre Extremausprägungen vor, so liefert sie sehr passable Textvorschläge zu einzelnen Projektionen. Die Autoren haben dies stichpunktartig getestet², die Ergebnisse jedoch nicht systematisch quantifiziert. Subjektiv ist aber festzuhalten: Die Resultate dienen sehr gut als Inspirationsquelle und können nicht zuletzt als Moderationsleitfaden oder Strukturgerüst eine wertvolle Hilfestellung in Workshops zur Projektionserstellung darstellen.

² Beispielaufgabe an ChatGPT für den Schlüsselfaktor Attitude towards food: „Beschreibe eine Welt, in der Nahrung künstlich ist und Menschen eine hedonistische Einstellung gegenüber ihrer Nahrung haben.“

3.4 Prozessschrittanalyse III: Bewertung der Projektionen in der Konsistenzmatrix

Die paarweise Bewertung der **Konsistenzen** aller erstellten Projektionen in einer Konsistenzmatrix (vgl. Bild 8) stellt in jedem Szenario-Projekt eine immense Herausforderung für die beteiligten Experten dar: Die Notwendigkeit einer sorgfältigen inhaltlichen Bewertung in Kombination mit der großen Anzahl an vorzunehmenden Bewertungen kann zu einem zeitlichen und qualitativen *Bottleneck* werden. Wurden beispielsweise in einem Projekt 15 Schlüsselfaktoren definiert und hat jeder Schlüsselfaktor vier Projektionen, so sind Zelle für Zelle 1.560 Einzelbewertungen vorzunehmen. Gemäß der zitierten Regeln für die Anwendung der Szenario-Technik erfolgt das idealerweise nach dem Vier-Augen-Prinzip. Ein sehr intensiver und anstrengender Vorgang!

3.4.1 Methodologie und Datenerhebung

Um herauszufinden, inwieweit ChatGPT bei diesem Prozessschritt unterstützen kann, wurde wie folgt vorgegangen: Die Autoren haben aus den drei Fallstudien jeweils die finale Konsistenzmatrix herangezogen. Aus jeder der drei Projekt-Matrizen wurden jeweils drei Schlüsselfaktoren mit je drei bzw. vier Projektionen ausgewählt, so dass insgesamt 3x3 Bewertungswürfel mit jeweils 4x4 bzw. 3x4 Einträgen als Datenbasis zur Verfügung standen.

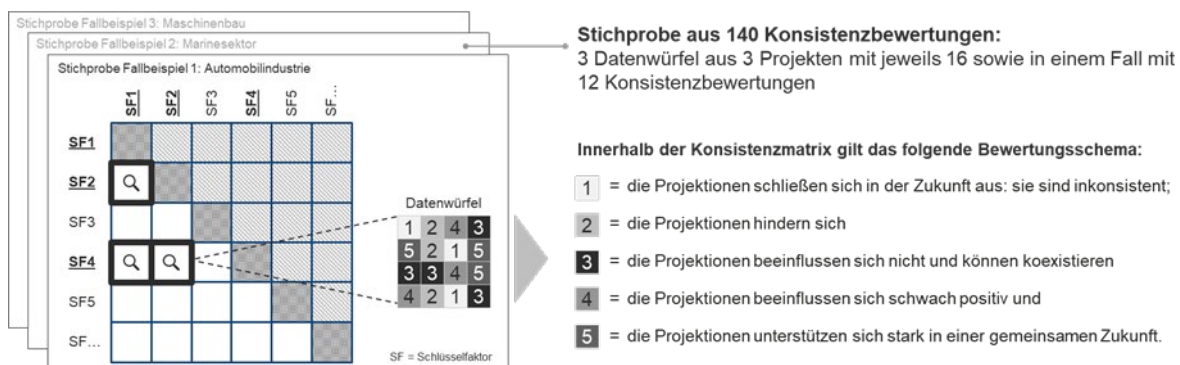


Bild 8: Auswahl der Bewertungswürfel und Bewertungsschema der Konsistenzmatrix

Bei der Auswahl der Bewertungswürfel wurde Wert daraufgelegt, dass diese in sich eine möglichst heterogene Bewertung aufwiesen. Wobei der Bewertung mit einer 1 eine besondere Rolle zukommt: Im Zuge der Szenario-Bildung mithilfe einer **Szenario-Software** werden auf Basis der erstellten Konsistenzmatrix alle möglichen Kombinationen der Projektionen als Projektionsbündel ermittelt. Ein Projektionsbündel enthält dabei alle bewerteten Schlüsselfaktoren und daraus jeweils eine Projektion. Enthält ein Projektionsbündel eine Inkonsistenz, also Bewertungen mit einer 1, wird das Bündel nicht weiter berücksichtigt. Die Berechnung stoppt bei jeder 1 und startet von neuem, bis alle möglichen, konsistenten Projektionsbündel identifiziert sind.

Um die Bewertungswürfel für den Vergleich mittels ChatGPT zu generieren, wurden der KI zunächst die betrachteten Schlüsselfaktoren, deren Definitionen sowie die jeweils vier zugehörigen Projektionsbeschreibungen als Langtext bereitgestellt. Unter Angabe des in Bild 8 dargestellten Bewertungsschemas hatte ChatGPT anschließend die Aufgabe, die Projektionen in einer Matrix miteinander zu vergleichen. Die Aufgabe wurde für jeden Bewertungswürfel drei

Mal wiederholt. Im Anschluss wurde der Mittelwert für jeden Zelleneintrag im Bewertungswürfel berechnet. Dieses Ergebnis stellt den Referenzbewertungswürfel für den Vergleich mit den realen Fallbeispieldaten dar.

Zuletzt wurden die neun Bewertungswürfel aus den realen Projekten mit den zugehörigen Mittelwert-Bewertungswürfeln aus ChatGPT verglichen. Hierzu wurden vier konkrete Untersuchungen pro Bewertungswürfel vorgenommen:

- 1) Zunächst wurde die reine Differenz zwischen den Bewertungen aus dem Fallbeispiel zu dem Zelleneintrag von ChatGPT ermittelt. Je höher der Betrag ist, desto weiter sind die Bewertungen voneinander entfernt. Positive Zahlen weisen darauf hin, dass ChatGPT niedriger bewertet hat, negative Zahlen sprechen für eine höhere Bewertung.
- 2) Im zweiten Schritt wurde untersucht, an welchen Stellen durch die Differenz zwischen den Bewertungswürfeln ein Logiksprung entstanden ist. Beispielweise ändert ein Sprung von einer 4 auf eine 5 die Stärke des positiven Einflusses zweier Projektionen. Ein Sprung von einer 2 auf eine 3 ändert jedoch das grundlegende Verhältnis der zwei verglichenen Projektionen. Um herauszufinden, an welchen Stellen leichte oder starke Logiksprünge durch die KI-Bewertung im Vergleich zu den Expertenergebnissen entstanden sind, wurden alle Permutationen der möglichen Bewertungen von Fallstudie zu ChatGPT durchgespielt, mit einer Wertung versehen und den Bewertungswürfeln zugeordnet. Von einem leichten Logiksprung wird gesprochen, wenn zwei Bewertungen einer Zelle von einer Inkonsistenz (1 oder 2) in eine Neutralität (3), oder von einer Neutralität (3) in eine Konsistenz (4 oder 5) springen – oder eben andersherum. Ein starker Logiksprung liegt vor, wenn die unterschiedlichen Bewertungen in einem Fall von einer Konsistenz (4 oder 5) und in dem anderen Fall von einer Inkonsistenz (1 oder 2) ausgehen.
- 3) **Starke Logiksprünge inhaltlich bewerten.** Den an den realen Projekten beteiligten Experten wurden die tatsächlichen Konsistenzbewertungen sowie die neuen ChatGPT-Bewertungen zur Einschätzung vorgelegt.
- 4) **Setzung der 1er untersuchen.** Wie oben beschrieben führt eine 1 in der Software zu einem Abbruch und ist deshalb mit Bedacht zu setzen. Wieder wurden alle Bewertungen der zueinander gehörenden Zellen miteinander verglichen, um drei unterschiedliche Fälle zu identifizieren:
 - „unverändert“ = ChatGPT verändert den Clusterlauf nicht (beide Zellen haben eine „1“ oder beide keine „1“)
 - „Aufhebung“ = ChatGPT hebt Abbruch auf (in der Fallstudie wurde die Zelle mit „1“ bewertet, nicht jedoch durch ChatGPT)
 - „Neusetzung“ = ChatGPT setzt vorher nicht vorhandenen Abbruch (in der Fallstudie wurde die Zelle mit einer Zahl ungleich „1“ bewertet, die ChatGPT-Ergebnisse zeigen jedoch eine „1“).

3.4.2 Konsistenzmatrix: Deskriptive und qualitative Ergebnisse

Die Auswertung der **Logiksprünge** (Tabelle 6) zeigt, dass in jedem Fallbeispiel alle drei Kategorien an Logiksprüngen („keine“, „leichte“ und „starke“) zwischen den Expertenbewertungen

und den Ergebnissen von ChatGPT vorkommen. Dabei sind zwischen 19% und 69% der Bewertungen so ähnlich, dass sich die grundlegende Annahme, wie konsistent Projektionen zueinander sind, durch die Bewertung von ChatGPT nicht geändert hat.

Tabelle 6: Vergleich der Konsistenzmatrizen von Experten vs. ChatGPT-4: Logiksprünge und Einflüsse auf den Clusterlauf

Fallbeispiel 1: Automobilindustrie (2019)								
		Datenwürfel 1		Datenwürfel 2		Datenwürfel 3		Ø
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
		Logiksprünge	Keine	7	44%	3	19%	
Leichte	5		31%	10	63%	9	56%	50%
Starke	4		25%	3	19%	1	6%	17%
Clusterlauf	Anzahl "1"er	0	0%	0	0%	0	0%	0%
	unverändert	14	88%	15	94%	16	100%	94%
	Aufhebung	0	0%	0	0%	-	0%	0%
	Neusetzung	2	13%	1	6%	-	0%	6%

Fallbeispiel 2: Marinesektor (2021)								
		Datenwürfel 1		Datenwürfel 2		Datenwürfel 3		Ø
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
		Logiksprünge	Keine	8	57%	11	69%	
Leichte	2		14%	4	25%	3	25%	21%
Starke	2		14%	1	6%	5	42%	21%
Clusterlauf	Anzahl "1"er	2	13%	3	19%	3	25%	19%
	unverändert	13	93%	13	81%	9	75%	83%
	Aufhebung	2	14%	2	13%	3	25%	17%
	Neusetzung	1	7%	1	6%	0	0%	4%

Fallbeispiel 3: Maschinenbau (2022/23)								
		Datenwürfel 1		Datenwürfel 2		Datenwürfel 3		Ø
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
		Logiksprünge	Keine	6	38%	7	44%	
Leichte	7		44%	6	38%	7	44%	42%
Starke	3		19%	3	19%	3	19%	19%
Clusterlauf	Anzahl "1"er	0	0%	0	0%	1	6%	2%
	unverändert	15	94%	15	94%	14	88%	92%
	Aufhebung	0	0%	0	0%	0	0%	0%
	Neusetzung	1	6%	1	6%	2	13%	8%

Die Auswertung zeigt auch, dass zwischen 14% und 63% der Ergebnisse so voneinander abweichen, dass sie einen leichten Logiksprung hinsichtlich der Konsistenz der Projektionen bedeuten, wenn man mit den Ergebnissen von ChatGPT anstatt mit denen der Experten arbeiten würde. Darüber hinaus würde die Verwendung der ChatGPT-Ergebnisse zwischen 6% und 42% zu starken Logiksprüngen führen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die generierten ChatGPT-Ergebnisse zu einem Großteil sehr ähnlich zu den Expertenergebnissen sind („keine“ und „leichte“ Logiksprünge), aber dennoch abweichen. Zudem zeigen sie mindestens immer eine Abweichung im Bewertungswürfel, deren Bewertung der Konsistenz stark voneinander abweicht. Die Ergebnisse durch ChatGPT fallen somit eindeutig anders aus als solche, die durch Experten generiert wurden. Dabei ist beim Vergleich der Fallbeispiele festzustellen, dass der Anteil an Veränderungen in den einzelnen Bereichen der Logiksprünge stark unterschiedlich ausfallen kann.

Die Experten aus den Fallbeispielen haben die Abweichungen „Starke Logiksprünge“ analysiert und sind zu folgenden Erkenntnissen gelangt: Schaut man sich alle Ergebnisse (Tabelle 7) der Expertenbewertungen über die drei Fallbeispiele an, ist festzustellen, dass die Experten zu einem Großteil (75%; 63%; 67%) bei ihren originären Einschätzungen aus den Projekten bleiben. Zudem würden die Experten unter Zuhilfenahme der Einschätzung von ChatGPT hin und wieder ihre Einschätzung ändern. Dabei würden Sie entweder die Ergebnisse von ChatGPT komplett übernehmen (0%; 13%; 22%) oder aber auch einen komplett neuen Wert auswählen (25%; 25%; 11%) und somit ihre einstige Einschätzung anpassen.

Tabelle 7: Expertenbewertung der starken Logiksprünge [BDW = Bewertungswürfel]

	Fallbeispiel 1: Automobilindustrie (2019)				Fallbeispiel 2: Marinesektor (2021)				Fallbeispiel 3: Maschinenbau (2022/23)			
	BDW 1 Anzahl	BDW2 Anzahl	BDW 3 Anzahl	Ø	BDW 1 Anzahl	BDW 2 Anzahl	BDW 3 Anzahl	Ø	BDW 1 Anzahl	BDW 2 Anzahl	BDW 3 Anzahl	Ø
Starke Logiksprünge	4	3	1	17%	2	1	5	21%	3	3	3	19%
- Bewertungen abgelehnt	3	2	1	75%	2	0	3	63%	2,5	1,5	2	67%
- Bewertungen übernommen	0	0	0	0%	0	1	0	13%	0,5	0,5	1	22%
- Bewertungen teilw. unterstützt	1	1	0	25%	0	0	2	25%	0	1	0	11%

Diese Einschätzungen zeigen, dass die KI den Bewertungsprozess nicht komplett ersetzen kann. Die generative KI nimmt hier eher die Rolle einer weiteren Person im Raum ein, welche eine zusätzliche Perspektive mitbringt. Diese kann dann – wie die Perspektive jeder echten Person – mitdiskutiert werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen: Die KI hat ein generalistisches Bild und bewertet auf dieser Basis. Dies kann bei einem Team, das eher aus Experten mit Tiefenwissen besteht, helfen, Top-Level-Themen zu diskutieren. Jedoch werden durch ChatGPT keine Schwerpunkte gesetzt. Jede mitgegebene Information im Prompt ist gleichwertig. Die Schwerpunktsetzung bei der Entscheidung der Konsistenz sollte somit durch die Experten diskutiert werden. Dies zeigt sich auch in der Reflektion der „starken Logiksprünge“. Somit kann sichergestellt werden, dass der Blickwinkel der Organisation beibehalten wird. Die KI nähme in einem solchen Zusammenarbeitsmodell die Rolle eines Sparringpartners ein. Die zusätzlichen Diskussionen, die durch eine solche Rolle entstehen würden, bedeuten jedoch definitiv keine Zeitersparnis, sondern eher einen höheren Zeitaufwand zugunsten eines ggf. genaueren Bildes der Konsistenzen. Für die zukünftige Forschung wäre es spannend, herauszufinden, wie hoch die Distanz der KI zu dem Endergebnis im Vergleich zu den realen Projektmitgliedern ist.

Tabelle 6 zeigt bei der **Setzung der „1“** ein etwas anderes Muster im Vergleich zu den Logiksprüngen. Mit einem Anteil von 83% bis 94% im Durchschnitt blieb die Bewertung durch ChatGPT hinsichtlich der Setzung der „1“ unverändert. Dies führt dazu, dass der Clusterlauf durch die Verwendung der durch die KI generierten Ergebnisse in diesem Bereich nicht verändert würde. Zu einem Großteil ist dieses Bild damit zu begründen, dass es nur vier von neun Bewertungswürfeln gibt, in denen von den Experten überhaupt mindestens eine „1“ gesetzt wurde. Insbesondere im Fallbeispiel 2 wurden von den Experten viele „1“er gesetzt. Die Auswertung zeigt, dass auch nur in diesem Fallbeispiel im Schnitt 17% der „1“er durch die Ergebnisse von ChatGPT aufgehoben würden. In Fallbeispiel 1 und 3 sind, insbesondere aufgrund der wenigen „1“er, keine Aufhebungen zu finden. Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass die Neusetzungen der „1“ durch ChatGPT in Fallbeispiel 2 im Durchschnitt am wenigsten stattgefunden hat (4%). Etwas höhere Werte erreichen hier die Fallbeispiele 1 und 3 mit 8% bzw. 6%. Dies bedeutet, dass eine Verwendung der Ergebnisse von ChatGPT den Clusterlauf beeinflussen würde. Es gäbe mehr Abbrüche und somit mehr aussortierte Ergebnisse. Der Unterschied in dem Bereich „Neusetzung“ kann damit begründet werden, dass Experten in Szenario-Projekten aufgrund des oben beschriebenen Umstandes eher sorgfältig, vielleicht sogar vorsichtig, mit der Setzung einer „1“ umgehen. Die allgemein verfügbare Version von ChatGPT-4 ist nicht speziell auf den Anwendungsfall Szenario-Analyse trainiert und kann diese Kausalität somit nicht im Bewertungsvorgang abbilden. Die generative KI hat folglich aktuell

im Teilschritt kein Verständnis für den Gesamtprozess – und somit ebensowenig für die Implikationen der Entscheidungen aus den Teilschritten für die Folgeschritte.

4 Diskussion

Wenn es darum geht, den Vergleich von Methoden wissenschaftlich zu bewerten, gibt es verschiedene relevante Gütekriterien. Im Folgenden werden einige der in der Studie verwendeten Gütekriterien – Ökonomie, Reliabilität und Objektivität, Sensitivität, Validität und Spezifität – herangezogen, um die gestellten Forschungsfragen zu beantworten.

4.1 Beantwortung der Forschungsfragen und Managementimplikation

Die **Forschungsfrage 1** – in welchen Prozessschritten ist ChatGPT im Szenario-Technik-Prozess wirtschaftlich einsetzbar – lässt sich anhand des Gütekriteriums **Ökonomie** beantworten. In der vorliegenden Analyse wird aufgezeigt, wie effektiv und effizient ChatGPT ist, um gewünschte Ergebnisse zu erzielen. Positiv bewerten lässt sich dieses Gütekriterium für den KI-Einsatz bei der Identifikation von Einflussfaktoren. In kürzester Zeit erstellt ChatGPT Einflussfaktorlisten inklusive Definitionen und ergänzt selbst über Jahre hinweg gepflegte Wissens- und Einflussfaktordatenbanken. Die KI kann somit als digitaler Unterstützer der Research genutzt werden. Die Erstellung einer validen Einflussfaktorenliste dauert mindestens zwei Personentage. Darin enthalten sind eine erste Sammlung von Faktoren mittels Desk Research sowie ein Sparring mit Experten aus unterschiedlichen Bereichen. Mit einem adäquaten Prompt liefert ChatGPT dieses Ergebnis innerhalb von wenigen Minuten. Dann soll das Ergebnis einem Review unterzogen werden. Insgesamt lässt sich der Zeitaufwand gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen auf einen Personentag halbieren. Allerdings liefert ChatGPT keine verwertbaren Quellen für die entsprechenden Listen und kann auch nicht aufzeigen, welche Einflussfaktoren aus welchen Gründen ausgeschlossen wurden. Im Fall der Konsistenzmatrix würde der Prozess durch Konsultation der KI sogar gebremst werden, wahrscheinlich aber eine höhere Ergebnisqualität erzielen. Zudem ist festzuhalten, dass ChatGPT sehr häufig gestartete Prozesse plötzlich abbricht und nicht immer dazu angeleitet werden kann, diese weiterzuführen.

Die Beantwortung der **Forschungsfrage 2** – wie qualitativ hochwertig ist die Leistungsfähigkeit von ChatGPT im Kontext Szenario-Technik – fällt mit Blick auf die Kriterien **Reliabilität** und **Objektivität** deutlich verhaltener aus: Die KI führt bei wiederholter Anwendung nicht zu ähnlichen Ergebnissen, wie die beschriebenen Test-Retest-Methoden zeigen. Auch dann nicht, wenn das Sprachmodell auf unterschiedliche Ergebnisse hingewiesen wurde und Versuche unternommen wurden, dafür im Dialog Erläuterungen zu erhalten. Damit ist auch das Gütekriterium der **Sensitivität** zu verwerfen. Dies gilt beispielsweise bei der Aufgabe zur Bildung von Schlüsselfaktoren. ChatGPT kann zwar die entsprechenden praxiserprobten Methoden benennen und auch ansatzweise ausführen, werden jedoch entsprechende Testverfahren wie Kontrollbedingungen oder Vergleichsmethoden eingesetzt, treten sowohl quantitativ als auch qualitativ deutliche Unterschiede auf. Sowohl die Anzahl der gebildeten Schlüsselfaktoren als auch die inhaltliche Herleitung sowie deren Benennung weisen zum Teil erhebliche Abweichungen auf.

Forschungsfrage 3 – welche Implikationen haben die Ergebnisse der Studie auf den praktischen Einsatz – muss vor allem mit Blick auf die Kriterien **Reliabilität, Objektivität, Validität und Spezifität** differenziert beantwortet werden. Der Ergebnis-Vergleich von ChatGPT mit den erneut überprüften Expertenmeinungen aus den drei Fallstudien zeigt kein einheitliches Bild. Die Ergebnisse der KI weichen teilweise erheblich von den Experten ab; Muster der Abweichung sind nicht erkennbar.

Der Einsatz der aktuellen Version von ChatGPT muss gezielt geschehen und Erkenntnisse im Bereich Prompt-Engineering müssen berücksichtigt werden. Auf jeden Fall ist auf Basis dieser Analyse zu empfehlen, die Ergebnisse der KI systematisch anhand von geeigneten Testverfahren zu überprüfen. Wenn diese Prämissen beachtet werden, kann ChatGPT grundsätzlich als Inspirator oder zusätzlicher Experte in einem Projekt bei ausgesuchten Aufgaben eingesetzt werden. Wirkungsvoll ist die KI etwa beim Ergänzen von Einflussfaktorenlisten, beim ersten Vorschlagen von Dimensionen für Projektionen oder beim Ausformulieren erster Projektionsbeschreibungen bei vorgegebenen Dimensionen. Die Untersuchung zeigt jedoch deutlich, dass Ergebnisse immer von Experten überprüft werden müssen – auch bei vergleichsweise einfachen Aufgaben. Allerdings bestehen hier zwei konkrete Risiken im Praxiseinsatz:

- Bequemlichkeit oder Ermüdung führen zu mangelnder Reflektion: Die von der KI generierten Ergebnisse werden einfach übernommen und vom Projektteam nicht hinterfragt. Das Projektteam führt keine aktive Diskussion mehr über die Zukunft – dabei ist genau das wichtig und ein wesentlicher Teil des Gesamtprozesses. Wird dieser elementare Prozess übersprungen oder vernachlässigt, verpasst das Projektteam die Chance, für sich und das Unternehmen eine klare Positionierung zu erarbeiten.
- Misstrauen gegenüber der KI führt zu fehlender Akzeptanz im Management: Das Not-invented-here-Symptom taucht erst in späteren Phasen des Szenario-Prozesses auf, z. B. beim Ausrollen einer unter Zuhilfenahme von KI entwickelten Strategie.

Zahlreiche wirtschaftlich aufwendige Anwendungsschritte im Szenario-Technik-Prozess können von der aktuell verfügbaren Version von ChatGPT nicht unterstützt werden. Damit ist eine vollständige Automatisierung der Szenario-Technik heute noch nicht realisierbar. Als Sprachmodell ausgelegt kann die generative KI zwar Methoden, wie beispielsweise eine Konsistenzmatrix, beschreiben oder erklären, sie jedoch nicht vollständig umsetzen. Diese in zahlreichen Projekten bewährte Methode der Szenario-Technik ist jedoch wichtig, und führt auch beim Umgehen der aktuellen technischen Einschränkungen des Sprachmodells nicht zu zielführenden Ergebnissen.

Die konkreten gegenwärtigen Anwendungsbereiche von ChatGPT basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchung sind in Bild 9 zusammengefasst:

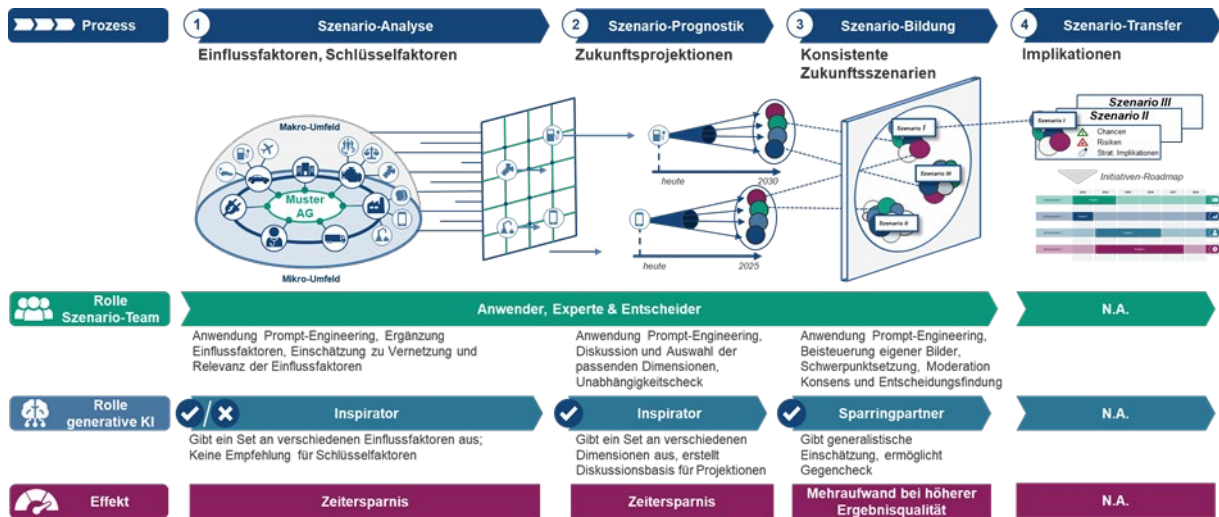


Bild 9: Ergebnismodell eines KI-unterstützten Szenario-Technik-Prozesses

Dem Modellprozess ist zu entnehmen, dass die Experten- und Entscheiderrolle nach wie vor im Szenario-Team liegen muss. Zusätzlich bedarf es nun auch – neben der Methodenkompetenz im Bereich Vorausschau – Nutzerkompetenzen, wie im Prompt-Engineering, um generative KI zielgerichtet anwenden zu können. Unter solchen Umständen kann die generative KI als Inspirator und Sparringpartner in den Teilprozessschritten fungieren. Sie kann somit Zeit sparen oder durch intensivere Diskussionen die Ergebnisqualität erhöhen.

4.2 Limitationen und Forschungsausblick

Abschließend sollen die **Limitationen** dieser Studie thematisiert werden. Als sprachbasierte Anwendung bietet ChatGPT die Möglichkeit zu dialogischem Austausch und zur gezielten Nutzung für ausgewählte Aufgabenstellungen im Szenario-Prozess. Dabei ist die verwendete Version der generativen KI in den verschiedenen Phasen ihrer Entstehung und den dabei eingesetzten Verfahren des selbstüberwachten, überwachten bzw. verstärkenden Lernens nicht speziell auf Szenarien hin trainiert worden. Als wesentliches Hemmnis der Überprüfbarkeit der Ergebnisse des Sprachmodells ist zudem das sog. Blackbox-Phänomen generativer KI zu benennen.

Zahlreiche offene Fragestellungen verbleiben für Unternehmen in Kooperation mit der Forschung auf dem Weg zu einer *echten KI-unterstützten Beratung*: Methodenakzeptanz, Überprüfbarkeit der Resultate, Sicherheitsaspekte, Haftung für Ergebnisse, Aufwand für die Korrektur falscher oder irrelevanter Ergebnisse, Datenschutz insbesondere im Kontext Strategieentwicklung, etc. Zu klären sind zudem ethische Fragen beim Einsatz und in der Zusammenarbeit zwischen Experten und ChatGPT sowie bei der gezielten KI-Weiterentwicklung in diesem Einsatzbereich. Darüber hinaus wäre es für die weiterführende Forschung interessant zu analysieren, ob generative KI in bestimmten Bereichen der Szenario-Technik qualitativ bessere Ergebnisse liefert, als in anderen. Daneben könnten die Ergebnisse dieses Artikels nochmal um die Perspektive des Szenario-Transfers ergänzt werden, um die Frage zu beantworten, welche Rolle und Ergebnisse generative KI in diesem letzten Prozessschritt einnehmen und liefern kann. Diese Fragen gilt es zu beantworten, um ChatGPT in künftigen Versionen speziell für die

Anwendung in der strategischen Vorausschau mit Szenario-Technik zu trainieren. Bis nennenswerte Fortschritte in diesen Bereichen erzielt werden, bleibt die Erkenntnis: *“Ultimately the product must come from – and be expressed by – the wonderful computer in your heads”* [Tho23, S.313].

Literatur

- [Bit23] BITCOM E.V. (2023): ChatGPT & Co.: Jedes sechste Unternehmen plant KI-Einsatz zur Textgenerierung, Presseinformation, 11.04.2023, www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/ChatGPT-Jedes-sechste-Unternehmen-plant-KI-Einsatz-Textgenerierung, abgerufen: 03.05.23.
- [Gau12] GAUSEMEIER, J. (2012): Zukunftsszenarien in der Retrospektive – Was bringt die Szenario-Technik tatsächlich?, OPPORTUNITY – Fakten für Entscheider, Büren, 2012.
- [GP14] GAUSEMEIER, J., PLASS, C. (2014): Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung: Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Aufl., München, 2014.
- [HDR22] HOMER-DIXON, T., RENN, O., ROCKSTRÖM, J., DONGES, J., JANZWOOD, S. (2022): A call for an international research program on the risk of a global polycrisis, Version 2.0. Cascade Institute, <https://cascadeinstitute.org/technical-paper/a-call-for-an-international-research-program-on-the-risk-of-a-global-polycrisis>, abgerufen: 03.05.23.
- [JH23] JUNGWIRTH, D., HALUZA, D. (2023): AI-Based Scenario Generation for Future Planning: An Explorative Study Using GPT-3, In: Journal of Current Trends in Computer Science Research, Vol. 2, Issue 2, S. 57-67, www.opastpublishers.com/open-access-articles/aibased-scenario-generation-for-future-planning-an-exploratory-study-using-gpt3.pdf, abgerufen: 03.05.23.
- [KD22] KÖDDING, P., DUMITRESCU, R. (2022): Szenariotechnik mit digitalen Technologien. In: Hartmann, E.A. (Hrsg.): Digitalisierung souverän gestalten II: Handlungsspielräume in digitalen Wertschöpfungsnetzwerken, Berlin, 2022, S. 120-135.
- [PM23] POLAK, M., MORGAN, D. (2023): Extracting Accurate Materials Data from Research Papers with Conversational Language Models and Prompt Engineering - Example of ChatGPT. ArXiv abs/2303.05352, <https://arxiv.org/pdf/2303.05352.pdf>, abgerufen: 03.05.23.
- [RBR23] RIGBY, D., BILODEAU, B., RONAN, K. (2023): Management Tools & Trends 2023, Bain & Company, www.bain.com/insights/management-tools-and-trends-2023, abgerufen: 11.04.23.
- [RN18] RADFORD, A., NARASIMHAN, K., SALIMANS, T., & SUTSKEVER, I. (2018): Improving language understanding by generative pre-training. <https://www.mikecaptain.com/resources/pdf/GPT-1.pdf>, abgerufen: 11.07.23.
- [SR23] SPANIOL, M.J., ROWLAND, N.J. (2023): AI-assisted scenario generation for strategic planning. In: Futures and Foresight Science, e148, <https://doi.org/10.1002/ffo2.148>, abgerufen: 11.04.23.
- [Tho23] THORB, H.H. (2023): ChatGPT is fun, but not an author. In: Science, Vol. 379, Issue 6630, S. 313, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adg7879>, abgerufen: 11.04.23.
- [ZWH23] ZAMFIRESCU-PEREIRA, J.; WONG, R., HARTMANN, B., ET AL. (2023). Why Johnny can't prompt: how non-AI experts try (and fail) to design LLM prompts. In: Proceedings of the 2023 CHI conference on human factors in computing systems (CHI'23).

Autoren

Dr. Dominik Fischer ist Head of Strategy-to-Market und damit bei der UNITY AG standortübergreifend für die Themen Vorausschau, Strategie und Geschäftsmodelle verantwortlich. Seit 2010 hat er in diesen Bereichen über 100 Projekte zum Erfolg geführt. Neben mittelständischen Unternehmen sind DAX-Konzerne seine Kunden. Projekteinsätze führten ihn ins europäische Ausland sowie nach Brasilien, China, Israel, Jordanien und Singapur. Mit einem Stipendium

der Konrad-Adenauer-Stiftung studierte er International Business an der Universität Paderborn sowie an der Ewha University in Seoul, Südkorea. Er promovierte an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit einer Arbeit zur Strategie der Daimler-Benz AG.

Dr. Verena Joachim ist Teamleiterin und Managerin in den Themenfeldern Innovationsmanagement und Digital Customer Experience bei der UNITY AG in Büren. In diesen Beratungsschwerpunkten greift sie auf ihre Erfahrungen aus verschiedenen Branchen, u. a. Maschinen- und Anlagenbau, Handel, Healthcare und Verwaltung, zurück. Sie ist zudem Gastdozentin für Neuproduktentwicklung an der Universität Kassel sowie für Strategisches Innovationsmanagement am MCI in Innsbruck. Sie promovierte an der Universität Kassel im Bereich Technologie- und Innovationsmanagement sowie Entrepreneurship.

Sigurd Tranaes ist Senior Berater bei der UNITY AG in Köln und verfügt über mehr als fünf Jahre Beratungserfahrung. Bei UNITY ist er mitverantwortlich für den Kompetenzbereich Foresight. Er arbeitet mit Start-ups, mittelständischen Unternehmen und globalen Konzernen aus verschiedenen Branchen in Zentraleuropa und Skandinavien sowie in China. Sigurd Tranaes studierte International Business an der Munich Business School und der Plekhanov Russian University of Economics sowie International Political Economy an der Universität Groningen.

MBS Prof. Dr. Hans H. Jung lehrt Internationales Marketing an der Munich Business School und verantwortet als Principal der UNITY AG in München den Beratungsschwerpunkt „Digital Customer Experience“. Er ist seit mehr als 25 Jahren als Manager und Berater für über 120 Unternehmen im In- und Ausland tätig. Zu seinen Kunden zählen namhafte marktführende Unternehmen, u. a. aus den Branchen Automobil, Energie, Konsumgüter, Maschinen- und Anlagenbau und Prozessindustrie.

Session VI

Auf dem Weg zur effizienten Patent Intelligence: Automatisierte Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit von Patenten

Joe Waterstraat, M.Sc.

Dr. Nils Denter

Prof. Dr. Martin G. Möhrle

Universität Bremen

Enrique-Schmidt-Str. 1, 28359 Bremen

Tel. +49 (0) 421-21866800

*E-Mail: {joe.waterstraat/nils.denter}@innovation.uni-bremen.de;
moehrle@uni-bremen.de*

Zusammenfassung

In vielen Unternehmen stellt die Bewertung von Patenten eine zentrale Aufgabe dar, die über die rein rechtliche Dimension hinausgehend strategische Bedeutung hat. Dabei sind – national wie international – zum einen die Patente der Wettbewerber zu untersuchen, zum anderen aber auch die Patente der Zulieferer. Die Bewertung verursacht hohen Aufwand, wenn sie manuell durchgeführt werden muss. Automatisierte Verfahren bedeuten hier einen wichtigen Fortschritt, sofern sie mit Validität zumindest wichtige Teilaspekte der Bewertung übernehmen können.

Neben verschiedenen Aspekten wie Schutzzumfang, Erfindungshöhe oder Produktbezug sollte auch die Neuheit eines Patentbesitzes beurteilt werden, insbesondere die Neuheit, die ein Patent aus wissenschaftlicher Sicht aufweist. Diese Neuheit kann als Indikator für die Bedeutung und Reichweite einer Erfindung betrachtet werden. In diesem Beitrag wird eine automatisierte Bewertungsmethode für die wissenschaftlich fundierte Neuheit eines Patentbesitzes vorgestellt.

Die Methode baut auf bestehenden Methoden der Ähnlichkeitsmessung von Patenten auf, die dabei helfen, solche Themen zu identifizieren, die innerhalb eines Jahres neu aufgetaucht sind. Sie ergänzt bestehende Methoden durch einen semantischen Filter, der die als neu identifizierten Themen auf solche fokussiert, die einen Bezug zur Wissenschaft haben. Dieser Bezug wird mittels eines auf das zu untersuchende Technologiefeld abgestimmten wissenschaftlich-technischen Wörterbuchs operationalisiert. Als Testfeld für die Methode wird die Robotik gewählt, da sie durch eine besondere Technologiedynamik charakterisiert ist.

Im Ergebnis bildet unsere Methode eine neue und automatisierbare Möglichkeit der Patentbewertung, die neben dem ausgewählten Technologiefeld durch sorgfältige Adaption auch auf andere Technologiefelder übertragbar ist. Sie bildet damit den nächsten Schritt auf dem steinigen Weg zu einer effizienten Patent Intelligence.

Schlüsselworte

Patentanalyse, Patentbewertung, Robotik, Indikator, semantische Analyse

Towards efficient patent intelligence: Automated evaluation of science-driven novelty of patents

Abstract

In many companies the evaluation of patents is a central task that has strategic significance beyond the purely legal dimension. On the one hand, the patents of competitors have to be examined - both nationally and internationally - and on the other hand, the patents of suppliers. The evaluation causes high effort if it has to be carried out manually. Automated methods represent an important step forward in this respect, provided that they can take over at least important aspects of the evaluation with validity.

In addition to various aspects such as scope of protection, inventive step or product reference, the novelty of a patent should also be assessed, in particular the novelty that a patent exhibits from a scientific point of view. This novelty can be considered as an indicator of the importance and scope of an invention. This article presents an automated evaluation method for the science-driven novelty of a patent.

The method builds on existing patent similarity measurement methods that help identify such topics that have emerged within a year. It complements existing methods with a semantic filter that focuses the topics identified as new on those that have a relation to science. This reference is operationalized by means of a scientific technical dictionary adapted to the technology field under investigation. Robotics is chosen as the testbed for the method because it is characterized by a particular technology dynamic.

As a result, our method forms a new and automatable possibility of patent evaluation, which is transferable to other technology fields besides the selected technology field by careful adaptation. It thus represents the next step on the rocky road to efficient patent intelligence.

Keywords

patent analysis, patent evaluation, robotics, indicator, semantic analysis

1 Einleitung

Das Management von Patenten bildet eine essenzielle Fähigkeit für viele Unternehmen und andere Organisationen, um sich im Wettbewerb behaupten zu können. Es umfasst zahlreiche Dimensionen, welche in Form des 7D Reifegradmodells zum Patentmanagement dargestellt werden können [MWW18]. Die fünf Basisdimensionen des Patentmanagements mit dem 7D Reifegradmodell sind das „Portfolio“, die „Generierung“, die „Durchsetzung“, die „Verwertung“ und die „Intelligence“. Die Dimension „Portfolio“ ist der Mittelpunkt des Modells und beinhaltet das Patentportfolio und den strategischen Fokus des Patentmanagements eines Unternehmens [Wus18]. Die Dimension „Generierung“ umfasst die Fähigkeiten eines Unternehmens zur Erzeugung des Patentportfolios. Die Dimension „Verwertung“ beschreibt die potenzielle Nutzung des unternehmenseigenen Patentportfolios über die rechtliche Dimension hinaus, z. B. zu Zwecken der Kapitalsicherung, Kommerzialisierung, des Marketings sowie der Wertsteigerung. Die Dimension „Durchsetzung“ beschreibt den Umgang bzw. die Einforderung der mit dem Patentportfolio einhergehenden Rechte. Die Dimension „Intelligence“, welche besondere Relevanz für diesen Aufsatz aufweist, beschreibt, wie patentbezogene Informationen genutzt werden können, um unternehmensrelevante Entscheidungen zu treffen.

Um solche unternehmensrelevanten Entscheidungen treffen zu können, ist die Bewertung von Patenten für viele Unternehmen ein wichtiges Anliegen, unter anderem zur Überwachung nationaler und internationaler Wettbewerber und zur Identifikation von technologischen Trends und neuen Technologien. So kann z. B. die Bewertung der Klarheit von Patenten zur Überprüfung der unternehmenseigenen Schutzrechte und der Sicherstellung der Freedom-to-operate in neuen Technologiefeldern genutzt werden [Ash22].

Neben verschiedenen Aspekten wie der bereits angesprochenen Klarheit ist die Neuheit, insbesondere die wissenschaftlich fundierte Neuheit, von besonderem Interesse [VBV16], [FS04]. Sie kann genutzt werden, um potenzielle Sprunginnovationen zu erkennen und Implikationen für die Entscheidungen eines Unternehmens abzuleiten. Es gibt bereits einige Ansätze zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit von Patenten, die sich auf die Zitation von Nichtpatentliteratur sowie auf die Analyse von Patentklassen und deren (neuen) Kombinationen stützen [VBV16], [SL15], [KCJ+16]. Allerdings haben bisher bekannte Ansätze den Nachteil eines hohen Zeitverzugs, da sie erst ab der Erteilung eines Patentbesitzes (und nicht schon bei seiner Offenlegung) zuverlässig funktionieren.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wird in diesem Beitrag eine neuartige Operationalisierung der wissenschaftlich fundierten Neuheit vorgestellt. Sie hat folgende Kernidee: Es wird einem Patent dann wissenschaftlich fundierte Neuheit attestiert, wenn es wissenschaftliche Konzepte beinhaltet, welche zuvor nicht in dem Technologiefeld eingesetzt worden sind, in welchem das Patent angesiedelt ist.

Im Folgenden wird die Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit in Patenten im Grundsatz vorgestellt (Kapitel 2). Anschließend wird sie auf das Technologiefeld der Robotik angewendet, welches sich durch eine hohe Dynamik und damit einen hohen Bewer-

tungsbedarf auszeichnet (Kapitel 3). Für dieses Fallbeispiel wird der Effekt der wissenschaftlich fundierten Neuheit auf Vorwärtszitationen ermittelt, um ein Indiz für die Wertigkeit des Indikators zu erhalten (Kapitel 4). Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst.

2 Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit in Patenten

Die in diesem Beitrag vorgestellte Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit in Patenten wird in einer dreistufigen semantischen Patentanalyse durchgeführt. Dabei werden die bibliographischen Informationen der Patente, wie z. B. Referenzen oder Patentklassen, nicht berücksichtigt. Stattdessen werden die Informationen in den weniger strukturierten, textbasierten Teilen eines Patents in die Analyse miteinbezogen. Dazu zählen u. a. die Kurzzusammenfassung, die Beschreibung und die Patentansprüche. Die drei Schritte der Methode (vgl. Bild 1) werden im Folgenden dargestellt.

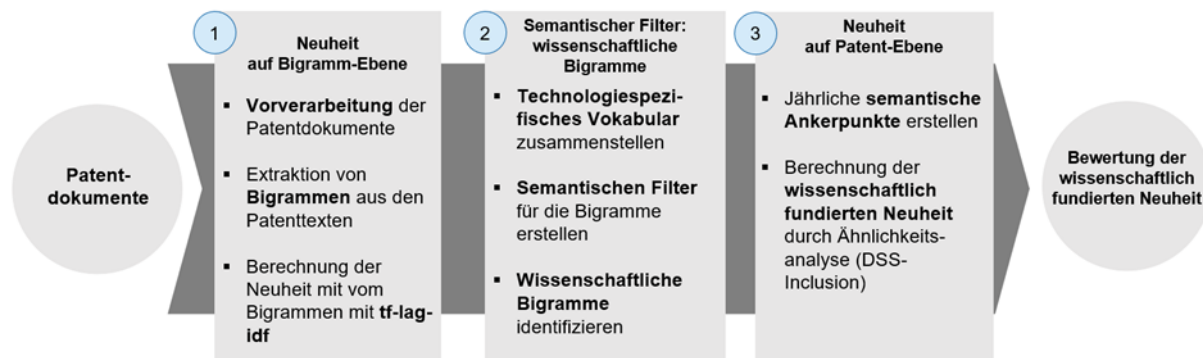


Bild 1: Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit in drei Schritten

Ausgangspunkt für die Ermittlung der wissenschaftlich fundierten Neuheit ist die Erhebung einer Datenbasis. Sie enthält Patente (sowohl erteilte als auch erst offengelegte), die dem spezifischem Technologiefeld, welches auf wissenschaftliche Neuheit hin untersucht werden soll, zugehörig sind. Mit dieser Datenbasis als Ausgangspunkt werden drei Analyseschritte durchgeführt: (i) die Berechnung der Neuheit auf Bigramm-Ebene, (ii) die Reduktion auf wissenschaftliche Bigramme mittels eines semantischen Filters (Wörterbuchs), (iii) die Berechnung der Neuheit auf der Patentebene.

Im ersten Schritt werden aus Patenten Textbestandteile mit digitalen Hilfsmitteln selektiv extrahiert, vorverarbeitet und gefiltert. Als Repräsentation der in diesen Textbestandteilen enthaltenen Konzepte werden Bigramme, also Begriffskombinationen bestehend aus zwei Wörtern, generiert. Mit dem Neuheitsmaß $tf-lag-idf$ wird die Neuheit jedes Bigramms in Bezug auf alle in der Datenmenge enthaltenen Anmeldejahre der Patente berechnet.

Anschließend wird im zweiten Schritt ein semantischer Filter aufgestellt. Er wird in Form eines Wörterbuchs umgesetzt, welches aus wissenschaftlichen Begriffen aus dem zu untersuchenden Technologiefeld besteht. Mit diesem Wörterbuch werden wissenschaftliche Bigramme aus der Gesamtmenge der Bigramme identifiziert. Diese Identifikation ist jener Schritt, in welchem die wissenschaftliche Dimension spezifiziert wird.

Im dritten Schritt werden die wissenschaftlichen Bigramme eingesetzt, um semantische Ankerpunkte für jedes Anmeldejahr zu erstellen. Durch eine Ähnlichkeitsanalyse werden alle wissenschaftlichen Bigramme eines Patents mit dem Ankerpunkt des jeweiligen Anmeldejahres des Patents verglichen. Das Ergebnis dieses Vergleichs ist eine quantitative Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit jedes untersuchten Patentes.

Diese drei Schritte werden in den folgenden Abschnitten detaillierter beschrieben.

2.1 Neuheit auf Bigramm-Ebene

Um aus den zu untersuchenden Patenten Bigramme zu generieren, werden diese vorverarbeitet und gefiltert. Die wichtigsten Informationen eines Patents befinden sich in der Kurzzusammenfassung und den Patentansprüchen [Pas17], [FIK07], [YK11], daher werden diese in die Analyse miteinbezogen. Zusätzlich werden weiteren Empfehlungen folgend auch die Titel der Patente verarbeitet [Pas17], [Bla07], [PNL+13], [MWG+05]. Aus den in diesen Bestandteilen enthaltenen Texten werden Zahlen, Interpunktion und Symbole entfernt. Zudem wird ein Stoppwortfilter zur Eliminierung von häufigen Stoppwörtern der englischen Sprache und allgemeinen patentspezifischen Begriffen eingesetzt. Außerdem werden Wörter mit einem Lemmatizer zu ihrer Grundform umgeformt.

Auf diesen Vorverarbeitungsprozess folgt die Generierung der Bigramme mit der Fenstergröße 4. Die Fenstergröße gibt vor, wie weit zwei Wörter in einem Dokument maximal auseinander liegen, um ein Bigramm zu bilden. Um die Neuheit der Bigramme eines Anmeldejahres zu berechnen, wird der *tf-lag-idf*-Wert [MWG18] herangezogen und für jedes Bigramms errechnet:

Gleichung 1: tf-lag-idf-Wert nach [MWG18]

$$tf\text{-lag-idf}_{ij} = tf_{ij} \times idf_{ij-1} = tf_{ij} \times \log\left(\frac{S_{j-1}}{df_{ij-1}}\right)$$

Das Neuheitsmaß *tf-lag-idf* setzt die Termfrequenz *tf* eines Bigramms *i* im Jahr *j* ins Verhältnis zur inversen Dokumentenfrequenz *idf* des gleichen Bigramms im Vorjahr *j-1* [MWG18]. Die Termfrequenz beschreibt, wie oft ein Bigramm in der Gesamtmenge der Patenttexte eines Jahres vorhanden ist. Die Dokumentenfrequenz beschreibt, in wie vielen Patenten eines Jahres ein Bigramm auftaucht. Die inverse Dokumentenfrequenz *idf* wird somit größer, wenn ein Bigramm in nur wenigen Dokumenten vorhanden ist. Daraus resultierend wird der *tf-lag-idf* Wert größer, wenn ein Bigramm *i* häufig in den Patenten eines Jahres *j* vorhanden ist und nur in wenigen Dokumenten des Vorjahres *j-1* enthalten ist. Diese Berechnung erfolgt für die Bigramme jedes Anmeldejahres, abzüglich des ersten im Datensatz enthaltenen Jahres. Somit können die wissenschaftlichen Bigramme mit der größten Neuheit für jedes Anmeldejahr ermittelt werden.

2.2 Von der allgemeinen zur wissenschaftlich fundierten Neuheit

Im ersten Schritt wird für jedes Bigramm ein Neuheitsmaß berechnet. Diese Neuheit kann unterschiedliche Ursachen haben, z. B. die Verwendung bisher unüblicher Bauteile oder die Erschließung neuer Anwendungsfelder. Besonders interessant sind Patente, wenn die Neuheit durch eine wissenschaftliche Fundierung herrührt. Daher werden die Bigramme auf solche reduziert, die mindestens einen wissenschaftlichen Begriff enthalten. Dazu bedarf es eines semantischen Filters, dessen Kriterien entscheiden, welche Wörter im Kontext des untersuchten Technologiefelds als wissenschaftlicher Begriffe eingeordnet werden. Der semantische Filter stellt somit eine Positivliste für die Generierung der Bigramme dar. Die Erstellung dieses Filters erfolgt manuell und muss auf das Technologiefeld abgestimmt werden. Der Filter wird üblicherweise in Form eines Wörterbuchs ausgeführt, welches das zu untersuchende Technologiefeld möglichst umfänglich mit wissenschaftlichen und technischen Begriffen abbildet und dabei keine allzu allgemeinen oder anwendungsorientierten Begriffe enthält.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das folgende systematische Vorgehen entwickelt. Zuerst werden Quellen, die ein umfangreiches Vokabular an potenziell für das Technologiefeld relevanten Begriffen enthalten, zusammengetragen. Bei diesen Quellen kann es sich z. B. um Wörterbücher, Wikipedia-Einträge oder Glossare bis hin zu Schlagwörtern wissenschaftlicher Veröffentlichungen handeln. Anschließend werden die gesammelten Quellen kategorisiert. Die spezifische Kategorisierung hängt von der Art der Quellen und dem zu untersuchenden Technologiefeld ab. Die Quellen sollten nach der Relevanz der enthaltenen Begriffe für das Technologiefeld und vor allem der Wissenschaftlichkeit der Begriffe klassifiziert werden. Bei ausreichender Größe der Quellensammlung ist davon auszugehen, dass mehrere Quellen gleiche Wörter enthalten. Auch ist es wahrscheinlich, dass die Quellen, die einen hohen Anteil an wissenschaftlichen Begriffen mit Bezug zum Technologiefeld enthalten, auch allgemeine wissenschaftliche Begriffe, welche nicht im Wörterbuch eingesetzt werden sollten, beinhalten. Um diese unerwünschten Wörter aus den Quellen mit hoher Relevanz und Wissenschaftlichkeit zu eliminieren, werden die weniger relevanten und wissenschaftlichen Quellen als Negativ-Filter für die Erstellung des technologiespezifischen Vokabulars eingesetzt. Die resultierende Wörterliste beinhaltet so einen hohen Anteil an relevanten wissenschaftlichen Begriffen und kann zur Identifikation wissenschaftlicher Bigramme eingesetzt werden. Dieser Prozess ist stark abhängig von den Eigenschaften des untersuchten Technologiefelds und bedarf eines grundlegenden fachlichen Verständnisses, um die Relevanz von Begriffen einschätzen zu können.

Im Ergebnis entsteht der semantische Filter in Form eines technologiespezifischen Wörterbuchs, mit dessen Hilfe die Menge an Bigrammen auf solche reduziert werden kann, die einen aktuellen Bezug zur wissenschaftlichen Grundlage haben.

2.3 Berechnung der Neuheit auf Patentebene

Nachdem sowohl die Neuheitswerte in Form des $tf\text{-}lag\text{-}idf$ Maßes vorliegen als auch die Filtrierung nach wissenschaftlichen Begriffen durchgeführt wurde, werden im nächsten Schritt semantische Ankerpunkte erstellt. Diese semantischen Ankerpunkte bestehen aus textuellen Elementen, welche die Konzepte eines Technologiegebiets abbilden [Pas17], [MP16]. In dieser Methode sind dies die aus den Patenten generierten wissenschaftlichen Bigramme. Für jedes

Anmeldejahr, ausgenommen das Erste, wird ein Ankerpunkt erstellt, der aus dessen wissenschaftlichen Bigrammen besteht. Früheren Arbeiten zur Berechnung der Neuheit von Patenten mit Ankerpunkten folgend wird der Umfang der Ankerpunkte auf die durchschnittliche Anzahl unterschiedlicher, einzigartiger Bigramme in den Patenten eines Jahres festgelegt [KEW+21], [Pas17]. Dadurch wird erreicht, dass der Ankerpunkt groß genug ist, um alle relevanten Bigramme zu enthalten. Die absolute Anzahl der Patente in einem Anmeldejahr ist dabei für das Endergebnis unerheblich, entscheidend ist, dass das zu untersuchende Technologiefeld umfangreich durch die Patentmenge abgebildet wird. Das Kriterium zur Aufnahme von Bigrammen in den so festgelegten Umfang eines Ankerpunkts ist der $tf\text{-}lag\text{-}idf$ -Wert der Bigramme.

Die Bigramme mit den höchsten $tf\text{-}lag\text{-}idf$ -Werten eines Jahres und demnach mit der höchsten Neuheit werden in den jeweiligen Ankerpunkt aufgenommen. Somit werden in den Ankerpunkte die wissenschaftlichen Konzepte mit der höchsten Neuheit innerhalb jeweils eines Jahres repräsentiert.

Um aus diesen semantischen Ankerpunkten die wissenschaftlich fundierte Neuheit auf Patentebene zu berechnen, wird eine Ähnlichkeitsanalyse zwischen den Patenten aus dem untersuchten Technologiefeld und den Ankerpunkten durchgeführt. Dazu werden der Titel, die Kurzzusammenfassung und die Patentansprüche eines Patents extrahiert [Pas17]. Die Texte aus diesen Bestandteilen werden mit den gleichen Filtern wie zuvor vorverarbeitet, und aus den gefilterten Texten werden erneut Bigramme mit der Fenstergröße 4 gebildet. Anschließend werden jeweils alle wissenschaftlichen Bigramme eines Patents auf Ähnlichkeit zum semantischen Ankerpunkt des entsprechenden Anmeldejahres des Patents hin analysiert.

Die Ähnlichkeit, welche hier quantifiziert werden soll, ist eine textuelle Ähnlichkeit zwischen den semantischen Ankerpunkte und den Patenten. Dazu wird auf Empfehlungen zurückgegriffen, wie die Ähnlichkeit zwischen Patenten geeignet berechnet werden kann [Moe10], [MG12]. Zwei Patente können als ähnlich angesehen werden, wenn sie eine hohe Anzahl gemeinsamer textueller Elemente aufweisen [Moe10]. Diese Methode wird vom Vergleich von zwei Patenten auf den Vergleich von Patenten mit Ankerpunkten übertragen.

Zur Ähnlichkeitsmessung müssen eine Art der Variablenmessung und ein Ähnlichkeitskoeffizient ausgewählt werden. Da analysiert werden soll, wie viel von einem Ankerpunkt in einem Patent enthalten ist, wird ein Inclusion-Koeffizient eingesetzt [Moe10]. Die Ähnlichkeitsmessung mit Inclusion ("Einschluss") ist eine Methode, um festzustellen, in welchem Ausmaß die Bigramme eines Dokumentes in einem anderen Dokument enthalten sind. In unsere Methode wird Double single-sided (DSS) Inclusion als Ähnlichkeitskoeffizient gewählt, der diese Betrachtung von zwei Seiten vornimmt. Er gilt als besonders robust, wenn die untersuchten Patente und Ankerpunkte größere Unterschiede hinsichtlich der enthaltenen Bigramme beinhalten [MP16], [Moe10].

Im DSS-Inclusion werden zunächst zwei Werte berechnet, jeweils einer für Dokument i und Dokument j . In jedem Wert wird festgehalten, wie groß der Anteil der Bigramme in dem einen Dokument ist, welche identisch mit Bigrammen in dem anderen Dokument sind, dies wird in den Variablen $c_{i(j)}$ und $c_{j(i)}$ abgelegt. Sodann werden beide Werte auf die Größe der Dokumente (enthalten in den Variablen c_i und c_j) bezogen, und es wird der größere Quotient ausgewählt. Dieser Koeffizient wird mittels folgender Formel berechnet [MG12].

Gleichung 2: *DSS-Inclusion nach [MG12]*

$$DSS-Inclusion = \max\left(\frac{c_{i(j)}}{c_i}; \frac{c_{j(i)}}{c_j}\right)$$

Um die benötigten Variablen c_i , c_j , $c_{i(j)}$ und $c_{j(i)}$ zu erheben, wird der Empfehlung von KRONE-MEYER ET AL. (2021) folgend die complete linkage Variablenmessung eingesetzt [KEW+21]. Demnach werden alle Bigramme eines Patents, auch mehrfache identische Bigramme, in die Berechnung miteinbezogen [Moe10]. Die Formel erreicht ihr Maximum von 1, wenn alle Bigramme eines Patents im Vergleichsobjekt - den Ankerpunkten - enthalten sind. Der minimale Wert dieser Formel liegt bei 0. Diese Ähnlichkeitsberechnung wird für jedes Patent mit dem semantischen Ankerpunkt des Anmeldejahrs durchgeführt. So wird jedem Patent ein Ähnlichkeitskoeffizient zwischen 0 und 1 zugewiesen. Dieser Koeffizient ist das Ergebnis der Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit auf Patentebene. Jedes Patent, das einen Wert über 0 zugewiesen bekommt, beinhaltet wissenschaftlich fundierte Neuheit. Mit diesem Ergebnis ist die Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit für jedes Patent abgeschlossen.

3 Anwendung der Methode auf das Technologiefeld Robotik

Die vorgestellte Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit wird auf US-Patente aus dem Technologiefeld der Robotik angewandt. Die Wahl dieses Technologiefeldes hatte drei Gründe. Erstens weist es eine hohe Dynamik auf; es handelt sich um eine typische Schlüsseltechnologie mit wachsendem Anwendungspotenzial. Zweitens resultiert daraus ein hoher Bewertungsbedarf sowohl in Organisationen der Branche als auch in Organisationen in Anwendungsfeldern, um die Entwicklung der Robotik adäquat abschätzen zu können. Drittens ergab sich durch eine Beauftragung die Möglichkeit, die gewonnenen Ergebnisse auch inhaltlich abschätzen zu können.

Im Folgenden werden zunächst die Patentdaten erhoben und die Wörterbücher zusammengestellt. Sodann wird die Methode durchgeführt, und es werden die wissenschaftlich fundierte Neuheit berechnet sowie weitergehend interpretiert. Dabei wird auch die Robustheit der Methode diskutiert, indem der Einfluss des semantischen Filters (des technologiespezifischen Wörterbuchs) auf das Endergebnis getestet wird.

3.1 Erhebung der Patentdaten

Die Methode wird hier auf US-Patente angewandt, und dementsprechend werden die Patente aus der öffentlichen Datenbank des amerikanischen Patentamts (USPTO) extrahiert. Dazu ist eine Patentrecherche und damit einhergehend ein Suchstring nötig, mit welchem eine möglichst große Menge an relevanten Patenten angesprochen wird. Der Zeitraum der Patentsuche wird durch das Anmeldedatum auf die Zeit ab dem 1. Januar 1976 bis zum 31. Dezember 2021 beschränkt, und es werden ausschließlich Patenterteilungen betrachtet. Nach umfangreichen Stichprobentests zur Bestimmung der Recherchequalität von verschiedenen Suchstrings wird in Anlehnung an QIU UND WANG im Titel, in der Kurzzusammenfassung und in den Patentansprüchen nach dem Begriff "robot" gesucht [QW20].

Die Datenbasis enthält 25.180 Patente, die sich zeitlich unterschiedlich verteilen (vgl. Bild 2). In den ersten zehn enthaltenen Anmeldejahren sind vergleichsweise wenige Patente angemeldet worden. Mit 23.956 Patenten befinden sich ca. 95 % der zwischen 1976 und 2021 erteilten Robotik-Patente im Zeitraum ab 1988. Um sicherzustellen, dass ausreichend Daten zur Erstellung der semantischen Ankerpunkte vorhanden sind, werden die Daten auf den Zeitraum zwischen 1988 und 2021 eingeschränkt.

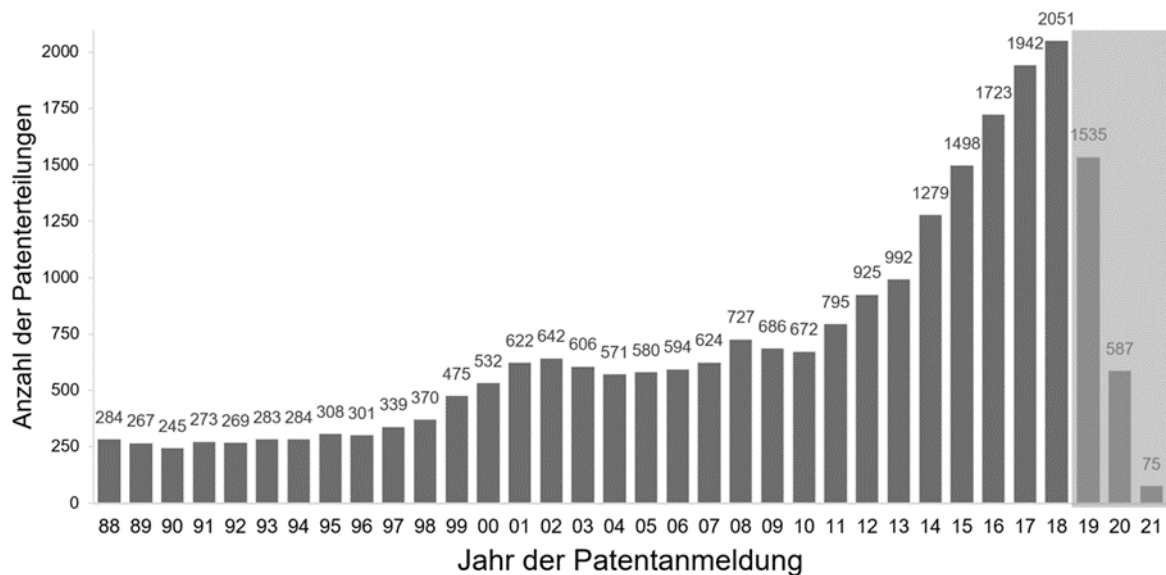


Bild 2: Zeitlicher Verlauf der Patenterteilungen in der Datenbasis, sortiert nach Jahr der Patentanmeldung. Die durchschnittliche Dauer von der Anmeldung zur Erteilung eines Patents beträgt etwa drei Jahre. Daher liegen für die Jahre 2019, 2020 und 2021 die Patenterteilungen nur unvollständig vor; sie sind deshalb in der Graphik ausgegraut.

3.2 Aufbau der Robotik-Wörterbücher

Eine Grundlage unserer Methode ist es, mit Hilfe von Wörterbüchern solche Bigramme zu identifizieren, die einen Bezug zur Wissenschaft enthalten. Daher sind diese Wörterbücher entscheidend für die Ergebnisse, und es ergibt sich die Frage, inwieweit die Methode robust gegenüber unterschiedlichen Wörterbüchern ist.

Insgesamt werden drei verschiedene Wörterbücher erstellt und an Hand der Ergebnisse verglichen. Hierzu werden zunächst Quellen, welche passende wissenschaftliche Begriffe enthalten, zusammengestellt. Anschließend wird das in diesen Quellen enthaltene Vokabular kategorisiert. Als Quelle der Wörter zur Zusammenstellung der wissenschaftlichen Wörterbücher werden 16 Begriffssammlungen aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen von Oxford Reference¹ genutzt. Diese werden zunächst auf Basis ihrer Titel, Beschreibungen und der Sichtung von Stichproben in vier Kategorien eingeordnet, nämlich in „Kerndisziplinen“, „Wissenschaft mit direktem Bezug“, „Wissenschaft ohne direkten Bezug“ und „Anwendungsorientierte Be-

¹ <https://www.oxfordreference.com>

reiche“ (vgl. Bild 3 oben). Die Konstruktion der drei Wörterbücher geschieht durch Kombination der Kategorien (vgl. Bild 3 unten). In der Referenzliste werden zwei Kategorien verbunden, in Liste 1 und Liste 2 werden im Vergleich zur Referenzliste unerwünschte Begriffe aus dem Anwendungsfeld herausgefiltert.

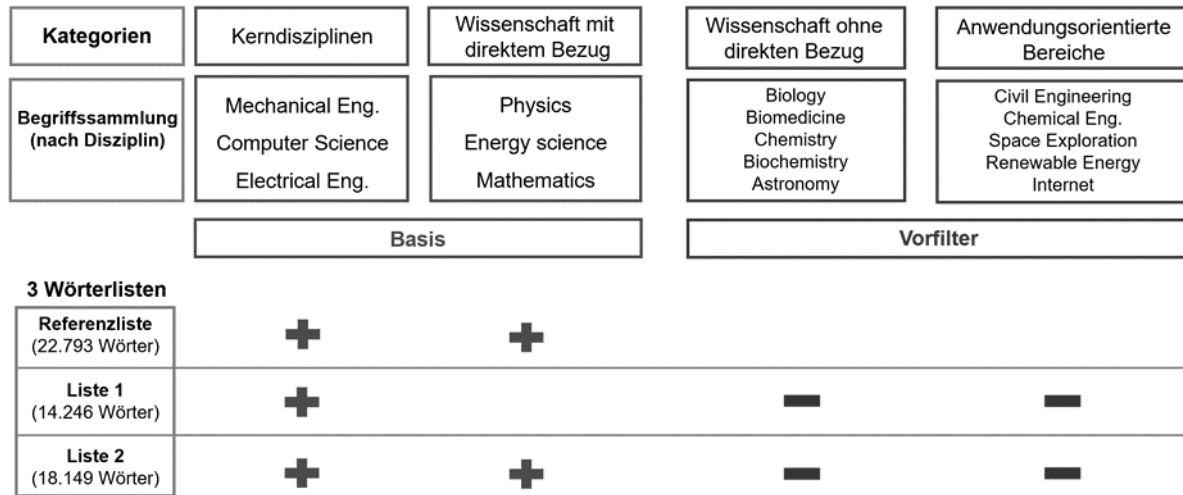


Bild 3: Klassifizierung der Quellen für das wissenschaftliche Robotik-Vokabular und die Erstellung der Wörterbücher (semantischer Filter)

Zunächst werden die Kategorien vorgestellt. (i) Die erste Kategorie „Kerndisziplinen“ beinhaltet drei Wörterbücher: electrical engineering, mechanical engineering und computer science. Diese drei Disziplinen werden als Kern der Robotik abgeleitet. (ii) In die zweite Kategorie „Wissenschaft mit direktem Bezug“ sind mit physics, energy science und mathematics weitere wissenschaftliche Disziplinen mit engem Bezug zur Robotik eingeordnet. (iii) Die dritte Kategorie „Wissenschaft ohne direkten Bezug“ besteht aus weiteren wissenschaftlichen Disziplinen, welche keinen direkten Bezug zur Robotik aufweisen. In dieser Kategorie befinden sich Wörterbücher zu den Themen biology, biomedicine, chemistry, biochemistry und astronomy. (iv) In der letzten Kategorie „Anwendungsorientierte Bereiche“ befinden sich die Wörterbücher, die eher anwendungsorientierte Themen behandeln und daher viele unerwünschte Begriffe beinhalten: civil engineering, chemical engineering, space exploration, renewable energy und Internet.

Die ersten beiden Kategorien bilden die Basis für das Robotik-spezifische Vokabular. Entsprechend besteht die „Referenzliste“ aus den in den Kategorien „Kerndisziplinen“ und „Wissenschaft mit direktem Bezug“ enthaltenen Begriffen. Die Basis der „Liste 1“ bilden die Wörterbücher der Kategorie „Kerndisziplinen“. Diese werden mit den Wörterbüchern der Kategorien „Wissenschaft ohne direkten Bezug“ sowie „Anwendungsorientierte Bereiche“ abgeglichen, und Übereinstimmungen werden aus der Liste entfernt. Die „Liste 2“ wird nach dem gleichen Verfahren erstellt, beinhaltet aber zusätzlich die Kategorie „Wissenschaft mit direktem Bezug“ als Basis. Die Referenzliste enthält 22.793 Begriffe, die Liste 1 enthält 14.246 Begriffe und die Liste 2 enthält 18.419 Begriffe.

Diese Listen bilden ihrer Zusammenstellung entsprechend Teilmengen voneinander. Die Liste 2 und die Referenzliste beinhalten insgesamt mehr strikt wissenschaftliche Begriffe, als die

Liste 1, jedoch gehören die Begriffe in Liste 1 zu einem größeren Anteil zu den Kerndisziplinen der Robotik. Alle drei Listen durchliefen analog zur Verarbeitung der Patenttexte einige zusätzliche Filter und Anpassungen: Einträge, die aus weniger als vier Zeichen bestehen, sowie Interpunktion und Zahlen werden entfernt. Leerzeichen werden durch Unterstriche ersetzt, um auch Wörterbucheinträge aus mehreren Begriffen wie z. B. "spherical_coordinate_robot" als Teil eines Bigramms zu erlauben.

3.3 Berechnung der wissenschaftlich fundierten Neuheit

Mit der Datenbasis bestehend aus den 23.956 Robotik-Patenten und den drei Wörterbüchern zur Identifikation wissenschaftlicher Bigramme konnte die Berechnung der wissenschaftlich fundierten Neuheit durchgeführt werden. Diese Berechnung wird den in der Methode vorgestellten Schritten folgend durchgeführt. Für alle Berechnungen wird die Patentanalyse-Software PatVisor®² eingesetzt. Die einzelnen Berechnungsschritte können durch entsprechende Programmierung vollständig automatisiert werden, sodass letztlich nur die Patentrecherche und der Aufbau des Wörterbuchs manuell erfolgen müssen. In einem ersten Schritt wird die durchschnittliche Anzahl der unterschiedlichen, einzigartigen Bigramme pro Patent eines Anmeldejahres berechnet. Dieser Durchschnitt bestimmt jeweils den Umfang der semantischen Ankerpunkte. Über den Untersuchungszeitraum verteilt liegt dieser bei etwa 600 einzigartigen Bigrammen pro Patent. Am geringsten ist dieser Durchschnitt im Jahr 2017 mit 541 einzigartigen Bigrammen und abgesehen vom Jahr 2021, in welchem nur eine geringe Anzahl an Patenten (75) vorliegt, ist dieser mit 673 einzigartigen Bigrammen im Jahr 1995 am höchsten. Entsprechend bestehen die Ankerpunkte in den meisten Jahren aus etwa 600 wissenschaftlichen Bigrammen.

Anschließend werden die drei Wörterbücher als Positivfilter in PatVisor® integriert und aus allen Patenten werden die wissenschaftlichen Bigramme generiert. Somit werden in der praktischen Ausführung der Neuheitsbewertung die Analyseschritte eins und zwei zeitgleich ausgeführt. Den drei Wörterbüchern entsprechend werden drei unterschiedliche Sets von wissenschaftlichen Bigrammen generiert. Daher werden alle nachfolgenden Berechnungen für jedes der drei Sets einzeln durchgeführt. Für jedes Anmeldejahr wird das Neuheitsmaß $tf\text{-}lag\text{-}idf$ aller wissenschaftlichen Bigramme berechnet. Aus den 600 wissenschaftlichen Bigrammen mit den höchsten $tf\text{-}lag\text{-}idf$ Werten eines Anmeldejahres werden die drei semantischen Ankerpunkte jedes Anmeldejahres gebildet. Zuletzt wird die wissenschaftlich fundierte Neuheit auf Patentebene bestimmt, indem die Ähnlichkeit der Ankerpunkte mit den Patenten durch den Ähnlichkeitskoeffizienten DSS-Inclusion berechnet wird. Somit erhält jedes Patent drei unterschiedliche Werte für das Ausmaß an wissenschaftlich fundierter Neuheit.

² <https://patvisor.ipmi.de/>

3.4 Analyse der wissenschaftlich fundierten Neuheit in Robotik-Patenten

Je nach Wörterbuch ist der Anteil an Patenten, der eine wissenschaftlich fundierte Neuheit aufweist, unterschiedlich, aber insgesamt hoch (Tabelle 1). Der Referenzliste nach weisen 12.423 Patente (52 %) eine wissenschaftlich fundierte Neuheit auf. Nach Liste 1 sind es ähnlich viele, nämlich 12.002 Patente (50 %). Und bei der Berechnung mit Liste 2 werden ebenfalls 12.149 Patente (51%) als wissenschaftlich fundiert markiert. Demnach weisen der Berechnung mit der Referenzliste nach die meisten Patente wissenschaftlich fundierte Neuheit auf und mit Liste 1 die wenigsten. Die Unterschiede liegen jedoch absolut betrachtet zwischen den Listen bei weniger als 2 %, so dass zunächst von einer hohen Robustheit unserer Methode auszugehen ist.

Tabelle 1: Übersicht der Robotik Patente mit wissenschaftlich fundierter Neuheit

	Referenzliste	Liste 1	Liste 2
Anzahl Patente mit wiss. fund. Neuheit	12.423	12.002	12.149
Anzahl Patente ohne wiss. fund. Neuheit	11.249	11.670	11.523
Anteil Patente mit wiss. fund. Neuheit	52,48 %	50,70 %	51,32 %

Der zeitliche Verlauf der wissenschaftlich fundierten Neuheit von 1989 bis 2020 nach den drei Berechnungen ist in Bild 4 dargestellt. Insbesondere der Zeitraum zwischen 2001 und 2018 ist verlässlich berechenbar; vorher sind nur weniger als 500 Patente pro Jahr erteilt worden, danach sind viele Patentanmeldungen der Anmeldejahre 2019 bis 2021 noch nicht erteilt worden (vgl. Bild 2).

Der Trend des Graphen zeigt einen leichten langfristigen Abfall des Anteils von Patenten mit wissenschaftlich fundierter Neuheit und lässt sich in zwei Bereiche einteilen: den Zeitraum vor 2001 und den Zeitraum ab 2001. Vor 2001 (vgl. grauer Kasten, Bild 4) zeigen die drei Verläufe deutliche Unterschiede, starke Sprünge und insgesamt relativ hohe Neuheitsanteile. Ab dem Jahr 2001 werden die Unterschiede zwischen den Verläufen deutlich geringer, und die Verläufe können als qualitativ sehr ähnlich beschrieben werden. Bis 2014 schwanken die Anteile um etwa 55 % und sinken von 2015 bis 2018 auf etwa 30 % ab. Offensichtlich führt die Steigerung bei den erteilten Patentanmeldungen, die schon ab 2011 bemerkenswert hoch ist, zu einem dichten Dickicht und gleichzeitig weniger wissenschaftlich fundierten Patenten.

Das Venn-Diagramm in Bild 5 zeigt, wie häufig Patente nach einem oder mehreren der Wörterbücher wissenschaftlich fundierte Neuheit aufweisen. Zwei Aspekte seien hervorgehoben. (i) Die Wörterbücher – so unterschiedlich sie auch sind – weisen ein hohes Maß an Übereinstimmung in den Ergebnissen auf. Sie identifizieren übereinstimmend 35 % der Patente mit wissenschaftlich fundierter Neuheit und 31 % der Patente ohne eine solche. (ii) Nur bei etwa einem Drittel der Patente unterscheiden sich die von den Wörterbüchern erzeugten Ergebnisse. Alle drei Wörterbücher erbringen etwa 15 % mehr Treffer, wobei eine hohe Überschneidung

bei den Listen 1 und 2 zu finden ist. Hieraus ergibt sich eine differenzierte Einschätzung der Robustheit, die aber immer noch als hoch einzustufen ist.

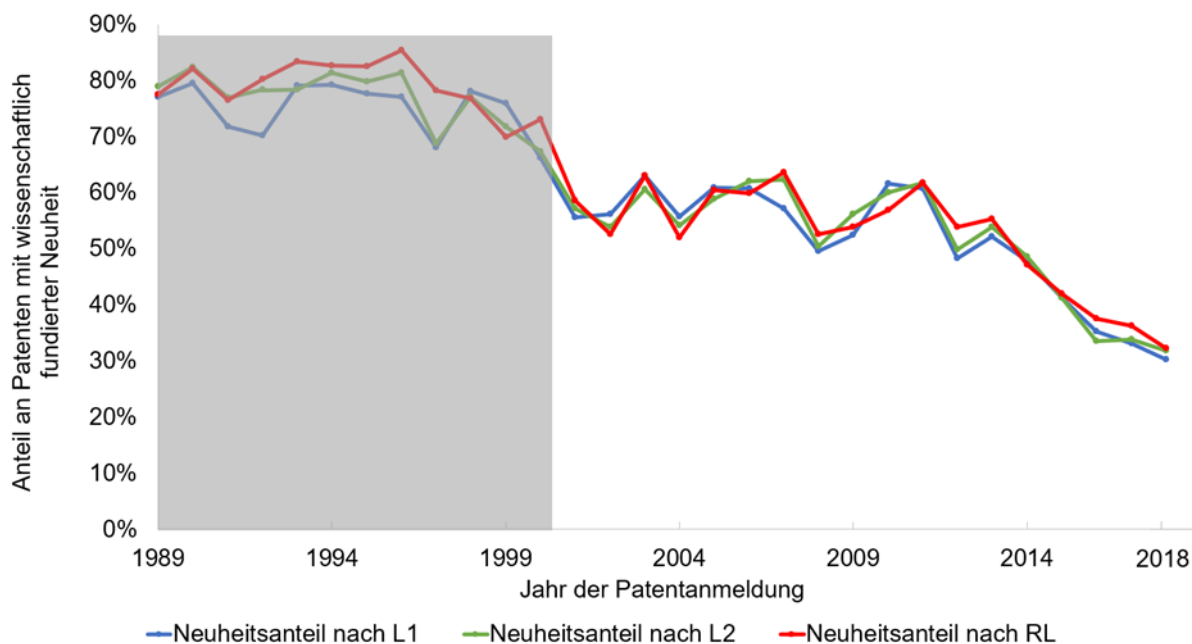


Bild 4: Zeitlicher Verlauf des Anteils von Patenten mit wissenschaftlich fundierter Neuheit an der Gesamtmenge der untersuchten Patente

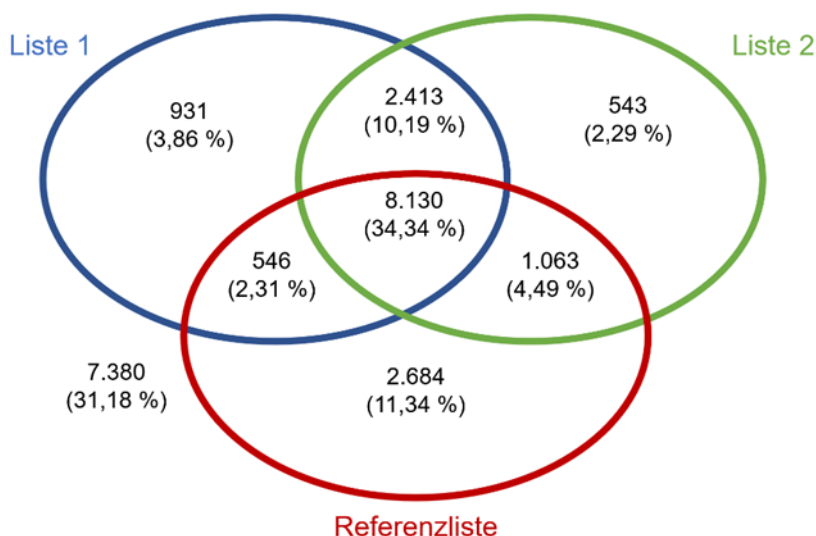


Bild 5: Venn-Diagramm: Patente mit wissenschaftlich fundierter Neuheit nach den drei Wörterbüchern

4 Effekt der wissenschaftlich fundierten Neuheit auf Vorwärtszitationen in Patentliteratur

Nach der Berechnung der wissenschaftlich fundierten Neuheit stellt sich die Frage, ob Patente mit einer solchen Neuheit wertvoller sind als andere? Zur Untersuchung dieser Frage eignet sich mit der Anzahl an Vorwärtszitationen ein Indikator, der sich auch in anderen Arbeiten

bewährt hat. Die Vorwärtszitationen eines Patentbesitzers besagt, wie oft ein Patent von anderen nachfolgenden Patenten zitiert wird. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Untersuchung der Vorwärtszitationen Rückschlüsse auf verschiedene Dimensionen des Patentwerts erlauben, u. a. den ökonomischen Wert [HNS+99], die technologische Wichtigkeit [AAN+91] und den sozialen Wert [Tra90] eines Patents.

Um den Effekt der wissenschaftlich fundierten Neuheit auf Vorwärtszitationen zu testen, eignen sich negativ-binomiale Regressionen. Bei ihnen können zudem Störgrößen kontrolliert werden, die aus den Anmeldejahren der Patente sowie deren Technologieklassen nach IPC Konkordanztabellen³ herrühren.

Die Regressionen (1) bis (3) testen den Effekt der wissenschaftlich fundierten Neuheit nach den drei unterschiedlichen Wörterbüchern auf die Anzahl an Vorwärtszitationen in Patentliteratur (Tabelle 2). Mit der Regression (4) werden die Interaktionseffekte der drei errechneten Neuheitswerte getestet. In den Regressionen (1) bis (3) fällt der Effekt wissenschaftlich fundierter Neuheit auf Vorwärtszitationen durchwegs statistisch signifikant und positiv aus. Dabei weist die Neuheit nach Liste 1 den größten Effekt auf. Demnach werden Patente, welche wissenschaftlich fundierte Neuheit enthalten unabhängig vom eingesetzten Wörterbuch häufiger in der Patentliteratur zitiert.

Auch alle Regressionskoeffizienten aus der Regression (4) weisen einen positiven Effekt auf die Vorwärtszitationen auf. Jedoch sind nur die Interaktionseffekte „Neuheit nach L1 und L2“, „Neuheit nach L1 und RL“ und „Neuheit nach L1, L2 und RL“ statistisch signifikant. Den höchsten Effekt auf die Vorwärtszitationen zeigt die Kombination Neuheit nach L1 und RL. Patente, welche diesem Kriterium entsprechen, werden 46,2 % ($e^{0,3795}-1$) häufiger innerhalb von 5 Jahren von anderen Patenten zitiert.

Die präsentierten Ergebnisse gelten zunächst einmal für das Feld der Robotik, indem sie einen sehr deutlichen Einfluss der wissenschaftlichen Fundierung auf den Patentwert aufzeigen. Es ist zu vermuten, dass sich ähnliche Ergebnisse bei ähnlichen Schlüsseltechnologien zeigen ließen (vgl. zur hier verwendeten Technologietypologie [SRT91]). Möglicherweise ist der Effekt bei Schrittmachertechnologien noch viel größer, da diese an einem sehr frühen Punkt ihrer Entwicklung stehen, an dem sich wissenschaftliche Erkenntnisse noch stärker auswirken. Hingegen dürfte der Effekt bei Basistechnologien, die am Ende ihrer Reife stehen, eher schwach ausfallen.

³ www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/statistics/patents/xls/ipc_technology.xls

*Tabelle 2: Regressionen mit negativer Binomialverteilung, Effekt der wiss. fundierten Neuheit, berechnet mit den drei Wörterbüchern (L1, L2, RL), und der Interaktionseffekte der Neuheitskombinationen nach Bild 5 auf die Anzahl der Vorwärtszitationen in Patenten, Signifikanz nach: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, Standardfehler in Klammern, Zitationszeitraum 5 Jahre, enthält 13 031 Patente mit Erteilungsjahr ≤ 2016*

	L1 (1)	L2 (2)	RL (3)	(4)
Neuheit L1	0,2696*** (0,038)			
Neuheit L2		0,1948*** (0,038)		
Neuheit RL			0,1672*** (0,039)	
Neuheit exklusiv L1				0,2234 (0,121)
Neuheit exklusiv L2				0,0787 (0,138)
Neuheit exklusiv RL				0,0978 (0,069)
Neuheit nach L1 und L2				0,2291** (0,071)
Neuheit nach L1 und RL				0,3795** (0,145)
Neuheit nach L2 und RL				0,0306 (0,067)
Neuheit nach L1, L2 und RL				0,3289*** (0,051)

5 Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Beitrag wurde eine Methode zur Bewertung der wissenschaftlich fundierten Neuheit von Patenten vorgestellt. Am Beispiel der Robotik wurde die Methode angewendet und getestet. Dabei konnte gezeigt werden, dass Patente mit einer höheren wissenschaftlich fundierten Neuheit häufiger zitiert werden als andere, was belegt, dass ihre Wertigkeit auch höher ist. Aus Sicht der Unternehmenspraxis bietet die vorgestellte Methode eine effektive und effiziente Möglichkeit, Patente bereits in einem frühen Stadium hinsichtlich ihrer wissenschaftlich fundierten Neuheit automatisiert zu bewerten. Sie ist bereits für Patente anwendbar, die gerade offengelegt wurden. Es bedarf also nicht der Erteilung dieser Patente, die in der Regel drei bis fünf Jahre nach Anmeldung stattfindet. Sie ist mit vertretbarem Aufwand anwendbar und schnell umsetzbar. Damit kann sie ein zentrales Element eines breiteren Bewertungs-Dashboards für Patente sein und beispielsweise Frühwarnsignale für das Auftreten von Sprunginnovationen liefern.

Gleichwohl bedarf es für einen erfolgreichen Einsatz sowie Transfer der Methode auf andere Technologiefelder einiger Entscheidungen, die zugleich auch auf Limitationen unserer Methode hinweisen. So sind je nach Technologiegebiet die Begriffssammlungen (Wörterbücher) geeignet auszuwählen, zu testen und gegebenenfalls anzupassen (vgl. auch die drei Varianten in Kapitel 3). Es ist zudem ein Zeitraum festzulegen, anhand dessen die Neuheit auf Bigramm-Ebene ermittelt werden kann; eventuell sollte die Methode erst ab einem solchen Zeitpunkt starten, an dem eine genügend große Anzahl an zeitlich früheren Patenten vorhanden ist (vgl. auch die Argumentation in Kapitel 3). Die vorgeschlagene Methode beruht auf klassischer semantischer Analyse, was den Vorteil bietet, dass die Ergebnisse bei identischer Datengrundlage replizierbar sind. Ergänzend oder alternativ könnten auch Ansätze des maschinellen Lernens verwendet werden, die mit den Ergebnissen unserer Methode oder anderer Methoden trainiert werden. Diese Ansätze haben allerdings auch den Nachteil, dass nicht offenbart wird, welche Regeln im Hintergrund angewendet werden.

Neben unserer Operationalisierung wissenschaftlich fundierter Neuheit gibt es andere Varianten, die eingangs genannt wurden. Künftige Forschung kann eine gemeinsame Konzeptualisierung dieses Begriffes anstreben, zugleich können Vergleiche mit menschlichen Bewertungen Aufschluss über die Validität der Methoden geben.

Literatur

- [AAN+90] ALBERT, M. B.; AVERY, D.; NARIN, F.; MCALLISTER, P.: Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents. *research policy*, 1990, Jg. 20, Heft 3, S. 251–259.
- [Ash22] ASHTOR, J. H.: Modeling patent clarity. *research policy*, (51)2, 2022, 104415
- [Bla07] BLANCHARD, A.: Understanding and customizing stopword lists for enhanced patent mapping. *World Patent Information*, (29)4, 2007, S. 308–316
- [FIK07] FUJII, A.; IWAYAMA, M.; KANDO, N.: Introduction to the special issue on patent processing. *Information Processing & Management*, (43)5, 2007, S. 1149–1153
- [FS04] FLEMING, L.; SORENSON, O.: Science as a map in technological search. *Strategic Management Journal*, (25)89, 2004, S. 909–928
- [HNS+99] HARHOFF, D.; NARIN, F.; SCHERER, F. M.; VOPEL, K.: Citation Frequency and the Value of Patented Inventions. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, No. 3 (Aug., 1999), S. 511–515
- [KCJ+16] KIM, D.; CERIGO, D. B.; Jeong, H.; Youn, H.: Technological novelty profile and invention's future impact. *EPJ Data Science*, (5)1, 2016
- [KEW+21] KRONEMEYER, L. L.; EILERS, K.; WUSTMANS, M.; MOEHRLE, M. G.: Monitoring Competitors' Innovation Activities: Analyzing the Competitive Patent Landscape Based on Semantic Anchor Points. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (68)5, 2021, S. 1272–1287
- [MG12] MOEHRLE, M. G.; Gerken, J. M.: Measuring textual patent similarity on the basis of combined concepts: design decisions and their consequences. *Scientometrics*, (91)3, 2012, S. 805–826
- [Moe10] MOEHRLE, M. G.: Measures for textual patent similarities: a guided way to select appropriate approaches. *Scientometrics*, (85)1, 2010, S. 95–109
- [Mos12] MOSSIG, I.: Stichproben, Stichprobenauswahlverfahren und Berechnung des minimal erforderlichen Stichprobenumfangs. *Beiträge zur Wirtschaftsgeographie und Regionalentwicklung*. Universität Bremen, Institut für Geographie, Bremen, 2012

- [MP16] MOEHRLE, M. G.; PASSING, F.: Applying an anchor based patent mapping approach: Basic conception and the case of carbon fiber reinforcements. *World Patent Information*, (45), 2016, S. 1–9
- [MSV+22] MONTOBBIO, F.; STACCIOLI, J.; VIRGILLITO, M. E.; VIVARELLI, M.: Robots and the origin of their labour-saving impact. *Technological Forecasting and Social Change*, (174), 2022, S. 121122
- [MWG+05] MOEHRLE, M. G.; WALTER, L.; GERITZ, A.; MULLER, S.: Patent-based inventor profiles as a basis for human resource decisions in research and development. *R&D Management*, (35)5, 2005, S. 513–524
- [MWG18] MOEHRLE, M. G.; WUSTMANS, M.; GERKEN, J. M.: How business methods accompany technological innovations - a case study using semantic patent analysis and a novel informetric measure. *R&D Management*, (48)3, 2018, S. 331–342
- [MWW18] MÖHRLE, M. G.; WALTER, L.; WUSTMANS, M.: Patente managen mit dem 7D Reifegradmodell – Erfassung - Bewertung - Verbesserung. i3 - Management von Invention Innovation Information GmbH, Bremen, 2018
- [Nar91] NARIN, F.: Globalization of Research, Scholarly Information, and Patents–Ten Year Trends. *The Serials Librarian*, (21)2-3, 1991, S. 33–44
- [Pas17] PASSING, F.: *Technologiekonvergenz im Kontext von Strategic Foresight*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017
- [PNL+13] PRESCHITSCHK, N.; NIEMANN, H.; LEKER, J.; G. MOEHRLE, M.: Anticipating industry convergence: semantic analyses vs IPC co-classification analyses of patents. *Foresight*, (15)6, 2013, S. 446–464
- [QW20] QIU, Z.; WANG, Z.: Technology Forecasting Based on Semantic and Citation Analysis of Patents: A Case of Robotics Domain. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2020, S. 1–21
- [SL15] STRUMSKY, D.; LOBO, J.: Identifying the sources of technological novelty in the process of invention. *Research Policy*, (44)8, 2015, S. 1445–1461
- [SRT91] SAAD, K.N.; ROUSSEL, P.A.; TIBY, C. (Hrsg.): *Management der F&E-Strategie*. Management-Perspektiven, Gabler, Wiesbaden, 1991
- [SSV22] SANTARELLI, E.; STACCIOLI, J.; VIVARELLI, M.: Automation and related technologies: a mapping of the new knowledge base. *The Journal of Technology Transfer*, 2022
- [Tra90] TRAJTENBERG, M.: A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *the RAND Journal of Economics*, 1990, Jg. 21, Heft 1, S. 172–187.
- [VBV16] VERHOEVEN, D.; BAKKER, J.; VEUGELERS, R.: Measuring technological novelty with patent-based indicators. *Research Policy*, (45)3, 2016, S. 707–723
- [WRK15] WUNSCH-VINCENT, S.; RAFFO, J.; KEISNER, C.: Breakthrough technologies – Robotics, innovation and intellectual property. *WIPO Economic Research Working Paper*, (30), 2015
- [Wus18] WUSTMANS, M.: *Patent Intelligence Zur Unternehmensrelevanten Wissenserschließung – Reifegradbasierte Fähigkeiten - Qualitative Fallstudienanalysen - Iterativer Ablauf*. Forschungs-/Entwicklungs-/Innovations-Management Ser, Gabler, Wiesbaden, 2018
- [YK11] YOON, J.; KIM, K.: Identifying rapidly evolving technological trends for R&D planning using SAO-based semantic patent networks. *Scientometrics*, (88)1, 2011, S. 213–228

Autoren

Joe Waterstraat, M.Sc. studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Bremen und arbeitet seit 2022 als Doktorand am Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) der Universität Bremen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Patentanalyse; seine technischen Interessen liegen im Gebiet der Robotik und ihrer vielseitigen Anwendungen.

Dr. Nils Denter war von 2018 bis 2022 am Institut für Projektmanagement und Innovation (IPMI) der Universität Bremen beschäftigt. Er wurde 2022 zum Thema „Maschinelles Lernen für die Patent Intelligence: Möglichkeiten und Herausforderungen“ promoviert und wendet seither sein Wissen in der Industrie an. Weiterhin geht er jedoch seinen fachlichen Interessen als Gastwissenschaftler am IPMI nach.

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, Potenziale generativer Künstlicher Intelligenz) 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 Herausbergremien weiterer Fachzeitschriften und berät mit seinen Mitarbeitern führende Unternehmen.

Analyse von Large Language Models und ihrer Potenziale für die frühen Phasen von Vorausschau und Technologieplanung anhand konkreter Anwendungsfälle

Dr. Dipl.-Ing. Ulrich Hutschek

Marius Heil M.Sc.

Carmen Beisswanger M.Sc.

TIM Consulting

Hohnerstraße 25, 70469 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 3151 56-61/-62

E-Mail: {ulrich.hutschek/marius.heil/carmen.beisswanger}@tim-consulting.de

Dipl.-Ing. Barbara Schmohl

ZF Friedrichshafen AG

Graf-von-Soden-Platz 1, 88046 Friedrichshafen

Tel. +49 (0) 7541 778 934

E-Mail: barbara.schmohl@zf.com

Sonja Goris

ZF Wind Power

Borsbeeksebrug 28, 2600 Antwerpen-Berchem, Belgien

Tel. +32 1163 9547

E-Mail: sonja.goris@zf.com

Zusammenfassung

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) hat sich in Vorausschau und Technologieplanung bereits etabliert. Der Fokus speziell der frühen Phasen in Vorausschau und Technologieplanung liegt darauf, neue Opportunitäten zu explorieren, Wertangebote zu differenzieren und Kundenbedürfnisse zu adressieren.

In den letzten Jahren haben sich die diesbezüglichen Aktivitäten verändert: Durch verbesserte Algorithmen und einen erweiterten Zugriff auf mehr Daten konnten leistungsfähigerer Large Language Models (LLM) trainiert werden, die zu einer erheblichen Leistungssteigerung bei darauf aufbauenden KI-Systemen geführt hat.

Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegenden, zweiphasigen Studie – bestehend aus einer empirischen und einer konzeptionellen Phase – die Potenziale der Transformer-Technologie für den Einsatz in Vorausschau und Technologieplanung analysiert. Dies basierte auf drei empirisch identifizierten, operativ relevanten Anwendungsfällen: Automatic Updater, Smart Match Maker und Smart Assistant.

Mit Blick auf die in vorliegender Studie betrachteten, konkreten Problemstellungen in der frühen Phase von Vorausschau und Technologieplanung, kann die Integration von LLM zu einer Verbesserung der Problemlösungsansätze in allen drei Fällen führen.

Als Basis für die weitere Auseinandersetzung mit dem Einsatz von LLM in Vorausschau und Technologieplanung sollen die Ergebnisse der vorliegenden empirisch-konzeptionellen Studie sowohl Forscher:innen als auch Anwender:innen zugutekommen.

Schlüsselworte

Künstliche Intelligenz (KI), Large Language Models (LLM), Transformer, Smart Data Tools, Technologieradar, Technologie-Anwendungs-Matching, Lessons Learned, Vorausschau und Technologieplanung, Technologie- und Innovationsmanagement

Analysis of large language models and their potential for the early phases of foresight and technology planning based on concrete use cases

Abstract

The use of artificial intelligence (AI) has already become established in foresight and technology planning. The focus especially of the early phases in foresight and technology planning is to explore new opportunities, differentiate value propositions and address customer needs.

In recent years, the activities in this regard have changed: The introduction of so-called Large Language Models (LLM) has significantly increased the power of AI in the recent past.

Against this background, this two-phase study analyzed the potential of Transformer technology for use in foresight and technology planning – based on three empirically identified, operationally relevant use cases (Automatic Updater, Smart Match Maker, Smart Assistant).

With regard to the concrete problems in the early phase of foresight and technology planning considered in this study, the integration of LLM can lead to an improvement of the problem-solving approaches in all three cases.

As a basis for further research on the use of LLM in foresight and technology planning, the results of this empirical-conceptual study should benefit both researchers and users.

Keywords

Artificial Intelligence (AI), Large Language Models (LLM), Transformers, Smart Data Tools, Technology Radar, Technology Application Matching, Lessons Learned, Foresight and Technology Planning, Technology and Innovation Management.

1 KI in Vorausschau und Technologieplanung

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) hat sich in Vorausschau und Technologieplanung bereits etabliert [FB19]. KI ermöglicht es, Aufgaben mit bislang großem Systematisierungsaufwand zu vereinfachen und effizienter zu gestalten [KMW+19]. Für die verschiedenen Prozessphasen sind bereits eine Vielzahl an Smart-Data-Tools verfügbar [HEH21].

Der Fokus speziell der frühen Phasen in Vorausschau und Technologieplanung liegt darauf, neue Opportunitäten zu explorieren, Wertangebote zu differenzieren und Kundenbedürfnisse zu adressieren [KAB+02], [Mar91], [Tee98]. In diesem Zusammenhang müssen Entscheidungen bezüglich der Allokation von Ressourcen getroffen werden, auch wenn die Ergebnis-Planbarkeit einer hohen Unsicherheit unterliegt [KAB+02].

In den letzten Jahren haben sich die diesbezüglichen Aktivitäten verändert [HEH21]: wachsende Datenquellenanzahl, -komplexität und Lebenszyklusbeschleunigung stellen die Technologie- und Innovationsverantwortlichen vor neue Herausforderungen.

Die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Interviews mit Innovationsverantwortlichen der Mitgliedsunternehmen der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) bestätigen unter anderem diese neuen Herausforderungen im Tagesgeschäft. Demnach besteht ein zentrales Problem darin, viele nicht-relevante Informationen verarbeiten zu müssen (falschpositiv) und sich dann immer noch nicht sicher sein zu können, nichts Relevantes übersehen zu haben (falschnegativ). Außerdem erschweren komplexe Interdependenzen (zum Beispiel der PESTEL-Dimensionen, also der politischen, ökonomischen, sozialen, technologischen, ökologischen und regulatorisch-rechtlichen Einflussfaktoren) das Ableiten nachvollziehbarer Entscheidungen. Zudem stellt die Interpretation von Megatrends für den spezifischen Anwendungsbereich eine Herausforderung dar.

Die Einführung der sogenannten Large Language Models (LLM) auf Basis der Transformer-Technologie [VSP+17] hat die Leistungsfähigkeit von anwendungsfokussierter KI in jüngerer Vergangenheit deutlich erhöht [TWW22]. Technologien wie diese haben das Potenzial, Marktbedürfnisse besser als bereits etablierte KI-basierte Softwarelösungen abzubilden [Chr00], [IL20]. Folgende Vorteile sind hier besonders hervorzuheben:

- *Quantität der Ergebnisse* – mit LLM können in kurzer Zeit eine Vielzahl von Ergebnissen generiert oder konzeptionelle Ideen operationalisiert werden (z. B. Texte oder Software).
- *No-Code-Interaktion* – LLM können in einer dialogischen Form auf Basis natürlicher Sprache bedient werden; es ist also keine Programmiersprachen-Kenntnis notwendig.
- *Kreativität* – durch die abstrakte, neutrale Informationsverarbeitung und die Interaktivität der Bedienung können Lösungsräume vergrößert werden (z. B. Expertensimulation).
- *Format-Flexibilität* – LLM können Informationen in verschiedenen Formaten ausgeben oder Input-Formate umwandeln (z. B. Stichpunkte in Fließtext oder längere Texte zusammenfassen).
- *Individualisierbarkeit* – über Finetuning kann LLM beigebracht werden, welcher Input zu welchem Output führen soll; LLM wenden dann Input-Output-Trainingsdaten auf neuen Input an.

- *Implementierung* – mit Programmierschnittstellen (API) können LLM-Funktionalitäten in Software-Projekte eingebunden und/oder modulare Modelle aufgebaut werden.

Vor diesem Hintergrund lässt sich erwarten, dass ein Einsatz von LLM in der frühen Phase von Vorausschau und Technologieplanung großes Potenzial hat. Gleichzeitig bringen die Unterschiede zwischen LLM und etablierten KI-Lösungsansätzen auch Nachteile mit sich [BMR+20]:

- *Validität der Ergebnisse* – Informationen können „halluziniert“ sein; LLM optimieren „Nutzerzufriedenheit“, nicht „Wahrheitsgehalt“.
- *Aktualität der Ergebnisse* – ab Abschluss des jeweiligen Modell-Trainings lernen LLM keine neuen Informationen (z. B. Knowledge Cut-off für GPT-3.5-Turbo: 1. September 2021).
- *Prompt Engineering* – LLM sind zumeist für eine dialogische Interaktion optimiert; es erfordert Kreativität und Übung, LLM auf dieser Basis für spezifische Fragestellungen zu nutzen.
- *Kosten* – bei automatisierten Auswertungen können Token-Preise relevant werden (z. B. Kosten für GPT-4: USD 0,03-0,12 für 1000 Tokens / ca. 750 Wörter).
- *Lock-In-Effekte* – Unternehmen könnten sich zu stark an einen bestimmten Anbieter binden, was die Flexibilität in der Wahl von Technologielösungen einschränkt und möglicherweise zu einer Abhängigkeit führt.

Nachdem LLM also nicht pauschal „besser“ zu bewerten sind als bestehende KI-Ansätze, müssen die potenziellen Anwendungsmöglichkeiten von LLM in den frühen Phasen der Vorausschau und Technologieplanung analysiert werden. Dabei gilt es zu berücksichtigen, welchen Einfluss die spezifischen LLM-Charakteristika jeweils haben.

Vor diesem Hintergrund wurden in vorliegender zweiphasiger Studie die Potenziale der Transformer-Technologie für den Einsatz in Vorausschau und Technologieplanung analysiert – basierend auf empirisch identifizierten, operativ relevanten Anwendungsfällen.

1.1 Struktur des vorliegenden Beitrags

Nach einer Einführung in den Stand der Technik zu LLM im folgenden Kapitel 2 besteht die vorliegende Studie aus zwei Teilen: Zunächst wurden in einer *empirischen Phase* die aktuellen Bedarfe und Herausforderungen der Innovationsverantwortlichen in den Mitgliedsunternehmen der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) ermittelt und analysiert; dabei konnten drei Anwendungsfälle identifiziert werden, die als herausfordernd eingeschätzt wurden und die von einem Transformer-Einsatz profitieren könnten (Automatic Updater, Smart Match Maker, Smart Assistant; Kapitel 3).

Darauf aufbauend wurden in einer *konzeptionellen Phase* Lösungsansätze für die drei Use Cases erarbeitet, die auf Basis verschiedener LLM umgesetzt werden können (Kapitel 4). Dabei wurden existierende LLM (GPT, BERT) durch Finetuning und modularen Aufbau auf den jeweiligen Anwendungsfall hin optimiert. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse interpretiert und eingeordnet.

2 LLM und NLP – die technologische Basis aktueller KI-Lösungen

Insbesondere im letzten Jahrzehnt hat NLP (Natural Language Processing) erhebliche Fortschritte gemacht und kann für eine Vielzahl von Anwendungen im Innovationsbereich eingesetzt werden. Die Verarbeitung von Textdaten mithilfe von statistischen Methoden, die (vor der Zeit der neuronalen Netze) in den frühen 2010er Jahren eingesetzt wurden, war jedoch begrenzt in ihrer Fähigkeit, semantische Zusammenhänge zu verstehen und Texte angemessen zu kontextualisieren. Um den semantischen Gehalt von Texten zu erfassen, wurden statistische Modelle wie Hidden Markov Models (HMM), Conditional Random Fields (CRF) und Maximum Entropy Models (ME) eingesetzt [LMP01]. Diese Methoden versuchen die statistischen Zusammenhänge zwischen Wörtern in einem Textkorpus zu erfassen und somit die semantische Bedeutung von Texten zu erkennen. Dabei werden die Wahrscheinlichkeiten von bestimmten Wortfolgen berechnet, um Aussagen über deren semantischen Gehalt zu treffen [JM08].

Statistische Modelle sind im Gegensatz zu den neueren NLP-Modellen nicht in der Lage, die Semantik vollumfänglich zu erfassen. Das Kontextverständnis ist jedoch ein entscheidender Faktor für die sprachliche Verarbeitung von Texten. Die Fähigkeit der neueren NLP-Modelle zum Kontextverständnis hat dazu geführt, dass die Verarbeitung von Textdaten mit KI ein Niveau erreicht hat, das mit menschlicher Performance mithalten kann und diese je nach Aufgabe sogar übersteigt [ZMB+22].

Nichtsdestotrotz haben statistische Methoden wie HMM und probabilistische Modelle den Weg zur automatisierten Textanalyse im Innovationsbereich geöffnet, beispielsweise bei der Erkennung von Themen- und Trendbegriffen in Patenten oder wissenschaftlichen Publikationen [LLY12]. In der vorausschauenden Technologieplanung kann die automatisierte Textanalyse dazu beitragen, potenzielle technologische Entwicklungen frühzeitig zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen [HEH21].

Die Einführung der Transformer-Architektur markierte einen Wendepunkt im NLP und stellt die Grundlage für LLM-Modelle dar [VSP+17]. Ursprünglich wurde der Transformer für Übersetzungsaufgaben entwickelt. Er besteht aus einem Encoder, der den Kontext versteht, und einem Decoder, der Begriffe sequenziell erzeugt. Bild 1 stellt diesen Aufbau schematisch dar. Die Besonderheit des Encoders ist die Erzeugung eines sogenannten „Attention-Scores“, welcher die Position eines Wortes in einer Sequenz berücksichtigt und so einen kontext-basierten Vektor erzeugt [VSP+17]. Dadurch kann die Vektorrepräsentation eines Begriffes je nach Satzstruktur und den angrenzenden Worten variieren. Während der Encoder die Kontextvektoren ausgibt, erzeugt der Decoder iterativ jeweils das nächste Token, das am besten zum vorherigen Vektor passt. Mit einem Decoder kann somit neben dem Natural Language Understanding (NLU) auch Natural Language Generation (NLG) realisiert werden, die zusammen das NLP bilden [KKK+23].

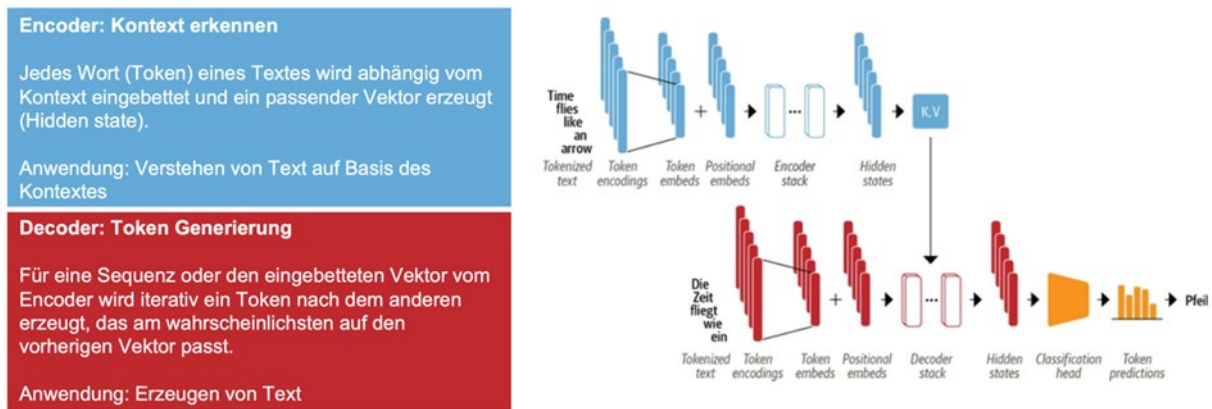


Bild 1: Encoder-Decoder Architektur des ursprünglichen Transformer-Modells [TWW22]

Von der ursprünglichen Encoder-Decoder-Architektur des Transformers haben sich im Laufe der Zeit spezifische LLM-Modelle entwickelt. Diese verwenden entweder nur den Encoder, nur den Decoder oder eine Kombination aus beiden. Bild 2 veranschaulicht die verschiedenen Varianten und markiert die Modelle, die spezifische Datensätze für bestimmte Aufgaben benötigen.

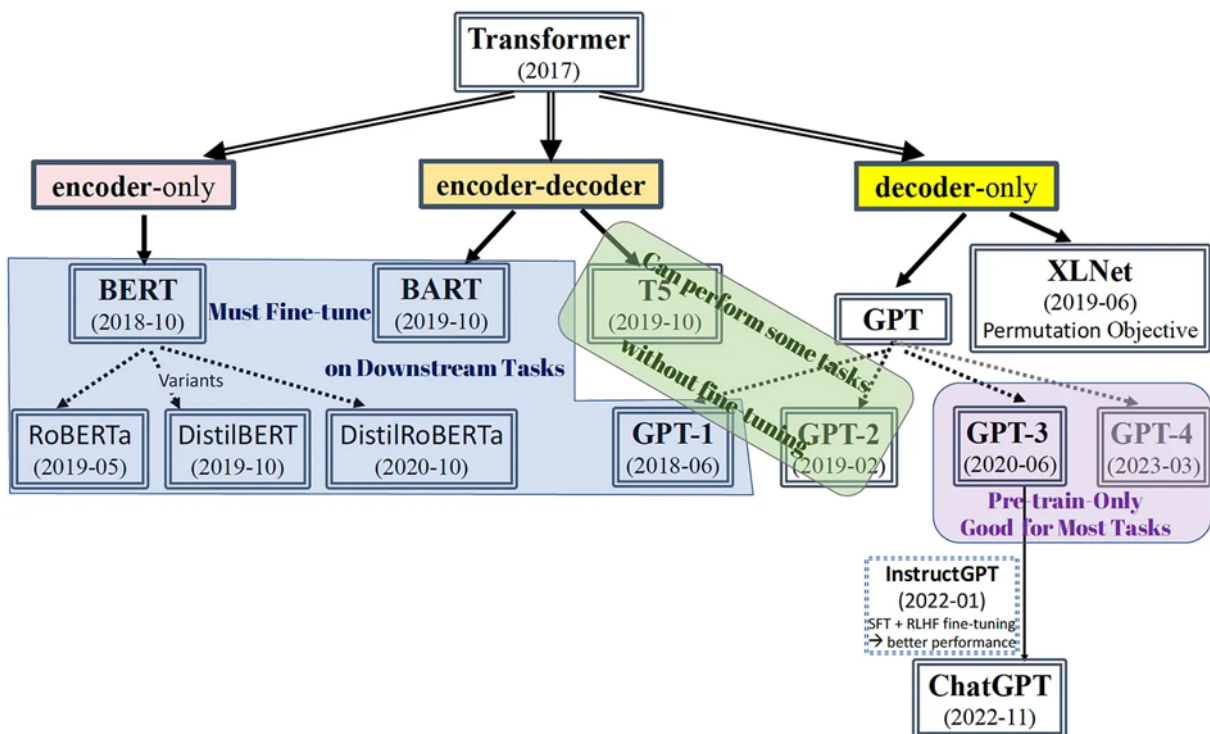


Bild 2: Evolution der LLM aus der ursprünglichen Transformer-Architektur [Wan23-ol]

Im Vergleich zu reinen Encoder-Modellen bieten Decoder-Modelle durch ihre Fähigkeit zur NLG und das Lösen von Aufgaben ohne spezifische Trainingsdatensätze eine höhere Flexibilität. Die mittlerweile sehr beliebte Decoder-Familie „GPT“ kann beispielsweise komplexe Fragen beantworten und Texte generieren. Dagegen eignen sich Encoder-Modelle (zum Beispiel solche, die auf BERT basieren) besser für Aufgaben wie die Textklassifizierung. Jedoch erfordern reine Encoder-Modelle stets einen Trainingsdatensatz für eine spezifische Aufgabe [DCL+19].

Vor allem bei Decoder-Modellen hat sich gezeigt, dass durch das Vergrößern von Trainingsdaten und Modellparametern ein Anstieg der Leistungsfähigkeit zu beobachten ist [TBC+21]. Der Trend geht also dahin, die Modelle bei grundsätzlich gleichbleibender Architektur zu vergrößern, um bessere Resultate bei NLP-Aufgaben zu erzielen. Ab einer gewissen Modellgröße wird es jedoch aufgrund von Limitierungen seitens der benötigten Rechnerleistung schwierig, weiter zu skalieren [LCG+20], [GFF+21] (bei Encoder-Modellen wurde beobachtet, dass ab einem bestimmten Punkt bei der Erhöhung der Modellgröße sogar eine Modellverschlechterung stattfindet [SPP+19]).

Die höhere Flexibilität der Decoder-Modelle, die bessere Skalierungsfähigkeit und die Berücksichtigung des Energie- und Kostenaufwands beim Trainingsprozess machen Decoder-basierte LLM somit zu universelleren Modellen [SPS20]. Trotzdem sind Encoder-Modelle, die speziell für die Extraktion von Merkmalen aus Eingabedaten konzipiert sind, häufig in den Top-Platzierungen von NLP-Referenzaufgaben-Benchmarks wie SUPERGLUE vertreten. Sie repräsentieren somit den aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die Leistungsfähigkeit in bestimmten Aufgaben, insbesondere solchen, die eine intensive Feature-Extraktion erfordern [SV22], [WPN+20]. Decoder-Modelle können in bestimmten Domänen bereits eine höhere Trefferquote bei der korrekten Zuordnung von Labels erreichen als feinjustierte Encoder-Modelle. [STM22]. Mit der fortschreitenden Entwicklung und Skalierung von Decoder-Modellen könnte es bald kaum noch Leistungsunterschiede zu Encoder-Modellen geben. Es wird erwartet, dass Decoder-Modelle in Zukunft, aufgrund ihrer breiten Anwendungsmöglichkeiten und der Tatsache, dass sie keine zusätzlichen Trainingsdatensätze für spezifische Aufgaben benötigen, die Encoder-Modelle in vielen Anwendungsfällen ersetzen werden.

Bild 3 soll qualitativ den Verlauf der umsetzbaren Komplexität ausgewählter Methoden und NLP-Modelle im Vergleich verdeutlichen. Die Einführung des Word2Vec-Algorithmus und die Transformer-Architektur sind hierbei als wichtigste Entwicklungen der vergangenen Jahre zu bewerten. Word2Vec ist deshalb so bedeutsam, weil es eine der ersten Techniken war, die es ermöglichte, Wörtern in einem Vektorraum eine Position zuzuweisen, sodass semantisch ähnliche Wörter nahe beieinander liegen. Dies war ein großer Schritt vorwärts im Vergleich zu den früheren Bag-of-Words-Modellen. Die Fähigkeit von Word2Vec, die semantischen Beziehungen zwischen Wörtern zu erfassen und dabei den Kontext zu berücksichtigen, hat zu signifikanten Verbesserungen in vielen NLP-Aufgaben geführt [MCC+13].

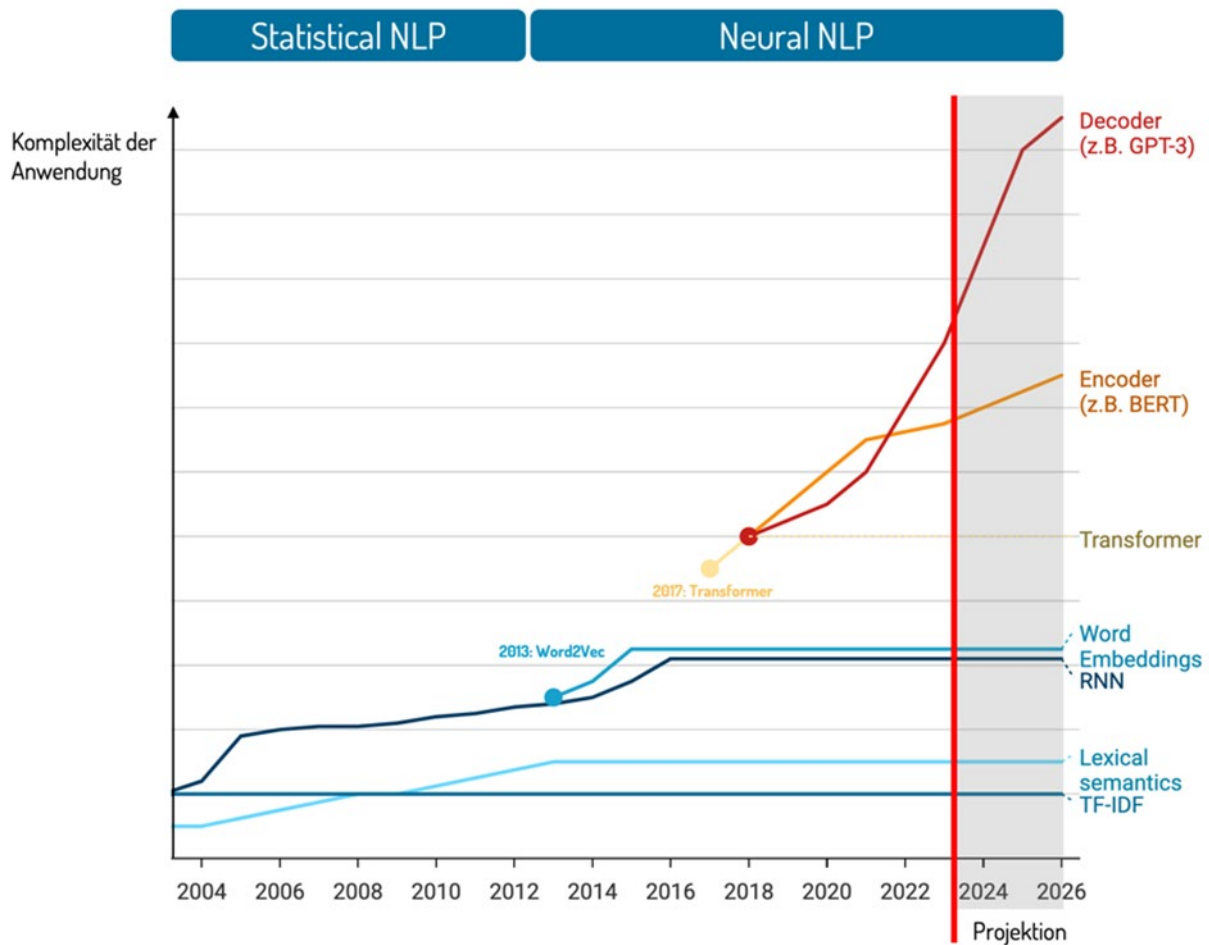


Bild 3: Qualitative Einordnung ausgewählter NLP-Modelle (Quelle: eigene Darstellung)

3 Mögliche LLM-Anwendungsfälle in Vorausschau und Technologieplanung

Der Grad der Bedürfnisbefriedigung durch technologische Lösungen ist ein elementarer und entscheidender Faktor für deren Eignung in potenziellen Anwendungen [LHG06]. So muss auch für LLM herausgearbeitet werden, welchen konkreten Nutzen sie im Kontext von Vorausschau und Technologieplanung bieten können. Jedoch ist eine Erkenntnis der im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten FVA-Interviews (s. u.), dass mögliche KI-Anwendungsfälle bislang nicht oder unzureichend definiert sind (vgl. auch [HEH21]).

Vor diesem Hintergrund war die empirische Herleitung möglicher LLM-Anwendungsfälle ein zentraler Bestandteil der vorliegenden Studie.

3.1 Empirische Herleitung

Die empirische Phase der vorliegenden Studie hatte zum Ziel, operativ relevante Problemstellungen zu ermitteln, in denen LLM in Vorausschau und Technologieplanung nutzenstiftend zum Einsatz gebracht werden können; sie wurde im Zeitraum Juni-August 2022 durchgeführt.

Praxispartner war der Arbeitskreis Innovationsmanagement (AKIM) der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA), über den 19 Online-Interviews (Einzel- und Gruppengespräche) mit Innovationsverantwortlichen der FVA-Mitgliedsunternehmen geführt wurden. Bei der Auswahl der Interviewteilnehmer wurde darauf geachtet, sowohl der Konzern- als auch der Mittelstandsperspektive gerecht zu werden (13 Gespräche mit Konzern-, 6 mit Mittelstandsvertretern¹). Die Interviews wurden auf Basis semi-strukturierter Interviewleitfäden durchgeführt, die von folgenden initialen Fragestellungen ausgehend entwickelt wurden:

- 1) IST: Mit welchen Problemstellungen sehen sich die Innovationsverantwortlichen im Tagesgeschäft jeweils konfrontiert?
- 2) SOLL: Inwieweit könnten KI-Softwarelösungen bei der Adressierung dieser Problemstellungen zielführend eingesetzt werden?

Die Interviews wurden in vier Phasen ausgewertet:

- 1) **Framework-Erstellung:** Als Basis für Auswertung der Interviews wurde das in Abbildung 4 abgebildete Framework aufgesetzt, das eine Kategorisierung möglicher Anwendungsfälle sowohl anhand der Analyse-Dimensionen nach dem Gartner Analytic Value Escalator (deskriptiv, diagnostisch, prognostisch, präskriptiv) [Gar12-ol] als auch der Aktivitätsfelder des Innovationsmanagements (Planungs-, Projekt-, Markt-/Kunden-/Nutzer- sowie Kompetenzebene; vgl. zum Beispiel [GDE+19]) ermöglicht.
- 2) **Quantitative Auswertung:** Die Interview-Antworten wurden transkribiert und parallel von zwei Forschenden kodiert (vgl. Bild 4); unterschiedliche Einschätzungen wurden diskutiert und entsprechend angeglichen.
- 3) **Qualitative Auswertung:** Für die Spalten mit den meisten Nennungen wurden die entsprechenden Antworten qualitativ ausgewertet und repräsentative Anwendungsfälle identifiziert. So wurden zunächst fünf Anwendungsfälle abgeleitet (vgl. Bild 5).
- 4) **Diskussion und Aggregation:** Die fünf abgeleiteten Anwendungsfälle wurden im Forscherteam und mit dem AKIM diskutiert und aufgrund kategorischer Ähnlichkeiten zu drei Anwendungsfällen zusammengefasst (vgl. Bild 5).

¹ Bei der Interviewauswertung konnten systematische Unterschiede zwischen den Aussagen der Konzern- und der Mittelstandsvertreter nicht identifiziert werden.

		Datenanalyse																	
		deskriptiv		diagnostisch		prognostisch		präskriptiv											
		1 ist	2 soll	3 ist	4 soll	5 ist	6 soll	7 ist	8 soll										
Aktivitäten des Innovationsmanagements Planungs- und Projekt-ebene Markt-/Kunden-/Nutzerebene Kompetenz-ebene	A Suchfelder & Szenarien	7	2																
	B Produktportfolio	3																	
	C Projektroadmap	2																	
	D Ideen	2			1														
	E Konzeption & Entwicklung	4	2																
	F Markteinführung																		
	G (Mega-) Trends	7	3	2															
	H Markt-/Bedarfsanalyse	15	12	10	2														
	I Akzeptanzanalyse																		
	J Früherkennung	14	6	6	2														
	K Kompetenzaufbau	8	2	2	3	1													
	L Implementierung																		

D Suchfeld-Identifikation (beide Richtungen)

Qualitative Auswertung: Analyse der meist-genannten Themen führen zu Ableitung der Anwendungsfälle.

A Lernender Trend-Feed

C Technologische Markt-Fit (beide Richtungen)

B Automatic TechRadar Update

E Smart Lessons Learned

Quantitative Auswertung: Zahlen in Feldern entsprechen der Anzahl der genannten Themen.

Bild 4: Bewertungs-Framework (Quelle: Eigene Darstellung)

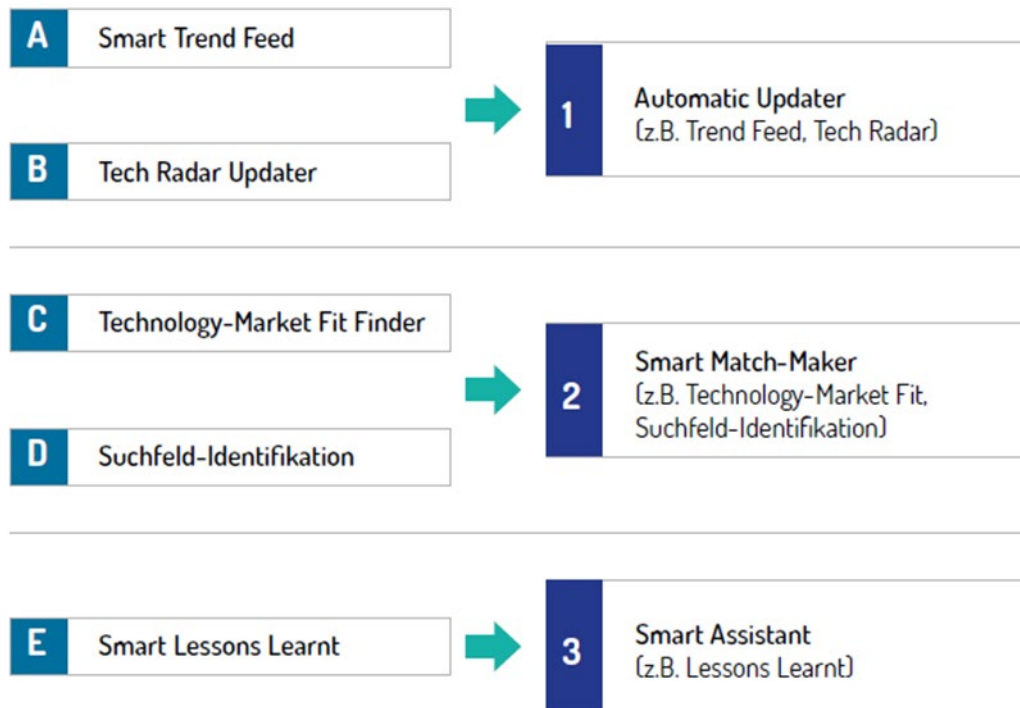


Bild 5: Ableitung finaler Anwendungsfälle (Quelle: Eigene Darstellung)

3.2 Repräsentative, empirisch abgeleitete Anwendungsfälle

Die Ableitung repräsentativer Problemstellungen hatte zum Ziel, das Potenzial von LLM für Vorausschau und Technologieplanung anhand operativ relevanter Anwendungsfälle zu bewerten. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

3.2.1 Anwendungsfall 1: Automatic Updater

Bedarfsanalyse und Hintergrundinformationen zur Ermittlung des Anwendungsfalls: Innovationsmanager, Technologiemanager und Produktmanager schätzen den Zeitaufwand für das Suchen, Auswerten und die regelmäßige Aktualisierung von relevanten Informationen, beispielsweise im Bereich der Technologietrends, als hoch ein. Die bisherigen Lösungen erfüllen die Erwartungen der Experten nicht: Oft sind die gefundenen Informationen nicht relevant (Falschpositive) oder relevante Informationen werden übersehen (Falschnegative). Dies führt zu einem hohen manuellen Aufwand bei der Auswertung, Validierung und Verifizierung der Ergebnisse. Die Unsicherheit bei der Interpretation der Ergebnisse ist groß. Angesichts dieser Situation stellt sich die Frage, ob menschliche Scouts weiterhin erforderlich sind, oder ob KI-basierte Ansätze effektivere Ergebnisse liefern könnten und, wenn ja, in welcher Weise. Bild 6 stellt die Informationen zum Use Case dar.

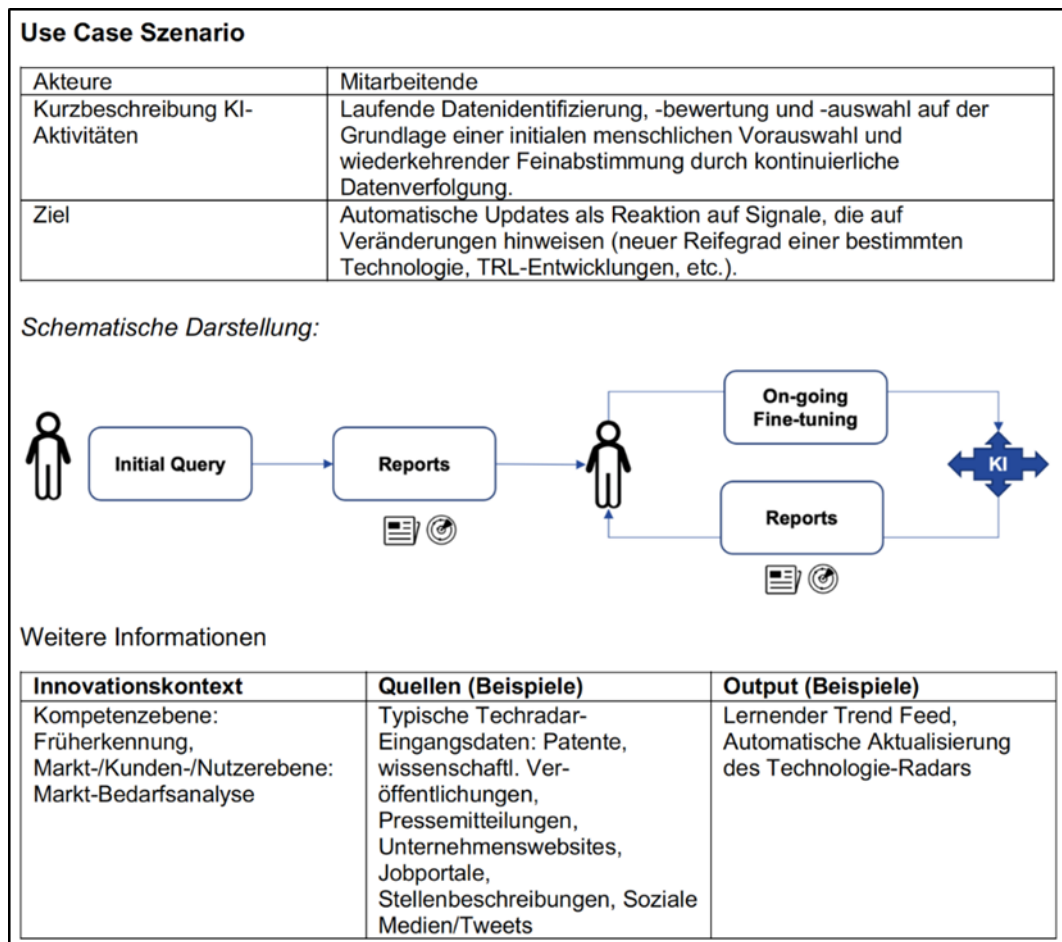


Bild 6: Anwendungsfall 1 – Automatic Updater (schematisch; Quelle: Eigene Darstellung)

Zitate der Interviewteilnehmer, die den Bedarf beschreiben:

- „Wie kommen wir vom Suchen dahin, dass die Infos zu uns kommen?“
- „Automatisierte Auswertung der Trends hilfreich.“
- „Vorteil von KI wäre eindeutig die Zeitersparnis.“

3.2.2 Anwendungsfall 2: Smart Match Maker

Bedarfsanalyse und Hintergrundinformationen: Experten aus Strategie und Unternehmensentwicklung ebenso wie aus den Bereichen Forschung und Entwicklung und Technologiemanagement beschäftigen sich mit der Fragestellung, ob eine vorhandene oder für eine Neuentwicklung geplante Technologie bereits in anderen Märkten im Einsatz ist oder ob Technologien aus anderen Märkten für eigene Problemstellungen eingesetzt werden könnten. (Tool)-Lösungen, die die Verbindung zwischen einem Unternehmen mit seinem Technologieprofil zu Anwendungen in anderen Märkten mittels der Problemstellungen bzw. Vorteile herstellen können, sind bislang nicht bekannt. Der manuelle Aufwand ist hoch und die durch den Mitarbeitenden und den Unternehmenskontext bestehende Tendenz, in bereits vorhandenen Ideen und Ansätzen zu denken, behindert die Ausschöpfung von Potentialen für das Unternehmen in neuen Geschäftsfeldern (vgl. dazu auch [SP96]). Bild 7 stellt die Informationen zum Use Case dar.

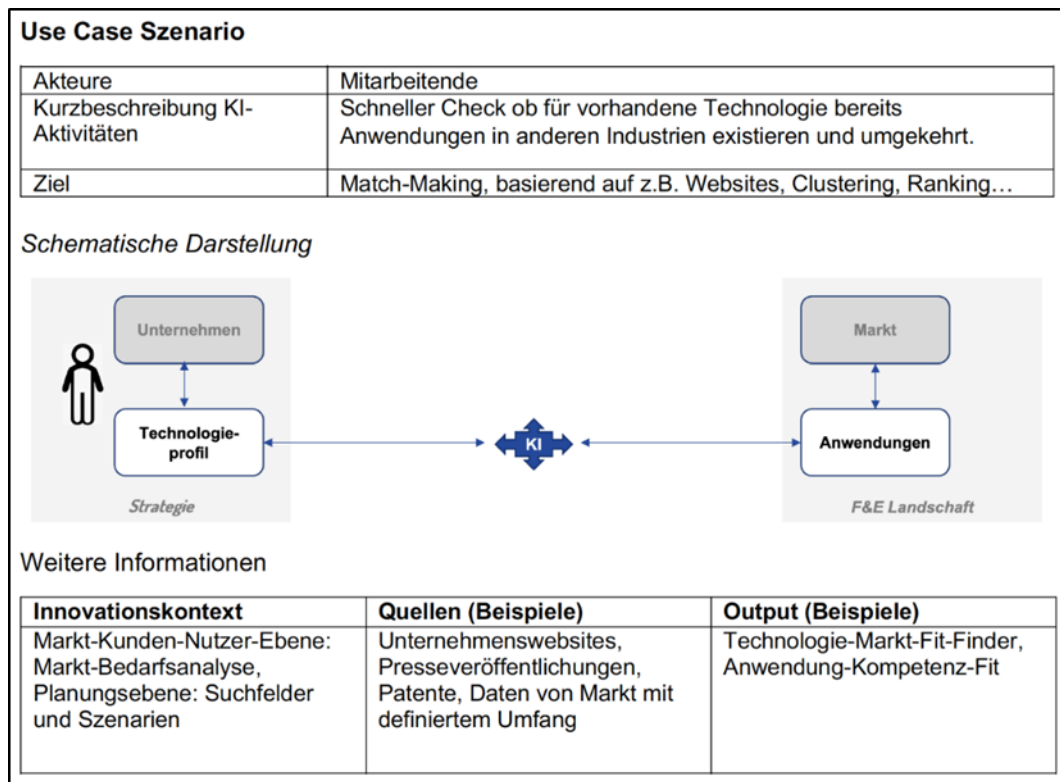


Bild 7: Anwendungsfall 2 – Smart Match Maker (schematisch; Quelle: Eigene Darstellung)

Zitate der Interviewteilnehmer, die den Bedarf beschreiben:

- „Sehr wichtig wären neue Märkte für den aktuellen Maschinenpark.“
- „[KI ist] auch relevant bei neuen Geschäftsfeldern, um ‚Bias‘ zu überwinden.“
- „Im Bereich Produkte & Märkte könnte eine KI neue Themen finden.“

3.2.3 Anwendungsfall 3: Smart Assistant

Bedarfsanalyse und Hintergrundinformationen: Auch der Blick nach innen ist in der frühen Phase von Vorausschau und Technologieplanung relevant: Experten aus Strategie und Unternehmensentwicklung ebenso wie aus den Bereichen Forschung und Entwicklung und Innovations- und Technologiemanagement beschäftigen sich damit, wie internes Wissen zukünftig besser genutzt werden kann. Relevante Unternehmensdaten, die beispielsweise bei einem neuen Projekt Auskunft darüber geben könnten, ob ein ähnliches Thema bereits in der Vergangenheit bearbeitet wurde, sind über die verschiedenen Bereiche des Unternehmens verteilt und in unterschiedlicher Form gespeichert. Diese Intransparenz ebenso wie Zugriffsbeschränkungen und weitere Hürden haben zur Folge, dass relevante Informationen entweder gar nicht oder nur mit manuellem Aufwand und der entsprechenden Mitarbeitererfahrung zum richtigen Zeitpunkt vorhanden sind. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob KI-basierte Lösungsansätze bessere Ergebnisse erbringen können und falls ja, wie. Bild 8 stellt die Informationen zum Use Case dar.

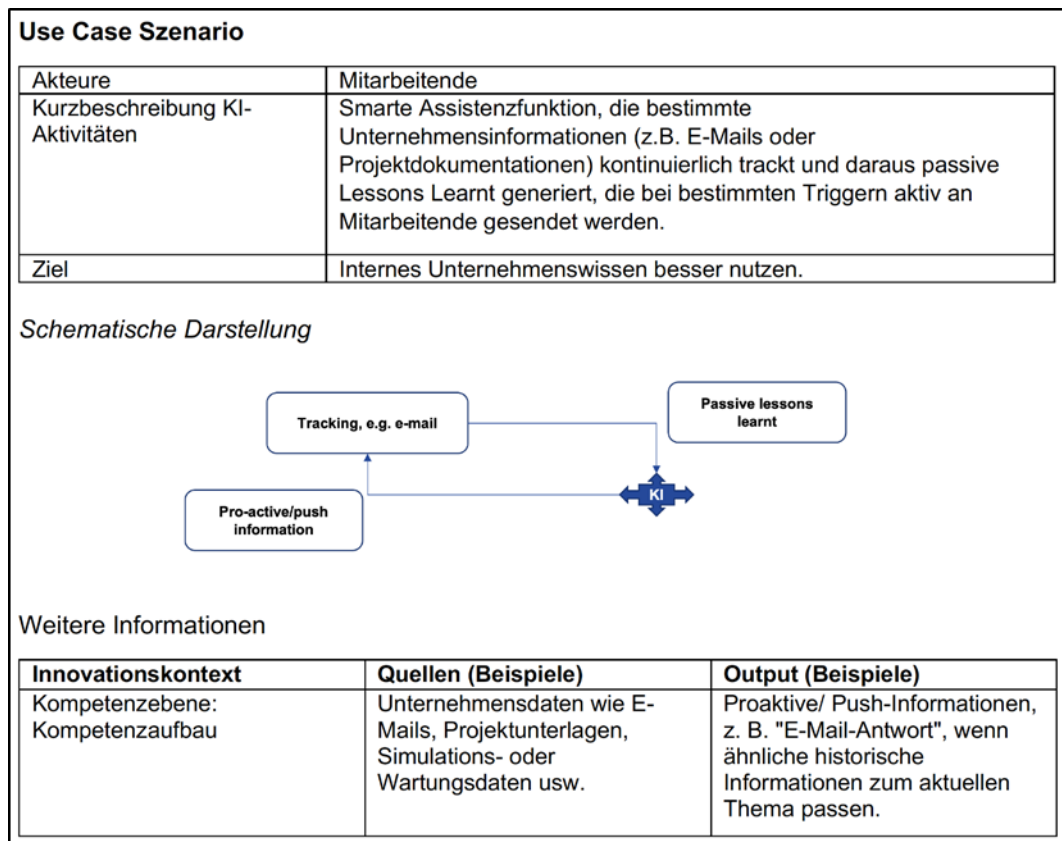


Bild 8: Anwendungsfall 3 – Smart Assistant (schematisch; Quelle: Eigene Darstellung)

Zitate der Interviewteilnehmer, die den Bedarf beschreiben:

- „Wenn unsere Firma wüsste, was unsere Firma weiß ...“
- „Wir haben viele Challenges, [...] das Wissen ist überall verteilt.“

4 KI-Lösungskonzepte unter Einsatz von LLM

Die Konzeption von Lösungsansätzen auf Basis von LLM birgt ein großes Potenzial für den Einsatz von KI in verschiedenen Anwendungsbereichen. Die LLM-Nutzung (z. B. BERT oder GPT-3) bietet durch das systemimmanente Kontextverständnis nicht nur einen Qualitätsvorteil gegenüber statistischen NLP-Ansätzen, sondern ermöglicht auch die Bearbeitung von Fragestellungen, die bisher nicht realisierbar waren. Ein Beispiel hierfür ist das Generieren von Texten in Form von Zusammenfassungen oder von kreativen Vorschlägen für den innovativen Einsatz einer vorhandenen Unternehmenskompetenz. LLM erfordern im Vergleich zu statistischen NLP-Ansätzen einen anderen Ansatz, besonders beim Preprocessing der Ausgangsdaten (während in der Vergangenheit z. B. häufig auftretende Wörter, bekannt als Stoppwörter, oder Pünktationen aus Texten entfernt wurden, können diese für LLM entscheidend sein, insbesondere im Hinblick auf die Bedeutung eines Satzes). Somit bedingen LLM eine gänzlich neue prozessuale Logik.

Die Literatur belegt bereits die Vorteile von LLM bei der Verarbeitung von Textdaten und beim Lösen von komplexen Aufgaben. So beschreiben DEVLIN ET AL. die erfolgreiche Anwendung

von BERT auf verschiedene NLP-Aufgaben [DCL+19]. Ebenso heben BROWN ET AL. die Potentiale von GPT-3 für das maschinelle Lernen hervor [BMR+20]. Insgesamt eignen sich Transformer-Modelle wegen ihrer Fähigkeit, Kontextinformationen zu verarbeiten und neue Textdaten zu generieren, als vielversprechende Technologie für Fragestellungen im Bereich Innovation und Technologieplanung. In den folgenden Abschnitten werden konkrete Vorschläge für die Anwendung von LLM in den herausgearbeiteten Anwendungsfällen vorgestellt.

4.1 LLM-Umsetzungskonzepte

Basierend auf den empirisch hergeleiteten Problemstellungen (s. o.) wurden LLM-basierte Lösungskonzepte erarbeitet, die im Folgenden erläutert werden.

4.1.1 Automatic Updater

Bei der automatisierten Analyse von Textdaten zur Identifizierung von Trends können durch die Anwendung von Encoder-Modellen wie BERT Kontextinformationen verwendet werden, was eine zuverlässigere Klassifizierung der Themen ermöglicht. Im Vergleich zu bestehenden Technologien, die das Thema eines Textes oft durch das Zählen häufiger Wörter bestimmen, erzielen LLM bessere Ergebnisse, da sie irrelevante Informationen minimieren und somit falschpositive und falschnegative Ergebnisse reduzieren. Außerdem können LLM komplexe Aufgaben wie das Zusammenfassen von Nachrichten übernehmen, was die manuelle Analyse von Texten erheblich vereinfacht, besonders wenn man einzelne Ergebnisse stichprobenartig überprüfen möchte.

Der Kontext ist in den eingebetteten Vektoren der LLM enthalten. Dies ermöglicht bei einer weiteren Verarbeitung dieser Daten (z. B. Clustering) eine Verringerung des Rauschens aufgrund präziserer Zuordnungen. Dies ist besonders für einen Trendradar und automatische Updates relevant, um die korrekten Themen zu erfassen und den Benutzer nicht mit irrelevanten Push-Benachrichtigungen zu überlasten. Bei einem automatisierten Trendradar ist vor allem die Frage relevant, wann ein Update oder eine Push-Benachrichtigung versendet werden soll. Hierfür eignen sich die Vektoren der LLM, die miteinander verglichen werden können. Als Auslöser könnten Events definiert werden, basierend auf bestimmten Konstellationen der Vektoren. Ein Beispiel hierfür wäre das verstärkte Auftauchen einer Technologie aus einem Cluster in einem neuen Cluster. Auf diese Weise können Trends frühzeitig erkannt werden, ohne spezifische Begriffe zu definieren, sondern durch das Vergleichen der Abstände von Kontextvektoren. Bild 9 zeigt die schematische Lösungsskizze.

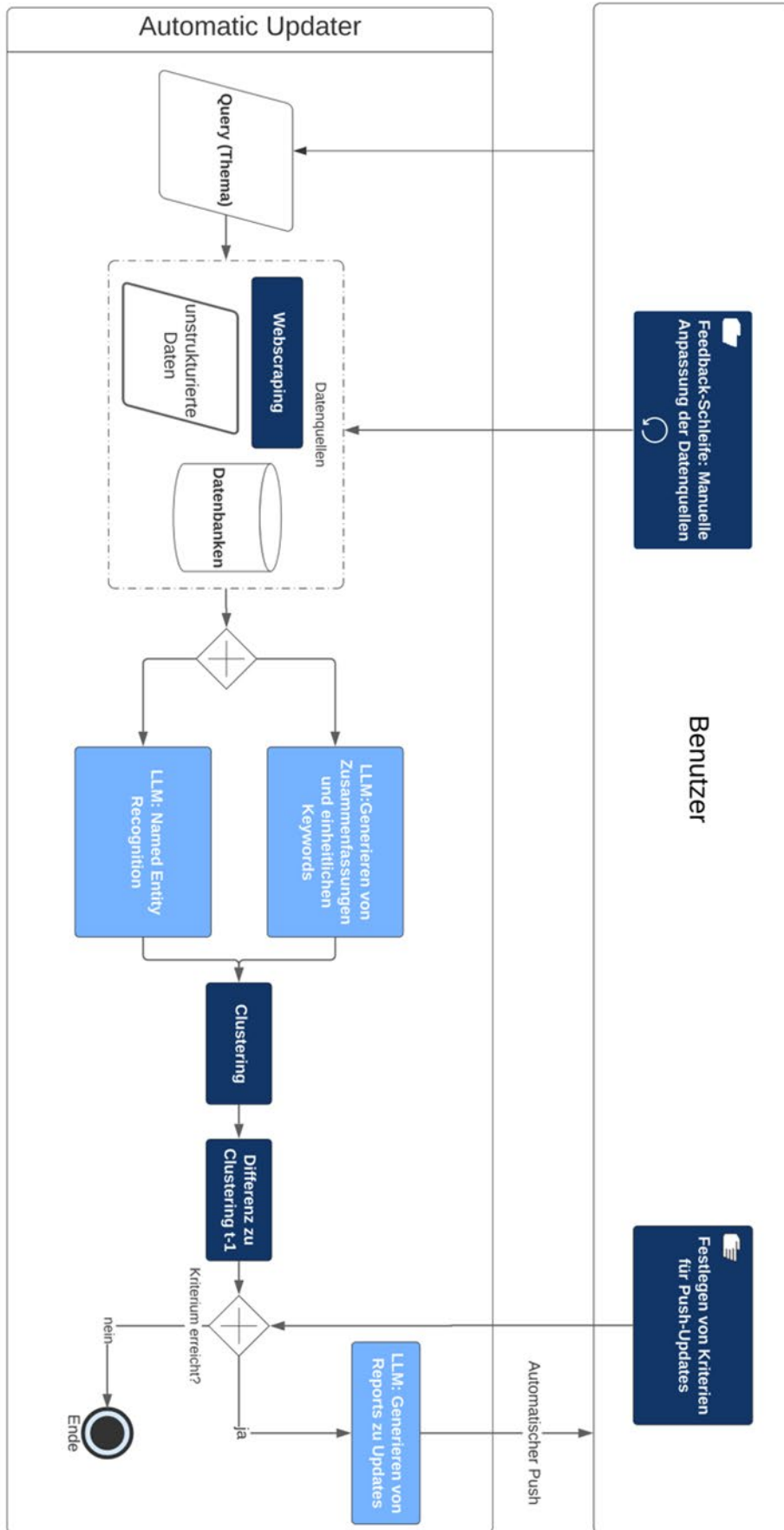


Bild 9: Automatic Updater (schematisch; Quelle: eigene Darstellung)

Ein weiterer Vorteil von LLM besteht in ihrer Fähigkeit, auch mit unstrukturierten Daten aus unterschiedlichen Quellen umzugehen. Die automatisierte Analyse dieser unstrukturierten Daten mithilfe von LLM kann zu neuen Erkenntnissen und Trends führen, die zuvor nicht verarbeitet werden konnten. Durch die Zero-shot-Fähigkeit² einiger Decoder-Modelle können Daten als Input verwendet werden, ohne dass ein neues Modell trainiert werden muss. Verschiedene Inputformate oder Zeichenfolgen können durch ein standardisiertes Ausgabeformat für die weitere Analyse umgewandelt werden. Im Gegensatz dazu müsste ein vergleichbares Encoder-Modell, das für andere Datenformate angepasst werden soll, feinjustiert werden. Somit kann die Zero-shot-Fähigkeit von Decoder-Modellen Zeit und Ressourcen sparen und ihre universelle Anwendbarkeit erhöhen.

4.1.2 Smart Match Maker

Um zu überprüfen, ob für eine bestimmte Technologie bereits Anwendungen in anderen Industrien existieren und umgekehrt, sind Abstraktionsfähigkeit und Kreativität erforderlich. Insbesondere Decoder-Modelle eignen sich hierfür, da sie basierend auf verschiedenen Input-Fragestellungen die zugrunde liegenden Konzepte erfassen und geeignete Lösungen vorschlagen können. Das besondere Merkmal der Decoder-Modelle besteht darin, dass sie nicht nur Wissen abrufen, sondern aus den Trainingsdaten abstrakte Konzepte extrahieren. Somit können sie Lösungsvorschläge bieten, die in ihrer spezifischen Form nicht im Trainingsdatensatz enthalten sind und als technologische Lösung bisher nicht existieren.

Der Nachteil von Decoder-Modellen liegt in der fehlenden Validierung: Es werden Ergebnisse generiert, die falsch sein können. Nach einem Kreativ-Modul empfiehlt es sich aus diesem Grund, die Ergebnisse auf Basis von zuverlässigen Datenquellen in Verbindung mit einem Encoder-Modell zu validieren. Die Kombination aus Generation und Konzepterfassung führt für diesen Use Case zu den besten Ergebnissen. Bild 10 zeigt die schematische Lösungsskizze.

Weitere Ansätze, um LLM bei der Umsetzung von Innovationsvorhaben einzusetzen, sind die Verwendung von spezifischen Branchendatenbanken und die Integration von Feedback-Schleifen: Branchendatenbanken können verwendet werden, um das Verständnis von Technologien und Anwendungen in verschiedenen Branchen zu vertiefen und somit die Abstraktionsfähigkeit und Kreativität der verwendeten LLM zu verbessern. Feedback-Schleifen tragen dazu bei, die Ergebnisse der Decoder-Modelle zu verbessern und sie auf die individuellen Bedürfnisse der Anwender anzupassen. Hierfür kann das Multi-Shot-Learning der Decoder-Modelle für eine Art Fine-Tuning auf die spezifische Fragestellung genutzt werden. Durch die Integration von domänenspezifischen Beispielen im gewünschten Format vor der eigentlichen Aufgabenstellung kann eine präzisere Ergebniserzeugung erzielt werden. Bei der Suche nach Anwendungen für eine Ausgangstechnologie anhand erster Beispiele, kann der Output in diese Richtung gelenkt werden und nicht relevante Ergebnisse werden reduziert.

² Zero-shot-prompting: Fähigkeit Vorhersagen zu treffen, ohne einen annotierten Datensatz zu benötigen. Wird ein Beispiel (one-shot) oder mehrere Beispiele (few-shot) vor den Prompt angefügt, kann die Qualität des Ergebnisses verbessert werden.

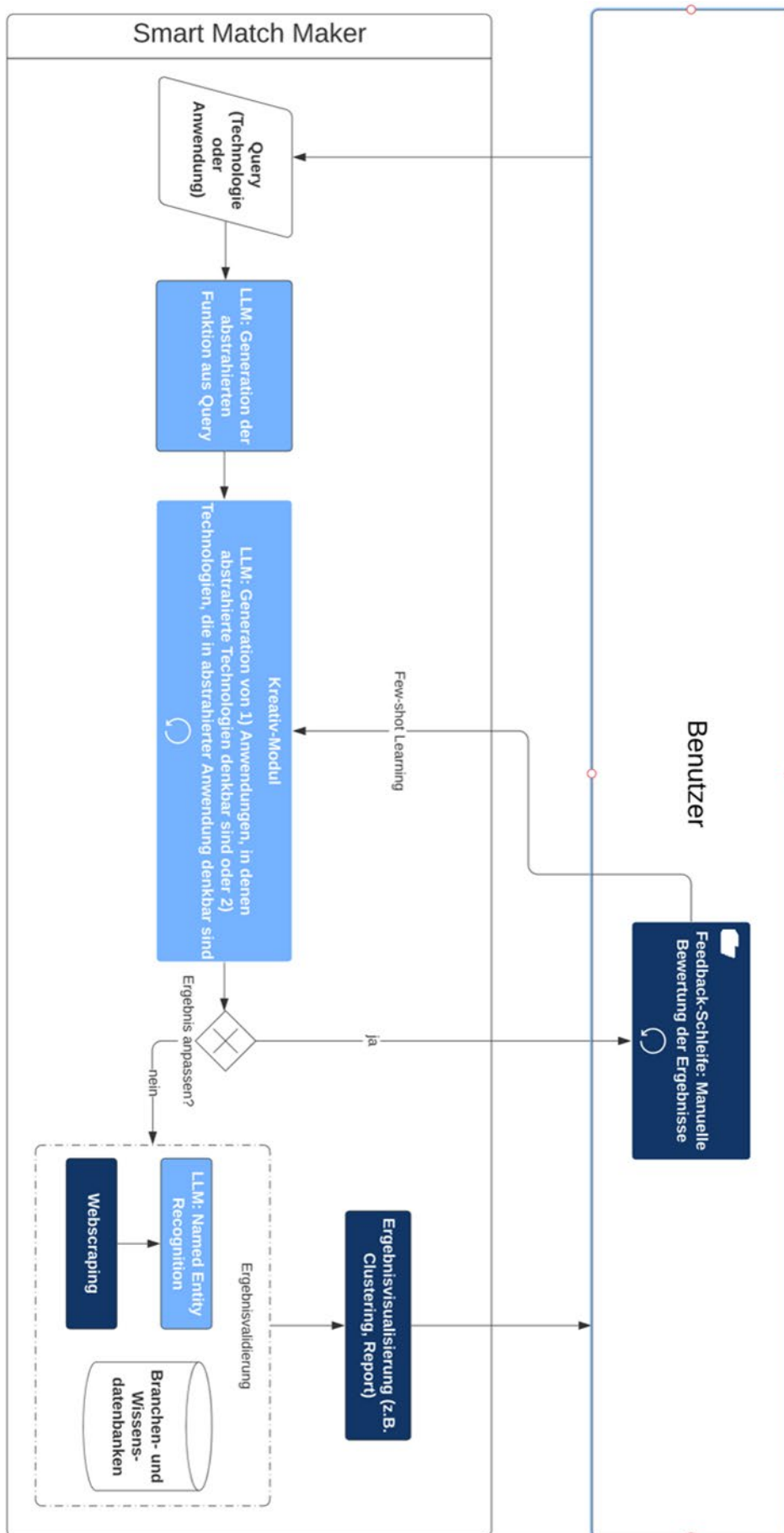


Bild 10: Smart Match Maker (schematisch; Quelle: eigene Darstellung)

4.1.3 Smart Assistant

Eine vielversprechende Möglichkeit, das interne Wissen in einem Unternehmen besser zu nutzen, ist die Implementierung eines LLM-basierten smarten Assistenten. Ein solcher Assistent kann Experten aus den Bereichen Strategie und Unternehmensentwicklung, Forschung und Entwicklung sowie Innovations- und Technologiemanagement dabei helfen, relevante Unternehmensdaten effizienter zu nutzen, indem er automatisch nach ähnlichen Themen und Problemen sucht und passende Lösungen vorschlägt.

Um das optimale Nutzererlebnis zu gewährleisten, ist es wichtig, dass das eingesetzte System über ein gutes Kontextverständnis verfügt. Dies ist durch den Einsatz von LLM möglich, die in der Lage sind, große Datenmengen zu verarbeiten und zu verstehen. Allerdings gibt es bei der LLM-Anwendung für diese Problemstellung aktuell noch eine systembedingte Limitierung der verarbeitbaren Textlänge [SP22].

Um möglichst viele Konversationen (z. B. E-Mails und Dokumente) zu berücksichtigen, wäre es sinnvoll, kürzere Textabschnitte zuerst mit einem Encoder-Modell zu klassifizieren und zusammenzufassen. Die aggregierten Informationen können dann in einer Datenbank gespeichert werden. Parallel dazu kann das Decoder-Modell für neu eintreffende Texte (z. B. neue E-Mails) das zentrale Konzept identifizieren und mit den Einträgen in der Datenbank vergleichen. Sobald ein ähnliches Konzept erkannt wird, kann der Smart Assistant automatisch eine Push-Benachrichtigung mit einem Verweis auf den Datenbank-Eintrag generieren. Auf diese Weise kann der Smart Assistant Zeit sparen und dem Unternehmen dabei helfen, das vorhandene Wissen besser zu nutzen. Bild 11 zeigt die schematische Lösungsskizze.

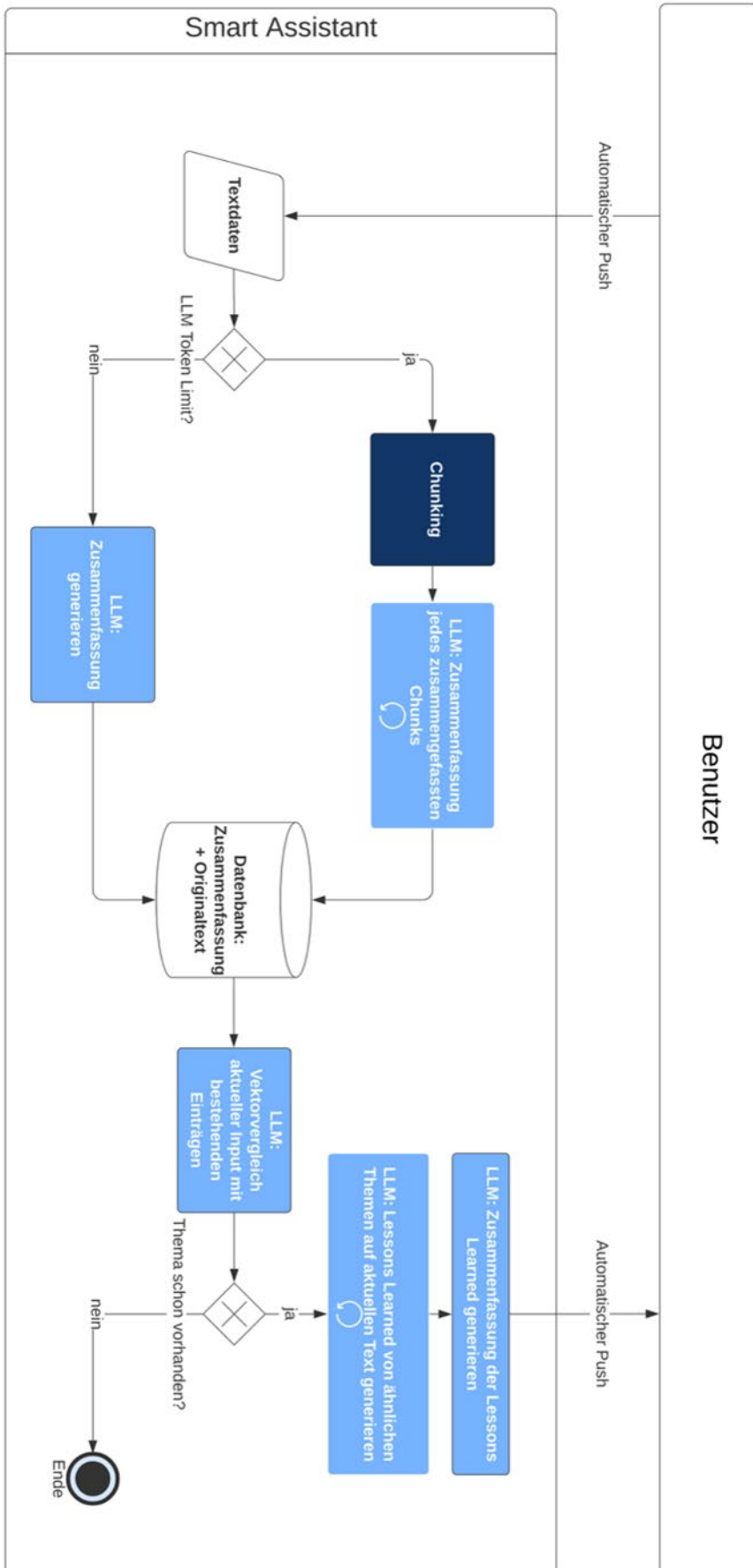


Bild 11: Smart Assistant (schematisch; Quelle: eigene Darstellung)

5 Fazit und Diskussion

Die meisten Innovations- und Technologieverantwortlichen dürften sich in der Zwischenzeit mit ChatGPT auseinandergesetzt haben. Das Potenzial von LLM geht jedoch weit über reine Chat-Funktionalitäten hinaus. Durch die neue Art der Informationsverarbeitung ermöglichen es LLM, Problemstellungen anders oder überhaupt erstmalig automatisiert abzubilden.

Im Hinblick auf die in dieser Studie betrachteten konkreten Problemstellungen in der frühen Phase von Vorausschau und Technologieplanung kann die Integration von LLM zu einer Optimierung der Problemlösungsansätze in allen drei untersuchten Fällen führen. Die erarbeiteten Konzepte zeigen insbesondere durch die Fähigkeit von LLM, vorhandenen Text semantisch zu erfassen und neuen Text zu generieren, sowie durch ihren modularen Aufbau einen klaren Mehrwert gegenüber alternativen Ansätzen.

Als Basis für die weitere Auseinandersetzung mit dem Einsatz von LLM in Vorausschau und Technologieplanung sollen die Ergebnisse der vorliegenden empirisch-konzeptionellen Studie sowohl Forscher:innen als auch Anwender:innen zugutekommen. LLM ermöglichen Anwendungen, die die Qualität bestehender Lösungsansätze verbessern oder weit darüber hinaus gehen. Durch das systemimmanente Kontextverständnis sind komplexe Anwendungen wie das Zusammenfassen von Texten und die selbständige Abstraktion und Erzeugung von Texten möglich.

Bei vorliegender Studie handelt es sich um eine erste konzeptionelle Auseinandersetzung mit LLM im spezifischen Fachkontext „Vorausschau und Technologieplanung“ – für Forscher stecken darin Auftrag und Möglichkeit, die entwickelten Konzepte zu operationalisieren und mit alternativen Lösungsansätzen zu vergleichen. Darüber hinaus besteht Forschungsbedarf insbesondere bezüglich der kulturellen sowie der organisatorischen Einbindung von LLM im Unternehmenskontext: was macht der LM-Einsatz mit Unternehmen und Mitarbeitern?

Für Praktiker können die in vorliegender Studie entwickelten Lösungskonzepte für das neuartige Adressieren relevanter Fragestellungen in Vorausschau und Technologieplanung als Vorlage dienen, eigene LLM-basierte Lösungen zu explorieren. Darüber hinaus ergeben sich auf Dienstleisterseite (z. B. Verbände, Cluster oder Beratungen) neue Ansatzpunkte, wie das Veranstalten von anwendungsfall-spezifischen Best Practice Days oder das Aufsetzen von LLM-Tutorials.

Mit der empirischen Herleitung der aktuell zentralen Problemstellungen im Technologie- und Innovationsmanagement, leistet die vorliegende Studie auch unabhängig der LLM-basierten Lösungskonzepte einen Beitrag zur aktuellen Fachdiskussion. So bieten die identifizierten Anwendungsfälle auch über die KI-seitige Betrachtung hinaus Ansätze für organisationale Maßnahmen wie z. B. das Zusammenfassen vorwettbewerblicher Trendanalysen (Anwendung 1), das Aufsetzen eines Technologie-Marktplatzes (Anwendung 2) oder das Entwickeln von Schulungsangeboten zur Optimierung von Lessons-Learned-Prozessen (Anwendung 3).

Die vorliegende Studie stellt einen ersten Versuch dar, das Potenzial der sich in unglaublicher Geschwindigkeit entwickelnden LLM für Vorausschau und Technologieplanung abzuschätzen. Neben den rapide wachsenden Möglichkeiten zum Einsatz von LLM für die unterschiedlichsten Anwendungen, stellt diese Geschwindigkeit gleichzeitig die zentrale Limitation der

vorliegenden Studie dar: Es besteht die Gefahr, dass die erarbeiteten Erkenntnisse schneller veralten als die Druckerschwärze zum Trocknen braucht – die Folge dessen darf aber nicht sein, sich nicht mit LLM auseinanderzusetzen und die Autoren hoffen, einen Beitrag zum zukünftig erfolgreichen Einsatz von LLM in Vorausschau und Technologieplanung geleistet zu haben.

Literatur

- [BMR+20] T. B. BROWN, B. MANN, N. RYDER, M. SUBBIAH, J. KAPLAN, P. DHARIWAL, A. NEELAKANTAN, P. SHYAM, G. SASTRY, A. ASKELL, S. AGARWAL, A. HERBERT-VOSS, G. KRUEGER, T. HENIGHAN, R. CHILD, A. RAMESH, D. M. ZIEGLER, J. WU, C. WINTER, C. HESSE, M. CHEN, E. SIGLER, M. LITWIN, S. GRAY, B. CHESS, J. CLARK, C. BERNER, S. MCCANDLISH, A. RADFORD, I. SUTSKEVER UND D. AMODEI, Language Models are Few-Shot Learners, *Advances in neural information processing systems*, Nr. 33, pp. 1877-1901, 2020.
- [Chr00] C. M. CHRISTENSEN, *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2000.
- [DCL+19] J. DEVLIN, M.-W. CHANG, K. LEE UND K. TOUTANOVA, Bert: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, 2019.
- [FB19] J. FÜLLER UND V. BILGRAM, *Wie Künstliche Intelligenz und Algorithmen das Innovieren revolutionieren. Wissenschaftliche Studie zum Einfluss von KI auf das Innovationsmanagement*, HYVE, 2019.
- [Gar12-ol] GARTNER, *Analytic Value Escalator*, 2012. [Online]. Available: <https://www.flickr.com/photos/27772229@N07/8267855748/>. [Zugriff am 06 05 2023].
- [GDE+19] J. GAUSEMEIER, R. DUMITRESCU, J. ECHTERFELD, T. PFÄNDER, D. STEFFEN UND F. THIELEMANN, *Innovationen für die Märkte von morgen. Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*, München: Carl Hanser, 2019.
- [GFF+21] B. GHORBANI, O. FIRAT, M. FREITAG, A. BAPNA, M. KRIKUN, X. GARCIA, C. CHELBA UND C. CHERYY, *Scaling Laws for Neural Machine Translation*, 2021.
- [HEH21] U. HUTSCEK, K. ELLERMANN UND L. HAARMANN, Ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements, Bd. 16, *Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, 2021.
- [IL20] M. IANSITI UND K. LAKHANI, *Competing in the age of AI: strategy and leadership when algorithms and networks run the world*, Harvard Business Press, 2020.
- [JM08] D. JURAFSKY UND J. MARTIN, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition*, Bd. 2, 2008.
- [KAB+02] P. A. KOEN, G. AJAMIAN, S. BOYCE, A. CLAMEN, E. FISHER, S. G. FOUNTOULAKIS, A. JOHNSON, P. PURI UND R. SEIBERT, *Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques*, 2002.
- [KKK+23] D. KHURANA, A. KOLI, K. KHATTER UND S. SINGH, Natural language processing: state of the art, current trends and challenges, *Multimedia Tools and Applications*, Bd. 82, p. 3713–3744, 2023.
- [KMW+19] L. KÖLBL, C. MÜHLROTH, F. WISER, M. GROTTKE UND C. DURST, *Big Data im Innovationsmanagement: Wie Machine Learning die Suche nach Trends und Technologien revolutioniert*, *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, Bd. 56, p. 900–913, 2019.
- [LCG+20] Z. LAN, M. CHEN, S. GOODMAN, K. GIMPEL, P. SHARMA UND R. SORICUT, *Albert: A Lite BERT for Self-supervised Learning of Language Representations*, 2020.
- [LHG06] C. LETTL, C. HERSTATT UND H. GEMUENDEN, Users' Contributions to Radical Innovation: Evidence from Four Cases in the Field of Medical Equipment Technology, *R&D Management*, Bd. 36, pp. 251-272, June 2006.
- [LLY12] S. LEE, H.-J. LEE UND B. YOON, Modeling and analyzing technology innovation in the energy sector: Patent-based HMM approach, *Computers & Industrial Engineering*, Bd. 63, pp. 564-577, 2012.

- [LMP01] J. D. LAFFERTY, A. MCCALLUM UND F. C. N. PEREIRA, Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data, Proceedings of the Eighteenth International Conference on Machine Learning, San Francisco, CA, USA, 2001.
- [Mar91] J. G. MARCH, Exploration and Exploitation in Organizational Learning, Organization Science, Bd. 2, p. 71–87, 1991.
- [MCC+13] T. MIKOLOV, K. CHEN, G. CORRADO UND J. DEAN, Efficient estimation of word representations in vector space, arXiv 1301.3781, 2013.
- [SP22] A. SOBIESZEK UND T. PRICE, Playing Games with AIs: The Limits of GPT-3 and Similar Large Language Models, Minds and Machines, Bd. 32, p. 341–364, 2022.
- [SP96] T. E. STUART UND J. M. PODOLNY, Local search and the evolution of technological capabilities, Strategic Management Journal, Bd. 17, pp. 21–38, 1996.
- [SPP+19] M. SHOEBI, M. M. A. PATWARY, R. PURI, P. LEGRESLEY, J. CASPER UND B. CATANZARO, Megatron-LM: Training Multi-Billion Parameter Language Models Using GPU Model Parallelism, 2019.
- [SPS20] O. SHARIR, B. PELEG UND Y. SHOHAM, The Cost of Training NLP Models: A Concise Overview, 2020.
- [STM22] M. SARROUTI, C. TAO UND Y. MAMY RANDRIAMIHAJA, Comparing Encoder-Only and Encoder-Decoder Transformers for Relation Extraction from Biomedical Texts: An Empirical Study on Ten Benchmark Datasets, Proceedings of the 21st Workshop on Biomedical Language Processing, Dublin, 2022.
- [SV22] P. SU UND K. VIJAY-SHANKER, Investigation of improving the pre-training and fine-tuning of BERT model for biomedical relation extraction, BMC Bioinformatics, Bd. 23, p. 120, 2022.
- [Tee98] D. J. TEECE, Capturing Value from Knowledge Assets: The New Economy, Markets for Know-How, and Intangible Assets, California Management Review, Bd. 40, pp. 55–79, 1998.
- [TBC+21] A. TAMKIN, M. BRUNDAGE, J. CLARK UND D. GANGULI, Understanding the Capabilities, Limitations, and Societal Impact of Large Language Models, 2021.
- [TWW22] L. TUNSTALL, L. VON WERRA UND T. WOLF, Natural Language Processing with Transformers, Revised Edition, Bd. 1, O'Riley Media, 2022.
- [VSP+17] A. VASWANI, N. SHAZEER, N. PARMAR, J. USZKOREIT, L. JONES, A. N. GOMEZ, Ł. U. KAISER UND I. POLOSUKHIN, Attention is All you Need, Advances in Neural Information Processing Systems, 2017.
- [Wan23-ol] Y. WANG, An In-Depth Look at the Transformer Based Models, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/@yulemoon/an-in-depth-look-at-the-transformer-based-models-22e5f5d17b6b>. [Zugriff am 17 March 2023].
- [WPN+20] A. WANG, Y. PRUKSACHATKUN, N. NANGIA, A. SINGH, J. MICHAEL, F. HILL, O. LEVY UND S. R. BOWMAN, SuperGLUE: A Stickier Benchmark for General-Purpose Language Understanding Systems, 2020.
- [ZMB+22] D. ZHANG, N. MASLEJ, E. BRYNJOLFSSON, J. ETCHEMENDY, T. LYONS, J. MANYIKA, H. NGO, J. C. NIEBLES, M. SELLITTO, E. SAKHAEI, Y. SHOHAM, J. CLARK UND R. PERRAULT, The AI Index 2022 Annual Report, 2022.

Autoren

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.

Marius Heil ist Consultant bei TIM Consulting in Stuttgart. Er entwickelt neue Tools in der datengestützten Analyse und leitet daraus Empfehlungen für die Technologiestrategie und Innovationsprozesse ab. Zudem widmet er sich aktiv der Produktentwicklung. Nach dem Abschluss seines Studiums in Elektrotechnik und Entrepreneurship vertiefte er sein Wissen als Bindeglied zwischen Technologie und Anwendung und fokussierte sich auf Natural Language Processing.

Carmen Beisswanger ist Senior Project Manager bei TIM Consulting in Stuttgart. Sie begleitet Unternehmen in Transformationsprozessen und arbeitet an den Schnittstellen von Unternehmensstrategie, Organisationsentwicklung, Innovationsprozessen und dem Einsatz neuer Technologien in Organisationen. Nach dem Studium der internationalen Wirtschaftswissenschaften mit Schwerpunkt Innovationsmanagement und HR-Management an der Universität Hohenheim hat sie sowohl als Inhouse Consultant wie auch als externe Beraterin und Project Manager für Start-ups, KMUs und Konzerne aus verschiedenen Branchen gearbeitet.

Barbara Schmohl studierte Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Antriebstechnik an der Technischen Universität Berlin. Anschließend war sie drei Jahre bei Siemens in Berlin beschäftigt, bevor sie 1999 zur ZF Friedrichshafen AG nach Friedrichshafen in die Vorentwicklung wechselte. Hier leitete Frau Schmohl zuerst einige Vorentwicklungsprojekte, beschäftigte sich aber sehr bald mit dem Aufbau eines institutionalisierten Innovationsmanagements innerhalb der Vorentwicklung. Seit fünf Jahren ist sie Mitarbeiterin der Innovation Factory der ZF mit den Arbeitsschwerpunkten Technologiemanagement, Scouting und Coaching.

Sonja Goris studierte Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Elektromechanik an der Hochschule De Nayer – Sint Katelijne Waver, Belgien. Sie startete ihre Karriere als Entwicklungsingenieurin für technische Berechnungssoftware bei Hansen Transmissions International, Getriebehersteller für Industrieanwendungen und Windkraft. Als die Windkraftaktivitäten von ZF Friedrichshafen akquiriert wurden, wechselte sie in die Forschungsabteilung der ZF Wind Power Belgien, wo sie mehrere Projekte für neue Technologieentwicklung geleitet hat. Seit 2018 ist sie als Mitglied des CTO-Leitungsteams verantwortlich für Patentmanagement, Fördermittel und das Institutionalisieren eines Innovationsmanagements-Prozesses. Innerhalb der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) leitet sie den Arbeitskreis Innovationsmanagement.

Session VII

Weiterentwicklung und Evaluation einer Systematik zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften

Maximilian Kuebler

Carsten Thümmel

Albert Albers

Manuel Spekker

IPEK – Institut für Produktentwicklung

Kaiserstraße 10, 76131 Karlsruhe

Tel.: +49 (0) 721 608 48413/45036/42371

E-Mail: {maximilian.kuebler/carsten.thuemmel/albert.albers}@kit.edu.de

manuel.spekker@student.kit.edu

Andreas Siebe

IPEK – Institut für Produktentwicklung

Kaiserstraße 10, 76131 Karlsruhe

Tel. +49 (0) 5251 390-3400

E-Mail: siebe@zukunftsingenieur.de

Zusammenfassung

Angesichts der zunehmenden Komplexität und Dynamik volatiler Marktumfelder ist es erforderlich, bei der Entwicklung kommender Produktgenerationen zukünftige Anforderungen strategisch zu berücksichtigen. Modulare Produkte und deren Architekturen werden hier in besonderem Maße beeinflusst, da ihre Subsysteme über einen längeren Zeitraum in mehreren Produkten verwendet werden. In diesem Zusammenhang bieten Updates und Upgrades eine Lösung für die Implementierung nachhaltiger Produkte. Die diesem Beitrag zugrundeliegende Systematik des „Upgradeable Mechatronic Systems – An Approach to determine changing Product Properties using Foresight“ beschäftigt sich mit der Identifikation änderungsbehafteter Produkteigenschaften. Je nach zukünftigem Potenzial einzelner Merkmale einer Produkteigenschaft können die Eigenschaften in diesem als zeitlich statisch oder dynamisch klassifiziert und ihre Relevanz für eine spätere Update- und Upgrade-Planung bestimmt werden. Die Anwendung ist seither jedoch aufwändig und setzt ein hohes Maß an Methodenwissen voraus. Dieser Beitrag entwickelt die Systematik weiter, indem er die Vorgehensweise zur Identifikation sich ändernden Produkteigenschaften gezielt vereinfacht. Basierend auf gewonnenen Erkenntnissen wird eine Priorisierung der Entwicklungsumfänge für mehrere Produktgenerationen eingeführt. Die weiterentwickelte Systematik wurde mithilfe eines konkreten Use Cases im Rahmen des Forschungsprojektes Software Defined Car (SofDCar) evaluiert. Der Use Case bezieht sich auf die Automobilbranche aus der Perspektive eines OEM und der zugehörigen Lieferkette. Die Anwendbarkeit und Unterstützungsleistung der weiterentwickelten Systematik wurde nachgewiesen. Ergebnisse aus der Anwendung können in Entwicklungsprojekten genutzt werden, um Updates und Upgrades für zukünftige Produktgenerationen zu planen sowie deren Modularität

sierung anzupassen. Aktuell werden die gewonnenen Erkenntnisse auf technische Umsetzbarkeit in weiteren Vorhaben untersucht. In einem weiteren Schritt soll auf der dargestellten Basis eine Systematik erarbeitet werden, der die neu geplanten Entwicklungsumfänge mit Ergebnissen aus der (Umfeld-) Vorausschau abgleicht.

Schlüsselworte

Vorausschau, Szenarien, Upgrade, Monitoring, Produktentstehungsprozess (PEP), Strategische Produktplanung

Advancement and evaluation of a systematic approach to determine changing product properties

Abstract

Considering the increasing complexity and dynamic of volatile market environments, it is necessary to strategically anticipate future needs in the development of upcoming product generations. Modular products and their architectures are particularly affected, as their subsystems are used in several products over a longer period of time. In this context, updates and upgrades offer a solution for implementing sustainable products. The systematic "Upgradeable Mechatronic Systems - An Approach to Determine Changing Product Properties using Foresight" deals with the identification of changing product properties. Depending on the future potential of individual characteristics of a product property, the properties can be classified as static or dynamic time-dependent and their relevance for subsequent update and upgrade planning can be determined. This paper develops this systematic further, as it aims for simplification of the procedure. Based on the knowledge gained previously, a prioritization of the development scopes for several product generations is introduced. The enhanced systematic was evaluated within the framework of the research project Software Defined Car (SofDCar) with the help of a concrete use case. The use case relates to the automotive industry from the perspective of an OEM and the associated supply chain. The applicability and support performance of the further developed systematics was verified. Results from the application can be used in development projects to plan updates and upgrades for future product generations and to adapt their modularization. The findings are currently being examined for technical feasibility in further projects. In a further step, a systematic is to be developed on the basis of the presented findings, which compares the newly planned development scopes with the results of the (environmental) foresight.

Keywords

Foresight, Scenario, Upgrade, Monitoring, Product Engineering Process (PEP), Strategic Product Planning

1 Einleitung

Sich rasant verändernde Umfeldbedingungen, die notwendige Schnelllebigkeit des wirtschaftlichen Handelns sowie das stetig wandelnde und individualisierte Konsumverhalten der Menschen prägen das Bild der modernen Gesellschaften. Dadurch werden Unternehmen mit wechselhaften Umfeldern konfrontiert [Weu19]. Die Anforderungen an Produkte sind aufgrund verstärkter Marktsegmentierung, individuelleren Kundenanforderungen und einer beschleunigten Technologieentwicklung vielfältig [BES+12]. Besonders Produkte aus hochtechnologischen Bereichen, bspw. der Mechatronik, weisen aufgrund kürzerer Produktlebenszyklen einen erhöhten Materialeinsatz und ein höheres Maß an Verschwendung auf [BWH+14]. Unter Berücksichtigung der Ziele hinsichtlich des Klimawandels und der damit steigenden Relevanz von nachhaltigem Handeln ist es erforderlich, Produkte zukünftig vorausschauender und anpassungsfähiger zu gestalten [TLM09]. Ziel hierbei sollte eine Verlängerung des Produktlebenszyklus durch eine Erweiterung der Nutzungsdauer sein. Produktupdates und -upgrades bieten eine Möglichkeit, dieses Ziel zu realisieren. Angesichts der verkürzten Technologiezyklen und der Schnelllebigkeit von Konsumgütern können Updates und Upgrades dazu beitragen, ein Produkt technologisch auf dem neuesten Stand zu halten und Funktionalitäten an sich verändernde Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzenden anzupassen [SKK+23]. Durch den Mehrwert, welchen Updates und Upgrades bieten, kann die Nutzungsphase der Produkte verlängert werden [AWR+15]. Im Kontext von mechatronischen Produkten handelt es sich bei Upgrades um hardwareseitige Änderungen, anders als softwareseitige Veränderungen durch Updates. Um Upgrades im späteren Produktlebenszyklus durchführen zu können, müssen die notwendigen Anpassungen für diese in der Produktentstehung vorausschauend berücksichtigt werden [XB08]. Obwohl es eine Vielzahl von Produktentwicklungsmethoden gibt, verfügen Produktentwickelnde nicht über Methoden, um Upgradepfade proaktiv zu gestalten [AWR+15].

2 Stand der Forschung

Für den Erfolg von Unternehmen sind Innovationen von zentraler Bedeutung [Sch12]. Der Begriff der Innovation geht auf SCHUMPETER zurück, der diese als erfolgreiche Durchsetzung einer technischen oder organisatorischen Neuerung am Markt beschreibt [Sch39]. Damit ist eine Beurteilung und Klassifizierung einer Innovation erst retrospektiv möglich [ABW15], [ABH+20]. Dennoch müssen diese vorausschauend geplant werden: "Die Basis für den Innovationserfolg von morgen ist daher eine vorausschauende und systemorientierte Produktentstehung" [AG12]. ALBERS, HEIMICKE ET AL. greifen die Beschreibung von SCHUMPETER auf und erweitern diese durch das Produktprofil, welches die Bedarfssituation aus Sicht von Anbietenden, Kunden und Anwendenden aufzeigt. Sie beschreiben eine Innovation als die technische Implementierung eines Produktprofils im Rahmen der Produktentstehung durch eine Invention und deren erfolgreiche Markteinführung [AHW+18]. Um update- und upgradefähige Produkte mit Innovationspotenzial zu gestalten, werden im Folgenden die beschriebenen Felder der Produktentstehung, der Vorausschau sowie zugehörige, verknüpfende Methoden betrachtet.

2.1 Produktentstehung

Die Produktentstehung ist als Teil des Produktlebenszyklus anzusehen und umfasst alle Schritte von Produkt- oder Geschäftsidee bis zum Serienanlauf [AG12]. Eine besondere Rolle wird der frühen Phase zugeschrieben, da der spätere Erfolg stark von dort getroffenen Entscheidungen abhängt [CK93]. Die Möglichkeiten der Einflussnahme auf den Prozess sind hier am größten und spätere Änderungen mit vergleichsweise hohen Kosten und Zeitaufwand verbunden [Ver97]. Da Produkte in der Regel in Generationen und auf Basis von Referenzprodukten entwickelt werden [ABR16], haben ALBERS, RAPP ET AL. die Frühe Phase der PGE - Produktgenerationsentwicklung hinsichtlich der Einschätzung des Entwicklungsrisikos und des Denkens in Produktgenerationen definiert [ARB+17]. Die PGE ist ein Erklärungsmodell zur Entwicklung technischer Produkte und mechatronischer Systeme. Dabei wird zugrunde gelegt, dass neue Produkte nicht auf dem „weißen Papier“, sondern immer anhand von Referenzen entwickelt werden. Dieses Modell besteht aus zwei grundlegenden Hypothesen. [ABW15]

Die erste Hypothese besagt, dass die Entwicklung neuer Produkte fast ausnahmslos auf einem oder mehreren bestehenden Produkten basiert, wobei die zugrunde liegenden Produkte als Referenzprodukte bezeichnet werden. Diese Referenzprodukte enthalten Referenzsystemelemente, die in das Referenzsystem übernommen werden [ARS+19]. Referenzsystemelemente können aus einer vorangegangenen Produktgeneration, aus Produkten von Wettbewerbern, anderer Branchen oder der Forschung stammen [ARS+19]. Die zweite Hypothese besagt, dass die Subsysteme der aktuellen Produktgeneration aus den Referenzsystemelementen über drei Variationsoperatoren entwickelt werden [ABW15]. Dabei handelt es sich um die Übernahme-, die Gestalt- und die Prinzip-Variation. Abhängig vom jeweiligen Operator werden bestehende Lösungen bis auf Schnittstellenanpassungen übernommen (Übernahmevariation), Attribute unter Beibehaltung des Lösungsprinzips variiert (Gestaltvariation) oder Funktionen durch ein für das Entwicklungsteam neues Lösungsprinzip umgesetzt (Prinzipvariation). [ABW15]

2.2 Vorausschau

Vorausschau beschreibt die systematische Auseinandersetzung mit möglichen, zukünftigen Entwicklungen. Darunter wird im Allgemeinen sowohl der Prozess der Vorausschau als auch die zur Vorausschau eingesetzten Methoden und Instrumente verstanden. [SMF+18] Um am Markt erfolgreich zu sein, bedarf es Produkte, die den zukünftigen Marktanforderungen gerecht werden [ADM+18]. Die Instrumente der Vorausschau werden im Rahmen des Zukunftsmanagements beschrieben [SMF+18] und beinhalten alle Prozesse, Methoden und Systeme, die zur Früherkennung von zukünftigen Entwicklungen notwendig sind, sowie deren Gestaltungsmöglichkeiten und Implementierungen in Organisationen [Mic07]. FINK und SIEBE unterteilen Zukunftsmanagement in drei Ebenen, die jeweils einen unterschiedlichen Zeithorizont adressieren [FS06]. Neben Prognosen und Trends für kurz- und mittelfristigen Zeithorizont sind Szenarien als Instrument für langfristige Vorausschau gedacht, wodurch die Ableitung einer strategischen Ausrichtung oder das Finden von zukünftigen Produktpotenzialen möglich ist. Szenarien sind daher ein wesentliches Instrument zur Betrachtung zukünftiger Produktgenerationen. Es wer-

den mehrere alternative Zukunftsbilder entwickelt, um den potenziellen Zukunftsraum möglichst umfassend abzudecken und das zukunfts offene Denken zu unterstützen. Eine exakte Vorhersage findet somit nicht statt. [GOA+16]

Die Erstellung der Szenarien erfolgt gemäß der Szenario-Technik und des Szenario-Managements nach GAUSEMEIER, FINK ET AL. in fünf Schritten [GFS98]. Nach einer Szenariovorbereitung, in der die Zielsetzung des Projekts definiert wird, erfolgt die Szenariofeld-Analyse. In dieser werden das Umfeld anhand eines Systembilds modelliert und beeinflussende Faktoren gesammelt. Diese werden durch systematische Strukturierung und Auswahl ausgewählt und Schlüsselfaktoren als besonders relevante Faktoren identifiziert. Im dritten Schritt, der Szenario-Prognostik, werden für jeden Schlüsselfaktor Dimensionen aufgespannt und alternative Entwicklungsmöglichkeiten als zukunfts offene Projektionen beschrieben. In der Szenario-Bildung werden die einzelnen Projektionen der Schlüsselfaktoren zu Projektionsbündeln kombiniert und hinsichtlich ihrer Konsistenz überprüft. Dies kann unter anderem anhand eines morphologischen Kastens oder toolbasiert durch eine Konsistenzanalyse erfolgen. Bei der Erstellung anhand des morphologischen Kastens werden bei der händischen Zusammenstellung der Projektion nur solche Konstellationen kombiniert, die schlüssig erscheinen. Diese Konstellationen stellen direkt die Szenarien dar. Die Konsistenzanalyse dagegen betrachtet zunächst alle möglichen Kombinationen. Anhand einer auszufüllenden Konsistenzmatrix wird jede Projektion gegen alle anderen Projektionen hinsichtlich der Schlüssigkeit bewertet. Anschließend werden die konsistenten Projektionsbündel mithilfe von Clusteranalysen zu Szenarien kombiniert. Beim abschließenden Szenario-Transfer erfolgt die Betrachtung und Nutzung hinsichtlich der Auswirkungen auf das definierte Gestaltungsfeld und der Entwicklung von Strategien innerhalb des Unternehmens. [GFS98], [FS06], [SM18]

Abhängig von der Entscheidungssituation bestehen unterschiedliche Arten an Szenarien. Zur Beschreibung des externen Umfelds werden beispielsweise Umfeld-, Branchen-, Markt- und Kundenszenarien erstellt. Zur internen Sicht und zur Ableitung von Handlungsoptionen, können Strategie-, Produkt- oder Implementierungsszenarien beschrieben werden. [SM18] Produktszenarien stellen mögliche alternative Marktleistungen für die Zukunft dar. Sie können den Umfeldalternativen, beispielsweise Umfeld- oder Kundenszenarien gegenübergestellt werden, um Innovationspotenziale einzelner Innovationsideen abzuschätzen. [FS16]

2.3 Produktentstehung auf Basis des Einsatzes von Vorausschau

Unterschiedliche Ansätze verbinden die Forschungsfelder Produktentstehung und Vorausschau, wobei verschiedene Erkenntnisse verfolgt werden können. Eine Auswahl zugehöriger Ansätze wird im Folgenden vorgestellt.

Aufbauend auf dem Modell der PGE und dem Problemverständnis nach DÖRNER [Dör79] kann mittels der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung ein Portfolio zur Einordnung von Produkteigenschaften bezüglich Inventionspotenzial und Zukunftsrobustheit sowie eine Roadmap zur generationsübergreifenden Planung von Entwicklungsumfängen erarbeitet werden. [AMS+22] Das zugehörige Vorgehensmodell besteht aus fünf Schritten: Variante der Systematik festlegen, IST-Analyse durchführen, SOLL-Analyse durchführen, Potenziale an-

hand einer DELTA-Analyse bestimmen und Potenzialumsetzung abschließen. Um die beschriebenen Ergebnisse zu erarbeiten, werden demnach mittels der IST-Analyse heute relevante Merkmale identifiziert, während die SOLL-Analyse zukünftig relevante Merkmale bestimmt. Das umzusetzende Potenzial wird dann mittels der DELTA-Analyse ermittelt und durch die Potenzialumsetzung in Entwicklungsumfängen aufgeplant. Die Besonderheit der Systematik liegt in ihrer Variabilität, da durch den ersten Schritt des Vorgehensmodells der zu bearbeitende Zeithorizont passend zum angestrebten Produkt gewählt werden kann und alle beschriebenen Instrumente der Vorausschau (Prognosen, Trends und Szenarien) für die weiteren Prozessschritte genutzt werden können. [Mar21], [AMS+22]

SCHIFFER setzt Vorausschau im Kontext der Produktarchitekturentwicklung mit dem Ziel ein, robuste modulare Produktarchitekturen zu entwickeln, welche Veränderungsaufwände bereits in der Auslegung reduzieren [Sch13]. Dieses Ziel soll durch den Einsatz der Szenario-Technik nach GAUSEMEIER, FINK ET AL. erreicht werden, indem durch die szenariobasierte Vorausschau Veränderungen antizipiert und diese in der Entwicklung einer robusten Produktarchitektur berücksichtigt werden. [SSA12] Zunächst werden hier, ähnlich der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung, relevante Kundenmerkmale identifiziert. Deren Zukunftsrelevanz wird mithilfe der Szenarien hinsichtlich Erwartungswert und Unsicherheit klassifiziert. Dieses Wissen wird für den Aufbau eines Dynamikwirkungsnetzes genutzt, um kritische Komponentenmerkmale innerhalb der Produktarchitektur zu identifizieren. Die erarbeiteten Ergebnisse der vorhergegangenen Schritte werden mittels der Methode durch neun Designprinzipien in alternative Produktarchitekturen überführt [SSO14] und hinsichtlich Kosten und erwartetem Umsatz bewertet [SSA12].

GREVE ET AL. haben das Ziel, mithilfe von Methoden der Vorausschau den Lebenszyklus von Produktfamilien so lange wie möglich zu gestalten, um deren Potenziale voll auszuschöpfen können [GRK18]. Hierfür wird eine Methodik zur strategischen Produktprogrammplanung erarbeitet, welche dem bekannten Ziel der Modularisierung folgt, die interne Vielfalt möglichst gering und die externe Vielfalt möglichst groß zu gestalten. Kern der Methodik stellen dazu passend drei Schritte dar: Eine Analyse der aktuellen externen Produktvielfalt, eine Vorausschau der zukünftigen externen Produktvielfalt sowie der Abgleich dieser beiden im sogenannten „Program Comparison Model“ (PCM). Die zukünftige externe Vielfalt wird dabei durch Kundengruppenszenarien beschrieben. Im PCM können bestehende Produktfamilien und Produktszenarien basierend auf der Ähnlichkeit ihrer Ausprägungen verglichen werden. Damit lassen sich anschließend Handlungsempfehlungen aussprechen. Sehr ähnliche Produktfamilien können zu einer Familie zusammengefasst werden und bestehende Produktfamilien können zukünftige Bedürfnisse (Produktszenarien) abdecken. Produktfamilien, die zukünftig nicht mehr die Kundenbedürfnisse erfüllen, können auslaufen. [GRK18]

KUEBLER ET AL. setzen für die Identifikation sich ändernder Produkteigenschaften ein auf Vorausschau basierendes Vorgehen ein, welches sich ähnlich wie die Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung gemäß dem Problemverständnis nach DÖRNER untergliedert [KSS+23]. Die Methode verfolgt das Ziel, das Änderungspotenzial für Merkmale von Produkteigenschaften zu identifizieren. Je nach Potenzial der einzelnen Merkmale einer Produkteigenschaft in ihrer zukünftigen Umgebung, können diese Eigenschaften als statisch oder dyna-

misch zeitabhängig klassifiziert werden, was unter anderem eine spätere Upgrade-Planung ermöglichen kann. Hierfür wird in der IST-Analyse das heutige Produkt untersucht und beschrieben. Darauf aufbauend folgt eine umfassende SOLL-Analyse mittels Umfeld-, Kunden- und Produktszenarien. Diese werden mit dem Ziel der anschließenden Potenzialbewertung erarbeitet. Diese Potenzialbewertung erfolgt anschließend in der DELTA-Analyse in zwei Schritten. Zunächst wird das Potenzial einzelner Marktsegmente in zukünftigen Umfeldern und anschließend das Produktpotenzial im zukünftigen Marktumfeld bewertet. Zudem wird anhand des PGE-Risikoportfolios nach ALBERS, RAPP ET AL. das Risiko untersucht, welches durch Variation der Produkteigenschaften entsteht [ARB+17]. Die Einschätzung des Risikos hängt vom Neuheitsgrad bzw. dem Anteil der Attribut- und Prinzipvariation sowie der Herkunft des Wissens über das Referenzsystem ab. Mit dieser Erkenntnis werden die Produkteigenschaften des Zukunftsraums in statische Produkteigenschaften, sich voraussichtlich nicht verändernd, und dynamische Eigenschaften mit niedrigem und hohem Risiko sowie sich voraussichtlich ändernd beurteilt. [KSS+23]

2.4 Zwischenfazit

Die beschriebenen Methoden zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentstehung weisen einen unterschiedlichen Komplexitätsgrad auf und fordern so von den Anwendenden einen unterschiedlichen Wissensstand zu ihrer Durchführung. GREVE ET AL. nutzen darüber hinaus eine adaptive Conjoint-Analyse und eine Monte-Carlo Simulation, um Unsicherheiten zu berechnen [GRK18], welche zusätzliches Wissen erfordern. Die Methoden erfordern jedoch nicht nur einen unterschiedlichen Kenntnisstand im Forschungsfeld Vorausschau, sondern bewerten zukünftige Produkte auch auf unterschiedliche Weise im betrachteten zukünftigen Kundenumfeld und treffen so unterschiedliche Aussagen. GREVE ET AL. und die Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung bewerten und berechnen die Relevanz der Produktmerkmale für den Kunden [GRK18], [AMS+22]. Die dabei vorliegende Unsicherheit, beziehungsweise Sensitivität legen GREVE ET AL. als Änderungswahrscheinlichkeit aus [GRK18]. Nach KUEBLER ET AL. werden die Änderungen des Umfeldes auf die Produktmerkmale und -eigenschaften bezogen, indem konkrete Änderungen von Produkteigenschaften betrachtet und keine Standardabweichung herangezogen wird [KSS+23]. Die Bewertung von Statik und Dynamik basiert somit auf dem Potenzial der Produktszenarien im Umfeld und der Häufigkeit, mit der eine Ausprägung in zukünftigen Produkten vorkommt. Bei der Systematik nach KUEBLER ET AL. werden die Anwendenden diesbezüglich am stärksten gefordert, weil Umfeld-, Kunden- und Produktszenarien gebildet werden.

Der zeitliche Aufwand zur Durchführung der Methoden ist neben dem Wissensbedarf und -gewinn nicht zu vernachlässigen und bei jedem vorgestellten Ansatz unterschiedlich ausgeprägt. Die Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung stellt den Ansatz mit dem geringsten Aufwand dar. Es werden nur Umfeldszenarien gebildet und Produktmerkmale darin bewertet, um ihren Variationszeitpunkt zu bestimmen. SCHIFFER entwickelt ebenfalls nur Produktumfeldszenarien aber fordert anschließend aufwändige Bewertungen und Modellierungen. So werden beispielsweise die Ausprägungen der Produktmerkmale in den einzelnen Projektionen der Schlüsselfaktoren des Umfeldes bewertet oder ein Dynamikwirkungsnetz erstellt. Das

Vorgehen von GREVE ET AL. ist durch Nutzen von Conjoint-Analyse und Monte-Carlo Simulation ebenfalls sehr aufwändig.

3 Forschungsprofil und Methodisches Vorgehen

KUEBLER ET AL. verweisen bei der Vorstellung der Systematik darauf, dass die Vorgehensweise auf Potenziale zur Zeitersparnis bei der Durchführung untersucht werden muss [KSS+23]. Eine wesentliche Aufwandsreduzierung liegt in der Verringerung der drei Szenarienprozesse, die innerhalb der Soll-Analyse vorgesehen sind. Ein zusätzlicher Ansatzpunkt zur Vereinfachung des Vorgehens ist die Vermeidung von konsistenzbasierten Szenarioentwicklungen, welche mit einem hohen Bewertungsaufwand von Schlüsselfaktoren und deren Projektionen verbunden sind. Auf Basis dieser Erkenntnisse besteht der Bedarf zur Exploration unterschiedlicher alternativer Lösungswege. Zum einen wird im Stand der Forschung das Potenzial von Kundenumfeldszenarien aufgezeigt, welche die Reduktion eines Szenarienprozesses für die Systematik bedeuten könnten. Zum anderen bietet der Top-Down Ansatz via morphologischen Kasten für die Erstellung von Szenarien Einsparpotenzial im Rahmen der Konsistenzbewertung. Demnach ergibt sich die Erprobung dieser alternativen Lösungen als primäres Forschungsziel dieser wissenschaftlichen Arbeit. Darüber hinaus fehlt es der bestehenden Systematik an handlungsauslösenden Folgeaktivitäten. Zwar lässt das Beschreibungsmodell der Systematik eine Einteilung in statische und dynamische Produkteigenschaften zu, allerdings lassen sich hieraus seither keine weiteren Schlüsse ziehen. Hieraus ergibt sich das sekundäre Ziel der Arbeit zur Implementierung von handlungsauslösenden Folgeschritten.

Zur Erreichung der beschriebenen Ziele werden die folgenden drei Forschungsfragen operationalisierend formuliert:

- 1) Wie kann die Effizienz der Systematik zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften bei gleicher Effektivität gesteigert werden?
- 2) Welche Handlungsanweisungen lassen sich aus der Delta-Analyse der initialen Systematik gegenüber der weiterentwickelten Systematik zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften ableiten?
- 3) Welche Verbesserungspotenziale können durch die Weiterentwicklung der Systematik zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften erschlossen werden?

Zur Erreichung der gesteckten Ziele durch Beantwortung der aufgestellten Forschungsfragen wird ein methodisches Vorgehen gewählt. Dieses orientiert sich an der Design Research Methodology (DRM) von BLESSING und CHAKRABARTI [BC09], welches ein methodisches Vorgehen in vier grundlegenden Schritten beschreibt. Zunächst erfolgt eine Klärung des Forschungsgegenstands, um ein grundlegendes Verständnis zu erhalten. Dies beinhaltet Recherchen zu den Grundlagen der Vorausschau und insbesondere verschiedener Szenariotypen und Szenarioprozessen. In einer ersten deskriptiven Studie wird eine Analyse der bestehenden Systematik im Abgleich mit anhand der Recherchen abgeleiteten alternativen Optionen hinsichtlich der Erstellung von Szenarien durchgeführt, um Verbesserungspotenziale zur Effizienzsteigerung zu identifizieren. In einer Präskriptiven Studie werden die alternativen Möglichkeiten in

die Systematik integriert, in einer abschließenden zweiten deskriptiven Studie die weiterentwickelte Systematik anhand einer Case Study angewendet. Diese ist thematisch in der Automobilindustrie verortet und wird im Rahmen des Forschungsprojekts Software Defined Car (SofDCar) aus Sicht eines OEM sowie deren Lieferkette durchgeführt. Anhand der Ergebnisse der Anwendung werden abschließend die erzielten Verbesserungen analysiert.

4 Ergebnisse aus der Weiterentwicklung und Anwendung der Systematik

Die Systematik von KUEBLER ET AL. wurde wie in 3.2 beschrieben weiterentwickelt. Hierbei wurde der Fokus insbesondere auf die Effizienz der Systematik gelegt, sodass sofern möglich, Prozessschritte zusammengeführt wurden. Das Prozessmodell der Systematik wurde zudem um eine initiale Potenzialumsetzung ergänzt (Bild 1).

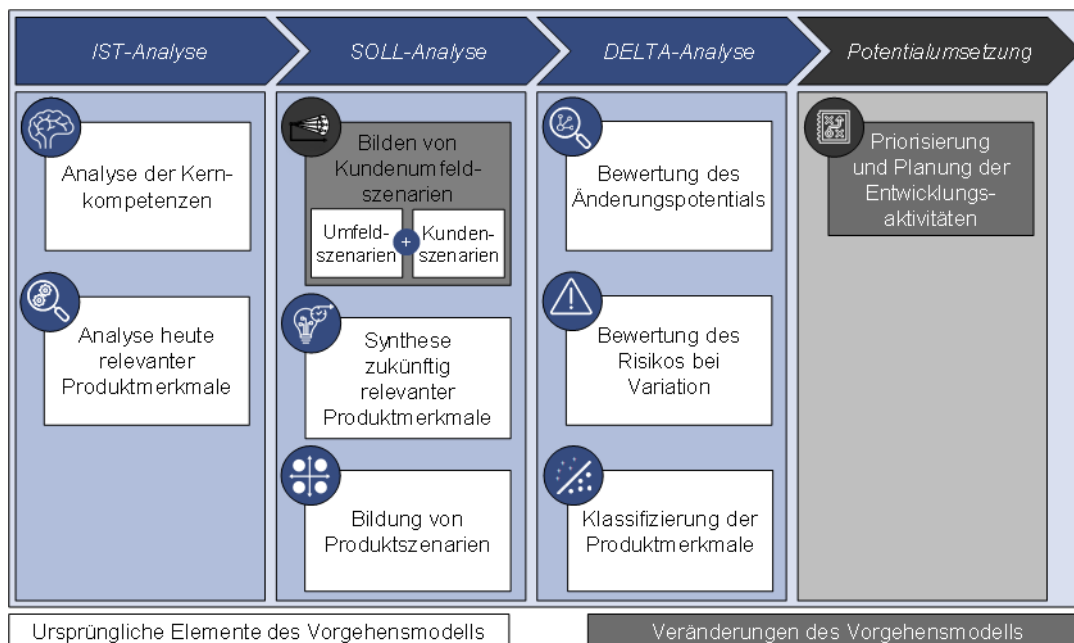


Bild 1: Weiterentwickelter Referenzprozess nach KUEBLER ET AL. zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften [KSS+23]

Insbesondere die notwendigen Schritte der Soll-Analyse wurden für die Erarbeitung der benötigten Zukunftserkenntnisse aktualisiert. So konnte auf Basis der Erkenntnisse von KUEBLER ET AL. die Erstellung von Umfeld- und Kundenszenarien nach GAUSEMEIER, DUMITRESCU ET AL. [GDE+19] zusammengeführt werden. Hierbei wird ein dediziertes Set an Schlüsselfaktoren einer umfassenden Beschreibung des Umfeldes zugewiesen, während ein zweites Set zukünftige Marktsegmente beschreibt. Diese Kombination erlaubt es, Überschneidungen zwischen Umfeld und Marktsegment bereits in der Szenarienerstellung zu berücksichtigen. Bei der Erstellung der Szenarien ist darauf zu achten, ein fundiertes Systembild unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Blickwinkel von Umfeld und Markt zu integrieren. Zwar entsteht hierdurch ein erhöhter initialer Aufwand bei der Erstellung der Szenarien, jedoch entfällt nicht nur der gesamte zweite Schritt zur Szenarienerstellung innerhalb der Soll-Analyse, sondern ebenfalls ein Bewertungsschritt während der Delta-Analyse. Darüber hinaus wurde eine Variation

der Szenarienerstellung ergänzt, welche es erlaubt weitere Aufwände durch den Einsatz von morphologischen Kästen anstatt von Konsistenzmatrizen in der Szenarienerstellung einzusparen. Für die Implementierung der Ergebnisse wurde auf Basis des Beschreibungsmodells, welches in statische Produkteigenschaften, dynamische Produkteigenschaften mit niedrigem Änderungsaufwand und dynamische Produkteigenschaften mit hohem Änderungsaufwand unterteilt, eine initiale Potenzialumsetzung ergänzt. Hierfür werden die Entwicklungsaktivitäten angelehnt an die Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung gemäß dem Änderungsaufwand priorisiert. Entwicklungsaktivitäten mit hoher Relevanz beschreiben dabei die dynamischen Eigenschaften mit hohem Änderungsaufwand und somit dem größten resultierenden Neuentwicklungsanteil. Die mittlere Prioritätsstufe schlägt potenzielle Upgrades in folgenden Generationen auf der Basis eines überschaubaren Neuentwicklungsanteils vor. Statische Eigenschaften wird die niedrigste Prioritätsstufe zugeordnet, da für deren Realisierung keine Veränderung an den Entwicklungsaktivitäten vorgenommen werden muss (Bild 2).

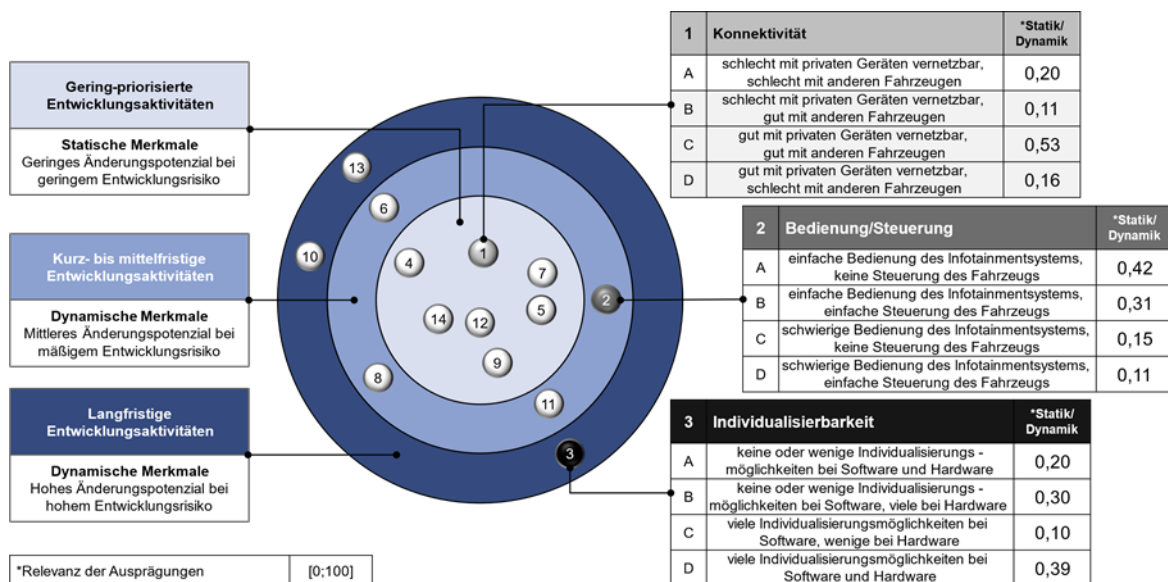


Bild 2: Schalenmodell zur Klassifizierung der Produkteigenschaften und Planung der Entwicklungsaktivitäten

Die weiterentwickelte Systematik zur Bestimmung sich ändernder Produkteigenschaften wurde anhand eines Use Case der Automobilindustrie angewendet. Dies erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes Software Defined Car (SofDCar), das sich mit der Weiterentwicklung des Fahrzeugkonzepts hin zu einer zentralen Architektur befasst. Ziel ist das Ermöglichen von Updates und Upgrades während der Produktlebensdauer, um durch Integration neuer kundenerlebbarer Eigenschaften und Funktionen die Lebensdauer zu erhöhen.

Anhand der Anwendung der weiterentwickelten Systematik wurden Kundenumfeldszenarien als Grundlage für die Identifizierung zukünftiger kundenerlebbarer Eigenschaften und Funktionen erstellt. Im Erstellungsprozess gemäß der Szenario-Technik nach GAUSEMEIER ET AL. wurden dabei keine separaten Kundenszenarien und Umfeldszenarien erstellt und anschließend gegenübergestellt, sondern direkt in der Erstellung kombiniert [GFS98]. Hierzu wurden zu beiden Bereichen Schlüsselfaktoren ausgewählt und zu einer gemeinsamen Sammlung kombiniert. Dabei wurden sowohl Faktoren gewählt, die in beiden Bereichen vorkommen, als auch jene,

die exklusiv in einem der beiden Bereiche verortet sind, um ein ganzheitliches Gesamtbild darzustellen. Dies stellt eine signifikante Effizienzverbesserung der Vorgehensweise dar. Eine Verringerung der Effektivität konnte dabei nicht festgestellt werden, da die einzelne Betrachtung für die Anwendung der Systematik keinen Mehrwert gegenüber der kombinierten Betrachtung von Kundenumfeldszenarien bietet. Anhand der ausgewählten und kombinierten Schlüsselfaktoren wurden gemäß dem dritten Schritt der Szenario-Technik nach GAUSEMEIER, DUMITRESCU ET AL. Projektionen durch Aufspannen von je zwei Dimensionen gebildet [GDE+19]. Bei der Kombination der Projektionen zu Szenarien wurde das Vorgehen anhand eines morphologischen Kastens sowie toolgestützt durch eine Konsistenzanalyse genutzt. Durch eine gegenüberstellende Betrachtung der resultierenden Szenarien wurde festgestellt, dass die Ergebnisse deutlich unterschiedlich sind, die einzelnen Szenarien sich aber stark ähneln. Während durch die Konsistenzanalyse lediglich vier alternative Szenarien ermittelt wurden, konnten anhand des morphologischen Kastens neun konsistente Szenarien ermittelt und nach Überprüfung der Verschiedenheiten zu sieben differenten Szenarien zusammengestellt werden. In diesen sind ebenso die Szenarien aus der Konsistenzanalyse identifizierbar, bei minimalen Abweichungen der gewählten Ausprägungen. Für die Systematik bedeutet dies ein Potenzial zur Effizienzsteigerung, da die Kombination via morphologischem Kasten weniger zeitintensiv ist, als die Bewertung der Konsistenzmatrix. Durch die höhere Anzahl alternativer Szenarien ist hierbei gleichzeitig die Effektivität höher.

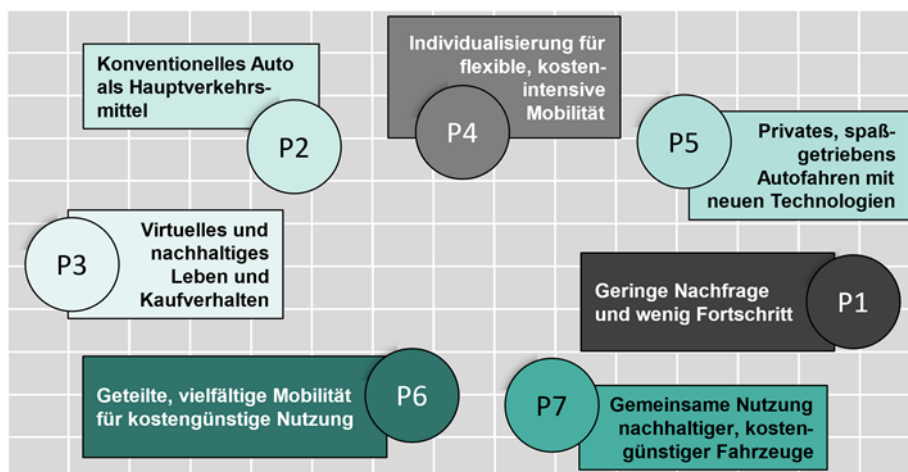


Bild 3: Stilisierte Zukunftslandkarte mit Kundenumfeldszenarien

Die erstellten Kundenumfeldszenarien sind in Bild 3 in Form einer stilisierten Zukunftslandkarte dargestellt. Diese basiert auf einer toolbasierten multidimensionalen Skalierung, um die Verschiedenheit der einzelnen Szenarien anhand der Abstände qualitativ, jedoch dimensionslos abzubilden. Je unterschiedlicher zwei Szenarien ausgeprägt sind, desto weiter entfernt sind diese tendenziell auf der Landkarte dargestellt. In der weiteren Anwendung der Systematik wurden Produktmerkmale und deren Ausprägungen für ein (softwarebasiertes) Fahrzeug der Zukunft identifiziert. Hierzu wurden zunächst heute relevante Produktmerkmale analysiert und deren Ausprägung variiert. Diese sind beispielsweise: Fahrzeuggröße, Drehmomenterzeugung, Konnektivität, Aufrüstbarkeit und Nachhaltigkeit. Ebenso wurden analog zu den Kundenumfeldszenarien anhand der Produktmerkmale Produktszenarien aufgestellt, um verschiedene Marktleistungen abzubilden. Diese sind beispielsweise Sportwagen, Hightech-Auto, virtueller

Hub, Dauerläufer oder Stadtfliker. Die ermittelten Produktmerkmale wurden in ihren Ausprägungen hinsichtlich der Konsistenz jeweils bezüglich der Produktszenarien bewertet. Hieraus resultiert eine Anzahl relevanter Produktszenarien je Merkmalsausprägung. Aus dieser ergibt sich nach Normierung ein prozentuales Potenzial einer Ausprägung. Durch Gegenüberstellung der Potenziale der verschiedenen Ausprägungen eines Merkmals, kann ermittelt werden, ob eine dieser Ausprägungen ein signifikant höheres Potenzial aufweist. Sofern dies der Fall ist, wird das Merkmal als statisch bezeichnet. Weisen mehrere Ausprägungen ein ähnlich hohes Potenzial auf, wird das Merkmal als dynamisch angesehen. Beispielsweise wurde das Merkmal Konnektivität als statisch ermittelt, da sich dessen Dimensionen überwiegend in Richtung einer hohen Vernetzbarkeit des eigenen Fahrzeugs zu privaten Endgeräten sowie zu anderen Fahrzeugen zuordnen lassen. Dagegen wurde die Individualisierbarkeit sowie die Bedienung/Steuerung als dynamisches Merkmal identifiziert, da deren Dimensionen der Individualisierungsmöglichkeiten hinsichtlich Soft- und Hardware bzw. der Bedienung des Infotainmentsystems und der Steuerung des Fahrzeugs in den unterschiedlichen Szenarien verschieden ausgeprägt sind und sich somit verschiedene Ausprägungskombination durchsetzen können. Hierbei wurde auf Basis der Änderbarkeit eine erste Bewertung der dynamischen Merkmale vorgenommen, um diese weiter zu unterscheiden und letztlich eine Priorisierung vorzunehmen. Die Individualisierbarkeit ist ein grundlegendes, strategisches Merkmal, das trotz der identifizierten Dynamik mit mehreren denkbaren Ausprägungen früh in der Entstehung festgelegt werden sollte, weshalb dieses als hoch-priorisiert eingestuft wurde und langfristige Entwicklungsaktivitäten eingeleitet werden sollten. Die Bedienung/Steuerung des Fahrzeugs dagegen wurde auf Basis der lediglich in einer Dimension variierenden Ausprägungen und der späteren Implementierungsmöglichkeiten eines veränderten Bedien- und Steuerungskonzeptes als mittel-priorisiert eingeordnet. Im Gegensatz zu den dynamischen Merkmalen werden statische Merkmale nicht weiter unterteilt und als gering-priorisierte Entwicklungsaktivität gewertet, welche das Portfolio der zeitlichen Priorisierung der Entwicklungsaktivitäten vervollständigt (Bild 2).

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Weiterentwicklung und Anwendung der Systematik wurde das Ziel verfolgt, die Vorgehensweise zu vereinfachen. Dies wurde zum einen durch die gezielte Reduktion und gleichzeitige Bündelung der Szenarioerstellungsprozesse ermöglicht, zum anderen wurden anstatt Konsistenzmatrizen morphologische Kästen während dieses Erstellungsprozesses genutzt. Zudem konnte eine zeitliche Priorisierung der statischen und dynamischen Aspekte der Produkteigenschaften ergänzt werden, um eine gezielte Weiterverwendung der gewonnenen Erkenntnisse durch die Systematik zu ermöglichen. Hierfür wird eine Priorisierung von benötigten Entwicklungsaktivitäten in gering, kurz- bis mittelfristig und langfristig eingeführt. Die weiterentwickelte Systematik wurde im Rahmen des SofDCar-Projekts angewendet. Hierbei wurden Szenarien erstellt und Merkmale betrachtet, um eine initiale zeitliche Priorisierung der Entwicklungsaktivitäten vorzunehmen. Es wurde festgestellt, dass das Vorgehen nicht nur vereinfacht, sondern ebenfalls der benötigte Aufwand reduziert wurde. Dennoch gibt es weitere Optimierungspotenziale der Systematik. Eine Ergänzung von objektiven Kriterien zur zeitlichen Priorisierung sollte ergänzt werden. Hierdurch könnte eine feingranulare Planung von Upgrades erreicht werden, welche eine Implementierung erweiternder Funktionen nach der

Markteinführung des Produkts ermöglicht. Es ist zudem wichtig, die zugrunde liegenden erwarteten Zukunftsentwicklungen regelmäßig zu überprüfen. Hierzu müssen geeignete Konzepte erarbeitet werden, die ein Monitoring, und so eine kontinuierliche Überprüfung der Annahmen für potenzielle Anpassungen, ermöglichen.

Literatur

- [ABH+20] ALBERS, A.; BASEDOW, G. N.; HEIMICKE, J.; MARTHALER, F.; SPADINGER, M.; RAPP, S.: Developing a common understanding of business models from the product development perspective. *Procedia CIRP*, (91), 2020, S. 875–882
- [ABR16] ALBERS, A.; BURSAC, N.; RAPP, S.: PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads. *Forschung im Ingenieurwesen*, 81, 2016, S. 13–31
- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive, 2015
- [ADM+18] ALBERS, A.; DUMITRESCU, R.; MARTHALER, F.; ALBERS, A.A.; STRAUCH, M.; D.KUEHFUSS; SIEBE, A.; BURSAC, N.: PGE-Produktgenerationsentwicklung und Zukunftsvorausschau: Eine systematische Betrachtung zur Ermittlung der Zusammenhänge PGE-Product Generation Engineering and Foresight: A systematic consideration to determine the interrelationships, 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 2018
- [AG12] ALBERS, A.; GAUSEMEIER, J.: Von der fachdisziplinorientierten Produktentwicklung zur Vorausschauenden und Systemorientierten Produktentstehung: *Smart Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 17–29
- [AHW+18] ALBERS, A.; HEIMICKE, J.; WALTER, B.; BASEDOW, G. N.; REIB, N.; HEITGER, N.; OTT, S.; BURSAC, N.: Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. *Procedia CIRP*, (70), 2018, S. 253–258
- [AMS+22] ALBERS, A.; MARTHALER, F.; SCHLEGEL, M.; THÜMMEL, C.; KUEBLER, M.; SIEBE, A.: Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung – Generationsübergreifende Ableitung von Produktprofilen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau. *KIT Scientific Working Papers*, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2022
- [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, 2017
- [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 (Niederlande), 2019
- [AWR+15] AZIZ, N.; WAHAB, D.; RAMLI, R.; AZHARI, C. H.: Modelling and optimisation of upgradability in the design of multiple life cycle products: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2015, S. 282–290
- [BC09] BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A.: *DRM, a design research methodology*. Springer, Dordrecht, 2009
- [BES+12] BARTELS, B.; ERMEL, U.; SANDBORN, P.; PECHT, M. G.: *Strategies to the prediction, mitigation and management of product obsolescence*. Wiley, Hoboken, N.J., 2012
- [BWH+14] BAKKER, C.; WANG, F.; HUISMAN, J.; HOLLANDER, M. DEN: Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, (69), 2014, S. 10–16
- [CK93] COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J.: Screening new products for potential winners. *Long Range Planning*, (26)6, 1993, S. 74–81
- [Dör79] DÖRNER, D.: *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. 2. Auflage, Kohlhammer-Standards Psychologie Studententext Teilgebiet Denkpsychologie, 1979

- [FS06] FINK, A.; SIEBE, A.: Handbuch Zukunftsmanagement – Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. Campus Management, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 2006
- [FS16] FINK, A.; SIEBE, A.: Szenario-Management – Von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2016
- [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
- [GFS98] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Scenario Management – An Approach to Develop Future Potentials. *Technological Forecasting and Social Change*, (59 (2)), 1998
- [GOA+16] GAUSEMEIER, J.; OVTCHAROVA, J.; AMSHOFF, B.; ECKELT, D.; ELSTERMANN, M.; PLACZEK, M.; WIEDERKEHR, O.: Strategische Produktplanung – Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen, 2016
- [GRK18] GREVE, E.; RENNPFERDT, C.; KRAUSE, D.: Strategische Produktprogrammplanung unter Berücksichtigung der varianteninduzierten Komplexität. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 2018
- [KSS+23] KUEBLER, M.; SCHUSTER, W.; SCHWART, S. E.; BRAUMANDL, A.; SIEBE, A.; ALBERS, A.: Upgradeable Mechatronic Systems - An Approach to determine changing Product Properties using Foresight. 33rd CIRP Design Conference, 2023
- [Mar21] MARTHALER, F.: Zukunftsorientierte Produktentwicklung – Eine Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau. In: Albers, A., Matthiesen, S. (Hrsg.): *Forschungsberichte - Systeme, Methoden, Prozesse*, (137), Karlsruher Institut für Technologie, 2021
- [Mic07] MICIC, P.: Phenomenology of future management in top management teams, Leeds Metropolitan University, 2007
- [Sch12] SCHUH, G.: Innovationsmanagement. 2. Auflage, VDI-Buch / Günther Schuh (Hrsg.) ; 3, Springer Vieweg, Berlin, 2012
- [Sch13] SCHIFFER, M. G.: Szenarirobuste Produktarchitekturgestaltung. In: Klocke, F.; Schuh, G.; Brecher, C.; Schmitt, R. H. (Hrsg.): *Ergebnisse aus der Produktionstechnik*. Aachen, 2013
- [Sch39] SCHUMPETER, J. A.: Business cycles – A theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process. McGraw-Hill, New York, NY, 1939
- [SKK+23] SCHUH, G.; KUHN, M.; KEUPER, A.; PATZWALD, M.; SCHENK, L.; GUO, D.; FEUCHT, M.; KANTELBURG, J.; ROSSMAIR, G.; SCHROTH, H.; VIETHEN, U.; ZELLER, P.: New Modularity and Technology Roadmapping. In: Schmitt, R. H.; Bergs, T.; Brecher, C.; Schuh, G. (Hrsg.): *Empower Green Production. Conference proceedings. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 2023*, Fraunhofer-Gesellschaft, 2023
- [SM18] SIEBE, A.; MICHL, C.: Wie Szenarien entwickelt werden. In: Siebe, A. (Hrsg.): *Die Zukunft vorausdenken und gestalten – Stärkung der Strategiekompetenz im Spitzencluster it's OWL*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [SMF+18] SIEBE, A.; MICHL, C.; FRANK, M.; ECHTERHOFF, B.: Wie: Die Instrumente der Vorausschau. In: Siebe, A. (Hrsg.): *Die Zukunft vorausdenken und gestalten – Stärkung der Strategiekompetenz im Spitzencluster it's OWL*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [SSA12] SCHUH, G.; SCHIFFER, M. G.; ARNOSCHT, J.: Scenario Based Development of Robust Product Architectures – Conference] ; Vancouver, British Columbia, Canada, 29 July - 2 August 2012. 2012 proceedings of PICMET '12: technology management for emerging technologies, 2012
- [SSO14] SCHUH, G.; SCHIFFER, M.; ORTLIEB, C.: Scenario-Based Determination of Alternative Product Architecture Designs. *Advanced Materials Research*, (1018), 2014
- [TLM09] TCHERTCHIAN, N.; LIANG, H.; MILLET, D.: The Influence of multiple Life Cycles on environmental Impact of a Product. International Conference on Engineering Design, ICED '09, 7, 2009

- [Ver97] VERGANTI, R.: Leveraging on systemic learning to manage the early phases of product innovation projects. R & D Management, (27), 1997
- [Weu19] WEUTHEN, J.: Das goldene Zeitalter des Konsumenten – Wie die Digitalisierung, der demografische Wandel und die Veränderung der Werte unserer Gesellschaft das Konsumentenverhalten beeinflussen. In: Heinemann, G.; Gehrckens, H. M.; Täuber, T. (Hrsg.): Handel mit Mehrwert. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019
- [XB08] XING, K.; BELUSKO, M.: Design for Upgradability Algorithm: Configuring Durable Products for Competitive Reutilization. Journal of Mechanical Design, (130)11, 2008

Autoren

Maximilian Kuebler, M.Sc. studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2021 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management und Referent der Institutsleitung am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich des Innovationsmanagements, der strategischen Produktplanung und der up-gradefähigen mechatronischen Systeme.

Carsten Thuemmel, M.Sc. studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung und schloss dieses 2021 ab. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT und Gruppenleiter People Lead in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der kontinuierlichen Verknüpfung zwischen Vorausschau und Produktentstehungsprozess.

Manuel Spekker, B.Sc. studiert Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2021 ist er wissenschaftliche Hilfskraft am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Siebe ist Honorarprofessor am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT und lehrt "Strategische Produktentwicklung - Identifikation von Potenzialen für innovative Produkte". Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Paderborn und promovierte am Heinz Nixdorf Institut in Paderborn im Fachbereich Maschinenbau. Danach war er Mitbegründer und bis 2019 Mitglied des Vorstandes eines Beratungsunternehmens, das sich mit der Entwicklung von Szenarien beschäftigt. Seine Schwerpunkte sind Szenarioplanung, vorausschauende Produktentwicklung und die Implementierung zukünftiger Kundenbedürfnisse in Produktentwicklungsprozesse. Er hat mehrere Bücher und (wissenschaftliche) Publikationen in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht. Zu seinen Forschungsinteressen gehört die Kombination von Zukunftsmethoden mit Methoden der Produktentwicklung, insbesondere in den frühen Phasen.

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.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 19S21002 gefördert.

Die Digitale Fahrzeugakte – Wie die Umsetzung eines umfassenden digitalen Zwillinges die Weichen für die Zukunft stellt

Dr. Masud Fazal-Baqae
NEXT Data Service AG
Alt-Moabit 104, Berlin
Tel. +49 (0) 30 700144575
E-Mail: masud@next-data-service.com

Niklas Bürger
UNITY AG
Alt-Moabit 104, Berlin
Tel. +49 (0) 911 98226923
E-Mail: niklas.buerger@unity.de

Philip Hultsch
UNITY AG
Dachauer Straße 65, München
Tel. +49 (0) 89 13010065-165
E-Mail: philip.hultsch@unity.de

Daniel Schuler
Alexander Botskor
Rainer Hohenhoff
BMW AG
München
Tel. +49 (0) 89 382 77725/94363/10668
E-Mail: {daniel.schuler/alexander.botskor/rainer.hohenhoff}@bmw.de

Zusammenfassung

Mit fortschreitender Digitalisierung und Komplexitätssteigerung der Produkte sind Unternehmen bestrebt, digitale Abbilder ihrer Produkte zu schaffen, um mit diesen digitalen Zwillingen den Herausforderungen und Chancen der jeweiligen Branche zu begegnen. In der Automobilbranche ist der digitale Fahrzeug-Zwilling ein wichtiger Schlüssel, um Themen wie Kreislaufwirtschaft, Produktkonformität und Unterstützung innovativer Geschäftsmodelle umfassend darzustellen.

In diesem Zuge baut die BMW Group mit der Digitalen Fahrzeugakte E2E (DIFAE2E) einen digitalen Zwilling auf, der für jedes produzierte Fahrzeug zu jeder Lebenszyklusphase die verbauten Bestandteile (Mechanik, Elektronik und Software) deren Eigenschaften (z. B. Materialmix, Softwareversion) und Konfigurationen (aktivierte Funktionen) bereitstellt.

Dazu ist primär die Abkehr von einer funktionsorientierten Datenhaltung zu unterschiedlichen Lebenszyklusphasen in unterschiedlichen Systemen hin zu einer fahrzeug- und lebenszyklus-übergreifenden Organisation aller relevanten Daten notwendig. Um einen umfassenden digitalen Zwilling „zu produzieren“, ist es darüber hinaus erforderlich, die entsprechenden Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der notwendigen Qualität zu erheben, bereitzustellen, zu aktualisieren und auszutauschen. Über die Unternehmensgrenzen hinaus gilt es zusätzlich Daten des Zwillings auch mit Behörden und Partnern des Wertschöpfungsnetzes auszutauschen, beispielsweise über branchenweite Industrienetzwerke wie Catena-X.

In diesem Papier beleuchten wir die Umsetzung des Digitalisierungsprojekts DIFAE2E, den schrittweisen Use-Case-orientierten Aufbau des Zwillings, und die damit einhergehende Strukturierung der Themenfelder über eine Wertschöpfungsstrom-Orientierung. Wir definieren einen Ordnungsrahmen für den Zwilling und zeigen außerdem auf, wie die notwendige Datenqualität abgesichert wird. Mit der Schilderung unserer Lessons Learned möchten wir andere Unternehmen bei der Umsetzung eines umfassenden digitalen Zwillings unterstützen.

Schlüsselworte

Digitaler Zwilling, Digitalisierung, Digitale Geschäftsmodelle, Digitaler Produktpass

The Digital Vehicle File - How the Implementation of a Comprehensive Digital Twin Sets the Course for the Future

Abstract

As digitization and product complexity increase, companies are striving to create digital images of their products to use these digital twins to meet the challenges and opportunities of the respective industry. In the automotive industry, the digital vehicle twin is the key to comprehensively representing topics such as circular economy, product conformity and to support innovative business models.

In this context, the BMW Group is building a digital twin with the Digital Vehicle File E2E (DIFAE2E), which provides the installed components (mechanics, electronics and software), their properties (e.g., material mix, software version) and configurations (activated functions) for every vehicle produced at every lifecycle phase.

This primarily requires moving away from function-oriented data management for different lifecycle phases in different systems to a cross-vehicle and cross-lifecycle organization of all relevant data. To "produce" a comprehensive digital twin, it is also necessary to collect, provide, update and exchange the relevant data along the entire value chain in the necessary quality. Beyond the boundaries of the company, it is also necessary to exchange data from the twin with authorities and partners in the value network, for example via industry-wide networks such as Catena-X.

In this paper, we highlight the implementation of the DIFAE2E digitization project, the step-by-step use-case-oriented development of the twin, and the associated structuring of the topic areas via a value stream orientation. We define fields of action for the twin and show how the necessary data quality is assured. By describing our lessons learned, we would like to support other companies in implementing a comprehensive digital twin.

Keywords

Digital digital twin, digitalization, digital business model, digital product pass

1 Einleitung

Mit fortschreitender Digitalisierung und Komplexitätssteigerung der Produkte sind Unternehmen bestrebt, digitale Abbilder ihrer Produkte zu schaffen [SKZ+22, S.3]. Diese sogenannten digitalen Zwillinge [GV17] sind notwendig, um Themen wie Kreislaufwirtschaft, Produktkonformität und Unterstützung innovativer Geschäftsmodelle umfassend zu realisieren.

Es existieren viele verschiedene Definitionen und Umfänge für digitale Zwillinge. Bei uns handelt es sich nach [RGB+21] um digitale Zwillinge für alle Lebenszyklen ab Produktion und der System- (Fahrzeug) und Subsystem-Hierarchieebene. Der Schwerpunkt der DVF liegt aktuell auf der Betrachtung existierender Fahrzeuge und nicht z. B. in der Simulation von Fahrzeugentwürfen.

Ein umfassender digitaler Zwilling ist dabei längst nicht nur die digitale Abbildung der physikalischen Komponenten und Eigenschaften eines Produktes, wie z. B. in [KKT+18, S. 1] beschrieben. Beispielsweise bei Fahrzeugen gilt es mit der zunehmenden Bedeutung und Verzahnung von Software und Hardware die verbauten Bestandteile (Mechanik, Elektronik und Software), deren Eigenschaften (z. B. Materialmix, Softwareversion) und deren Konfigurationen (aktivierte Funktionen) aufzunehmen. Dabei ist es wichtig, nicht nur den aktuellen Zustand zu spiegeln, sondern auch vorhergegangene Lebenszyklen und Zustände zu historisieren. Darüber hinaus gilt es, auch nachdem das Fahrzeug produziert und im Feld ist, den aktuellen Zustand abzubilden, beispielsweise bei Komponententausch während eines Werkstattbesuchs. Damit ist dieser digitale Zwilling auch die Grundlage für Digitale Produktpässe (DPP) wie sie die EU für verschiedene Komponenten verpflichtend macht. Der Batteriepass beispielsweise gibt unter anderem Auskunft über (Rest-)Kapazität, verbaute Module und Zellen, sowie deren Materialmix für die jeweilige Batterie. DPPs sollen so mehr Transparenz erzwingen und Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft fördern.

Um die Vorteile des digitalen Zwillings möglichst früh nutzen und damit einen besseren Return on Invest und eine kürzere Time to Market erreichen zu können, bietet es sich an den Zwilling wertschöpfungsorientiert und Use-Case-basiert zu entwickeln und bereitzustellen. Damit werden die Bestandteile zuerst umgesetzt und bereits produktiv nutzbar gemacht, die den höchsten und damit direkt umsetzbaren Nutzen bieten [Lef23-ol]. Die Alternative wäre erst den Zwilling fertig zu entwickeln und dann produktiv zu stellen, was wertvolle Jahre Verzögerung bedeuten würde. Außerdem könnten so die Erfahrungswerte aus der Nutzung nicht in die Entwicklung einfließen.

Allerdings ist es nicht trivial bei dem Use-Case-basierten Aufbau eines digitalen Zwillings sicherzustellen, dass verschiedenen wichtigen Zielen Rechnung getragen wird. So gilt es beispielsweise die Balance zu halten zwischen der schnellen Umsetzung von einzelnen Use Cases auf der einen und der Sicherstellung von Plattform- und Produkteigenschaften für die zukunftsgerichtete Produktvision auf der anderen Seite. Dabei ist sicherzustellen, dass Use Cases aus verschiedenen Themenbereichen gleichzeitig Rechnung getragen wird, um nirgends ins Hintertreffen zu geraten. Außerdem muss der digitale Zwilling technisch so aufgebaut sein, dass verschiedene Qualitätseigenschaften gewährleistet sind. Gelingt es nicht, den verschiedenen

Zielen Rechnung zu tragen, so droht die Gefahr, dass der digitale Zwilling zu spät Wirksamkeit entfaltet und damit scheitert. Darüber hinaus kann bei einer unzureichenden Governance und fehlender architektonischen Erneuerung und Weitsicht, vgl. [RSK20], ein unwartbarer, nicht erweiterbarer und damit unzureichender und unrentabler Zwilling entstehen.

In diesem Papier beleuchten wir die Umsetzung des Digitalisierungsprojekts DIFAE2E der BMW Group und unsere Erfahrungen mit dem schrittweisen Use-Case-orientierten Aufbau des Zwillings, und die damit einhergehende Strukturierung der Themenfelder über eine Wertschöpfungsstrom-Orientierung. Wir erläutern, auch auf Basis eigener Lessons Learned, die grundsätzliche Aufbau- und Ablauforganisation unseres Projektes, sowie interessante Aspekte zur Systematisierung des Zwillings, der Governance unserer Zusammenarbeit und Konzepte unserer IT-Lösung. Der Wertbeitrag unseres Artikels liegt in der Schilderung unseres praxiserprobten Ansatzes und der Illustration verschiedener interessanter wie relevanter Aspekte. Damit erlauben wir Forschenden interessante Einblicke und unterstützen andere Unternehmen bei der Umsetzung eines umfassenden digitalen Zwillings und erlauben es damit beiden Gruppen von unseren Lessons Learned zu profitieren.

Unser Papier ist wie folgt aufgebaut. In Kapitel 2 erläutern wir den Hintergrund zu dem Programm und der Aufgabenstellung. In Kapitel 3 gehen wir auf die Anforderungen für den Aufbau des digitalen Zwillings ein. Wir führen außerdem einen Use Case ein, der als laufendes Beispiel dient und systematisieren mit einem Ordnungsrahmen den umfassenden digitalen Zwilling als Abgrenzung gegen einfachere Zwillinge. In Kapitel 4 gehen wir auf unsere Lösung ein. Wir erläutern den Rahmen unserer Aufbau- und Ablauforganisation für die wertschöpfungsorientierte Use-Case-basierte Umsetzung des umfassenden digitalen Zwillings. Wir erläutern insbesondere, mit welchen Maßnahmen wir sicherstellen, dass ein korrekter, kohärenter und zukunftsfähiger digitaler Zwilling entsteht. In Kapitel 5 setzen wir uns kritisch mit weiterhin bestehenden Herausforderungen auseinander und greifen Themen auf, für die wir in den kommenden Monaten Lösungen erarbeiten. Wir schließen den Artikel mit unserer Zusammenfassung in Kapitel 6.

2 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Basierend auf vorhergegangenen Projekten für die Umsetzung von Digitalstrategien hat die BMW Group im Jahre 2021 das Projekt Digitale Fahrzeugakte E2E (DIFAE2E) aufgesetzt, um einen digitalen Zwilling für jedes Fahrzeug und jedes Produkt „end to end“ (E2E) aufzubauen.

Fahrzeugbezogene Daten waren bis dato in verschiedenen Datensilos der aufgabenorientiert aufgestellten IT-Systeme verteilt. Ziel von DIFAE2E ist es daher fahrzeugbezogenen Daten über verbaute Teile und Komponenten (Mechanik, Elektronik und Software) deren Eigenschaften (z. B. Materialmix, Softwareversion) und Konfigurationen (aktivierte Funktionen) fahrzeugorientiert, also Seriennummern- (vehicle identification number, VIN-) basiert, bereitzustellen. Die Daten werden verlässlich, lebenszyklusübergreifend (geplante Zusammensetzung, tatsächlich verbaute Zusammensetzung, Veränderungen im Feld durch Wartung) und global für weltweit hergestellte Fahrzeuge, BMW Group weit und für Partner und Behörden bereitgestellt. Damit

sollen sowohl weltweite regulatorische Anforderungen erfüllt werden als auch innovative Mobilitätskonzepte über das gesamte BMW Group Service- und Produktportfolio hinweg ermöglicht werden. Dazu gehören Use Cases wie die Bedienung von Auskunftspflichten zu dem Fahrzeug und seinen Komponenten aus der Regulatorik heraus und zukünftige Use Cases wie die nachträgliche Aktivierung von Fahrzeug-Funktionen. Darüber hinaus spielt aber auch der Austausch von fahrzeugbezogenen Informationen mit Partnern eine Rolle, beispielsweise mit Zulieferern oder für Use Cases der Kreislaufwirtschaft. Dieser umfassende digitale Zwilling der BMW Group wird als Digitale Fahrzeugakte bezeichnet, bzw. als Digital Vehicle File (DVF).

Das Projekt DIFAE2E und damit auch die DVF fokussiert auf statische Daten rund um das Produkt. Dynamische, schnell veränderliche Fahrzeugdaten aus der Nutzung werden prinzipiell nicht durch die DVF vorgehalten, sondern in einem Schwesterprojekt betrachtet und bereitgestellt. Solche dynamischen Daten sind beispielsweise der Ladezustand des Hochvoltspeichers. Ausnahmen gelten für wichtige Zeitpunkte, für die Fahrzeug- und Komponentenzustandsinformationen auch in der DVF gesichert werden.

Es existieren viele verschiedene Definitionen und Umfänge für digitale Zwillinge. Bei uns handelt es sich wie in der Einleitung erwähnt um einen Zwilling für alle Lebenszyklen ab Produktion und der System- (Fahrzeug) und Subsystem-Hierarchieebene. Der Schwerpunkt der DVF liegt aktuell auf der Betrachtung existierender Fahrzeuge.

Im Projekt DIFAE2E arbeitet der Bereich Produktionsintegration aus dem Ressort Produktion mit dem entsprechenden IT-Bereich zusammen. DIFAE2E unterstützt die technische Umsetzung der DVF, die in einem BMW Group eigenen Offshore-Entwicklungszentrum mit aktuell fünf Entwicklungsteams stattfindet. Das Projekt wird von einem stark wachsenden Team aus BMW-Mitarbeitenden und externen Dienstleistern, u. a. der UNITY AG, vorangetrieben und ist auf mehrere Jahre angelegt.

3 Anforderungen an einen umfassenden digitalen Zwilling

In diesem Abschnitt vertiefen wir die Aufgabenstellung und die damit verbundenen Anforderungen. Dazu erklären wir zunächst als laufendes Beispiel einen Use Case, den es mit dem umfassenden digitalen Zwilling zu unterstützen gilt. Danach stellen wir Handlungsfelder für einen Zwilling mit unserem Ordnungsrahmen vor und nutzen das Beispiel zur Illustration. Auf dieser Basis erläutern wir die wichtigsten Anforderungen sowohl für die Organisation des Projektes als auch den Zwilling selbst.

3.1 Durchgehendes Beispiel „Secure Feature Activation“

Bei dem Use Case “Secure Feature Activation” geht es darum, Fahrzeug-Features sicher zu aktivieren und zu deaktivieren. Bei Features handelt es sich um verfügbare Softwarefunktionen, die sich der Aktorik und Sensorik im Fahrzeug bedienen. Mittels der Secure Feature Activation lassen sich Features aktivieren und deaktivieren, wenn das Fahrzeug längst ausgeliefert und im Feld ist. Damit lassen sich neue, Service-orientierte Geschäftsmodelle realisieren. Die Digitale Fahrzeugakte dient dabei als Single Source of Truth für aktuelle und vergangene Zustände eines

Fahrzeugs bezogen auf potenziell aktivierbare und aktivierte Features. Um diesen Use Case zu realisieren, wird die Fahrzeugakte aus dem System für Feature-Aktivierungen mit den entsprechenden Daten versorgt. Dieses System ist es auch, dass die Daten je Fahrzeug für aktivierte Features anfragt und ändert.

3.2 Handlungsfelder des umfassenden digitalen Zwillings

Wie in der Einleitung erwähnt, geht unser Verständnis des digitalen Zwillings über die einfache Abbildung eines physischen Produktes hinaus. Für die Systematisierung in unserem Projekt haben wir einen Ordnungsrahmen entwickelt, der in Bild 1 illustriert ist. Er definiert die Handlungsfelder für den angestrebten Zwilling, wie diese aufeinander aufbauen und bildet den Rahmen für die Verortung der unterschiedlichen Use Cases. Damit unterstützt er uns dabei einen umfassenden digitalen Zwilling aufzubauen, selbst wenn unser wertschöpfungsorientiertes, Use-Case-basiertes Vorgehen darauf abzielt, schnelle Ergebnisse zu liefern, die die unterschiedlichen Fachbereiche direkt im operativen Geschäft unterstützen.

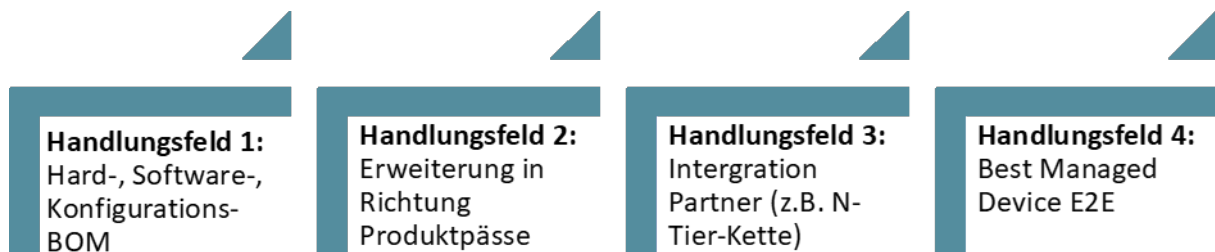


Bild 1: Handlungsfelder eines umfassenden digitalen Zwillings.

Im **Handlungsfeld 1** werden die Grundlagen für den umfassenden digitalen Zwilling geschaffen, indem physische als auch digitale Bestandteile integriert werden. Zu den physischen Bestandteilen gehören zum Beispiel geplante/verbaute Komponenten, zu den digitalen Bestandteilen aufgespielte Softwarestände und aktivierte Features. Das Ergebnis ist eine vollständige und konsistente Dokumentation aller Hardware-, Software- und Konfigurationsbestandteile, die in einem Fahrzeug „verbaut“ sind. Damit wird eine Single Source of Truth geschaffen, welche die Daten aus den unterschiedlichen Quellsystemen kombiniert. Bezogen auf das durchgehende Beispiel Secure Feature Activation ist zum Beispiel für das Fahrzeug hinterlegt, welche Features mit den entsprechenden Steuergeräten verknüpft sind und ob sie zum Auslieferungszeitpunkt aktiviert waren.

Im **Handlungsfeld 2** werden fertigungsprozessbezogene Daten ergänzt, um Digitale Produktpässe, z. B. für die Verwendung in der Kreislaufwirtschaft und für Konformitäts-Anforderungen zu schaffen. In diesem Handlungsfeld werden die Hardwarebestandteile daher mit zusätzlichen Informationen über den enthaltenden Materialmix, sowie weiteren Informationen aus den Fertigungsprozessen ergänzt. Für die Softwareumfänge sind vor allem Informationen aus den Prozessen zur Bedienung der Fahrzeuge relevant. Mit den Daten dieses Handlungsfeldes wird nicht mehr nur dokumentiert was verbaut wurde, sondern wie das Fahrzeug zusammenge-

baut wurde und welcher Materialmix konkret enthalten ist. Bezogen auf das durchgehende Beispiel Secure Feature Activation sind das beispielsweise Informationen über die Materialzusammensetzung der verknüpften Steuergeräte.

Handlungsfeld 3 befasst sich damit, wie die Inhalte des digitalen Zwilling entlang der gesamten Lieferkette (Tier 1 bis N) mit externen Partnern und Behörden ausgetauscht werden können. Zentrale Fragestellungen in diesem Handlungsfeld befassen sich damit, wie Daten zu regulatorischen Anforderungen mit den entsprechenden Behörden automatisch ausgetauscht werden. Gleiches gilt für die Kooperation mit externen Wertschöpfungspartnern z. B. für die Ermöglichung von Use Cases zur Circular Economy im Rahmen von Initiativen wie Catena X. Bezogen auf das durchgehende Beispiel Secure Feature Activation können das Informationen darüber sein, welche Features initial bei Auslieferung in einem Zielland aktiviert sind oder welche Features von Steuergeräten eines Zulieferers unterstützt werden.

Im **Handlungsfeld 4** wird der Weg zum “Best Managed Device E2E” geebnet, indem der digitale Zwilling das Fahrzeug über den gesamten Lebenszyklus abbildet, also auch wie es sich im Feld verändert hat. Bezogen auf das durchgehende Beispiel Secure Feature Activation wäre das beispielsweise die lückenlose Dokumentation der Verfügbarkeit und Freischaltung digitaler Features durch Kunden über die gesamte Fahrzeuglebensdauer.

3.3 Anforderungen an Organisation und Zwilling

Wir differenzieren bei unserer Beschreibung der wichtigsten Anforderungen einerseits zwischen der Aufbau- und Ablauforganisation unseres Projektes (vgl. Tabelle 1), also dem, was unser Projektteam bei der Bearbeitung beachten muss, und andererseits Anforderungen an den umfassenden digitalen Zwilling (vgl. Tabelle 2), also dem, was der Zwilling inhaltlich leisten muss.

Tabelle 1: Anforderungen an die Aufbau- und Ablauforganisation des Projekts

Anforderungen an die Organisation (O)	
ID	Anforderungsbeschreibung und -titel
O1	Wertschöpfungsorientierte Umsetzung: Wie in der Einleitung illustriert erlaubt es eine wertschöpfungsorientierte, Use-Case-basierte Umsetzung Teile des Zwilling früh produktiv zu setzen und Feedback zu sammeln. Die Organisation des Projektes soll darauf ausgerichtet sein, dies zu unterstützen. Des weiteren soll sichergestellt werden, dass das Projekt resilient gegen Veränderungen bei Prioritäten ist und sich schnell auf veränderte Anforderungen einstellen kann, beispielweise wenn geschäftskritische Use Cases bekannt werden und priorisiert umgesetzt werden müssen.
O2	Verteilte Entwicklung: Die Identifikation von möglichen Use Cases und ihrer Anforderungen wird schwerpunktmäßig aus Deutschland getrieben. Die technische Umsetzung findet in einem Offshore-Entwicklungszentrum statt. Die Organisation muss dies berücksichtigen und eine effiziente Zusammenarbeit sicherstellen.

Anforderungen an die Organisation (O)	
ID	Anforderungsbeschreibung und -titel
O3	Breite Exploration: Mögliche Use Cases sollen über alle Handlungsfelder des Ordnungsrahmens aus Bild 1 hinweg (entsprechend ihres Wertbeitrags) untersucht werden. Dies ermöglicht es die Übersicht über die Erfordernisse für das gesamte Leistungsspektrum des Zwilling zu behalten. Die Organisation soll diese breite Anforderungserhebung, also Exploration fördern.
O4	Vermeidung von Doppelarbeit: Da Use Cases in ihrer Umsetzung Überschneidungen haben können, beispielsweise in den Quell- oder Zielsystemen, gilt es Mechanismen zu etablieren, die diese Doppelarbeit vermeiden.
O5	Ausgewogene Umsetzung von Use-Cases und Befähigungsbausteinen: Wie in der Einleitung illustriert, birgt die Use-Case-basierte Vorgehensweise die Gefahr, dass über die Aneinanderreihung von kurzfristig umsetzbaren Use Cases seine Zukunftsfähigkeit leidet. Die Organisation muss daher sicherstellen, dass konkrete Bedarfe von Stakeholdern und bekannte Use Cases gegen die Entwicklung von Zwilling-Bestandteilen priorisiert werden können, die die Grundlagen legen für spätere Use Cases.
O6	Kohärenz und Zukunftsfähigkeit: Die schrittweise Exploration und parallele Umsetzung von Use Cases führt dazu, dass die Architektur der Digitalen Fahrzeugakte mit unvollständigen Anforderungen entwickelt und Lösungsbausteine unabhängig voneinander realisiert werden. Die Organisation muss daher geeignete Mittel etablieren, um parallele Aktivitäten zusammenzuführen und damit die Kohärenz im digitalen Zwilling und seine Zukunftsfähigkeit sicherzustellen. Re-Implementierungen und damit Mehraufwände und Verzögerungen aus den genannten Gründen sollen vermieden werden.

Tabelle 2: Anforderungen an den umfassenden digitalen Zwilling

Anforderungen an den umfassenden digitalen Zwilling (DZ)	
ID	Anforderungstitel und -beschreibung
DZ1	Umfassender Zwilling: Der zu entwickelnde Zwilling soll in der Lage sein, alle aktuellen und zukünftigen Use Cases gemäß der in Kapitel 2 dargestellten Zielsetzung und des mit Bild 1 vorgestellten Ordnungsrahmens zu bedienen, d. h. die Daten sollen umfassend, end to end und lebenszyklusübergreifend vorgehalten und aktualisiert werden und Use Cases z. B. für Konformität und Kreislaufwirtschaft, Datenaustausch mit Partnern und für die Finanzprozess-Integration unterstützen.

Anforderungen an den umfassenden digitalen Zwilling (DZ)	
ID	Anforderungstitel und -beschreibung
DZ2	Konsistentes, vernetztes Datenmodell: Alle Daten sollen fahrzeugorientiert in einem konsistentem und vernetzten Datenmodell aufbereitet werden. Dabei wird das Ziel verfolgt, dass sich die umzusetzenden Use Cases auf die bereits vorhandenen Daten stützen und bei Erweiterungen des Datenmodells sichergestellt wird, dass diese Erweiterungen sowohl durch die bereits vorhandenen Use Cases als auch durch zukünftige Use Cases genutzt werden können.
DZ3	Daten-Transparenz: Für die Umsetzung der Digitalen Fahrzeugakte müssen Daten aus unzähligen Bestandssystemen gelesen werden. Gleichzeitig werden Daten an viele verschiedene Stakeholder bereitgestellt. Der Zwilling soll daher Transparenz darüber herstellen, wer welche Daten wie schreibt oder liest und wie diese Daten beschaffen sind.
DZ4	Abstraktion und Umsetzungsbeschleunigung: Als Kernaktivität bei der Umsetzung von Use Cases gilt es Schnittstellen zu Systemen zu schaffen und zu definieren, welche Daten wie über diese Schnittstellen fließen. Außerdem muss je nach Use Case das zentrale Datenmodell erweitert und angepasst werden. Der Zwilling soll es erlauben, diese wiederholenden, zentralen Kern-Aktivitäten möglichst schnell und mit wenig Kodierungsaufwand durchzuführen.
DZ5	No-Code-Umgebung: Damit der Zwilling wirklich Momentum und Durchschlagskraft entwickelt, ist es wichtig, dass zusätzliche Use Cases möglichst schnell und günstig umgesetzt werden können. Das betrifft zum einen die Übersicht darüber, was bereits umgesetzt ist (z. B. welche Systemanbindungen und Daten bereits vorhanden sind). Zum anderen gilt dies auch für den Aufbau neuer Schnittstellen und Datenmodellerweiterungen. Der digitale Zwilling soll es daher erlauben, Schnittstellenerweiterungen und -änderungen sowie Datenmodellerweiterungen ohne Programmierkenntnisse durch Fachexperten aus dem Business in einer No-Code-Umgebung [BRH20], also in einer Entwicklungsumgebung mit grafischer Oberfläche statt Quellcode, zu ermöglichen.
DZ6	Datenqualität: Insbesondere zukünftige Use Cases stellen bisher unbekannt Anforderungen an die Datenqualität. Dementsprechend müssen auch bisher nicht relevante Datenqualitätsprobleme vermieden werden. Der digitale Zwilling muss diese automatisierten digitalen Qualitätsprüfungen unterstützen. In Zukunft müssen die Prozesse direkt am Ort der Entstehung noch stärker in der Breite getreu einer „Null-Fehler-Strategie“ auf optimale Datenqualität ausgelegt werden.
DZ7	E2E-Traceability: Für eine vollständige Daten-Traceability wird die „Null-Fehler-Strategie“ durch entsprechende Vernetzung auf die Tier 1-N ausgeweitet. Damit wird eine optimale Datenqualität für alle Komponenten über den gesamten Lebenszyklus sichergestellt.

4 Use-Case-getriebene Entwicklung eines digitalen Zwillings

In diesem Kapitel stellen wir vor, wie wir den bestehenden Anforderungen mittels geeigneter Organisation und Maßnahmen begegnen. Im Anschluss gehen wir auf einige interessante technische Aspekte unseres digitalen Zwillings ein.

4.1 Organisatorische Aspekte

Wir stellen in diesem Abschnitt zunächst den Aufbau des Projektes vor. Im Anschluss erläutern wir unser Vorgehen und wie wir im Projekt sicherstellen, dass ein konsolidierter, zukunftsfähiger Zwilling entsteht.

4.1.1 Aufbauorganisation

In Bild 2 ist die Aufbauorganisation des Projekts vereinfacht dargestellt. Prinzipiell wird zwischen dem **Business** und dem **Produkt** unterschieden. Auf der **Business-Seite** wird in vier sogenannten Value-Streams die Exploration von neuen Use Cases vorangetrieben, das heißt Teams kümmern sich um die Erhebung und Untersuchung von Anforderungen bezogen auf ihren Nutzen und ihre Umsetzbarkeit mit der Digitale Fahrzeugakte:

Digital Feature Management (DFM) fokussiert auf die Dokumentation der Produktkonfiguration im Kontext von Software und software-relevanter Hardware. Die Bereitstellung dieser Daten trägt zur automobilen Sicherheit bei und ermöglicht neue Geschäftsmodelle im Rahmen von softwarebasierten Kundenfunktionen. Kernaufgabe ist zum einen die Bereitstellung einer detaillierten Beschreibung von elektronischen Steuergeräten (ECUs) und deren Zustand sowie zum anderen die Dokumentation von geplanter und bereits aktivierter Software und die Ermittlung der Anzahl von SFA-Features inkl. der damit verbundenen Lizenzen.

Digital Product Conformity stellt die Datenintegrität des Digitalen Zwillings sicher und unterstützt damit die Erfüllung der VIN- und komponentenbezogenen Normen und regulatorischen Anforderungen für jedes Produkt.

Digital Product Responsibility treibt Use Cases rund um die Kreislaufwirtschaft voran, indem Informationen entlang des Lebenszyklus jedes einzelnen Fahrzeugs oder Produktes und seiner Komponenten zur Verfügung gestellt werden. Dazu werden auch relevante Daten aus allen Lebenszyklusphasen, wie z. B. Materialzusammensetzungen oder Sekundärstoffquoten, herangezogen und End-of-Life-Entscheidungen unterstützt.

Digital Partner Integration ermöglicht durch die Anbindung von Partnern eine tiefe Integration relevanter Akteure entlang der gesamten Lieferkette, unter anderem auch für effektive Ermöglichung von Kreislaufwirtschaft. Die Umsetzung erfolgt in enger Abstimmung mit Industrie-Plattformen wie Catena-X.

Product Performance Management kümmert sich vor allem um Anforderungen, die in finanzrelevante Prozesse integriert sind.

Digital Asset Management hat die Aufgabe, die Struktur der Bill of Material (BOM) für Hard- und Softwareumfänge als skalierbare, zukunftssichere Grundlage des Digitalen Zwillings zu

definieren, sowie geeignete Standards für die Governance zu schaffen und durchzusetzen. Wir gehen im folgenden Unterkapitel darauf ein.

Auf **Produkt-Seite** kümmern sich aktuell fünf Offshore **Development Teams** um die Umsetzung der Anforderungen und die Entwicklung der Digitalen Fahrzeugakte. Dazu werden sie vom **Product Management** gesteuert. Im Product Management arbeitet der Product Owner aus dem Fachbereich Hand in Hand mit dem Verantwortlichen aus der IT zusammen.

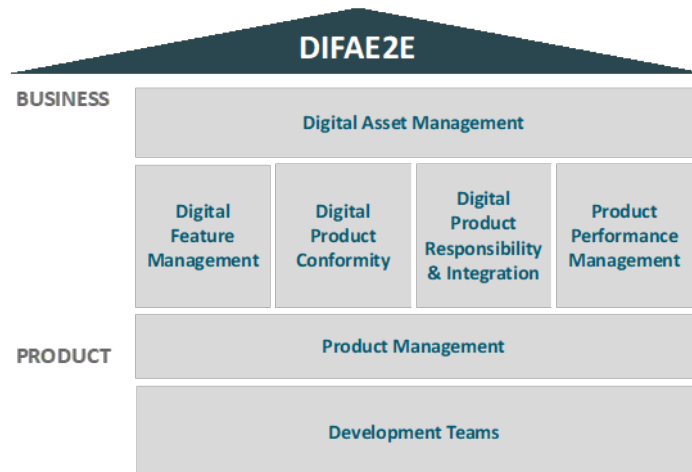


Bild 2: Aufbauorganisation des Projektes DIFAE2E

Damit, dass vier unabhängige Teilteams auf Business-Seite jeweils ihre Themen parallel zueinander explorieren, wird die Anforderung O3: Breite Exploration realisiert.

4.1.2 Ablauforganisation

Für die Ablauforganisation verfolgt das Projekt einen agilen (u. a. [BBB+01-ol], [LB16], [GF15-ol]) und wertschöpfungsstrom-orientierten Ansatz, bei dem einzelne Use Cases durch einen Stage-Gate-Prozess getrieben werden. Eine vereinfachte Illustration ist in Bild 3 dargestellt. Dem BizDevOps-Ansatz [GS15] folgend organisiert er übergreifend die Aktivitäten auf Business- und Produktseite und ist in je zwei Teilabschnitte untergliedert: Der erste Teilabschnitt **Business Requirement Analysis** beschreibt die Anforderungsklä rung von Use Cases, deren Umsetzung mit der Digitalen Fahrzeugakte sich Stakeholder wünschen. Ist die Entscheidung positiv, passiert die Stakeholderanforderung Gate 1. Für das in Abschnitt 3.1 vorgestellte Beispiel Secure Feature Activation wurde hier beispielsweise von der entsprechenden Abteilung der Use Case bei DIFAE2E vorgestellt und die Bedarfe formuliert.

Der folgende Abschnitt **Use Case Exploration** beschreibt die Exploration der Anforderung, das heißt die Untersuchung, mit welchen existierenden und zusätzlichen Daten aus welchen Systemen sie umgesetzt werden kann und welche Erweiterungen die Digitale Fahrzeugakte zur Umsetzung benötigt. Außerdem beschreibt sie, welche Geschäftsprozesse durch die Digitale Fahrzeugakte befähigt bzw. optimiert werden und welche vorhandenen Daten (fachliche Business Objects) der Digitalen Fahrzeugakte benötigt werden. Dabei wird das Business-Requirement (der fachliche Wunsch der Stakeholder) in Functional Epics (High-level-Anforderungen mit spezifischem Umfang für spätere Verfeinerung mit User Stories) heruntergebrochen. Für

das laufende Beispiel wurden das Quellsystem und die zu sichernden Daten für Feature-Aktivierungen sowie das Mengengerüst des Datenaufkommens untersucht und in entsprechenden Epics beschrieben. Stellt die Functional Epic alle relevanten Sachverhalte ausreichend gut dar und sind inhaltliche Überlappungen mit anderen Epics ausgeschlossen, kann sie Gate 2 passieren.

Der Teilabschnitt **Product Development** beschreibt die Realisierung der Functional Epic durch das Offshore-Produkt-Team. Für Secure Feature Activation wurde beispielsweise das interne Datenmodell erweitert um Feature und Feature-Aktivierungen beschreiben und speichern zu können. Ist das Epic korrekt realisiert, kann Gate 3 passiert werden.

Der letzte Teilabschnitt **Product Operation** beschreibt den Betrieb der umgesetzten Anforderung und damit Wartungsaktivitäten und Fehlerbehebungen.

Für die Use-Case-übergreifende, mittelfristige Gesamtplanung findet einmal im Quartal das Cycle Review & Planing statt, das an das PI Planing in SAFe angelehnt ist (vgl. [GF15-01]). In diesem zweitägigen Vor-Ort-Workshop werden die Ergebnisse des abgelaufenen Quartals vorgestellt und die Pläne der verschiedenen Teams für das kommende Quartal unter Berücksichtigung der übergreifenden Prioritäten synchronisiert und gegebenenfalls umgeplant. Unser Prozess für die Governance von Use Cases stellt wie illustriert die Erfüllung von O1: Wertschöpfungsorientierte Umsetzung sicher. Er ermöglicht die Exploration in Deutschland und Umsetzung durch das Offshore-Team und erfüllt damit O2: Verteilte Entwicklung. Mit dem Gate 2 wird sichergestellt, dass Functional Epics sich nicht inhaltlich überlappen, was teilweise O4: Vermeidung von Doppelarbeit erfüllt.

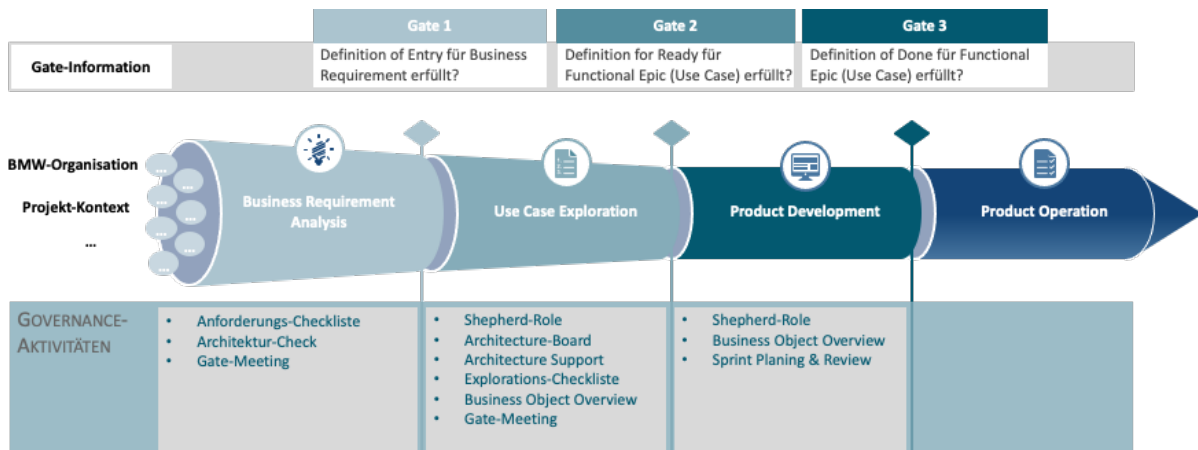


Bild 3: Der Prozess für die Governance von Use Cases im DIFAE2E-Projekt.

4.1.3 Governance für zukunftsfähigen, konsolidierten digitalen Zwilling

Der wertschöpfungsorientierte und Use-Case-basierte Prozess benötigt eine stringente Governance, um sicherzustellen, dass die Umsetzung im Sinne eines zukunftsfähigen, digitalen Zwillings erfolgt, vgl. auch O6: Kohärenz und Zukunftsfähigkeit. Dazu hat das Projekt-Team aus dem Digital Asset Management heraus verschiedene Prozesse, Methoden und Tools dafür etabliert. Im Folgenden möchten wir einige davon je Prozessschritt illustrieren, vgl. auch Bild 3 unten.

Für die **Business Requirement Analysis** wird eine *Anforderungs-Checkliste* gepflegt, die bei der Analyse dabei unterstützt, alle relevanten Fragen zu untersuchen. Darüber hinaus werden mit einem verpflichtendem *Architektur-Check* die Auswirkungen auf die Gesamtarchitektur bewertet. In einem *Gate-Meeting* werden die Ergebnisse vorgestellt und über das Passieren von Gate 1 entschieden. Damit wird nicht nur fachlich betrachtet, ob der Use Cases zur Vision der Digitalen Fahrzeugakte passt, sondern auch IT-technisch.

Für die **Use Case Exploration** wird ebenfalls eine *Explorations-Checkliste* gepflegt, in der die Lessons Learned der vorhergegangenen Explorationen einfließen. Damit wird sichergestellt, dass bei jeder Exploration alle wichtigen Fragen in der richtigen Reihenfolge untersucht werden. Des Weiteren wird das Epic durch ein *Architecture Board* begutachtet. Dieses Gremium setzt sich aus Facharchitekten und IT-Architekten zusammen und prüft, welche Handlungsfelder des digitalen Zwillinges betroffen sind (vgl. Bild 1) und welche „Enabler“, also Lösungsbausteine, für die entsprechenden Handlungsfelder verfügbar sein müssen, damit der Use Case umgesetzt werden kann. Damit fließen die Erfordernisse der in der „Pipeline“ befindlichen Epics in die Mittel- und Langfristplanung des Produktes ein. Das Architecture Board stellt sicher, dass zwingend notwendige Lösungsbausteine, die auch für andere, zukünftige Use Cases benötigt werden im Rahmen des Erstanwender-Use-Cases und dessen Epic mitentwickelt werden. Benötigen mehrere Use Cases Sonderlösungen, so kann eine einheitliche Lösung identifiziert und für alle umgesetzt werden. Ein weiteres Mittel gegen unnötig individuell formulierte (Lösungs-)Anforderungen und für die Einhaltung den allgemeinen Vorgaben der Governance ist der *Architecture Support*. Dabei unterstützt eine zusätzlich geschaffene Architekturrolle die Teilteams bei ihrer Exploration und stellt sicher, dass Explorationsaktivitäten und -ergebnisse den Standards folgen und dass für jedes Epic in dieselbe fachliche Architektur hineingearbeitet wird. Als Werkzeug für diese Aktivität wurde ein fachliches Datenmodell, der sogenannte *Business Object Overview* geschaffen, das die fachliche, geschäftsorientierte Architektur des umfassenden digitalen Zwillinges beschreibt. Es stellt sicher, dass die unterschiedlichen Epics die bereits vorhandenen Business Objects und deren Attribute verwenden. Beispielsweise werden für die Secure Feature Activation keine neuen Business Objects für Steuergeräte geschaffen, sondern die vorhandenen wiederverwendet. In einem *Gate-Meeting* werden die Ergebnisse vorgestellt und über das Passieren von Gate 2 formal entschieden. Während dieses regelmäßig stattfindenden Treffens wird insbesondere sichergestellt, dass alle Value Streams über die Exploration in den anderen Streams informiert sind.

Während des Projektverlaufs hat sich auch herausgestellt, dass die Kommunikation zwischen Business und Produkt nicht erst zur Übergabe der funktionalen Anforderungen erfolgen sollte, sondern bereits bei der initialen Erstellung der Epics zu Beginn der Use Case Exploration eine Begleitung sinnvoll ist. Gleichzeitig sollen sich die Entwickler auf die Umsetzung konzentrieren können, statt in die Exploration hineingezogen zu werden. Um diesen Konflikt zu lösen wurde die *Shepherd-Rolle* geschaffen. Shepherds begleiten Epics von der frühen Exploration beim Business bis hin zur Umsetzung beim Produkt. Sie verfügen über die notwendigen technischen Fähigkeiten und kennen neben der fachlichen auch die technische Architektur. Damit lenken sie die Exploration und spielen somit eine wichtige Rolle bei dem Alignment zwischen Business und Produkt. Sie stellen bereits während der Explorationsphase sicher, dass die funktionalen Anforderungen nicht nur zur fachlichen, sondern auch zur technischen Architektur

passen. Darüber hinaus erkennen sie notwendige Änderungen an der Architektur frühzeitig und adressieren sie im Architekturboard.

Für das **Product Development** wird auf die agilen Rituale der LeSS-Methodik [LB16] zurückgegriffen. Darüber hinaus wird der bereits zuvor erwähnte Business Object Overview durch die Development Teams genutzt, um die unterschiedlichen funktionalen Anforderungen in den Gesamtkontext einzuordnen. Mit der Beschreibung in den Epics, wie Business Objects angepasst oder hinzugefügt werden müssen, können die Entwickler abschätzen, welche Änderungen an der technischen (Daten-)Architektur notwendig sind. Die enge Begleitung durch die Shepherd-Rolle stellt bereits während der Exploration sicher, dass technisch gut umsetzbare Anforderungen entstehen. Während der Umsetzung stellt sie sicher, dass die Realisierung korrekt im Sinne der Epic ist, aber auch im Sinne der fachlichen Daten-Architektur.

Die hier illustrierten Maßnahmen adressieren eine Reihe der formulierten Anforderungen an das Vorgehen. Die Anforderung O4: Vermeidung von Doppelarbeit wird durch die verschiedenen Synchronisation-Meetings und den Business Object Overview sichergestellt. Die Anforderung O5: Ausgewogene Umsetzung von Use-Cases und Befähigungsbausteinen wird durch die Maßnahmen für die Architekturplanung wie z. B. das Architekturboard sichergestellt. Für die Erfüllung der Anforderung O6: Kohärenz und Zukunftsfähigkeit bedarf es aller hier vorgestellten Maßnahmen. Basierend auf der Erfahrung entwickeln wir unser Governance-Modell laufend weiter.

4.2 Technische Aspekte des digitalen Zwillings

Die Digitale Fahrzeugakte ist darauf ausgelegt, schnell, verlässlich und transaktional („ganz oder gar nicht“) Daten zur Datenbasis hinzuzufügen oder zu verändern. Dafür wurde die Lösung auf Basis von Standardtechnologien von Grund auf neu entwickelt. Für die Beschreibung von Schnittstellen zu Datenquellen und Datenempfängern werden so genannte technische Kontrakte genutzt, die im Folgenden näher erläutert werden.

4.2.1 Technische Kontrakte

Für die Schnittstellen zu den Quell- und -Zielsystemen (sogenannte Konsumenten) wird eine versionslose, statische REST-Schnittstelle [RR08] verwendet. Damit wäre prinzipiell die Schnittstellendefinition der fließenden Daten für alle Konsumenten und Use Cases gleich und würde nur abstrakte und generische „Datenobjekte“ beschreiben. Um dennoch Transparenz und Struktur zu etablieren, wird bei den Aufrufen der Schnittstellen ein bestehender technischer Kontrakt referenziert. Ein solcher technischer Kontrakt beschreibt unter anderem die genaue Datenstruktur, die übermittelt wird. Damit kann trotz generischer REST-Schnittstelle die Einhaltung von Qualitätseigenschaften und Zugriffskontrolle beschrieben und erzwungen werden, so dass die Anforderung DZ3: Daten-Transparenz erfüllt wird.

Bild 4 illustriert die Umsetzung des Use Cases für die Secure-Feature-Activation. Als Datenquelle stellt der Features Data Provider Daten für das Schreiben von Informationsobjekten rund um Features zur Verfügung, so genannte Entitäten. Die zu schreibenden Informationen können

in unterschiedliche Schreibvorgänge mit ihren jeweiligen Kontrakten aufgeteilt werden und Entitäten erstellen oder Teile ergänzen. In diesem Fall sind sieben Schreib-Kontrakte hinterlegt. Die Daten der Fahrzeugakte werden über vier Kontrakt dem lesenden System Features Data Reader übergeben.

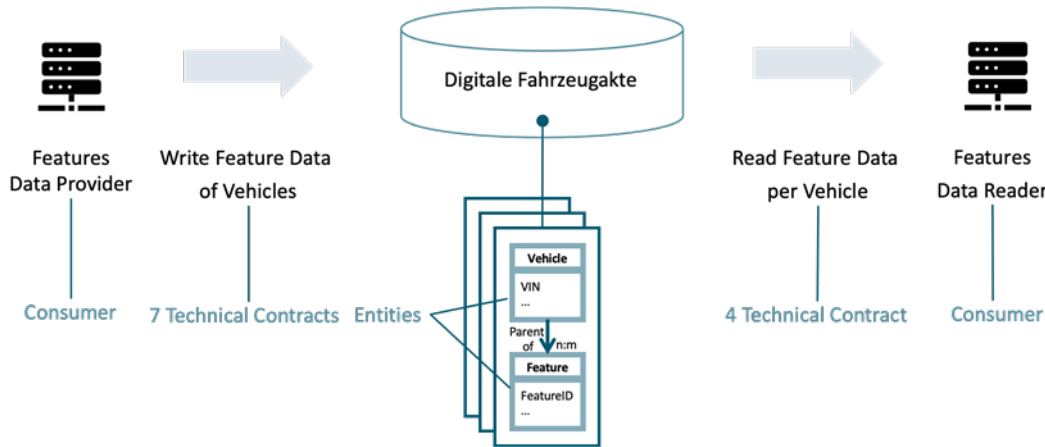


Bild 4: Überblick über die technischen Kontrakte für den Use Case Secure-Feature-Activation.

Technische Kontrakte können wiederverwendet werden, wenn mehrere Konsumenten die gleichen Daten schreiben oder lesen. Dies vermeidet, für gleiche Daten mehrfach Arbeit zu investieren und die Basis von Kontrakten „aufzublähen“. Sie sind außerdem die Grundlage für eine verbindliche Vereinbarung mit Organisationseinheiten, die die lesenden und schreibenden Systeme und deren Schnittstellen betreuen. Diese Schnittstellen-Vereinbarung bündelt alle relevanten technischen Kontrakte für das Schreiben bzw. Lesen von Entitäten, wie in Bild 5 dargestellt. Technische Kontrakte referenzieren die Beschreibung von Daten-Bereitstellern und -Konsumenten (genannt Consumer) und von Entitäten (genannt Entities). Über diese Beschreibungen wird sichergestellt, dass bei Zugriffen auf den digitalen Zwilling immer transparent ist, z. B. ob der Zugriff autorisiert ist, ob die vereinbarte Frequenz der Datenübertragung eingehalten wird und ob die Daten die Qualitätsanforderungen einhalten.

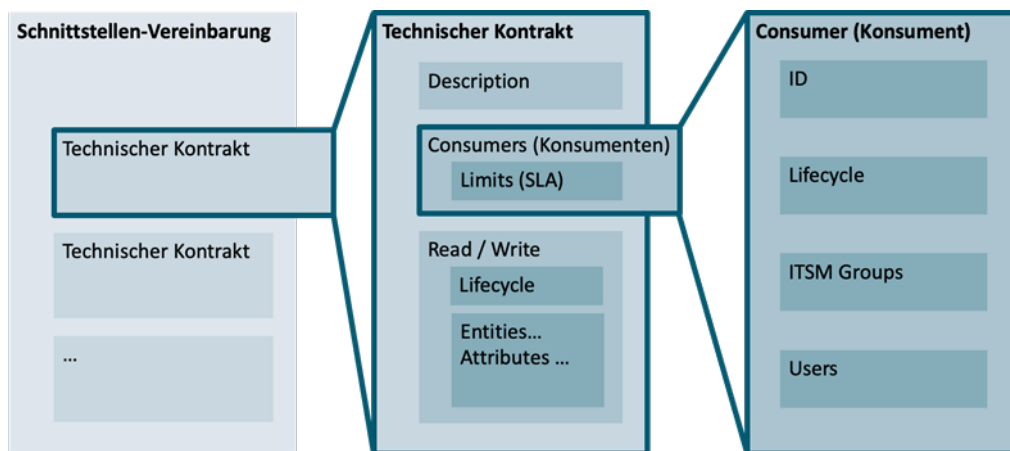


Bild 5: Zusammenhang zwischen Schnittstellen-Vereinbarung, technischer Kontrakt und Konsumentenbeschreibung.

4.2.2 Realisierung von Schnittstellen mittels Konfiguration

Technische Kontrakte und Konsumentenbeschreibungen werden mit dem Standardformat JSON textuell beschrieben [Bra14]. Dieses Format ist der Entwicklungswelt sehr geläufig und wird bei vielen Systemen zur Beschreibung von Konfigurationen und Datenobjekten genutzt. Bild 6 zeigt einen beispielhaften technischen Kontrakt mit seinen Bestandteilen und vermittelt einen Eindruck davon, wie diese beschrieben werden.

Die Digitale Fahrzeugakte verfolgt den Ansatz manuelle Kodiervorgänge zu vermeiden. Das erhöht die Umsetzungsgeschwindigkeit, vermeidet Programmierfehler und erhöht die Wartbarkeit. Da alle relevanten Informationen zu Lese- und Schreibvorgängen in der dargestellten Spezifikation vorliegen, können daraus die notwendigen Produktbestandteile generiert werden, um die Schnittstelle in Betrieb zu nehmen. Damit wird die Anforderung DZ4: Abstraktion und Umsetzungsgeschwindigkeit realisiert.

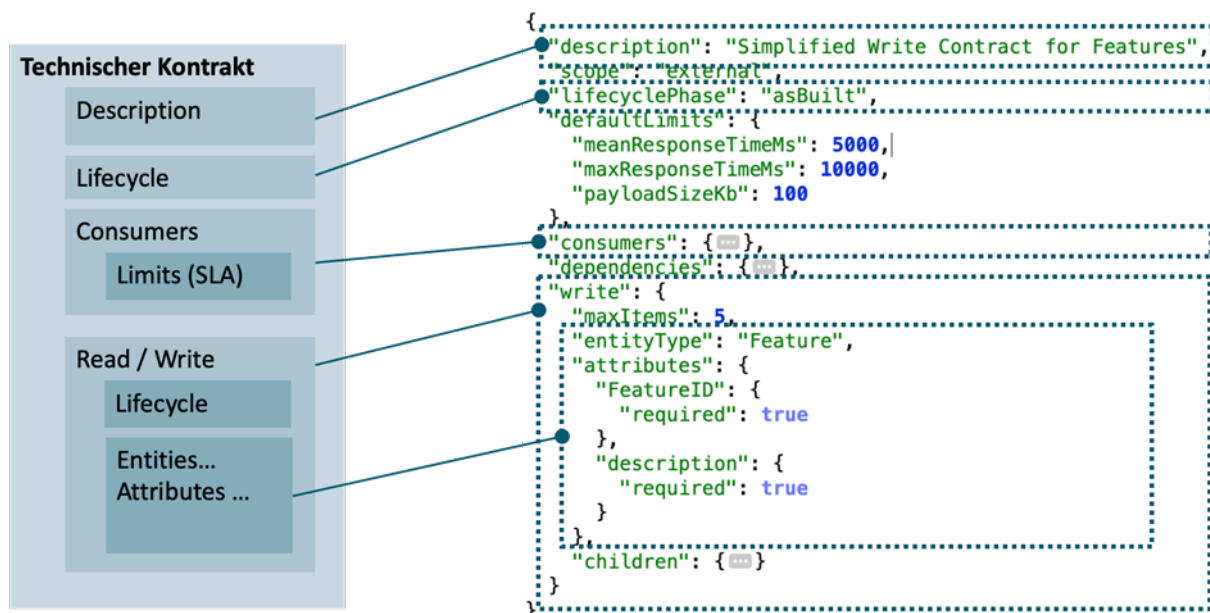


Bild 6: Illustration der Beschreibung von technischen Kontrakten.

5 Bewertung, Herausforderungen und Ausblick

In diesem Kapitel greifen wir die formulierten Anforderungen aus Kapitel 3 auf und beschreiben, inwiefern sie erfüllt sind. Wir illustrieren weiterhin bestehende Herausforderungen und geben einen Ausblick auf Themen, die uns in der nahen Zukunft beschäftigen werden.

5.1 Erfüllung der Anforderungen

In Kapitel 3.3 haben wir die Anforderungen an das Projekt und den umfassenden digitalen Zwilling illustriert und an den entsprechenden Stellen in Kapitel 4 auf die Umsetzung der Anforderungen hingewiesen.

Die Organisation in Value Streams zahlt auf die Anforderungen O1: Wertgetriebene Umsetzung (durch Use Cases-basiertes Vorgehen) und O3: Breite Exploration (durch Schwerpunkte

der Value Streams) ein. Der prinzipielle Governance-Prozess für die Umsetzung von Anforderungen / Epics stellt sicher das die Anforderungen O1: Wertgetriebene Entwicklung (z. B. durch Gate-Meetings), O2: Verteilte Entwicklung (z. B. durch Shepherd-Rolle), O4: Vermeidung von Doppelparbeit (z. B. durch Gate-Meetings) und O5: Ausgewogene Umsetzung von Use-Cases und Befähigungsbausteinen (z. B. durch gemeinsames Cycle Review & Planing) adressiert sind. Die Anforderung O6: Kohärenz und Zukunftsfähigkeit, aber auch die Anforderungen DZ1: Umfassender Zwillling und DZ2: Konsistentes, vernetztes Datenmodell werden speziell durch ein Maßnahmenbündel adressiert, z. B. die Pflege von und Ausrichtung am Business Object Overview oder das regelmäßige Architecture Board. Mit dem Konzept der technischen Kontrakte und der entsprechenden Konfigurierbarkeit der Digitalen Fahrzeugakte werden die Anforderungen DZ3: Daten-Transparenz und DZ4: Abstraktion und Umsetzungsbeschleunigung adressiert. Die Anforderungen DZ5: No-Code-Umgebung, DZ6: Datenqualität und DZ7: E2E-Traceability sind noch nicht ausreichend adressiert und stehen für die kommenden Monate auf der Agenda.

5.2 Herausforderungen und Ausblick

Hier möchten wir einmal kurz auf Herausforderungen und auf interessante Themen eingehen, die vor uns liegen.

Herausforderung: Datenqualität

Für den Aufbau des umfassenden digitalen Zwillinges werden bestehende IT-Systeme und deren Daten angebunden. Dementsprechend besteht eine gewisse Abhängigkeit von der bestehenden Datenqualität in den Bestandssystemen. Dabei besteht die Herausforderung, dass Daten für den originären Einsatzzweck oftmals ausreichend gut sind, für unseren Zwillling und die Abbildung über den gesamten Lebenszyklus aber nicht immer ausreichen. Ursachen dafür sind beispielsweise, dass bestehenden IT-Systemlandschaften für die jeweiligen Prozesse ihren Zweck erfüllen, aber eine End-to-End-Bereitstellung in hoher Qualität für den Prozess nicht benötigen und daher dies nicht abdecken. Diese Herausforderungen sind durch zukünftige IT-Programme und Bebauung der IT zu lösen.

Herausforderung: Legacy-Schnittstellen und Evolutionärer Wandel der IT-Systeme

In Kapitel 4 wurde beschrieben, wie die Digitale Fahrzeugakte über eine generische REST-Schnittstelle mit zusätzlichen technischen Kontrakten gewisse Qualitätseigenschaften des Datenaustauschs sicherstellt. Allerdings unterstützen noch nicht alle Bestandssysteme diese moderne Schnittstelle, so dass teilweise auf andere Formen der Anbindung, z. B. dateibasiert, zurückgegriffen wird. Dies bedeutet erhöhte Komplexität bei der Entwicklung und Qualitätssicherung. Des Weiteren müssen auch immer wieder bestehende Schnittstellen erneuert werden, da die IT-Systemlandschaft einem evolutionären Wandel unterworfen ist. Damit wachsen wie in jedem IT-System mittelfristig die Aufwände, um bestehende Funktionalität aufrechtzuerhalten. Teilweise kommt uns dieser Wandel aber auch zugute, da weniger favorisierte Arten der Anbindung ausgephast werden können und eine Homogenisierung der unterstützten Schnittstellentechnologien zu beobachten ist.

Ausblick: No-Code-Umgebung für Erweiterung des Zwillings

Wie in Anforderung DZ4 (No-Code-Umgebung) beschrieben, besteht das Ziel, die mit der Exploration in den Value Streams betrauten Personen zu befähigen, selbst einen Großteil von Use Cases umzusetzen. Dazu sollen sie während der Exploration über geeignete Weboberflächen bestehende technische Kontrakte, das Datenmodell und konkrete Daten in der digitalen Fahrzeugakte untersuchen können. Darauf aufbauend sollen sie auch in die Lage versetzt werden, selbst technische Kontrakte “zusammenzuklicken”, zu prüfen und in den Betrieb zu bringen. Die dazu notwendigen technischen und organisatorischen Voraussetzungen befinden sich aktuell in der Entwicklung. Bild 7 zeigt einen Ausschnitt aus einem beispielhaften Entwurf für entsprechende Benutzeroberflächen.

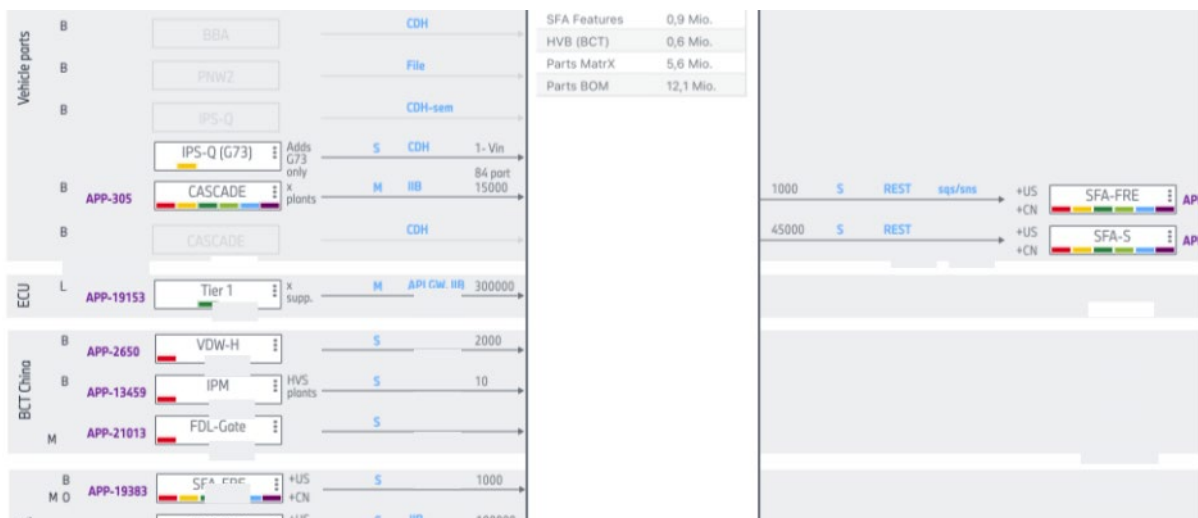


Bild 7: Ausschnitt aus Benutzeroberflächen-Entwurf für Live-Auskunft über Kontrakte und angebundene Systeme.

Ausblick: Durchgängige Prozessoptimierung

Ein weiteres Ziel ist es, die an unterschiedlichen Stellen entstehenden Prozessdaten, innerhalb des digitalen Zwillings zusammenzuführen. In der DVF sollen bspw. Fertigungsprozessdaten, die eine End-to-End-Relevanz haben mit den konkreten, durch diesen Fertigungsprozess erstellten oder montierten, Teilen verknüpft und entsprechend dokumentiert werden. Dadurch soll ein vollständiges Abbild eines Fahrzeugs geschaffen werden, in dem nicht nur die enthaltenen physischen und digitalen Bestandteile und deren Veränderung über den gesamten Lebenszyklus enthalten sind, sondern auch die Daten aus den spezifischen Fertigungsprozessen und After-Sales-Aktivitäten. Dieses vollumfängliche Abbild würde durch den digitalen Zwilling direkt zur Verfügung stehen und die Daten müssen nicht erst aus unterschiedlichen Systemen zusammengetragen werden. Die somit geschaffene Transparenz und verbesserte und direkt verfügbare Nachverfolgbarkeit kann bspw. zur effizienteren Prozessoptimierung genutzt werden, indem ohne großen Aufwand Prozesspotenziale an ihrem Entstehungsort identifiziert werden können.

6 Zusammenfassung

In diesem Papier haben wir unserer Erfahrungen bei der Umsetzung der Digitalen Fahrzeugakte im Rahmen des Digitalisierungsprojekts DIFAE2E der BMW Group dargestellt. Wir haben mit einem Ordnungsrahmen illustriert, wie ein solcher umfassender digitaler Zwilling für Fahrzeuge nach unserem Verständnis in seinem Umfang über einen einfachen Zwilling hinausgeht, z. B. in dem er die Umsetzung abrechnungsrelevanter Use Cases im Zusammenspiel mit Wertschöpfungspartnern ermöglicht und die Grundlage für Digitale Produktpässe darstellt. Wir sind außerdem auf die Organisation des DIFAE2E-Projekts für die Use-Case-basierte Entwicklung des digitalen Zwillings eingegangen, die sich mit unseren Erfahrungen und Lessons Learned herauskristallisiert hat. Hier wird die Bedeutung von Governance-Maßnahmen betont, die sicherstellen, dass trotz Use-Case-orientierter Vorgehensweise ein kohärenter Zwilling entsteht, z. B. mit der Rolle des Shepherds und Artefakten wie dem Business Object Overview. Bezogen auf die technische Realisierung haben wir den kontraktbasierten Ansatz illustriert, mit dem die technische Transparenz und Entwicklungs-Effizienz sichergestellt wird. Trotz eines umfassenden Sets an Maßnahmen bestehen weiterhin Herausforderungen, die wir ebenfalls erläutert haben, beispielsweise die Entwicklung zur End-to-End-Bereitstellung von Daten. Mit dem digitalen Zwilling eröffnen sich in Zukunft neue Möglichkeiten für die Optimierung der Produktionsprozesse. Wir haben illustriert, wie mit dem Digitalen Zwilling Prozesse verbessert werden können. Wir glauben, dass wir mit den verschiedenen Facetten unseres Beitrages einen guten Einblick und Mehrwert für Forschende auf dem Gebiet des digitalen Zwillings ermöglicht und Unternehmen wertvolle Grundlagen und Impulse für die eigene Erarbeitung eines umfassenden digitalen Zwillings geliefert haben.

Literatur

- [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
- [Bra14] BRAY, T.: RFC 7159: The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. RFC Editor, USA. 2014.
- [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
- [BRH20] BERANIC, T.; REK, P.; HERIČKO, M.: Adoption and usability of low-code/no-code development tools. In: Central European Conference on Information and Intelligent Systems. Faculty of Organization and Informatics Varazdin, S. 97-103, 2020
- [GS15] GRUHN, V., SCHÄFER, C.: BizDevOps: Because DevOps is Not the End of the Story. In Fujita, H., Guizzi, G. (eds.): Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques (SoMet 2015), Communications in Computer and Information Sc. Springer, vol. 532, S. 388-398, 2015
- [GV17] GRIEVES, M.; VICKERS, J.: Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Kahlen, F.-J. et al. (eds.): Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, S. 85-113, 2017
- [KKT+18] KRITZINGER, W.; KARNER, M.; TRAR, 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
- [LB16] LARMAN, C., AND VODDE, B. Large-scale scrum: More with LeSS. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [Lef23-ol] LEFFINGWELL, D: SAFe: Scaled Agile Framework, Unter: <http://www.scaledagileframework.com/development-value-streams/>, Letzter Zugriff 22.04.2023
- [RSK20] RASHEED, A. ; SAN, O., KVAMSDAL, T.: DIGITAL TWIN: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective. In: IEEE Access, vol. 8, S. 21980-22012, 2020
- [SKZ+22] SHARMA, A.; KOSASIH, E.; ZHANG, J.; BRINTRUP, A.; CALINESCU, A.: Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions. In: Journal of Industrial Information Integration, Volume 30, 2022
- [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
- [RR08] RICHARDSON, L., & RUBY, S.: RESTful web services. O'Reilly Media, Inc., 2008.

Autoren

Dr. Masud Fazal-Baqae ist Head of Data-Driven Consulting bei der NEXT Data Service AG und steuert das IT-Beratungs- und -Lösungsgeschäft. An der Schnittstelle zwischen Kunden, Data Scientists und Entwicklern fördert er die wertgetriebene und produktorientierte Entwicklung von datengetriebenen KI-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 industrienaher Wissenschaft und Praxis.

Niklas Bürger ist Manager bei der UNITY AG im Bereich Enterprise Architecture, Research & Development sowie digitaler Zwilling. Mit seiner Expertise berät er Unternehmen in unterschiedlichen Aspekten der digitalen Transformation. Mit seiner Expertise berät er Unternehmen in den Themenschwerpunkten Architekturmanagement, Konzeptionierung von Use Cases für den Aufbau digitaler Zwillinge sowie der Einführung von Produktentwicklungsprozessen nach Systems Engineering und der dazu passenden IT-Bebauung.

Philip Hultsch ist Principal bei der UNITY AG im Bereich PLM, Digital Twin und Systems Engineering. Ursprünglich aus der theoretischen Astrophysik kommend ist es seine Leidenschaft, Digitalisierung über den gesamten Lebenszyklus voranzutreiben. Mit seiner breiten Erfahrung aus Beratungsprojekten in der Automobil- und Zulieferindustrie, dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Fertigungsindustrie gestaltet er gerne Projekte an der Technologiefrente mit.

Daniel Schuler ist Product Owner für das Produkt Digital Vehicle File (DVF), der Plattform für den digitalen Zwilling der BMW Group für fahrzeugbezogene Daten. Er ist für die Priorisierung und Umsetzung der explorierten Use Cases in Zusammenarbeit mit den Offshore-Entwicklungsteams verantwortlich. Daniel kam vor 4 Jahren zur BMW Group und startete als Rolloutmanager und Produktmanager im Bereich Produktdatenmanagement. Er begeistert sich für das Thema „New Work“ (agile Zusammenarbeit, agile Arbeitswelten) und ist dabei immer

bestrebt die Zusammenarbeit in seinen Teams kontinuierlich zu verbessern. Neben der Begeisterung für Innovationen, findet Daniel vor allem die Transformation der Automobilbranche spannend und sieht diese als große Chance an.

Alexander Botskor ist Produktmanager für die digitale Fahrzeugakte, den digitalen Zwilling der BMW Group für fahrzeugbezogene Daten, in der BMW Group Zentrale in München. Er ist dafür verantwortlich, die digitale Fahrzeugakte so zu gestalten, dass sie so viel Wert wie möglich für ihre Stakeholder schafft, z. B. in den Bereichen Circular Economy, Features on Demand oder Rückverfolgbarkeit. Alex kam vor 8 Jahren zu BMW Group und sammelte Erfahrungen in der Leitung interdisziplinärer Teams in der Prototypen- und Serienfertigung. Alex liebt es, über den Tellerrand hinauszuschauen und ist immer bestrebt, mit seinem Team aus frischen Denkern und Innovatoren die Grenzen zu erweitern und den Status quo in Frage zu stellen.

Rainer Hohenhoff hat Spaß am Digitalisieren und bei der BMW Group die Möglichkeit diese Begeisterung beim Aufbau des digitalen Zwillings unter Beweis zu stellen. Dabei kann er eine über 20-jährige Erfahrung in der IT und dem Produktionsressort der BMW Group nutzen. Trotz der großen Verantwortung für die Menschen in seiner Mannschaft, bleibt immer noch genug Zeit gemeinsam mit dem Team die Herausforderungen der Zukunft anzunehmen und damit zum Unternehmenserfolg der BMW Group beizutragen.

Session VIII

Ein hybrider KI-Ansatz zur Identifikation von technologischen Kompetenzen im Rahmen der Technologiefrühaufklärung – Kombination von symbolischer und subsymbolischer KI

Lukas Keicher, M.Sc.

Dr.-Ing. Antonino Ardilio

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 970 / -5353 | -2246

E-Mail: {lukas.keicher/antonino.ardilio}@iao.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Michael Schmitz

Dipl. Kfm. Tim Schloen

TecIntelli GmbH

Curiestr. 2, 70563 Stuttgart

Tel. +49 (0) 711 / 219 596 26

E-Mail: {michael.schmitz/tim.schloen}@tecintelli.det

Zusammenfassung

Zunehmende Dynamik bei Technologieentwicklungen macht ein möglichst frühzeitiges Erkennen ebendieser im Rahmen der strategischen Produkt- und Technologieplanung immer wichtiger, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Diese Vorteile ergeben sich insbesondere durch die frühzeitige Identifikation von relevanten Kompetenzträgern in neuen Technologiefeldern und das Initiieren von Partnerschaften. Die Identifikation wird jedoch aufgrund der Menge und Vielfalt verfügbarer Informationen in Texten immer herausfordernder. Aktuelle subsymbolische KI-Lösungen (z. B. Transformermodelle) bedürfen einer großen Datenbasis für das Training des Sprachmodells. Neu aufkommende Technologien sind zunächst jedoch durch eine kleine Informationsbasis charakterisiert (Small Data). Ein neuer hybrider KI-Ansatz kombiniert die Vorteile symbolischer und subsymbolischer Ansätze miteinander, um dieser Herausforderung zu begegnen. In einem hybriden KI-System können subsymbolische Sprachmodelle auf Grundlage von pre-labeled Trainingsdaten aus dem symbolischen Teil schneller für die Identifikation technologischer Kompetenzen im relevanten Technologiefeld trainiert werden. Mit diesem System können Organisationen identifiziert werden, welche im Bezug zur neuen Technologie genannt werden. Eine weitere Herausforderung besteht darin, auf Basis der extrahierten Informationen eine automatisierte Einschätzung über die Ausprägung der technologischen Kompetenzen einer Organisation zu treffen. Hierbei hilft eine auf Wissensgraphen basierte Informationsrepräsentation, bei der die semantische Nähe von Aussagen in Verbindung mit ihrer Häufigkeit und Verteilung im analysierten Korpus betrachtet wird. Der entwickelte Ansatz wurde anhand des Anwendungsfalls Batterietechnologie erprobt. Dabei konnte gezeigt werden, dass eine effektivere automatisierte Identifikation und Priorisierung von Kompetenzträgern durch das hybride System möglich sind.

Schlüsselworte

Technologiefrühaufklärung, Hybride KI, Kompetenzträger

A hybrid AI approach to identify technological competencies in the context of technology intelligence – combining symbolic and sub-symbolic AI

Abstract

Increasingly dynamic technological developments make it ever more important to identify them as early as possible as part of strategic product and technology planning in order to achieve competitive advantages. These advantages result in particular from the early identification of relevant competence carriers in new technology fields and the initiation of partnerships. However, identification is becoming increasingly challenging due to the amount and variety of available information in texts. Current sub-symbolic AI solutions (e.g., transformer models) require a large database for language model training. However, emerging technologies are initially characterized by a small information base (Small Data). A new hybrid AI approach combines the advantages of symbolic and sub-symbolic approaches to address this challenge. In a hybrid AI system, sub-symbolic language models can be trained faster for identifying technological competencies in the relevant technology field based on pre-labeled training data from the symbolic part. This system can be used to identify organizations which are named in relation to the new technology. Another challenge is to make an automated assessment of the expression of an organization's technological competencies based on the extracted information. This is done by an information representation based on knowledge graphs, where the semantic proximity of statements is considered in conjunction with their frequency and distribution in the analyzed corpus. The developed approach was tested using the use case of battery technology. It was shown that a more effective automated identification and prioritization of competence carriers is possible by the hybrid system.

Keywords

Technology intelligence, hybrid AI, competence carrier

1 Herausforderungen in der Technologiefrühaufklärung

Technologiebasierte Unternehmen haben in der heutigen Zeit mit vielfältigen Veränderungen und Herausforderungen zu kämpfen - so sind Technologieentwicklungen zunehmend geprägt durch immer kürzere Technologielebenszyklen und zunehmende Komplexität der Technologien [Sch15], [Sch19]. Es bleibt immer weniger Zeit, in der sich Investitionen in Technologieentwicklungen amortisieren müssen, weswegen das Entwicklungsrisiko weitestgehend minimiert werden muss [Zie19]. Deshalb ist es für Unternehmen wichtig möglichst viele potenzialträchtige Entwicklungen von Technologien bereits in den frühen Phasen des Innovationsprozesses zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten [SS19], [MG22]. Um dies zu erreichen, streben erfolgreiche Unternehmen die frühzeitige Identifikation und Potenzialbewertung neuer Technologien im Rahmen einer strategischen Technologiefrühaufklärung (TFA) an [Sch19]. Diese verfolgt den Zweck einer Informationsbereitstellung über Technologietrends und neue Technologieentwicklungen, wodurch die Bewertung und Integration dieser mit zeitlichem Vorsprung gegenüber dem Wettbewerb durchgeführt werden kann [SWA11]. Ziel der TFA ist es die Grundlage für die Ausweitung des gegenwärtigen Geschäfts durch technologische Verbesserung und neues technologisches Wissen zu schaffen [SWA11]. Organisationen haben also ein großes Interesse daran, relevante Technologieentwicklungen frühzeitig zu erkennen und entsprechende strategische Maßnahmen zu initiieren [Utt94], [Gor09]. Trotzdem ist das Detektieren von Technologieentwicklungen heutzutage sehr häufig zufallsgetrieben, statt aus einem systematischen Prozess zu resultieren [RB12]. Die Detektion von neuen Technologien ist dabei nur ein erster Schritt, um diese zur Hervorbringung von Innovationen in Produkte und Prozesse zu integrieren. Neben der möglichst frühzeitigen Identifikation und anschließenden Bewertung, ist auch eine schnelle Adaption von neuen Technologien für die strategische Produkt- und Technologieplanung von hoher Relevanz, um diese im Unternehmen nutzbar zu machen [WSK15].

Für die Integration bzw. Anwendung von neuen Technologien im eigenen Unternehmen bedarf es technologischer Kompetenzen, weswegen diese für die Wettbewerbsfähigkeit von technologieorientierten Unternehmen erfolgsbestimmende Faktoren sind [SMD15]. Um technologische Kompetenzen wiederum nutzbar zu machen, sind relevante Kompetenzträger, die schnell in den Innovationsprozess (bspw. durch gemeinsame F&E-Projekte) einbezogen werden können, erforderlich. Diese zu identifizieren ist somit wesentliche Aufgabe der TFA. Die systematische Identifikation, Schaffung und Nutzung von technologischen Kompetenzen ist demnach einer der Schlüssel für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen [Kno16]. Technologische Kompetenzen lassen sich dabei als Wissen von Personen oder Organisationen über die Anwendung von Problemlösungen (Technologien) in bestimmten Anwendungsszenarien / Applikationsfeldern beschreiben (vgl. Kapitel 2.1). In Texten werden technologische Kompetenzen mittels Technologiebegriffen und charakterisierender Eigenschaften beschrieben und können einer bestimmten Person oder Organisation zugeschrieben werden.

Durch globalen Wettbewerb und globale F&E-Tätigkeiten, steht die TFA jedoch vor der großen Herausforderung einen Überblick über Technologieentwicklungen und entsprechende Kompetenzträger weltweit zu behalten. Die Menge, der von Menschen erzeugten und verarbeiteten

Daten steigt seit Jahren exponentiell [Sta23-ol], [MG22] und übersteigt schon lange die von Menschen kognitiv verarbeitbare Menge [TCD+21]. Dazu gehören auch Beschreibungen von Technologien und technologischen Kompetenzen, die in Form von Texten (Veröffentlichungen) vorliegen. Es stellt sich deshalb die Frage: Wie lassen sich technologische Kompetenzen automatisiert identifizieren und bewerten?

Um mit solch großen Mengen unstrukturierter Daten umzugehen und darin neue Technologien sowie entsprechende Kompetenzträger zu identifizieren, werden bereits KI-Systeme aus dem Bereich des Natural Language Processing (NLP) im Technologie- und Innovationsmanagement eingesetzt [CCO20], [AK21], [SBB21]. Die unterschiedlichen eingesetzten KI-Verfahren bedürfen dabei spezifischen Voraussetzungen. So erfordern subsymbolische Systeme z. B. eine ausreichend große Datenbasis für das Training des Sprachmodells. Allerdings sind insbesondere die für die TFA relevanten Informationen zu neuen Technologien und Technologieentwicklungen (bspw. der erstmalige Einsatz von Technologien in völlig anderen Anwendungsbereichen) durch eine geringe Menge verfügbarer Informationen charakterisiert (Small Data). Die Suche nach neuen Technologien gleicht also der Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Aus diesem Grund stoßen viele existierende Ansätze, die auf die Verarbeitung sehr großer Datenmengen spezialisiert sind, bei dieser Aufgabe an ihre Grenzen. So sind bspw. bestehende Ansätze oder Lösungen wie ChatGPT von OpenAI nur sehr begrenzt einsatzfähig, da sie immense Mengen an Trainingsdaten benötigen. Das Ziel von Large Language Models (LLM) [BPX+07] passt demnach nicht direkt zu den Zielen der TFA.

Um mit dieser speziellen Herausforderung der TFA umgehen zu können, wird im vorliegenden Beitrag ein neuartiger Ansatz vorgestellt. Dieser kombiniert die Stärken bereits existierender Ansätze systematisch, um so die jeweiligen Schwächen zu kompensieren. Eine Einordnung des Fokus des vorliegenden Beitrags in den Prozess der TFA ist in Bild 1 dargestellt.

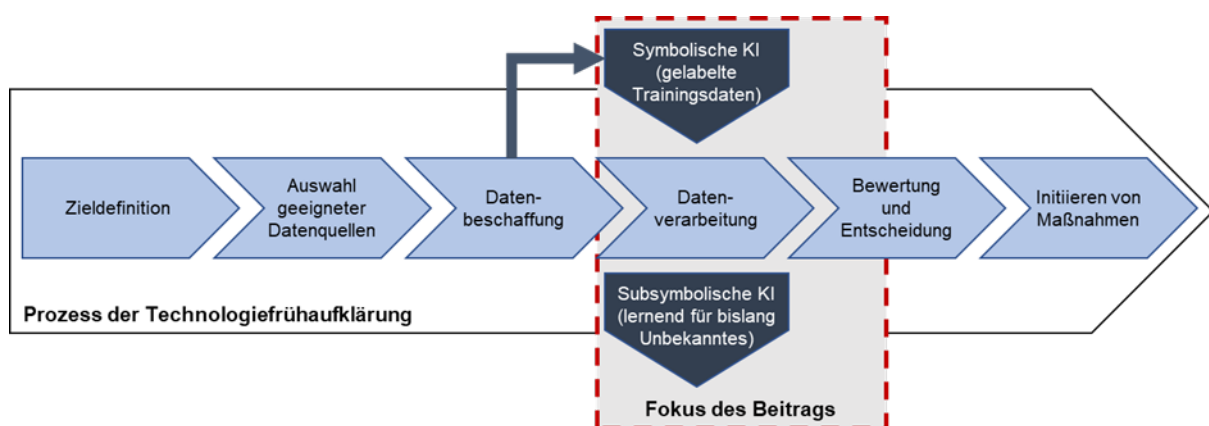


Bild 1: Einordnung des Fokus des Beitrags in die TFA (in Anlehnung an [Roh07])

2 Erfassung technologischer Kompetenzen und Bewertung ihrer Ausprägung

Für die Bewertung und Integration identifizierter Technologien in das eigene Unternehmen sowie für das damit verbundene Initiieren von Maßnahmen im Rahmen der TFA sind Informationen über verschiedene Aspekte von Interesse. Einer dieser Aspekte ist die Identifikation von

Kompetenzträgern, die gewisse technologische Kompetenzen in bestimmten Ausprägungen vorweisen. Kompetenzträger können dabei sowohl einzelne Personen als auch gesamte Organisationen sein. Ziel ist es, die technologischen Kompetenzen dieser Kompetenzträger mittels Wissenstransfer in die eigene Organisation zu integrieren und so die eigene technologische Kompetenzbasis (entsprechend einer ressourcenbasierten Unternehmensbetrachtung) zu erweitern. Um diese Aufgabe zu unterstützen, müssen sowohl technologische Kompetenzen als auch deren Ausprägungen erfasst und bewertet werden. In den folgenden Unterkapiteln werden diese Schritte im Detail erläutert.

2.1 Beschreibung von technologischen Kompetenzen

Der theoretischen Grundlage der knowledge-based view [Gra96] folgend, wird Wissen als strategisch relevanteste Ressource von Unternehmen gesehen. Insbesondere in der heutigen Zeit mit der großen Dynamik bei Technologieentwicklungen ist somit das frühzeitige Wissen über neue Technologien und entsprechende Kompetenzträger in den relevanten Technologiefeldern ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Nach NORTH sind für Wissen Informationen erforderlich [Nor21], was die TFA zu einer informationsverarbeitenden Tätigkeit macht.

Eine Kompetenz kann dabei als Kombination aus Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten beschrieben werden, die durch Bedürfnisse, Motive, persönliche Ziele, Werte, Standards und Einstellungen beeinflusst wird [SVS05]. Auf organisationaler Ebene kann Kompetenz als die Fähigkeit einer Organisation verstanden werden, seine Ressourcen so einzusetzen, dass durch deren Gebrauch ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden kann [Bur04]. Eine **Kompetenz beschreibt demnach den lösungsorientierten Einsatz von Wissen (oder anderen Ressourcen) im Rahmen der spezifischen Anforderungen dedizierter Anwendungskontexte, um einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen**. Der Perspektive der wissensbasierten Betrachtung folgend, wird unter einer **Technologie** im vorliegenden Beitrag entsprechend der Definition von BULLINGER, das „**Wissen über Wege der technischen Problemlösung**, in betriebswirtschaftliche und gesellschaftliche Zusammenhänge eingebettet und diese berücksichtigend“ [Bul94] verstanden.

Die beiden eingeführten Konzepte der Kompetenz und der Technologie können zur technologischen Kompetenz zusammengeführt werden. Die **technologische Kompetenz einer Organisation** beschreibt demnach deren „Fähigkeit, ein physisches Produkt mit bestimmten Merkmalen zu entwerfen und herzustellen“ [Dan02]. BIRKE beschreibt technologische Kompetenz einer Organisation als „die Fähigkeit [...] einen dauerhaften und effektiven Einsatz von Technologien in Produkten und Prozessen zu ermöglichen“ [Bir11]. Um diesen dauerhaften und effektiven Einsatz zu gewährleisten, muss der Einsatz von Technologien anwendungsspezifische Anforderungen erfüllen. Dementsprechend ist dies ein wichtiger Aspekt bei der Abgrenzung von Technologien und technologischen Kompetenzen. Basierend auf den dargestellten Definitionen, lässt sich feststellen, dass eine technologische Kompetenz aus der Kombination mehrerer Elemente, wie materiellen Ressourcen und immateriellen Fähigkeiten und Kenntnissen der Menschen und Prozesse, einer Organisation besteht [SMD15]. Diesen Ausführungen

folgend wird im vorliegenden Beitrag unter einer **technologischen Kompetenz der anwendungsspezifische Einsatz von Wissen über technische Problemlösungen (Technologien) verstanden**.

Technologische Kompetenzen sind demnach Ausdruck des Wissensschatzes eines Unternehmens und kommen auf **verschiedenen Ebenen** des Produktionsapparates zum Einsatz [CJD09]. Sie lassen sich auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen beschreiben und können sowohl spezifische Technologien oder Prozesse als auch gesamte Produktionssysteme umfassen [SMD15]. Technologische Kompetenzen können also sowohl auf Ebene des Inputs (z. B. die Fähigkeit einen besonderen Elektrolyt zu verwenden), als auch auf Ebene der Systemleistung (z. B. ein spezifisches Fertigungsverfahren für besondere Kathoden), sowie auf Ebene des erzeugten Outputs (z. B. elektrischer Energiespeicher mit sehr hoher Energiedichte) angesiedelt werden.



Bild 2: Verschiedene Ebenen für technologische Kompetenzen

Technologische Kompetenzen auf all diesen Ebenen lassen sich als Wissen über eine Technologie mit spezifischen technischen Funktionen beschrieben, die in einem Produkt oder Prozess mit speziellen Eigenschaften wirkt. Die Funktionen und Eigenschaften einer Technologie in einem spezifischen Anwendungskontext werden in einem technologischen Kompetenzprofil zusammengefasst. In der Praxis hat eine Organisation in aller Regel nicht nur eine, sondern mehrere technologische Kompetenzen [SMD15]. Um eine holistische und abstrakte Beschreibung aller vorhandenen technologischen Kompetenzen einer Organisation zu ermöglichen, bietet sich die Zusammenführung der einzelnen Beschreibungen in einem organisationspezifischen Kompetenzprofil (Organisationskompetenzprofil) an. Damit lässt sich das gesamte technologische Wertangebot einer Organisation beschreiben [SMD15]. Das Organisationskompetenzprofil umfasst somit die Summe aller vorhandenen einzelnen technologischen Kompetenzprofile.

Für den (Wissens-)Transfer von Technologien in Organisationen hinein sind Kompetenzträger von großer Bedeutung. Im Gegensatz zu den Kompetenzen einzelner Personen, stehen die technologischen Kompetenzen einer Organisation in direktem Zusammenhang mit den angebotenen Produkten und Dienstleistungen sowie den darin inhärenten technischen Funktionen. Für die TFA sind deshalb neben den Kompetenzen einzelner Personen die Kompetenzen von Organisationen relevant, da diese als Hauptquelle für erfolgreiche Produkte und Services gesehen werden können [SVS05]. Organisationskompetenzen lassen sich dabei als Kombination aus der

Summe des Know-Hows der Mitarbeitenden und materiellen Organisationsressourcen wie Maschinen definieren [SVS05]. Die Kompetenzen einzelner Personen stellen in Organisationen diesem Verständnis folgend ein Subset der gesamten Kompetenzen in einer Organisation dar. Das heißt, Kompetenzen, die einer Person in einer Organisation zugeschrieben werden, können auch der Organisation zugeschrieben werden.

2.2 Bewertung der Kompetenzausprägung

Neben der reinen Identifikation von technologischen Kompetenzen einer Organisation, spielt für strategische Entscheidungen im Technologie- und Innovationsmanagement auch deren Ausprägung eine wichtige Rolle. Für das weitere strategische Vorgehen mit den Informationen über technologische Kompetenzen ist es entscheidend, ob diese mit einer hohen Ausprägung oder einer geringen Ausprägung einem Kompetenzträger zugeordnet werden können.

Die Bewertung von technologischen Kompetenzen wird in der Literatur aus unterschiedlichen Perspektiven vorgenommen [ANT19]. Technologische Kompetenzen können dabei durch verschiedene Ansätze gemessen werden, darunter Fragebögen [WL02], Typologien [Knu05] und Fallstudien [Dan07]. Bei der Auswertung von expliziten Informationen in Veröffentlichungen bedarf es einer hinreichenden Bewertung der identifizierten Kompetenz, für die Zuschreibung dieser technologischen Kompetenzen zu einer Organisation als Kompetenzträger. Diese Bewertung über das Vorhandensein von Kompetenzen kann einerseits direkt über eine explizite Zuschreibung (Aussage) erfolgen (bspw. „...das Fraunhofer IAO hat hohe Kompetenzen im Schreiben von Studien...“). Andererseits finden sich in unstrukturierten Texten viel häufiger indirekte Aussagen über technologische Kompetenzen und Organisationen (Indizien). Indizien über das Vorhandensein von Kompetenzen können in Texten anhand ihrer charakterisierenden Kompetenzprofile (bspw. Technologienname, technische Funktion, Eigenschaften) identifiziert werden. Kommen derartige Kompetenzprofilbeschreibungen im Zusammenhang mit Organisationen in Texten vor, kann ein Zusammenhang (Relation) zwischen diesen Entitäten angenommen werden. Diese Indizien lassen sich auswerten, um Aussagen über technologische Kompetenzen von Organisationen treffen zu können.

In einer graphenbasierten Wissensrepräsentation (Knowledge-Graph) lassen sich identifizierte Kompetenzprofile und Organisationen als Tupel abspeichern. Relationen zwischen den Kompetenzen und einer Organisation können dabei sowohl semantisch im Text als auch über Metadaten (Dokument, Quelle, etc.) erschlossen werden. Für eine Bewertung der Kompetenzausprägung müssen die erfassten Indizien (Entitäten und Relationen) ausgewertet werden. Diese Auswertungen können dabei bspw. auf Basis von Häufigkeiten von Technologienamen in Relation zu einer Organisation oder auf Grundlage von Referenzierungen (Verlinkungen) von Dokumenten (Webseiten) im Sinne von bibliometrischen Analysen erfolgen. Detailliertere Bewertungen lassen sich aber auch durch die Auswertung der semantischen Nähe von Kompetenzprofilen vornehmen. Auf Grundlage eines domänenspezifischen Referenzmodells lassen sich Entitäten des Kompetenzprofils hinsichtlich ihrer semantischen Nähe zueinander analysieren und thematische Cluster bilden. Mittels eines Semantic Reasoners können derartige Informationen aus den Wissensgraphen berechnet werden.

Identifizierte Kompetenzprofile können dabei untereinander eher homogen oder heterogen sein. Dies hängt im Wesentlichen vom Aggregationslevel im Referenzmodell ab. Kompetenzprofile zu unterschiedlichen Batterietypen deuten weniger auf eine Kompetenz in einem spezifischen Batterietyp (bspw. Feststoffbatterien) hin, sondern vielmehr auf eine eher generalistische Kompetenz (in Batterietypen allgemein) der damit verbundenen Organisation.

2.3 Informationsbedarf der Technologiefrühaufklärung

Zur Erhaltung bzw. Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, müssen neue technologische Entwicklungen und neu aufkommende Technologien im Rahmen der TFA frühzeitig identifiziert und bewertet werden [SWA11]. Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung der Relevanz dieser Technologieentwicklungen sind die inhärenten Technologiefunktionen sowie anwendungskontextspezifischen Eigenschaften der Technologie (z. B. physikalische Leistungsparameter) [Sch17]. Darüber hinaus müssen für die operative Integration und Anwendung ebendieser (neuen) Technologien die hierfür erforderlichen Kompetenzen abgeleitet und relevante Kompetenzträger auf Basis ihrer Kompetenzausprägung in den relevanten Technologien identifiziert werden. Um diese Aufgaben im Rahmen der TFA erfolgreich zu bewältigen und die richtigen Entscheidungen treffen zu können, sind zur Entscheidungsunterstützung Informationen über diese Aspekte (Technologie, Eigenschaften, Anwendungsfeld, Kompetenzausprägung, Experten) erforderlich.

Im Gegensatz zu existierenden Ansätzen, die das systematische Vorgehen von Menschen zur Sammlung bzw. Erhebung der erforderlichen Informationen zur Entscheidungsunterstützung beschreiben und unterstützen (z. B. [SMD15]), ist für das Identifizieren und Bewerten von technologischen Kompetenzen durch einen Algorithmus eine verallgemeinerte formalisierte Beschreibung ebendieser im Sinne eines Schemas erforderlich.

Eine **Technologie** lässt sich in natürlicher Sprache u. a. direkt durch einen (bekannten) Technologienamen (z. B. Lithium-Schwefel Feststoffbatterie) oder indirekt durch erfüllte technische Funktionen beschreiben. Diese technischen Funktionen wiederum setzen sich aus der Kombination einer Aktivität, beschrieben durch ein technisches **Verb**, und einen Arbeitsgegenstand, das beeinflusste **Objekt**, zusammen (z. B. speichern von elektrischer Energie). Da technologische Kompetenzen es einer Organisation ermöglichen Wettbewerbsvorteile zu erzielen, muss eine Beschreibung dieser technologischen Kompetenzen zudem ein wertstiftendes Element beinhalten. Die wertstiftende Eigenschaft kann sich dabei entweder auf die Aktivität oder das Objekt beziehen [SMD15] und bestimmt maßgeblich die Anwendungsfähigkeit in unterschiedlichen Applikationsfeldern. Die **Technologieeigenschaften** werden häufig in Form von Adjektiven bzw. physikalischen Einheiten beschrieben (z. B. energieeffizient oder 400Wh/kg). Durch die Berücksichtigung des **Anwendungskontextes** einer Technologie (z. B. Luftfahrt) wird die Information über Technologien und deren Eigenschaften zu einer Information über vorhandene **technologische Kompetenz** (z. B. Kompetenzen im Bereich Feststoffbatterien mit sehr hoher Energiedichte für den Flugzeugbau). Diese wiederum kann nun einer Organisation zugeschrieben werden (vgl. Kapitel 2.1), wobei für die Integration der Technologie in das eigene Unternehmen auch die Kompetenzausprägung beurteilt werden muss. Zur Beurteilung der Kompetenzausprägung einer Organisation müssen die Ergebnisse der instanziierten Kompetenzsuche

statistisch analysiert und beispielsweise die Häufigkeit der Nennungen und Referenzierungen betrachtet werden (vgl. Kapitel 2.2).

Aus KI-Perspektive handelt es sich bei der Aufgabe der Identifikation technologischer Kompetenzen und Kompetenzträger um ein Klassifizierungsproblem [WHS+21]: Kann eine technologische Kompetenz einer Organisation zugewiesen werden, oder nicht? Die in Bild 2 dargestellten verschiedenen Ebenen der technologischen Kompetenzen werden softwaretechnisch durch das Konzept der Klassen beschrieben. Aus IT-Sicht ist das Ziel der eingesetzten Algorithmen demnach die Identifikation und Extraktion von Relationen zwischen diesen Klassen. Im Fall der organisationalen technologischen Kompetenzen werden dem eingeführten Verständnis folgend somit die Entitätsklassen „Organisation“, „Technologie“, „Anwendungskontext der Technologie“ sowie die Relationen zwischen diesen Klassen gesucht.

Um den Informationsbedarf der TFA in ein für einen Algorithmus verarbeitbares Format zu übersetzen, werden in Anlehnung an die von [SMD15] entwickelte Struktur, die folgenden relevanten Klassen und zugehörigen Instanzen definiert: Technologie (Technologie-Name oder Objekt + Verb), Eigenschaft (Adjektiv oder physikalische Größen) und technologische Kompetenz (Technologie + Anwendungskontext). Während die Klassen zur Identifikation technologischer Kompetenzen über die in Bild 3 dargestellten Instanzen direkt im Text identifiziert werden können, werden zur Beurteilung der Kompetenzausprägung die Ergebnisse dieser ersten Analyse herangezogen und Indizien für die Kompetenzausprägung hieraus abgeleitet. Die Analyse der Häufigkeiten und Referenzierungen kann erst mit den Ergebnissen der instanziierten Suche durchgeführt werden.

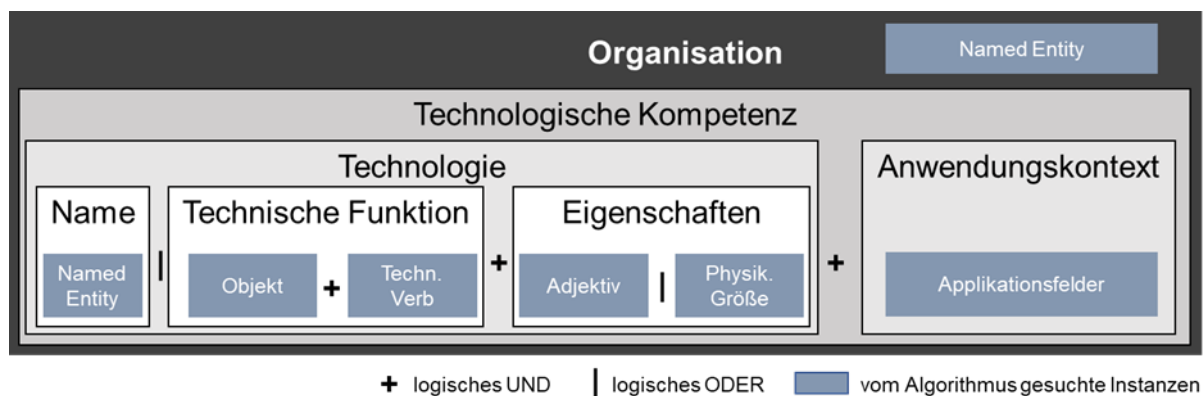


Bild 3: Entitätsklassen für die Informationsextraktion

3 Existierende KI-Ansätze zur maschinellen Sprachverarbeitung

Um mit den eingangs geschilderten Herausforderungen der zunehmenden Menge prinzipiell für die TFA relevanter verfügbarer Informationen umgehen zu können, bedarf es effizienter Lösungsansätze. Ein Ansatz für den effizienten Umgang mit großen Mengen unstrukturierter Daten ist die maschinelle Sprachverarbeitung (Natural Language Processing, NLP) [WHS+21]. In diesem Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz lassen sich die existierenden Ansätze in symbolische und subsymbolische Ansätze unterteilen [WHS+21], [IM20].

Das Ziel der existierenden Ansätze ist es, große Mengen unstrukturierter Daten analysierbar zu machen und in diesen Mengen die tatsächlich relevanten Informationen zu identifizieren. Sie haben jedoch individuelle Eigenschaften und damit einhergehende Vor- und Nachteile, auf die in den folgenden Kapiteln eingegangen wird.

3.1 Symbolische Ansätze

Die Symbolische KI bezieht sich auf einen Ansatz der künstlichen Intelligenz, der auf der Verwendung von symbolischen Repräsentationen und logischen Regeln zur Verarbeitung von Informationen beruht [WHS+21] und zeichnet sich dadurch aus, dass Wissen und Informationen in einer für den Menschen les- und nachvollziehbaren Form repräsentiert werden [HQ17]. Symbolische KI-Verfahren bedürfen deshalb einer expliziten Wissensrepräsentation, um Informationen zu extrahieren. Diese Wissensrepräsentation kann beispielsweise in Form von Taxonomien, Wissensgraphen oder Ontologien erfolgen [WHS+21]. In diesem Ansatz werden Klassen und Beziehungen zwischen ihnen durch Symbole repräsentiert, die in einer formalen Sprache ausgedrückt werden. Die Wissensrepräsentation ermöglicht die exakte Spezifikation von Beziehungen und Regeln und kann durch eine Kombination mit semantischen Verfahren (bspw. die Nutzung von Part-of-Speech-Taggern) z. B. zur Identifikation von neuen Elektrodenmaterialien eingesetzt werden.

Die symbolische KI nutzt dann logische Regeln und Inferenzmechanismen, um Schlussfolgerungen aus diesen symbolischen Repräsentationen zu ziehen und komplexe Probleme zu lösen. Diese Art der KI nutzt demnach (menschliches) Expertenwissen als Input, stützt sich auf diskrete Strukturen und produziert Wissen, das direkt vom Menschen interpretiert werden kann [HQ17]. Ein mögliches Anwendungsgebiet der symbolischen Ansätze umfasst deshalb das Labeln von Trainingsdaten.

Mit syntaktischen Verfahren (Tokenization, Stemming, Lemmatization) und grammatikalischen Parsern (Wortarterkennung, part-of-speech-Tagging) sowie weiteren linguistischen Methoden wie regulären Ausdrücken, booleschen, positionalen oder logischen Operatoren und Scoring-Modellen stehen umfangreiche und flexibel einsetzbare Methoden für die Entwicklung symbolischer Fachthesauren zur Verfügung [WHS+21]. Je nach Ausprägung und Umfang der zu betrachtenden Technologiedomäne, kann hierfür erheblicher Aufwand notwendig und die Einbindung von Fachexperten sowie Computerlinguisten erforderlich sein.

Im Gegensatz zu reinen Machine-Learning-Modellen, bei denen es schwierig sein kann, die Entscheidungen des Modells zu verstehen und zu erklären, bietet z. B. die Verwendung von regulären Ausdrücken eine Möglichkeit, die Entscheidungen der KI für den Menschen verständlich und damit erklärbar und vertrauenswürdig zu machen. Durch die Verwendung von klaren Regeln und Mustern können Menschen nachvollziehen, wie die KI zu ihren Entscheidungen kommt und somit das Vertrauen in das System erhöht werden [HQ17].

3.2 Subsymbolische Ansätze

Die Subsymbolische KI bezieht sich auf einen Ansatz der künstlichen Intelligenz, der auf der Verwendung von nicht-symbolischen Repräsentationen und maschinellen Lernverfahren zur

Verarbeitung von Informationen beruht und somit assoziative Ergebnisse liefert [IM20]. Ein wichtiges Grundprinzip hierbei sind sog. Embeddings bzw. die Transformation von Texten in Vektoren (z. B. Bag-of-Words).

Im Gegensatz zur symbolischen KI, wird bei der subsymbolischen KI versucht, komplexe Beziehungen und Muster in den Daten automatisch zu erlernen, anstatt sie manuell zu codieren. Bei subsymbolischen KI-Ansätzen (bspw. Deep Learning) ist der Mensch somit nicht mehr direkt in der Lage, das System zu verstehen [CCO20], [WHS+21]. Obwohl vermehrt darauf hingewiesen wird, dass solchen Ansätzen wichtige Eigenschaften wie Prüfbarkeit, Interpretierbarkeit oder Erklärbarkeit fehlen, da sie als Black Box gestaltet, trainiert und verwendet werden, kommen sie aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit sehr häufig zum Einsatz [CCO20], [IM20]. Die Bezeichnung der Black Box wird verwendet, um Modelle zu beschreiben, bei denen das Wissen nicht explizit repräsentierbar ist, sondern verteilt über Tensoren realer Zahlen vorliegt – deren Komplexität selten mit den kognitiven Fähigkeiten eines Menschen beherrschbar ist [CCO20].

In einfachen Worten ausgedrückt, sind subsymbolische Techniken sehr leistungsfähig im Lernen komplexer Beziehungen und Aufgaben, haben aber Schwierigkeiten damit dem Menschen das Verständnis darüber, wie eine bestimmte Beziehung oder Aufgabe ausgeführt werden könnte oder sollte, nachvollziehbar zu vermitteln [CCO20].

Ein wichtiger Fortschritt in der subsymbolischen KI ist die Transformer-Architektur, die insbesondere im Bereich des Textverständnisses und der Informationsextraktion große Erfolge erzielt hat, und teilweise bereits im Innovationskontext eingesetzt wird [BBP23]. Die Transformer-Architektur verwendet eine schichtbasierte neuronale Netzwerkstruktur, die speziell für die Verarbeitung von Textsequenzen optimiert ist. Durch die Verwendung von Self-Attention-Mechanismen kann das Netzwerk effektiv kontextabhängige Repräsentationen von Textsequenzen generieren, die zur Extraktion von Informationen aus unstrukturierten Texten verwendet werden können [VSP+17].

Insgesamt hat die subsymbolische KI durch die Verwendung von maschinellen Lernverfahren und Deep-Learning-Techniken in den letzten Jahren eine starke Entwicklung erfahren und bietet eine vielversprechende Grundlage für die Lösung komplexer Probleme [WHS+21]. So haben sich unserer Erfahrung nach beispielsweise die Identifikation von technologischen Varianten (z. B. neuartige Materialien) oder die Ergänzung und Erweiterung der ursprünglichen Wissensbasis als potenzielle Anwendungsfälle für subsymbolische Ansätze herausgebildet.

Eine wichtige Voraussetzung subsymbolischer KI-Verfahren ist jedoch, dass sie mit kontextrelevanten Texten trainiert werden müssen, wovon gerade bei neu aufkommenden Technologien zunächst nur wenige vorhanden sind (Small Data Problem). Bei sehr spezifischen Domänen kann das Training des Sprachmodells deshalb eine erhebliche Zeit in Anspruch nehmen, um die gewünschte Qualität (im Sinne von Präzision und Sensitivität) zu erreichen. Um das Trainieren der subsymbolischen Verfahren zu optimieren, kann sog. Active Learning eingesetzt werden. Active Learning bezeichnet hierbei einen Algorithmus, der diejenigen Labels zur Prüfung vorlegt, bei denen das Sprachmodell am „unsichersten“ ist („Uncertainty Sampling“) [NSH22]. Das Lernen dieser Labels hat einen größeren Effekt auf die Qualitätsverbesserung als die Bestätigung von bereits mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt zugewiesenen Labels. Mit

anderen Worten: es müssen weniger Label überprüft werden, um die gleiche Qualitätsverbesserung zu erreichen [GLZ+21]. Die Verbesserung des Sprachmodells erfolgt dabei nach jedem Labeltest. Jede Überprüfung hat somit direkten Einfluss auf die Auswahl der Labels mit dem größten Verbesserungspotenzial.

3.3 Defizite existierender Ansätze

Sowohl die symbolischen als auch die subsymbolischen Ansätze bringen inhärente Stärken und Schwächen mit sich (vgl. Bild 4) und sind in gewisser Weise komplementäre Herangehensweisen: Während die subsymbolischen Ansätze undurchsichtig, unscharf und datenhungrig sind, sind die symbolischen Ansätze menschlich verständlich, genau und sparsam im Hinblick auf erforderliche Daten [CCO20]. Gleichzeitig erfordern die symbolischen Systeme jedoch häufig den Input von menschlichen Fachexperten, um das Expertenwissen symbolisch zu kodieren, wohingegen die subsymbolischen Systeme typischerweise das automatische Lernen auf Basis von Daten unterstützt [CCO20].

	+	-
Symbolischer Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Deklarativ • Einfache Integration von Expertenwissen • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Heuristisch • Hoher manueller Aufwand • ...
Subsymbolischer Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Trainierbar und anpassbar • Wenig manueller Aufwand • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Benötigt häufig gelabelte Daten • Nicht leicht interpretierbar • ...

Bild 4: Auszug der Vor- und Nachteile von symbolischen und subsymbolischen KI-Ansätzen (In Anlehnung an [CLR13])

Um eine Lösung zu entwickeln, die mit den spezifischen Herausforderungen der TFA (hohe Spezifität der Technologiedomäne bei gleichzeitig sehr geringen Mengen verfügbarer (Trainings-)Daten) umgehen kann, müssen diese Stärken und Schwächen bekannt sein und sich sinnvoll ergänzen. Es bestehen weiterhin erhebliche Herausforderungen bei der Verknüpfung von Informationen aus unstrukturierten Texten mit strukturiertem Wissen und vice versa [HQ17]. Eine zentrale Herausforderung besteht somit darin, einen Ansatz zu entwickeln, der die Stärken der beiden Ansätze kombiniert und gleichzeitig damit die Schwächen ausgleicht [HQ17]. Es gilt demnach die **folgenden für die TFA relevanten Fragen zu beantworten**:

- 1) Wie können moderne KI-Ansätze in der TFA eingesetzt werden, um damit schwache Signale von Technologieentwicklung möglichst frühzeitig zu identifizieren?
- 2) Wie können diese Ansätze genutzt werden, um Kompetenzträger in diesen neuen Technologien zu finden?

Die Entscheidung für einen der beiden Ansätze hängt von der verfolgten Zielstellung ab und stellt einen Kompromiss zwischen hoher Genauigkeit, Erklärbarkeit aber hohem manuellem Aufwand und geringem manuellem Aufwand, aber fehlender Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen dar. Um diesem Kompromiss zu begegnen, haben wir einen hybriden Ansatz entwickelt. Bei diesem hybriden Ansatz werden die Stärken der beiden Ansätze miteinander kombiniert, um so die jeweiligen Schwächen der Ansätze zu kompensieren.

4 Ein hybrider KI-Ansatz zur Identifikation und Bewertung von technologischen Kompetenzen und Kompetenzträgern

Einen vielversprechenden Ansatz, um mit den sehr geringen Informationsmengen zu neuen Technologien umgehen zu können, stellen hybride KI-Systeme dar [IM20]. GARCEZ ET AL. beschreiben hybride Systeme als die Integration der beiden fundamentalsten kognitiven Fähigkeiten: der Fähigkeit von der Umgebung zu lernen und der Fähigkeit aus dem Gelernten Schlüsse zu ziehen [GGL+19]. Beim hybriden Ansatz werden symbolische Ansätze mit subsymbolischen kombiniert, um die jeweiligen Stärken der beiden Ansätze zu nutzen [SAJ+21].

Hierbei werden spezifische Techniken kombiniert, um komplexe Probleme zu lösen, die von einer reinen symbolischen oder subsymbolischen KI nicht effektiv bewältigt werden können [WHS+21]. So werden u. a. symbolische Techniken wie z. B. logische Regeln verwendet, um explizites Wissen in Form von Regeln und Konzepten zu repräsentieren und Trainingsdaten zu labeln. Gleichzeitig werden subsymbolische Techniken wie Deep-Learning-Modelle und Neuronale Netze eingesetzt, um implizites Wissen aus großen Datenmengen zu lernen und komplexe Muster in den Daten zu identifizieren [SAJ+21]. Basierend auf [Hil95] und ihrer Unterscheidung in „unified“ und „hybride“ Kombinationen, lassen sich dabei drei Arten von hybriden Systemen unterscheiden [WHS+21]: (1) subsymbolische Systeme, die symbolische Systeme erzeugen (z. B. Taxonomy learning), (2) symbolische Systeme, die subsymbolische Systeme unterstützen (z. B. semantische Unterstützung des Lernens durch Vokabulare), (3) subsymbolische und symbolische Systeme, die gemeinsam arbeiten und beispielsweise eine Sentiment Analyse durchführen. Beim hier vorgestellten hybriden Ansatz für die TFA und ihre spezifischen Aufgaben, werden die Fälle (2) und (1) miteinander kombiniert, um die TFA und ihre spezifischen Aufgaben und Anforderungen, wie die geringe verfügbare Datenbasis bei neuen Technologien, zu unterstützen.

4.1 Identifikation von technologischen Kompetenzen und Kompetenzträgern

Die Strukturierung technologischer Kompetenzen hängt maßgeblich von den zugrundeliegenden Technologien ab. Im Falle von kompetenzbasierten Analysen bietet der Produktaufbau in der Regel eine solide Grundlage für die Strukturierung der Technologiedomäne. Bei Batteriesystemen umfasst dieser beispielsweise Batteriemodul, Thermomanagement, Verkabelung, Gehäuse und Batteriezellen. Weitere bedeutende Kompetenzkategorien umfassen Fertigungsverfahren, verwendete Materialien, Anwendungsfelder sowie Parameter zur Beurteilung der technischen Leistungsfähigkeit.

Die Kompetenzkategorien weisen verschiedene Ausprägungen auf, die von der verwendeten KI-Pipeline berücksichtigt werden müssen. Fachtermini sind in der Fachliteratur für bestehende Technologien häufig strukturiert und beschrieben. In einigen Fällen liegen sie in standardisierten Formaten wie RDF vor oder es existieren Wikidata-Objekte. Beide Möglichkeiten können direkt in aktuelle KI-Softwaresysteme integriert werden. Eine Herausforderung besteht darin, neue Technologietermini zu identifizieren. Je nach Technologie können hierfür symbolische oder subsymbolische Ansätze von Vorteil sein. Bei der Bezeichnung von Anwendungsfeldern

gibt es kaum begriffliche Einschränkungen für mögliche Technologien. Bisher wurden Kombinationen von speziellen Marker-Patterns, die den Kontext einer Technologie bezeichnen, und Part-of-Speech (POS)-Bezeichnungen verwendet.

Es stehen somit eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Klassifizierung relevanter Entitäten zur Verfügung. Darüber hinaus werden symbolische Muster im hybriden Ansatz genutzt, um automatisch Inhalte zu kennzeichnen und das Sprachmodell mit ausreichender Qualität zu trainieren. Die konkrete Modellierung der KI-Pipeline und die sich daraus ergebende Vorgehensweise variiert zwar projektbezogen, dennoch können wesentliche Prozessschritte abstrahiert beschrieben werden:

Modellierung einer symbolischen Wissensrepräsentation der Technologiedomäne: Eine symbolische Wissensrepräsentation bedeutet, dass das sich ergebende Referenzmodell in Form von domänenbezogenen Entitäten und semantischer Relationen beschrieben wird. Es ist für Menschen intuitiv begreifbar und kann somit schnell evaluiert und weiterentwickelt werden. Der Aufbau des Referenzmodells erfolgt üblicherweise unter Verwendung von Expertenwissen. Dies kann direkt in Form von Workshops mit Domänenexperten erfolgen. Darüber hinaus kann schriftlich formuliertes Wissen, das u. a. in Form von Fachliteratur, Handbüchern, Normen oder Patentklassifizierungen zur Verfügung steht, genutzt werden. Auch die direkte Anbindung bestehender Thesauri, z. B. domänenspezifische Wikidata-Objekte, ist möglich und sinnvoll. Ziel ist der Aufbau eines grundlegenden Referenzmodells, das durch die nachfolgenden subsymbolischen Schritte der Pipeline ergänzt und verfeinert wird. Anschließend erfolgt die Transformation des Referenzmodells in maschinenlesbare Pattern. Hierzu stehen in Abhängigkeit von der verwendeten Softwarearchitektur umfangreiche morphologische, syntaktische und semantische Methoden zur Verfügung. Das transformierte Modell wird in einem Wissensgraphen (Knowledge-Graph) gespeichert.

Zusammenstellung und Import des Korpus: Domänenspezifischer Content ist sowohl für die Entwicklung des symbolischen Referenzmodells als auch für das Training des KI-Sprachmodells ein entscheidender Erfolgsfaktor. Prinzipiell können alle maschinenlesbaren Texte verwendet werden, es hat sich jedoch bewährt, zur Entwicklung des Referenzmodells Fachcontent zu verwenden, da hier domänenspezifische Fachterme benutzt werden. Für das Training des KI-Sprachmodells ist von Bedeutung, dass die Tonalität des Trainingskorpus mit derjenigen übereinstimmt, die dem Gesamtkorpus entspricht. Das heißt, für die Identifizierung von Organisationskompetenzen, die üblicherweise auf Webseiten beschrieben werden, sollten auch entsprechende Webseiten wie bspw. Fachblogs und -portale oder Unternehmenswebseiten als Trainingscontent verwendet werden.

Annotation: Der Trainingskorpus wird nun im nächsten Prozessschritt mit den Begriffen des symbolisch erzeugten Referenzmodells annotiert und in einem Knowledge-Graph gespeichert. Eventuelle Änderungen und Ergänzungen können in einfacher Weise durch den Domänenexperten erfolgen. Der annotierte Korpus dient als Grundlage zum Trainieren des subsymbolischen KI-Sprachmodells. Es steht zwar eine Vielzahl von generischen (Transformer-)Sprachmodellen zur Verfügung, die müssen aber auf die spezifischen Technologiedomänen trainiert werden. Basierend auf dem trainierten Sprachmodell erfolgt im nächsten Schritt ein „Active Learning“ als überwachtes Lernen. Dabei schlägt die Software potenziell relevante Begriffe

vor, die vom Nutzer verifiziert werden. Vorgeschlagen werden hierbei prioritär Begriffe, bei denen das Sprachmodell unsicher ist. Abschließend wird der gesamte zur Verfügung stehende Content durch das Sprachmodell annotiert.

Zur **Visualisierung** der Ergebnisse stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Dashboards stellen häufigkeitsbasierte Treffer in Form von Graphen dar. Diese graphischen Darstellungen dienen als Filter, um relevante Texte auszuwählen und in Form von tabellarischen Textausschnitten (Snippets) darzustellen. Die Visualisierung und Verdichtung von Informationen ist ein wichtiges Instrument, um potenzielle Kompetenzen zu erkennen und für die nächsten Entscheidungsschritte auszuwählen.

4.2 Bewertung von identifizierten Kompetenzträgern

Mittels der beschriebenen KI-basierten Identifikation von technologischen Kompetenzprofilen und Organisationen, kann eine große Anzahl an unstrukturierten Texten effizient analysiert werden. Die extrahierten Kompetenzprofile und Organisationsentitäten (Annotationen) sowie ihre Beziehungen im Text zueinander können als Wissensgraphen in einer Graphen-Datenbank abgespeichert werden. Diese dienen als Analysegrundlage, um Bewertungen von Organisationen als Kompetenzträger für spezifische Technologien vornehmen zu können.

Wann eine technologische Kompetenz einer Organisation zugeschrieben werden kann, ist insbesondere bei der Auswertung von Texten (Sekundärdatenanalyse) nicht eindeutig definiert (vgl. Kapitel 2). In der Praxis haben sich dafür Schwellwert- und Relationsanalysen etabliert. In Abhängigkeit vom Neuigkeitsgrad einer Technologie und den damit verbunden verfügbaren Quellen (Veröffentlichungen), können Schwellwerte definiert werden, wie oft relevante technologische Kompetenzprofile in Zusammenhang mit einer Organisation identifiziert werden müssen, um diese als Kompetenzträger ansehen zu können. Des Weiteren lassen sich die Häufigkeiten von identifizierten themenspezifischen Kompetenzprofilen mit Bezug zu Organisationen auswerten. Organisationen mit signifikant mehr identifizierten Kompetenzprofilen können eher als Kompetenzträger (Experten) auf einem spezifischen Thema angesehen werden (Priorisierung).

Die identifizierten Kompetenzprofile lassen sich häufig jedoch nur unzureichend direkt vergleichen, da unterschiedliche Ausprägungen bei den beschreibenden Profilattributionen in natürlicher Sprache verwendet werden. Für eine valide Bewertung der Kompetenzprofile bedarf es darum einer Auswertung über die semantische Nähe der Kompetenzprofile. Wie in Kapitel 2 beschrieben, können technologische Kompetenzen durch Technologienamen oder deren inhärenten technischen Funktionen und anwendungsspezifischen Eigenschaften beschrieben werden. Eine semantische Nähe kann dadurch angenommen werden, dass Entitäten verschiedener Klassen in Relation (bspw. „ist Teil von“ oder „hat“) zueinander abgebildet sind. Grundlage für diese semantische Auswertung ist das domänenspezifische Referenzmodell, das im symbolischen Teil des hybriden KI-Systems aufgebaut wird (vgl. Kapitel 4.1).

In der Praxis lassen sich mittels des semantischen Referenzmodells Kompetenzprofile clustern, die bspw. zu einer spezifischen Technologiefamilie gehören. Werden zu einer Organisation semantisch verbundene Kompetenzprofile, bspw. mit den Technologienamen „metal ion battery“,

„cobalt ion battery“, „magnesium ion battery“ und „zinc ion battery“, in Texten identifiziert, kann über das in einer Graphen-Datenbank abgespeicherte Referenzmodell darauf geschlossen werden, dass diese Organisation eine hohe Kompetenz in Metallionen-basierten Batterietechnologien besitzt. Je heterogener das Cluster an semantisch verbundenen Kompetenzprofilen ist, desto höher kann eine Kompetenz in der Technologiefamilie angenommen werden (im Vergleich zu identifizierten Kompetenzprofilen ausschließlich zum Technologienamen „metal ion battery“).

Für die Bewertung von Organisationen als Kompetenzträger in spezifischen Technologiefeldern kann ein semantisches Referenzmodell im Vergleich zu einfachen Häufigkeitsauswertungen eine ganzheitlichere Aussage liefern. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass auch eine möglichst ganzheitliche Analysegrundlage über die Organisation vorliegt. Das heißt, sowohl für die Identifikation von Kompetenzen als auch für die Bewertung der Kompetenzausprägung müssen so viele Informationen wie möglich zu einer Organisation gesammelt und analysiert werden.

5 Anwendungsfall Batterietechnologie

In diesem Kapitel werden der Aufbau und die Anwendung des hybriden KI-Systems am Anwendungsfall „neue Batterietechnologien für handgeführte Werkzeuge“ vorgestellt.

5.1 Ausgangssituation

Gesucht werden Kompetenzträger für Batterietechnologien, die sich aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und Leistungsparameter für den Einsatz in handgeführten Werkzeugen zur Garten- und Waldarbeit eignen. Aufgrund des definierten Anwendungsbereichs und der Tatsache, dass die Geräte häufig von Profis genutzt werden und über längere Zeit am Stück im Einsatz sind, sind vor allem eine hohe Leistungs- und Energiedichte sowie eine lange Lebensdauer der Batterie relevant. Mit dem entwickelten hybriden KI-Ansatz lassen sich somit u. a. die folgenden Fragen der strategischen Technologie- und Produktplanung des Unternehmens beantworten:

- Welche Batterietypen haben eine hohe Leistungs- und Energiedichte, so dass wir sie in die neuen Produktgenerationen integrieren können?
- Welche neuen Batterietypen befinden sich aktuell im Entwicklungsstadium und haben dann für den Serienentwicklungsstart der neuen Produktgeneration den erforderlichen Reifegrad?
- Welche Organisationen haben Expertise in den neuen Batterietypen und können für ein mögliches Technology Sourcing angefragt werden?

5.2 Aufbau des hybriden KI-Systems

Elektrodenmaterialien sind ein wichtiger Baustein für die Leistungsfähigkeit von Batterien. Die Modellierung entsprechender Pattern und Klassen stellt somit einen Schwerpunkt des entwickelten Systems für Batteriesysteme dar. Hierzu wurden auf Grundlage des zur Verfügung ste-

henden Expertenwissens ionenbasierte, luftbasierte sowie schwefelbasierte Batterietypen klassifiziert. Zusätzlich wurden Festkörper- und Redox-Flow-Batterien als ergänzende Typen berücksichtigt. Darüber hinaus wurden symbolische Pattern eingesetzt, um neue Materialien zu identifizieren.

Basierend auf den Symbolen der Elemente im Periodensystem wurden hierfür reguläre Ausdrücke verwendet, die die übliche Schreibweise für Materialien (z. B. $\text{LiNi}_0.8\text{Co}_0.1\text{Mn}_0.1\text{O}_2$) weitgehend abdecken.

Auch Energiedichte und Leistungsdichte, zwei bedeutende Parameter zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Batterien, wurden mithilfe von symbolischen Pattern als Kombination von Zahlenwert und Maßeinheit beschrieben und in unterschiedliche Wertebereiche unterteilt. Weitere Klassen umfassen die Bauform sowie die Herstellungsverfahren. Zukünftig werden Klassen für Thermomanagement und Ladetechnologien ergänzt. Zusätzliche (Meta-)Klassen bezeichnen Autoren, Organisationen (inkl. Geodaten zur Visualisierung in einer Landkarte) sowie das Veröffentlichungsdatum der entsprechenden Publikation.

Das Referenzmodell dient im nachfolgenden Schritt zur Annotation des Trainingskorpus, für den ca. 25.000 Fachbeiträge zu Batteriezellen aus entsprechenden Fachdatenbanken (u. a. Scopus®) ausgewählt wurden. Um ausreichend viele Dokumente für Auswertungen zu Häufigkeitsverteilungen zu haben, wurden diese Dokumente mit dem allgemeinen Suchbegriff „battery“ gesucht. Dabei wurde die Suche auf die Textfelder „Title“, „Abstract“, „Keywords“ sowie den Publikationszeitraum 2021-2023 eingeschränkt. Nach iterativen Verbesserungen des symbolischen Referenzmodells erfolgt die Übergabe des annotierten Trainingskorpus an das subsymbolisch erzeugte Sprachmodell.

Für das nun folgende „Active Learning“-Pipelinemodul im subsymbolischen Teil der Lösung wird eine Conditional Random Fields (CRF-Suite) Implementierung verwendet. Sie ermöglicht eine effiziente Bereitstellung von Vorschlägen für neue Entitäten, sodass bereits nach kurzer Zeit ein erweitertes Sprachmodell zur Verfügung steht. Für das eigentliche Training und den Produktiveinsatz haben sich Transformer-Sprachmodelle bewährt. Sie stehen auf entsprechenden Plattformen zur Verfügung und können üblicherweise direkt in die Trainingspipeline eingebunden werden. Verschiedene Tools (z. B. Transformer Agent von HuggingFace) erleichtern darüber hinaus das Konfigurieren der Trainingsparameter ohne Programmierung.

Das Ergebnis des aufgebauten hybriden KI-Systems stellt eine erweiterte Struktur der Technologiedomäne (Thesaurus), abgespeichert in einem Wissensgraph dar. Durch den Einsatz eines pre-gelabelten Trainingsdatensatzes konnte das Training des subsymbolischen Teils beschleunigt und qualitativ verbessert werden.

5.3 Ergebnisse der Anwendung des hybriden KI-Ansatzes

Der hybride Ansatz stellt eine praxisorientierte Vorgehensweise dar, der die Stärken des symbolischen und subsymbolischen Ansatzes verknüpft. Die Beschränkung der symbolischen Repräsentation auf das initiale Referenzmodell ermöglicht eine effiziente Integration und Model-

lierung des Domänenwissens. Vor allem Klassen mit einer hohen Anzahl begrifflicher Varianten erfordern in vielen Fällen einen überproportionalen Aufwand zur Entwicklung der entsprechenden Regeln.

Darauf aufbauend wurden durch das trainierte Sprachmodell eine Vielzahl neuer, dem Unternehmen bislang nicht bekannte Elektrodenmaterialien und -dotierungen identifiziert und in das erweiterte Referenzmodell integriert.

Durch den hybriden Ansatz konnte der zeitliche Aufwand zur Informationsbereitstellung im Vergleich zu einem rein symbolischen Ansatz, bei dem der manuelle Aufbau des Sprachmodells mit mehreren Experten mehrere Stunden dauert, um mehr als 20% reduziert werden. Die Bewertung der Kompetenzen ermöglicht eine weitere Verdichtung der Information und damit eine verbesserte Ergebnisqualität.

Zur Visualisierung steht eine Vielzahl von schnell einsetz- und konfigurierbaren Frameworks zur Verfügung. Neben klassischen Balken-, Kreis- oder Graphen-Diagrammen können auch komplexere Visualisierung verwendet werden. Treemaps können bspw. mehrere Klassen in einer Graphik integrieren. In der nachfolgenden Treemap wird auf der ersten Ebene die relative Häufigkeit von Batterietypen farblich differenziert dargestellt (vgl. Bild 5). Auf der zweiten Ebene innerhalb der Batterieklassen werden die wichtigsten Keywords, die in den Artikeln im Zusammenhang mit den jeweiligen Batterietypen genannt wurden, visualisiert. Sie sind potenzielle Indikatoren für Schwerpunktthemen der jeweiligen Batterietypen.

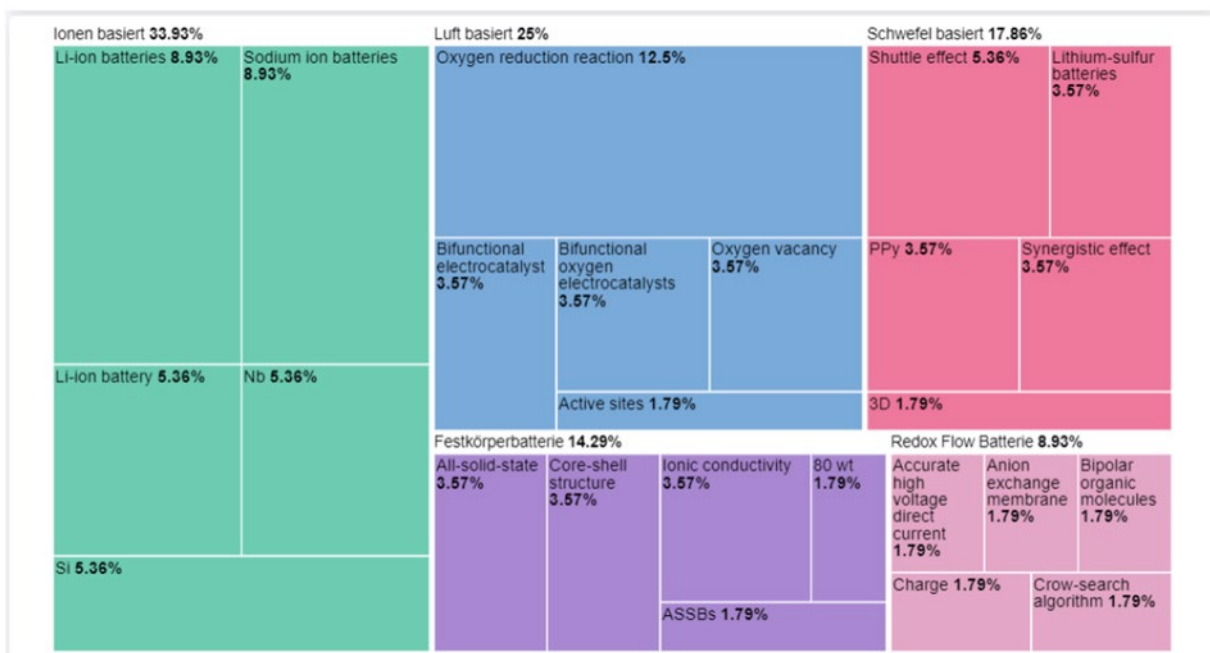


Bild 5: Treemap zu unterschiedlichen Batterietypen

Auf Grundlage des aufgebauten Wissensgraphen (Ergebnisrepräsentation aus den semantisch analysierten Texten) konnte am Beispiel der Organisation Fraunhofer IAO folgendes Kompetenzprofil (vgl. Bild 6) ermittelt werden. Das Spinnendiagramm zeigt unter anderem, dass in 30 Veröffentlichungen zum Thema Luft-basierter Batterietechnologien 100 Aussagen (Indizien)

zur Energiedichte gefunden wurden. Eine Interpretation dafür ist, dass die Eigenschaft Energiedichte insbesondere für diese Batterietechnologie eine hohe Relevanz hat und die Organisation eine hohe Kompetenz haben könnte, wenn sie überproportional viel dazu veröffentlicht.

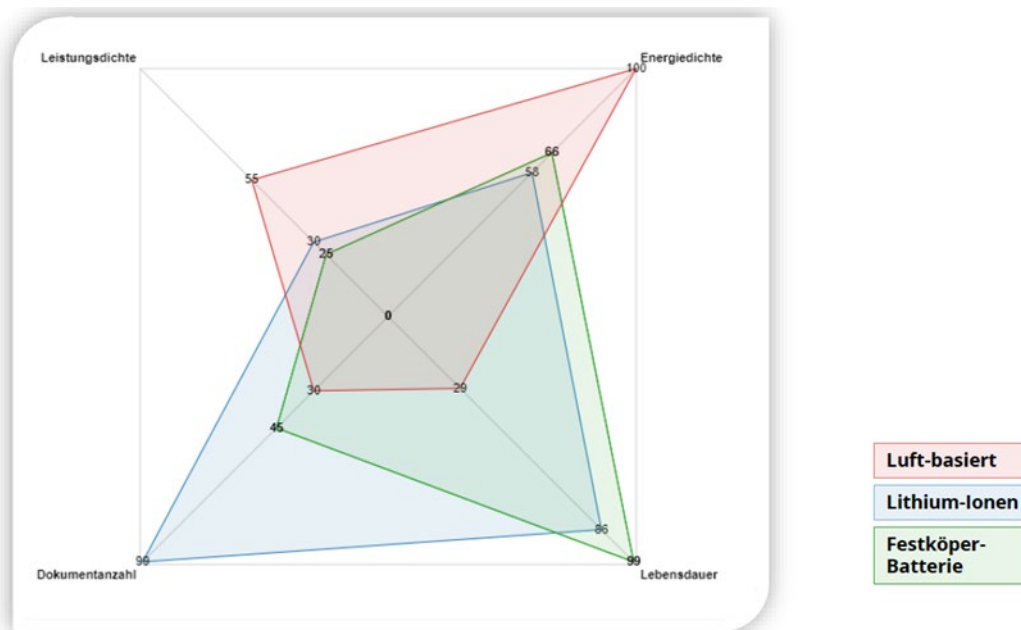


Bild 6: Exemplarisches Organisationskompetenzprofil für Batterietechnologien

6 Fazit und Ausblick

Der hier vorgestellte hybride KI-Ansatz stellt eine Möglichkeit dar, die Technologiefrühaufklärung dabei zu unterstützen, neue Technologieentwicklungen frühzeitig zu identifizieren – auch wenn nur geringe Mengen an Informationen zur spezifischen neuen Technologie zur Verfügung stehen. Darüber hinaus lassen sich mit diesem Ansatz die Technologien und damit verbundene technologische Kompetenzen bestimmten Organisationen zuschreiben. Auch eine automatisierte Beurteilung der Kompetenzausprägung lässt sich auf Basis von Indizien semantisch darstellen und unterstützen. Durch die Kombination von symbolischen und subsymbolischen Ansätzen kann auch mit der geringen Menge verfügbarer spezifischer Daten effizient umgegangen werden. Ermöglicht wird das durch das wissensbasierte (symbolische) Pre-labeln (Annotieren) von Trainingsdaten, mit denen sich die subsymbolische Komponente effizienter und effektiver trainieren lässt. Mit dieser wiederum lassen sich auch neue bislang unbekannte Entwicklungen und entsprechende Kompetenzträger identifizieren.

Anhand des Anwendungsfalls der Batterietechnologien konnte die Anwendbarkeit des Ansatzes gezeigt werden. Dennoch besteht weiterhin Bedarf an Weiterentwicklungen, insbesondere in Hinblick auf tiefgreifende objektive Vergleiche der Leistungsfähigkeit des hybriden Ansatzes gegenüber klassischen Ansätzen. Des Weiteren sind kontinuierliche Weiterentwicklungen aufgrund der Dynamik bei der Entwicklung neuer Lösungen im Bereich NLP erforderlich.

Der vorgestellte hybride KI-Ansatz deckt nur spezifische Aufgaben der TFA ab (vgl. Bild 1). Um die Funktionsfähigkeit und den Nutzen des Ansatzes für die TFA insgesamt beurteilen zu können, müsste eine breitere Anwendung für zusätzliche Aufgaben erfolgen. Darüber hinaus

wurde die entwickelte Lösung bisher ausschließlich am Anwendungsfall Batterietechnologie erprobt. Für die Evaluation einer Anwendbarkeit auf weitere Aufgaben müssten Multiple Case Studies durchgeführt und wissenschaftlich ausgewertet werden.

Literatur

- [AK21] ARDILIO, A.; KEICHER, L.: Technologieermittlung und -umsetzung mit Crealytic bei einem mittelständischen Unternehmen. In: Bauer, W; Warschat, J. (Hrsg.): Smart Innovation durch Natural Language Processing. Mit Künstlicher Intelligenz die Wettbewerbsfähigkeit verbessern, Carl Hanser Verlag GmbH, München, 2021
- [ANT19] ARBALLO, N.C.; NUNEZ, M.E.C.; TAPIA, B.R.: Technological Competences: A Systematic Review of the Literature in 22 Years of Study. In: International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), vol. 14, issue 3, S. 4-30, 2019
- [Bir11] BIRKE, F.: Technologische Kompetenz und Erfolg junger Unternehmen. Dissertation. Technische Universität Berlin. Wiesbaden. Springer Gabler, 2011
- [BBP23] BOUSCHERY, S.G.; BLAZEVIC, V.; PILLER, F.T.: Augmenting human innovation teams with artificial intelligence: Exploring transformer-based language models. In: Journal of Product Innovation Management, vol. 40, issue 2, 2023
- [BPX+07] BRANTS, T.; POPAT, A.C.; XU, P.; OCH, F.J.; DEAN, J.: Large Language Models in Machine Translation. In: Proceedings of the 2007 Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning, S. 858-867, Prag, 2007
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 1994
- [Bur04] BURR, W.: Innovationen in Organisationen. In: von der Oelsnitz, D.; Weibler, J. (Hrsg.): Organisation und Führung, 2004
- [CCO20] CALEGARI, R.; CIATTO, G.; OMCINI, A.: On the integration of symbolic and sub-symbolic techniques for XAI: A survey. In: Intelligenza Artificiale, vol. 14, S. 7-32, 2020
- [CLR13] CHITICARIU, L.; LI, Y.; REISS, F.: Rule-based Information Extraction is Dead! Long Live Rule-based Information Extraction Systems! In: Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, S. 827-832, Association for Computational Linguistics, Seattle, 2013
- [CJD09] CASTELLANOS, D.O.; JIMÉNEZ, H.C.; DOMÍNGUEZ, M.K.: Technological competence: a conceptual basis for technological development in Colombia. In: Revista Ingeniería e Investigación, vol. 29, no. 1, S. 133-139, 2009
- [Dan02] DANNEELS, E.: The dynamics of product innovation and firm competences. In: Strategic Management Journal, vol. 23, S. 1095-1121, 2002
- [Dan07] DANNEELS, E.: The process of technological competence leveraging. In: Strategic Management Journal, vol. 28, issue 5, S. 511-533, 2007
- [GGL+19] GARCEZ, A.; GORI, M.; LAMB, L.; SERAFINI, L.; SPRANGER, M.; TRAN, S.: Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. ArXiv: <https://arxiv.org/abs/1905.06088v1>, 2019
- [GLZ+21] GHAO, B.; LIAO, Q.V.; ZHANG, Y.; BELLAMY, R.; MUELLER, K.: Explainable Active Learning (XAL): Toward AI Explanations as Interfaces for Machine Teachers. In: Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, vol. 4, issue CSCW3, S. 1-28, 2021
- [Gor09] GORDON, A.: Future Savvy. In: American Management Association, 2009
- [Gra96] GRANT, R. M.: Toward a knowledge-based theory of the firm. In: Strategic Management Journal, vol. 17, issue 52, S. 109-122, 1996

- [Hil95] HILARIO, M.: An overview of strategies for neurosymbolic integration. In: Proceedings of the Workshop on Connectionist-Symbolic Integration: From Unified to Hybrid Approaches, IJCAI, 1995
- [HQ17] Hoehndorf, R.; Queralt-Rosinach, N.: Data Science and symbolic AI: Synergies, challenges, and opportunities. In: Data Science, vol. 1, S. 27-38, 2017
- [IM20] ILKOU, E.; KOUTRAKI, M.: Symbolic vs. Sub-symbolic AI Methods: Friends or Enemies? In: Proceedings of the CIKM 2020 Workshops, Galway, Irland, 2020
- [Kno16] KNOLL, A.: Kompetenzprofil von Information Professionals in Unternehmen. In: Young Information Scientist, vol. 1, S. 1-11, 2016
- [Knu05] KNUDSEN, M.P.: Patterns of technological competence accumulation: a proposition for empirical measurement. In: Industrial and Corporate Change, vol. 14, issue 6, S. 1075-1108, 2005
- [MG22] Q Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies. In: IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 69, no. 2, 2022
- [NSH22] NGUYEN, V-L.; SHAKER, M. H.; HÜLLERMEIER, E.: How to measure uncertainty in uncertainty sampling for active learning. Machine Learning, 111, S. 89-122, 2022
- [Nor21] NORTH, K.: Die Wissenstreppe. In: Wissensorientierte Unternehmensführung. Springer Gabler, Wiesbaden, 2021
- [RB12] ROHRBECK, R.; BADE, M.: Environmental scanning, futures research, strategic foresight and organizational future orientation: A review, integration, and future research directions. In: Proceedings of the XXIII ISPIM Annual Conference, 2012
- [Roh07] ROHRBECK, R.: Technology Scouting – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories. In: ISPIM-Asia Conference, S. 1-14, 2007
- [SAJ+21] SUSSKIND, Z.; ARDEN, B.; JOHN, L.K.; STOCKTON, P.; JOHN, E.B.: Neuro-Symbolic AI: An Emerging Class of AI Workloads and their Characterization. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/2109.06133v1>, 2021
- [SBB21] SCHUH, G.; BOBMEYER, H.-J.; BRÄKLING, A.: Data-Driven Technology Management Supported by Artificial Intelligence Solutions. In: Journal of Production Systems and Logistics, vol. 1, no. 4, 2021
- [Sch17] SCHMITZ, M.: Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien. Dissertation. Universität Stuttgart, 2017
- [Sch19] SCHMITZ, M.: Methode zur Identifikation neuer Technologien durch eine operationalisierbare Übersetzung von Zweckfunktion in Systemfunktion. In: Hoogeveen, R. (Hrsg.): Interorganisationale kollaborative Gemeinschaftsforschung. Forschungscampus für den Automobilbau der Zukunft: ARENA 2036, Springer-Verlag GmbH, Berlin, 2019
- [Sch15] SCHNEIDER, D.J.G.: Einführung in das Technologie-Marketing. De Gruyter Oldenbourg, München, 2015
- [SMD15] SCHUH, G., VON MANGOLDT, J., DRESCHER, T.: Technological Competences: Identifying, Describing and Exploiting. In: Proceedings of PICMET'15, 2015
- [SS19] SCHUH, G.; SCHOLZ, P.: Risiko- und Potenzialbewertung von Technologien in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 2019
- [Sta23-ol] STATISTA. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025. Unter: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>, Letzter Zugriff: 12. April 2023
- [SVS05] SCHMIEDINGER, B.; VALENTIN, K.; STEPHAN, E.: Competence Based Business Development – Organizational Competencies as Basis for Successful Companies. In: Journal of Universal Knowledge Management, vol. 0, no. 1, S. 13-20, 2005

- [SWA11] SPATH, D.; WARSCHAT, J.; ARDILIO, A.: Technologie Management. Radar für Erfolg. LOG_X Verlag GmbH, Ludwigsburg, 2011
- [TCD+21] TRELA, K.; CAMPBELL, Y.; DORNBUSCH, F.; POHLE, A.: How to Find New Industry Partners for Public Research: A Classification Approach. In: IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 68, no. 5, S. 1214-1231, 2021
- [Utt94] UTTERBACK, J.M.: Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change. Harvard University Press, 1994
- [VSP+17] VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J.; JONES, L.; GOMEZ, A.; KAISER, L.; POLOSUKHIN, I.: Attention Is All You Need. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/1706.03762v5>, 2017
- [WHS+21] WARSCHAT, J.; HEMMJE, M.; SCHMITZ, M.; ARDILIO, A.: METHODEN DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ. IN: BAUER, W.; WARSCHAT, J. (Hrsg.): Smart Innovation durch Natural Language Processing. Mit Künstlicher Intelligenz die Wettbewerbsfähigkeit verbessern, Carl Hanser Verlag GmbH, München, 2021
- [WL02] WALSH, S.; LINTON, J.D.: The measurement of technical competencies. In: The Journal of High Technology Management Research, vol. 13, issue 1, S. 63-86, 2002
- [WSK15] WARSCHAT, J.; SCHIMPF, S.; KORELL, M.: Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung. Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts syncTech – synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2015
- [Zie19] ZIEHM, S.: Analyse geeigneter Methoden zur Technologiefrüherkennung. In: Muchna, C. (Hrsg.): Aspekte des Innovations- und Changemanagements – Ein Theorie-Praxis-Transfer, SpringerGabler, Wiesbaden, 2019

Autoren

Lukas Keicher, M.Sc. arbeitete nach seinem Technologiemanagement-Studium zunächst als freiberuflicher Ingenieur, bevor er 2018 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsbereich Technologie- und Innovationsmanagement am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart anfang. Seit 2023 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und beschäftigt sich dort mit den Unterstützungs- und Einsatzpotenzialen von Künstlicher Intelligenz im Innovations- und Technologiemanagement.

Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Des. Antonino Ardilio studierte Ingenieurwissenschaften an der Universität Stuttgart und Investitionsgüterdesign an der staatlichen Akademie der Bildenden Künste in Stuttgart. Seit 2002 ist er am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) tätig und aktuell Leiter des Competence Center „Innovation Design“. Er promovierte 2013 im Themengebiet Technologie- und Innovationsmanagement an der Universität Stuttgart. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die strategischen Aspekte des Technologie-, Innovations- und Designmanagements. Im Mittelpunkt seiner Arbeit steht die Erforschung des Einflusses und der Schnittstellen der Themenkomplexe „Technologie“, „Innovation“ und „Design“ auf das Unternehmen, den Markt und die Gesellschaft.

Dr.-Ing. Michael Schmitz ist Geschäftsführer der TecIntelli GmbH, einem Anbieter von Smart Information Services und Smart Scouting Lösungen. Nach seinem Wirtschaftsingenieurstudium an der TU Berlin arbeitete er neun Jahre im Technologie- und Innovationsmanagement für das Fraunhofer IAO und promovierte an der Universität Stuttgart zur Entwicklung von

Suchstrategien für die Identifikation von neuen Technologien. Seine jahrelangen Projekterfahrungen im Technologie-Scouting mündeten ab 2017 in der Gründung der TecIntelli GmbH zur Entwicklung von KI basierten Informationsdienstleistungen im Innovationsmanagement.

Dipl.-Kfm. Tim Schloen ist Mitgründer der TecIntelli GmbH und leitet den Bereich Smart Scouting. Nach seinem Studium der Betriebswirtschaftslehre in Frankfurt und Stuttgart arbeitete er als freier Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO) mit den Schwerpunkten Wissens- und Technologiemanagement. Seit 15 Jahren beschäftigt sich Tim Schloen mit der softwarebasierten Textanalyse, überwiegend mit regelbasierten Ansätzen. Sein derzeitiger Fokus liegt auf der Kombination von symbolischen und subsymbolischen KI-Ansätzen zu hybriden KI-Modellen.

KI-Augmentation der Reifegradbewertung von Technologien: Können KI-Sprachmodelle Expertenwissen ersetzen?

Prof. Dr.-Ing. Alexander Schönmann

Lukas Lodes, M. Sc.

Prof. Dr. Alexander Schiendorfer

Technische Hochschule Ingolstadt

Esplanade 10, 85049 Ingolstadt

Tel. +49 (0) 841 / 9348-3509

E-Mail: alexander.schoenmann@thi.de

Zusammenfassung

Eine der zentralen Herausforderung in der Technologievorausschau besteht in dem Umgang mit enormen Mengen an verfügbaren Informationsquellen. Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) klingt vor diesem Hintergrund vielversprechend: Informationen können aus unterschiedlichen Quellen automatisiert entnommen, gefiltert und aggregiert werden. Aber wie gestaltet sich der Übergang zu dem folgenden Schritt der Technologiebewertung?

In diesem Beitrag soll der Frage nachgegangen werden, an welchen Stellen im Technologiemanagementprozess, Methoden der KI bisher stark manuell geprägte Tätigkeiten augmentieren oder sogar ersetzen können und an welchen Stellen traditionelle Methoden und Werkzeuge der menschlichen Intelligenz unverzichtbar sind. Der Schwerpunkt dieser Analyse wird auf die Schlüsselfunktion der Technologiebewertung gelegt. Anhand eines realen Use-Case unter Einsatz von generativen Sprachmodellen (sog. Large Language Models, LLM) werden Potenziale und Herausforderungen für den kombinierten Einsatz von menschlicher und künstlicher Intelligenz beschrieben.

Die Kernfrage hierbei lautet: „Können generative Sprachmodelle wie u. a. GPT Reifegradbewertungen von Technologien durchführen oder augmentieren“? Dieser Beitrag analysiert anhand der Reifegradbewertung der Technologie „Wasserstrahltrennen“ die Eignung von vier generativen Sprachmodellen. Basierend auf der Verifikation der Ergebnisse anhand von Experteninterviews und eigenen Recherchen werden Limitationen aufgezeigt und drei vielversprechende Anwendungsfälle für den Einsatz von generativen Sprachmodellen im Rahmen der Reifegradbewertung abgeleitet.

Schlüsselworte

Technologiebewertung, KI, TRL, generative Sprachmodelle, Reifegradbewertung

AI and technology maturity assessment: Can AI-based large language models replace expert knowledge?

Abstract

One of the central challenges in technology foresight is dealing with enormous amounts of available information sources. Against this background, the use of artificial intelligence (AI) sounds promising: information can be automatically extracted, filtered and aggregated from different sources. But how does the transition to the next step of technology evaluation work?

In this article, we will explore the question of where in the technology management process AI methods can augment or replace activities that were previously strongly manual, and where traditional methods and tools of human intelligence are indispensable. The focus of this analysis is placed on the key function of technology evaluation. Based on a real use case using generative language models (so-called Large Language Models, LLM), potentials and challenges for the combined use of human and artificial intelligence are described.

The core question is: "Can generative language models such as GPT perform or augment maturity assessments of technologies? This paper analyses the suitability of four generative language models on the basis of the maturity assessment of the technology "water jet cutting". Based on the verification of the results by means of expert interviews and own research, limitations are pointed out and three promising use cases for the application of generative language models in the context of maturity assessment are derived.

Keywords

Technology Evaluation, AI, TRL, generative language models, maturity assessment

1 Einleitung und Zielsetzung

Neue Technologien entwickeln sich in einem noch nie dagewesenen Tempo und verändern jeden Aspekt unseres Lebens und unserer Unternehmen. Ein effektives Technologiemanagement stellt hierzu Methoden und Werkzeuge bereit, um aufkommende Technologien zu identifizieren, deren Leistungsfähigkeit sowie Reifegrad zu bewerten und Innovationen voranzutreiben.

Während in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Methoden publiziert wurden, um neue Technologien zu identifizieren, ist aber nicht außer Acht zu lassen, dass ebenfalls neue Technologien zu Veränderungen in den Methoden und Werkzeugen des Technologiemanagements selbst führen. Insbesondere die Fortschritte im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI), allen voran der generativen KI und speziell große Sprach- und Textmodelle, sind hier zu nennen.

In diesem Beitrag soll gezielt die Technologiebewertung adressiert werden, da sich hier angesichts der Tatsache, dass die Patent-Datenbank von Google eine der wesentlichen Datenquellen für bspw. ChatGPT ist [SCT23], eine gute Ausgangssituation darstellt. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die **Fragestellung**, wie die Bewertung der Reifegrade von Technologien durch Einsatz von KI augmentiert oder sogar automatisiert werden kann. Im Kern soll die Frage beantwortet werden: **Kann ein großes Sprachmodell wie bspw. GPT die Reifegradbewertung von Technologien vornehmen?**

Zunächst wird der Untersuchungsbereich auf Produktionstechnologien eingeschränkt sowie Methoden und Verfahren zur Durchführung von Reifegradbewertungen erläutert. Zudem wird eine Einführung in die relevanten Teilbereiche der Künstlichen Intelligenz gegeben. Aufbauend auf diesen Grundlagen wird anhand eines Praxisbeispiels, entnommen aus dem Stand der Forschung, eine Reifegradbewertung mit Unterstützung von vier unterschiedlichen KI-Systemen durchgeführt und in ein Best-Practice Vorgehensmodell überführt. Abschließend werden Limitationen und Herausforderungen beschrieben sowie weitere Forschungsbedarfe aufgezeigt.

2 Eingrenzung des Betrachtungsgegenstandes

Der Technologiebewertung kommt im Technologiemanagement eine Schlüsselrolle hinsichtlich der Qualität von Technologieentscheidungen, einhergehend mit der Wahrscheinlichkeit des Handlungserfolgs, zu [SKM11, S. 17], [PDM17]. Die Reifegradbewertung bildet hierbei einen wesentlichen Bestandteil und findet insbesondere Anwendung in der Technologiefrüherkennung, der Technologieplanung, der Technologieentwicklung zur Steuerung der in vielen Fällen erforderlichen hohen Investitionen sowie zum Management der organisatorischen und technologischen Risiken [RS10]. In diesem Zusammenhang bezieht sich der Reifegrad auf den aktuellen Entwicklungsstand einer Technologie.

Der Begriff "Technologie" bezeichnet in der vorliegenden Ausarbeitung „[...] Wissen, Kenntnisse und Fertigkeiten zur Lösung technischer Probleme sowie Anlagen und Verfahren zur praktischen Umsetzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse“ [SKS+11, S. 34], [BK96]. Konkret bezieht sich Technologie im hier adressierten Kontext auf alle neuen und etablierten Fertigungsverfahren, die zur Herstellung eines Produkts erforderlich sind [DIN22]. Für die reale

Anwendung von Technologien werden diese in Betriebsmittel (bspw. Maschinen) integriert. Folglich stehen Technologien und die zugrundeliegenden Betriebsmittel im Mittelpunkt dieser Arbeit und werden (nach dem integrativen Technologieverständnis [BK96]) als Produktionstechnologien bezeichnet [Sch18, S. 8].

Reifegradmodelle liefern einen wertvollen Beitrag, um in einer standardisierten, vorrangig deskriptiven, Art und Weise den Reifegrad einer Technologie zu ermitteln, als auch den Fortschritt aufzuzeigen sowie zu visualisieren bzw. zu kommunizieren. Im Kern geht es darum, den richtigen Zeitpunkt zu bestimmen, an dem die erforderliche Reife einer Technologie zur Anwendung in Produkten oder Prozessen erreicht ist. Im Mittelpunkt dieser Betrachtung stehen im Folgenden Einzel-Technologien [Man95].

3 Einordnung von Methoden zur Reifegradbewertung von Technologien

Die verschiedenen Konzepte und Modelle zur Beschreibung der Reifegrade einer Technologie werden nachfolgend in drei Segmente eingeteilt: **1. Lebenszyklusmodelle**, **2. Informatrische Analysen** und **3. Reifegradstufenmodelle** (sog. Technology Readiness Levels TRL). Es ist hierbei festzustellen, dass alle drei Segmente vorrangig eine deskriptive Modellcharakteristik aufweisen, also eine beschreibende Modellfunktion adressieren. Die Beschreibung und Einordnung des aktuellen Stands der Technologie steht demnach im Vordergrund.

Etablierte **Lebenszyklusmodelle** zur qualitativen Beschreibung der idealtypischen Entwicklung einer Technologie sind das Glockenkurvenmodell, welches den Reifegrad anhand der Verbreitung im Markt bestimmt [FR81] oder S-Kurvenmodelle [SD85], [Fos87], welche die Ausschöpfung des Wettbewerbspotenzials [SD85] oder das Erreichen physikalisch bedingter Grenzen definierter Performanzeigenschaften einer Technologie als Gegenstand einer Sättigungsfunktion heranziehen [Fos87]. Dabei können die unterschiedlichen Reifegrade anhand beobachtbarer oder beschreibbarer Schlüsselmerkmale unterschieden werden [Höf92, 74ff.]. Die Einteilung der Reifegrade einer Technologie erfolgt zumeist in drei bis sechs Phasen, beispielsweise benannt als Entstehung, Wachstum, Reife und Alter [TT12].

Informatrische Analysen nehmen u. a. Patentdaten als Grundlage zur Bestimmung von Entwicklungsphasen (z. B. [And99]) oder kombinieren Literaturanalysen, Patentdatenanalysen und weitere Informationen, um bestehende Lebenszyklusmodelle zu operationalisieren und entsprechende Zyklusphasen zuzuordnen [Alb16]. Der Grundgedanke informatrischer Ansätze und Methoden besteht darin, dass sich entsprechend der Publikationsart und/oder -dynamik Rückschlüsse hinsichtlich des aktuellen Entwicklungsstands einer Technologie ziehen lassen [WP97]. CAUTHEN ET AL. [CRH+22] beispielsweise verwenden die Publikationsdynamik (abgeleitet aus Zeitreihenanalysen) zur Bestimmung des technologischen Reifegrades unter Einsatz von Machine Learning.

Ursprünglich für die Bewertung verschiedener Technologien im Kontext der Luft- und Raumfahrttechnik in den 1960er Jahren entwickelt, kann die evolutionäre Entwicklung einer Technologie auch anhand von neun **Reifegradstufen** (sog. Technology Readiness Levels TRL) klassifiziert werden, beginnend mit dem unreifen TRL 1 "basic principles observed and reported"

bis hin zu einem reifen "flight proven system" (TRL 9) [Man09], [Man95]. In den vergangenen Jahrzehnten wurden TRL auf eine Vielzahl von Branchen (bspw. der Automotive-Industrie [WB11]) und Anwendungsfällen (bspw. Produktionstechnologien [RS10], [BBD+09], [BBD+10]) übertragen, teilweise unter Reduktion oder Ergänzung von Reifegradstufen.

Hierbei wird mit direktem Bezug zu Produktionstechnologien zunehmend zwischen den klassischen TRL-Ansätzen („Technology Readiness Level“) und MRL-Ansätzen („Manufacturing Readiness Level“) unterschieden. Grundsätzlich sind beide Ansätze Maßstäbe für die Reife einer Produktionstechnologie, unterscheiden sich aber in ihrem Schwerpunkt und Umfang. Der TRL-Ansatz adressiert den Reifegrad aus der Perspektive von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Die Reife wird somit auf der Grundlage ihrer nachgewiesenen Leistung und ihres Potenzials bewertet.

MRL hingegen ist ein Maß um die Reife (in diesem Kontext auch als Fähigkeit oder Bereitschaft bezeichnet) eines Fertigungssystems zu bewerten, ein Produkt oder eine Reihe von Produkten zu produzieren, die bestimmte Qualitäts-, Kosten- und Lieferanforderungen erfüllen müssen. Dabei werden Faktoren wie die Verfügbarkeit der Anlagen, die Zuverlässigkeit des Produktionsprozesses, das Qualifikationsniveau der Mitarbeiter und die Wirksamkeit der Qualitätskontrollsysteme berücksichtigt. MRL sind demnach individueller und unternehmensorientierter auszuführen, verglichen zu TRL-Bewertungen von Produktionstechnologien. Aufbauend auf dem Readiness-Evaluationsansatz von WARD ET AL. [WHF12], entwickelte Peters [Pet15] das sogenannte "Manufacturing Technology Readiness Level (MTRL)" Modell. Dieser Ansatz legt besonderes Augenmerk auf die Ermittlung des verbleibenden Forschungs-, Entwicklungs- oder Konstruktionsbedarfs neuer Fertigungsprozesse bis hin zu ihrer Einsatzreife in der Serienfertigung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der MRL-Ansatz die Reife bzw. Fähigkeit oder Bereitschaft eines Fertigungssystems (aus Sicht eines Unternehmens) zur Herstellung eines bestimmten Produkts (oder einer Reihe von Produkten) misst, während der TRL-Ansatz den Reifegrad einer Technologie und ihre Bereitschaft zur Anwendung in einer Industrie oder Branche misst.

4 Auswahl einer geeigneten Reifegradmethodik

Zur Identifizierung und Auswahl der am besten geeigneten Methode zur Bestimmung des Technologiereifegrades von Produktionstechnologien (unter Beachtung der Integrierbarkeit von Methoden der KI), wurden aus dem Kontext dieses Forschungsvorhabens folgende Anforderungen abgeleitet:

- Das Bewertungsmodell soll der strategischen Bewertung von Produktionstechnologien zuzuordnen sein und keinem konkreten Unternehmen zugrunde liegen
- Die Methode muss ihre praxisorientierte Anwendbarkeit für die Bewertung neuer Fertigungstechnologien bereits hinreichend unter Beweis gestellt haben
- Es sollten ausreichende Bewertungsbeispiele aus der (industriellen) Praxis in der Literatur verfügbar sein

- Die Abbildung bzw. Integrierbarkeit von sprachlichen Aussagen von Experten sollte gegeben sein.

Bei der Abwägung dieser Anforderungen wird der Reifegradbewertungsansatz von Reinhart und Schindler [RS10] von den Autoren dieser Arbeit als besonders vorteilhaft angesehen. Die Methodik wurde mit besonderem Augenmerk auf die Bedürfnisse der strategischen Reifegradbewertung von Fertigungstechnologien entwickelt [RS10]. Anhand mehrerer Interviewstudien sowie Industrieworkshops wurden praxisorientiert sieben Reifegradstufen definiert und mittels vordefiniertem Kriterienkatalogs wird die Erhebung von Reifegradstufen ermöglicht (vgl. [Sch14]). Die Reifegradstufen werden hierzu mittels Experteninterviews bewertet (Fragebogen abrufbar in [Sch14, S. 133ff.]). Ergänzend kann, neben dem TRL, auch der Gesamt-Reifegrad einer Produktionstechnologie MT als gewichtete Summe der einzelnen sieben Technologiereifegrade $mTRL_i$ berechnet werden. Dieses TRL-Modell wurde zwischenzeitlich für die Bewertung von Komponenten aus Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen [Fis13], zur Bewertung des Reifegrades von Laserschweißtechnologien in der Nutzfahrzeugindustrie [SPR+15], als auch zur Ermittlung des Reifegrades für das Wasserstrahltrennen von Kohlenstofffasertextilien [Voi20] eingesetzt.

5 Methoden der KI

Angesichts der aufwändigen und mannigfaltigen Informationsbeschaffung im Rahmen der TRL-Bewertung ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) vielversprechend. Um die Eignung moderner KI-Systeme wie ChatGPT, Google Bard oder OpenAssistant für Teilaufgaben der TRL-Bewertung einschätzen zu können, wird ein kurzer Abriss ihrer Funktionsweise gegeben. Der Forschungsbereich KI beschäftigt sich seit den 1950er und 1960er Jahren mit der Automatisierung kognitiver Prozesse wie Sprachverstehen, Bilderkennung, (strategischer) Entscheidungsfindung und Planung [RN22], die sich als ingenieurmäßiger Versuch der Automatisierung von Intelligenzleistungen im Sinne der „Fähigkeit, aus Erfahrung zu lernen, Probleme zu lösen und das Wissen zur Anpassung an neue Situationen einzusetzen“ [Mye14] erklären. Dabei hat die KI stets in Wellen verschiedene Technologien und Probleme – auch in Abhängigkeit der verfügbaren Rechenressourcen – in den Fokus gestellt. Gerade in den letzten Jahren ist KI im allgemeinen Sprachgebrauch fast synonym zu „Deep-Learning“ geworden, also dem Training tief verschachtelter, künstlicher neuronaler Netze mit einer Vielzahl von Parametern, die über Varianten des Gradientenabstiegsverfahrens so angepasst werden, dass sie eine Verlustfunktion minimieren [LBH15] – beispielsweise den Fehler zu einer bekannten erwarteten Antwort (überwachtes Lernen) oder das Belohnungssignal (Gewinn/Verlust) etwa in einem Brettspiel wie Schach oder Go (bestärkendes Lernen).

Waren zunächst vor allem diskriminative Modelle erfolgreich, die eine gegebene Eingabe unterscheiden konnten (z. B. „befindet sich auf diesem Bild eine Person?“, „Ist dieser Tweet freudig oder verärgert?“, formal $P(y | x)$), so haben gerade in den letzten drei Jahren *generative* Modelle bzw. Systeme wie GANs [GPM+14], DALL-E [RDN+22], StableDiffusion [RBL+22] oder GPT (generative pretrained transformers) [RNS+18] an Bedeutung gewonnen, da sie Daten ähnlich zur Eingabeverteilung synthetisch erzeugen können, formal also $P(x)$ selbst modellieren. Die von Google AI vorgestellte sogenannte Transformer-Architektur, die als State-of-

the-Art für Sprachmodelle gilt, basiert auf dem Attention-Mechanismus [SGR16], also der Fähigkeit eines Deep-Learning-Modells, auf Basis der bisherigen Eingabewörter bspw. zur Vorhersage des nächsten Wortes eine besondere Gewichtung auf bestimmte andere Eingaben zu legen. Praktisch ermöglicht diese Architektur vor allem einen besseren Gradientenfluss und höheren Grad der Parallelisierung, was vor allem berechnungstechnische Vorteile beim Training mit sehr großen Datenmengen bewirkt. Während diskriminative Modelle vor allem eine hohe Anzahl an annotierten (sog. gelabelten) Daten in Form der gewünschten Antworten y benötigen, sind GPT-Modelle autoregressiv, d. h., in einem Satz mit Wörtern x_1, x_2, \dots, x_n werden beispielsweise die ersten $n - 1$ Wörter als Eingabe extrahiert und das Modell darauf trainiert, das n -te Wort x_n vorherzusagen. Dieses *Vortraining* kommt ohne gelabelte Daten aus, was es insbesondere ermöglicht, sehr große Datenquellen aus dem Internet zu verarbeiten (u. a. das Datenset „Common Crawl“, das aus über 3 Milliarden Webseiten besteht und mehrere Petabytes groß ist [Com23-ol]), womit der Name „generative pretrained transformers“ erklärt ist. Da Sprachmodelle durch das Vortraining bereits ein allgemeines Verständnis von Sprache besitzen, lassen sich nachgelagerte Aufgaben wie Fragenbeantwortung in Chatbots effizienter umsetzen [RNS+18]. Besonders medienwirksam war die Veröffentlichung des Chatbots „ChatGPT“ durch OpenAI, der eine Chat-Schnittstelle zu GPT-3 anbietet, während zuvor nur ein programmatischer Ansatz über eine Programmiersprache und API gegeben war. Neben den GPT-Varianten 1-4 fallen noch LLaMA [TLI+23] oder LaMDa [TFH+22], auf dem Google Bard basiert, unter die Kategorie der sogenannten großen Sprachmodelle (large language models, LLM).

Durch die enormen und vielseitigen Trainingsdatenmengen ist eine Vielzahl an Gesprächsthemen und Sprachen möglich, was ein sehr breites Anwendungsspektrum ermöglicht. Beispielsweise sind LLMs in der Lage, aus manchen textuellen Beschreibungen funktionierenden Quellcode in einer Vielzahl von Programmiersprachen zu erzeugen oder können erste Entwürfe für E-Mails liefern. Der tatsächliche Einfluss dieser Systeme ist aktuell noch schwer einschätzbar, jedoch wird bereits jetzt von großen Disruptionen in vielen Bereichen des Lebens ausgegangen [Eur23-ol]. Anzumerken ist, dass insbesondere ChatGPT nicht der erste (KI-)Chatbot ist und auf jahrzehntelanger Forschung im Bereich des Natural Language Processing (NLP) aufbaut. Die wesentliche Neuerung liegt in der Benutzerschnittstelle und der Ausrichtung (Alignment) auf sichere Konversationen (im Sinne von verletzender oder gefährlicher Sprache, wie der Aufforderung nach Anleitungen zum Mobbing einer Person) besteht [OWJ+22]. Bekannte Limitationen der derzeitigen Generation von LLMs sind [Ope23-ol]:

- a) LLMs können unter Umständen plausibel klingende, aber inkorrekte oder sogar unsinnige Antworten geben.
- b) LLMs sind empfindlich gegenüber der Formulierung der Eingabe oder der Wiederholung derselben Eingabe.
- c) LLMs sind oft zu ausführlich und verwenden bestimmte Phrasen übermäßig (z. B. „As an AI language model trained by OpenAI“).
- d) LLMs stellen häufig keine Nachfragen, um eine unklare Eingabe des Benutzers zu klären, sondern erraten stattdessen, was der Benutzer gemeint hat.
- e) LLMs können unangemessene Anfragen nicht immer ablehnen, und sie können manchmal voreingenommenes Verhalten zeigen (Bias).

6 Vorstellung der Arbeitsweise von LLMs

Zum besseren Verständnis des in Kapitel 7 folgenden Anwendungsfalls und der daraus resultierenden Ergebnisse, wird im Folgenden die Trainingspipeline von ChatGPT umrissen, da sie wie auch OpenAssistant und Google Bard auf der InstructGPT-Methodik [OWJ+22] basiert. Der zentrale Baustein sind *Sprachmodelle*, mit denen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Wörter bzw. Tokens (für Satzzeichen o.ä.) in Texten modelliert werden kann, wie links in Bild 1 zu sehen.

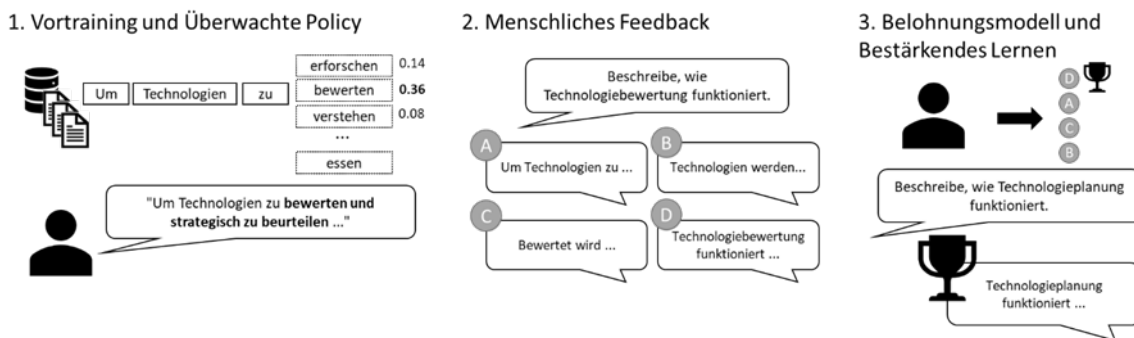


Bild 1: Vereinfachte Darstellung der InstructGPT-Trainingsmethodik, nach [Ope23-ol]

Dadurch können diese Modelle zur Vorhersage des nächsten Wortes in einem Text verwendet werden, was langfristig die synthetische Erzeugung von Texten ermöglicht. Damit können bereits Antworten (sog. Ausgaben) auf gestellte Eingaben (sog. Prompts) generiert werden, in dem sequenziell aus diesen Verteilungen gezogen wird. Zunächst wird das Modell aber noch weiter darauf trainiert, die Antworten menschlicher Annotierer für Beispielprompts zu reproduzieren (überwachte Policy).

Danach kann das Modell bereits Prompts beantworten. In der nächsten Phase werden für einen Prompt mehrere mögliche Antworten gezogen und wiederum Menschen zum Feedback vorgelegt. Beispielsweise könnte in dieser Phase auf „Beschreibe Technologiebewertung“ auch noch der Text „Beschreibe Technologieplanung“ ausgegeben werden, wenn in den Trainingsdaten Prüfungen vorkommen würden, in denen diese Sätze einfach aufeinander folgen. Durch die Bewertung der Antworten wird ein Belohnungsmodell trainiert, das die Nützlichkeit einer Antwort für die Nutzer approximiert.

Auf Basis dieses erlernten Belohnungsmodells wird das Modell schlussendlich per bestärkendem Lernen (Reinforcement-Learning) weiter darauf optimiert, für Menschen nützliche Antworten zu produzieren – sogenanntes Reinforcement-Learning-from-Human-Feedback (RLHF). Genau dies kann allerdings im Kontext der Technologiebewertung für Schwierigkeiten sorgen, da die Modelle aufgrund menschlicher Präferenzen potenziell höhere Belohnungen für positive Antworten erhalten (z. B. „Ja hier sind zahlreiche Patente bekannt“ im Gegensatz zu „Ich habe keine Information darüber“).

7 Anwendungsbeispiel Reifegradbewertung

Als Grundlage des vorliegenden Anwendungsbeispiels wird die Reifegradbewertung der Fertigungstechnologie „Wasserstrahltrennen von Kohlenstofffasertextilien“ dienen, für welche eine expertenbasierte Reifegradbewertung in der Dissertation von Voit [Voi20] als Vergleichsobjekt verfügbar ist. In dieser Arbeit wurden sowohl die sieben TRL als auch der Gesamtreifegrad (entsprechend Experteninterviews und Gewichtungsfaktoren) mit 65% bewertet. Es werden zwei Ansätze zur Anwendung von LLMs in diesem Kontext verfolgt. Zum einen fragen wir LLMs direkt nach der Bewertung des Reifegrades der Technologie, zum anderen werden die identischen Einzelfragen aus dem TRL-Fragebogen [Voi20, 176ff.] anstatt Experten ausgewählten LLMs über Chat-Schnittstellen gestellt.

Ausgewählt wurden hierzu ChatGPT für GPT-3.5 und GPT-4, OpenAssistant für oasst-sft-6-llama-30b und Google Bard für LaMDa. Folgende Rahmenbedingungen gelten:

- Die LLMs wurden dazu angehalten, nur Quellen bis 2018 zu berücksichtigen, um eine ähnliche Ausgangsbasis wie [Voi20] zu haben.
- Die Interview-Fragen wurden bis einschließlich TRL 4 durchgeführt. Einerseits sind ab dann konkrete unternehmensspezifische Faktoren relevant, die nicht mehr zur strategischen Bewertung von Produktionstechnologien zuzuordnen sind und andererseits zeigen sich nach Meinung der Autoren die Stärken des Einsatzes in den unteren TRLs.
- Die Ergebnisse werden qualitativ bewertet und exemplarisch analysiert.
- Der Erhebungszeitraum für alle LLMs ist April 2023.

Zur Normierung wurden folgende Prompts (also einführende Eingaben) in allen Durchläufen gesetzt (vgl. Tabelle 1):

Tabelle 1: Normierung des LLMs zu Beginn der Abfrage

I need your help with TRL assessment of a manufacturing technology. I'm interested in waterjet cutting of carbon composite textiles.

Please consider the following commands through all your following responses: 1. Limit your information up until 2018 2. Only answer if you are sure, otherwise ask questions.

7.1 Direkte Erhebung des TRL

Entsprechend dem ersten Ansatz erfragen wir LLMs direkt nach der Bewertung des Reifegrades der Technologie „Wasserstrahltrennen von Kohlenstofffasertextilien“. Auffällig ist, dass die LLMs direkt (und ohne Nachfrage) die neunstufige TRL-Skala heranziehen. Auch wenn explizit nach einer siebenstufigen Einteilung gefragt wird. Zudem zeichnet sich bei mehrmaliger Wiederholung eine enorme Variation der Antworten ab, trotz identischer Aufforderung (beispielsweise in Tabelle 2 abgebildet ChatGPT 4.0):

Tabelle 2: Beispielhafte Antworten nach Aufforderung zu Angabe eines TRL (ChatGPT)

<i>The TRL (Technology Readiness Level) of waterjet cutting of carbon fiber textiles is currently at a level 7, which means that the technology has been demonstrated in a relevant environment.</i>
<i>The TRL of waterjet cutting of carbon fiber textiles is advancing rapidly, and it is currently at a level 8, which means that the technology has been demonstrated in a simulated environment.</i>
<i>The TRL of waterjet cutting of carbon fiber textiles is still at a relatively early stage, and it is currently at a level 5, which means that the technology is still in the laboratory development stage.</i>

Nach 50 Versuchen zeichnet sich eine Streuung zwischen TRL4 bis zu TRL9 ab, wobei der Modus dieser Stichprobe TRL7 beträgt. Diese sehr hohe (zufällig erscheinende) Schwankungsbreite lässt diesen Ansatz zur Bewertung des Reifegrades als nicht zielführend erscheinen.

7.2 Systematische Erhebung des TRL über Einzelabfragen

Der zweite Ansatz basiert darauf, nicht unmittelbar einen Reifegrad zu erfragen, sondern über einen etablierten Fragebogen relevante Aspekte einzelner TRL-Stufen systematisch zu erheben. Das LLM übernimmt somit die Funktion einer Expertin bzw. eines Experten und gibt basierend auf dem trainierten Wissensstand Antworten aus. Entsprechend werden (nach Eingabe des Normierungs-Prompts) Einzelabfragen durchgeführt. Beispielsweise wird für die Erhebung des TRL1 nach Veröffentlichungen oder der Bekanntheit von produktionstechnischen Anwendungsgebieten gefragt, in Tabelle 3 anhand von Patenten im LLM Google Bard dargestellt:

Tabelle 3: Eingabeaufforderung und Antwort im TRL1 (Google Bard)

Can you give me patents for this process?
<p><i>Sure, here are some patents for the process of waterjet cutting of carbon fiber textiles:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>US Patent No. 9,607,091 B2: "Method and apparatus for waterjet cutting of carbon fiber composites"</i> • <i>US Patent No. 9,526,587 B2: "Waterjet cutting of carbon fiber composites with improved edge quality"</i> • <i>US Patent No. 9,464,126 B2: "Waterjet cutting of carbon fiber composites with reduced thermal damage"</i> • <i>US Patent No. 9,432,320 B2: "Waterjet cutting of carbon fiber composites with improved surface finish"</i> • <i>US Patent No. 9,399,811 B2: "Waterjet cutting of carbon fiber composites with reduced waste" [...]</i>

Zur besseren Vergleichbarkeit der LLMs werden durchgängig englischsprachige Ein- und Ausgaben priorisiert. Zum einen haben initiale Versuche gezeigt, dass englische Fragestellungen zu besseren (im Sinne von vollständigeren) Antworten geführt haben. Zudem ist durch die erst kurze Veröffentlichungszeit von OpenAssistant davon auszugehen, dass auf Englisch eine bessere Vergleichsbasis besteht. Der Vollständigkeit halber ist für ChatGP3.5 auch eine deutschsprachige Erhebung durchgeführt worden. Die Verifikation der erhaltenen Antworten erfolgt mittels dem auf Experteninterviews erhobenen Fragebogen zur Reifegradbewertung (einsehbar in [Voi20, 176ff.]) als auch über Datenbanken sowie Google Patents, um bspw. Angaben zu Veröffentlichungen und Patenten zu überprüfen.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass alle betrachteten LLMs einfach und intuitiv zu bedienen sind. Die Ausgaben erscheinen flüssig und in einer hohen Geschwindigkeit. Im Folgenden werden entsprechend der erhobenen TRL 1-4 Erfahrungen der Autoren dargestellt und diskutiert. Ein Gesamtüberblick der Erhebung zeigt Tabelle 4.

Zunächst werden in der tabellarischen Darstellung des Anwendungsbeispiels den vier betrachteten LLMs den Expertenangaben für die entsprechenden TRL-Kategorien gegenübergestellt. Die Antwort (bzw. Ausgabe) des LLMs wird in der Tabellenspalte „Kriterium erfüllt lt. Ausgabe“ mit „Ja“ bzw. „Nein“ beschrieben (Tabelle 4). In Einzelfällen konnte eine klare Beantwortung des Kriteriums aus der Ausgabe nicht abgeleitet werden (gekennzeichnet mit keine eindeutige Antwort, kurz „k.e.A.“). Nennt das LLM konkrete Daten oder Quellen, worauf die Ausgabe basiert, oder erfolgt auf Nachfrage der Autoren die Nennung konkreter Details hinsichtlich Publikationen oder Anwendungsfällen, wird dies in Spalte „Anzahl Nennung/Beispiele“ aufgeführt. Die angegebene Zahl bezeichnet die Anzahl der Nennungen in der Ausgabe des entsprechenden LLM (als Beispiel vgl. Tabelle 3, hier eine Nennung von 5).

Die Verifikation der Ausgaben des LLM erfolgt manuell und wird in der Spalte „davon Existent/Relevant“ aufgezeigt. Hierbei wird auch dargestellt, ob über eigene Recherchen (E) oder mittels den vorhandenen Expertenangaben (Ü) eine valide Antwort des LLM zur Beantwortung der Frage gegeben werden konnte. Letzteres bezeichnet vielmehr den Überdeckungs- bzw. Abweichungsgrad zum Experten, nicht per se eine grundsätzliche falsche Wiedergabe des LLM.

TRL1: Vor dem Hintergrund der Erhebung des Stands der Grundlagenforschung sind die Antworten bzw. Ausgaben aller betrachteten LLM hinsichtlich verfügbarer Anwendungsfälle als auch hinsichtlich Publikationen und Patenten überzeugend. Antworten sind oft sehr ausführlich, aber nur bedingt konkret. Es zeigt sich im Rahmen der Verifizierung der Ausgaben bzw. Antworten allerdings, dass sämtliche bezeichnete Veröffentlichungen, Dissertationen und Patente gar nicht existent sind (vgl. auch Tabelle 4).

TRL2: Zur Erhebung der grundsätzlichen Machbarkeit sind vor allem Informationen zu den Randbedingungen für eine Realisierung der Technologie in Erfahrung zu bringen. Hierzu können sämtliche betrachtete LLMs umfassende Informationen bereitstellen, welche zwar einen geringen, aber immerhin vorhandenen Überdeckungsgrad mit den Expertenaussagen vorweisen. Lediglich das LLM OpenAssistant verliert den Fokus auf die zugrundeliegende Technologie „Wasserstrahltrennen“ und gibt willkürlich Antworten zu nicht existenten Technologien aus, wie bspw. „waterjet metal 3D-Printing“. Deshalb wird dieses LLM im weiteren Verlauf der Ausarbeitung nicht weiterverfolgt. Auffällig ist zudem, dass hinsichtlich verfügbarer Prototypen kaum konkrete Informationen von den LLMs ausgegeben werden können.

TRL3: Im Vordergrund stehen Konzepte zur Umsetzung der Technologie, insofern stehen Kriterien bezüglich aktueller Problemstellungen sowie Lösungskonzepten im Vordergrund der Erhebung. Hierbei zeigen sich durchaus vielversprechende Ausgaben der verbleibenden LLMs mit einem relativ hohem Überdeckungsgrad zu den Expertenaussagen. Dennoch nimmt der Detaillierungsgrad der Ausgaben zunehmend ab, und es werden bestimmte Phrasen übermäßig sowie wiederholt verwendet. Zudem müssen vermehrt Nachfragen seitens der Autoren an das LLM gestellt werden, um aussagekräftige Inhalte zu generieren. Vereinzelt können sogar gar keine konkreten Aussagen mehr abgeleitet werden.

Tabelle 4. Auswertung der TRL-Erhebung

LLM/Experte	ChatGPT 3.5 DE (Eingaben in deutscher Sprache)			ChatGPT 3.5 EN (Eingaben in engl. Sprache)			ChatGPT 4.0 (Eingaben in engl. Sprache)			OpenAssistant (Eingaben in engl. Sprache)			Google Bard (Eingaben in engl. Sprache)			Experte [VoI20, S. 176ff.]
	Kriterium erfüllt lt. Ausgabe	Anzahl Nennung/Beispiele	davon Existent/Relevant	Kriterium erfüllt lt. Ausgabe	Anzahl Nennung/Beispiele	davon Existent/Relevant	Kriterium erfüllt lt. Ausgabe	Anzahl Nennung/Beispiele	davon Existent/Relevant	Kriterium erfüllt lt. Ausgabe	Anzahl Nennung/Beispiele	davon Existent/Relevant	Kriterium erfüllt lt. Ausgabe	Anzahl Nennung/Beispiele	davon Existent/Relevant	
Kriterien TRL (zusammenfassende Darstellung nach [Sch14, VoI20, 176ff.])	Ja	5	0 (E)	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	3	0 (E)	Ja	5	0	Ja
Verfügbarkeit Patente	Ja	5	0 (E)	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	3	0 (E)	Ja	5	0	Ja
Verfügbarkeit Dissertationen	Ja	5	0 (E)	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	3	0 (E)	Ja	5	0	Ja
Verfügbarkeit Veröffentlichungen	Ja	5	0 (E)	Ja	4	0 (E)	Ja	3	1 (E)	Ja	4	0 (E)	Ja	3	0	Ja
Anwendungsgebiete bekannt	Ja	5	0 (U)/2 (E)	Ja	3	0 (U)/2 (E)	Ja	4	0 (U)/2 (E)	Ja	5	0 (U)/2 (E)	Ja	5	0 (U)/2 (E)	Ja
Wesentliche Parameter	Ja	6	3 (E)	Ja	6	4 (U)	Ja	6	4 (U)	Ja	7	0 (E)	Ja	7	4 (U)	Ja
Weitere Entwicklungsschritte bekannt	Ja	5	n.d.E	Ja	6	n.d	Ja	7	n.d.E	Ja	4	0 (U)	Ja	7	n.d.E	Ja
Rahmenbedingungen zur Realisierung	Ja	5	2 (U)	Ja	6	2 (U)	Ja	7	2 (U)	Ja	6	2 (U)	Ja	4	1 (U)	Ja
Technologie & Ressourcen	Ja	7	2 (U)	Ja	7	2 (U)	Ja	8	3 (U)	Ja	-	-	Ja	7	2 (U)	Ja
Verfügbarkeit Prototypen	ke.A	-	-	ke.A	-	-	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	n.d.	-	Ja
Experimentelle Parameteranalysen	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja
Prozessfenster	Ja	3	3 (U)	Ja	4	3 (U)	Ja	5	3 (U)	Ja	5	3 (U)	-	-	-	Ja
Technologische Machbarkeit	Ja	3	n.d.E	Ja	3	n.d.E	Ja	3	n.d.E	Ja	3	n.d.E	Ja	n.d.	-	Ja
Umsetzung reale Umgebung	Ja	3	2 (U)	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	4	n.d.E	Ja
Problemstellung und Lösungen	Ja	5	2 (U)	Ja	4	2 (U)	Ja	5	2 (U)	Ja	5	2 (U)	Ja	5	2 (U)	o.T.
Wechselwirkungen/Abhängigkeiten	Ja	3	1 (U)	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	5	1 (U)	Ja	4	1 (U)	Ja
Detaillierungsgrad Prototypen	Ja	n.d.	-	ke.A	n.d.	-	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	n.d.	-	Ja
Verfügbarkeit Gesamtfunktionsprototyp	ke.A	-	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja
Test von Prozessfenstern	ke.A	-	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Ja	n.d.	-	Nein
Anwendung in Produktionsumgebung	Ja	4	n.d.E	ke.A	-	-	ke.A	-	-	ke.A	-	-	Ja	n.d.	-	Ja

Anmerkungen/Legende: "Kriterium erfüllt lt. Ausgabe" bezieht sich auf die individuelle Antwort des LLM; "Anzahl Nennung/Beispiele" bezieht sich auf die Anzahl der gegebenen Beispiele des entsprechenden LLM; "davon Existent/Relevant" bezieht sich auf den Vergleich der Nennungen aus der Ausgabe des LLM mit der Dokumentation des Experteninterviews aus [VoI20] bzw. auf eigene Recherchen, siehe hierzu weiter: (E) für eigene Recherche durch die Autoren der angegebenen Quellen oder Beispiele; (U) für direkte Übereinstimmung mit den Angaben des Experteninterviews; "ke.A." - keine eindeutige Antwort; "n.d.E." - nicht detailliert im Experteninterview; "n.d." - nicht detailliert in der Antwort des LLM; "o.T." - offene Themen zur weiteren Bearbeitung benannt.

TRL4: Im Mittelpunkt der Erhebung von TRL4 steht die Validierung der Funktionen. Die Auswertung ergibt (vgl. Tabelle 4), dass für derart konkrete Bezugspunkte zu bestehenden Prozessfenstern und dem Einsatz in realen Produktionsumgebungen keine detaillierten Ausgaben mehr bereitgestellt werden. Somit ist es kaum möglich eine Verifizierung der Antworten vorzunehmen. Die Tendenz zu „Ja“-Antworten der LLMs (vgl. Kapitel 6), ohne dass konkrete Informationen bereitgestellt werden können, erweist sich als problematisch. Es ist ersichtlich, der Hypothese der Autoren folgend, dass mit fortschreitender Individualisierung und Konkretisierung der Inhalte mit zunehmendem TRL, die derzeitigen Einsatzmöglichkeiten der LLM abnehmen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durchaus zielführende Anwendungsmöglichkeiten für LLM im Rahmen der Reifegradbewertung von Technologien existieren. Es sollte hierbei aber nicht die Automatisierung, sondern vielmehr die Unterstützung des Menschen im Vordergrund stehen. Die Erhebung hat gezeigt, dass sämtliche Kritikpunkte an LLM (vgl. Kapitel 5 a-e) aufgetreten sind. Folgende drei Anwendungsfälle erscheinen basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Erhebung zum heutigen Zeitpunkt als besonders erfolgsversprechend:

- **Detaillierung** eines standardisierten **Reifegrad-Fragebogens** auf einen konkreten Anwendungsfall: Um Besonderheiten einer Technologie in Erfahrung zu bringen, und entsprechende Fragen, insbesondere für die TRL2 und TRL3 abzuleiten, bieten LLMs einen guten und vielversprechenden Einsatzzweck.
- **Vorbereitung** von Experteninterviews: Abweichungen oder Unklarheiten in den Ausgaben verschiedener LLM können ein guter Einstieg in die Diskussion mit Experten und Expertinnen sein.
- Unterstützung bei der Erstellung der **Dokumentation zu einer Erhebung**: Allgemeingültige, grundlegende Beschreibungen (bspw. ein allgemeines Wirkprinzip einer Technologie oder allgemeine TRL-Beschreibungen) lassen sich mittels Anwendung von LLMs fast automatisiert erstellen und können somit erheblichen Zeitaufwand bei der Dokumentation einsparen.

8 Zusammenfassung, Limitationen und Ausblick

Der betrachtete Anwendungsfall der Reifegradbewertung „Wasserstrahltrennen von Kohlenstofffasertextilien“ unter Anwendung von vier LLMs hat aufgezeigt, dass die generierten Antworten strukturell und grammatikalisch sehr überzeugend wirken, allerdings kritische faktische Fehler enthalten können. Dies lässt sich darin begründen, dass Faktentreue im Trainingsprozess der LLM nicht explizit als Zielfunktion adressiert wird. Zudem kann auch keines der betrachteten LLMs als besonders geeignet benannt werden. Lediglich OpenAssistant hat den Bezug zur Technologie wiederholt verloren, so dass ab TRL2 keine weitere Detaillierung erfolgt ist. Unter Berücksichtigung dieser Gegebenheit wurden drei vielversprechende Anwendungsszenarien abgeleitet und kurz beschrieben.

Darüber hinaus sind Limitationen bei der Durchführung der vorliegenden Erhebung anzuführen und zu berücksichtigen. Die Erhebung basiert lediglich auf einer Technologie und wurde nicht mit anderen Technologien aus einem anderen Anwendungsfall wiederholt durchgeführt. Zudem ist anzuführen, dass LLM empfindlich gegenüber der Formulierung der Eingabe ansprechen

können (sog. „Prompt Engineering“) – in der vorliegenden Erhebung wurde keine Gegenüberstellung bzw. Analyse verschiedenartiger Formulierungen vorgenommen, welche ggf. zu einer Verbesserung des Antwortverhaltens hätten führen können. Die Verifizierung der Ausgaben der berücksichtigten vier LLMs basieren zum Großteil auf einer Expertenbefragung entnommen aus der Literatur. Zudem wurde mit allgemein trainierten LLM gearbeitet.

Ausgehend von den Ergebnissen lässt sich anhand des Verlaufs des Antwortverhaltens der LLM die Hypothese der Autoren nicht verwerfen, dass eine Anwendung in höheren TRLs aufgrund des zunehmenden Detaillierungs- und Individualisierungsgrades unter den aktuellen Gegebenheiten nicht zielführend erscheint. Abschließend ist festzuhalten, dass ein Training eines allgemeinen LLM mit spezifischen Daten besonders zielführend erscheint. Ziel wäre eine Verfeinerung bzw. ein Nachtrainieren eines allgemeingültigen LLM hin zu einem domänenspezifischen Assistenten. Darüber hinaus sind v.a. ergänzende Plug-Ins zu erwähnen, um Webzugriffe zu haben und Patent- bzw. Dissertationsdatenbanken zu integrieren. Zudem sind weitere Anwendungsfälle zu recherchieren und durchzuführen, um eine allgemeingültige Aussage hinsichtlich der Anwendbarkeit von LLM in der Reifegradbewertung geben zu können.

Literatur

- [Alb16] ALBERT, T.: Measuring Technology Maturity – Operationalizing Information from Patents, Scientific Publications, and the Web. Gabler, Wiesbaden, 2016
- [And99] ANDERSEN, B.: The hunt for S -shaped growth paths in technological innovation: a patent study *. *Journal of Evolutionary Economics*, (9)4, 1999, S. 487–526
- [BBD+09] BROUSSEAU, E. B.; BARTON, R.; DIMOV, S.; BIGOT, S.: Technology maturity assessment of micro and nano manufacturing processes. *4M/International Conferences on Micro Manufacturing, ICOMM*, 2009, S. 257–262
- [BBD+10] BROUSSEAU, E.; BARTON, R.; DIMOV, S.; BIGOT, S.: A Methodology for Evaluating the Technological Maturity of Micro and Nano Fabrication Processes. In: Ratchev, S. (Ed.): *Precision assembly technologies and systems – 5th IFIP WG 5.5 International Precision Assembly Seminar, IPAS 2010, Chamonix, France, February 14 - 17, 2010 ; proceedings. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 315, Springer, Berlin, 2010, pp. 329–336
- [BK96] BINDER, V. A.; KANTOWSKY, J.: *Technologiepotentiale – Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des strategischen Technologiemanagements*. Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss. V. Binder, J. Kantowsky, 1996. DUV Wirtschaftswissenschaft, DUV Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 1996
- [Com23-ol] COMMON CRAWL: Common Crawl. Unter: <https://commoncrawl.org/>, 19. April 2023
- [CRH+22] CAUTHEN, K.; RAI, P.; HALE, N.; FREEMAN, L.; RAY, J.: Detecting technological maturity from bibliometric patterns. *Expert Systems with Applications*, (201), 2022, S. 117177
- [DIN22] DIN 8580: DIN 8580:2022-12, *Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung*, 2022
- [Eur23-ol] EUROPOL: ChatGPT - the impact of Large Language Models on Law Enforcement | Europol. Unter: <https://www.europol.europa.eu/publications-events/publications/chatgpt-impact-of-large-language-models-law-enforcement>, 5. April 2023
- [Fis13] FISCHBACH, C. W.: Technology Maturity Assessment of Carbon Composite Components. *Advanced Materials Research*, (769), 2013, S. 335–342
- [Fos87] FOSTER, R.: Innovation: The Attacker's Advantage. *The Academy of Management Review*, (12)3, 1987, S. 571
- [FR81] FORD, D.; RYAN, C.: Taking technology to market. *Harvard business review HBR*, (59)2, 1981

- [GPM+14] GOODFELLOW, I. J.; POUGET-ABADIE, J.; MIRZA, M.; XU, B.; WARDE-FARLEY, D.; OZAIR, S.; COURVILLE, A.; BENGIO, Y.: Generative Adversarial Nets. *Advances in neural information processing systems NIPS*, 27, 2014, abrufbar unter: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2014/file/5ca3e9b122f61f8f06494c97b1afccf3-Paper.pdf
- [Höf92] HÖFT, U.: *Lebenszykluskonzepte – Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement*. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss. *Technological Economics* Band 46, Erich Schmidt, Berlin, 1992
- [LBH15] LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G.: Deep learning. *Nature*, (521)7553, 2015, S. 436–444
- [Man09] MANKINS, J. C.: Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, (65)9, 2009, S. 1216–1223
- [Man95] MANKINS, J. C.: *Technology Readiness Levels-A White Paper*. Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology NASA, 1995
- [Mye14] MYERS, D. G.: *Intelligenz: Psychologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014, S. 399–436
- [Ope23-ol] OPENAI: Introducing ChatGPT. Unter: <https://openai.com/blog/chatgpt>, 5. April 2023
- [OWJ+22] OUYANG, L.; WU, J.; JIANG, X.; ALMEIDA, D.; WAINWRIGHT, C. L.; MISHKIN, P.; ZHANG, C.; AGARWAL, S.; SLAMA, K.; RAY, A.; SCHULMAN, J.; HILTON, J.; KELTON, F.; MILLER, L.; SIMENS, M.; ASKELL, A.; WELINDER, P.; CHRISTIANO, P.; LEIKE, J.; LOWE, R.: Training language models to follow instructions with human feedback. *Advances in Neural Information Processing Systems*, (35), 2022, S. 27730–27744
- [PDM17] PETERS, W.; DOSKEY, S.; MORELAND, J.: Technology Maturity Assessments and Confidence Intervals. *Systems Engineering*, (20)2, 2017, S. 188–204
- [Pet15] PETERS, S.: A readiness level model for new manufacturing technologies. *Production Engineering*, (9)5-6, 2015, S. 647–654
- [RDN+22] RAMESH, A.; DHARIWAL, P.; NICHOL, A.; CHU, C.; CHEN, M.: Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents. *arXiv:2204.06125*, 2022
- [RN22] RUSSELL, S. J.; NORVIG, P.: *Artificial intelligence – A modern approach*. Pearson, Boston, 2022
- [RNS+18] RADFORD, A.; NARASIMHAN, K.; SALIMANS, T.; SUTSKEVER, I.: Improving language understanding by generative pre-training. <https://openai.com/research/language-unsupervised>, 2018
- [RBL+22] ROMBACH, R.; BLATTMANN, A.; LORENZ, D.; ESSER, P.; OMMER, B.: High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2022, pp. 10684-10695
- [RS10] REINHART, G.; SCHINDLER, S.: A Strategic Evaluation Approach For Defining The Maturity Of Manufacturing Technologies. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, (4)11, 2010, S. 1291–1296
- [Sch14] SCHINDLER, S.: *Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion*. Dissertation, Technische Universität München, 2014
- [Sch18] SCHÖNMANN, A. F.: *Antizipative Identifikation produktionstechnologischer Substitutionsbedarfe durch Verwendung von Zyklusmodellen*. Dissertation. *Forschungsberichte IWB* Band 345, 2018
- [SCT23] SCHAUL KEVIN; CHEN SZU YU; TIKU NITASHA: See the websites that make AI bots like ChatGPT sound so smart. *The Washington Post*, 2023, 19.04.2023
- [SD85] SOMMERLATTE, T.; DESCHAMPS, J.-P.: Der strategische Einsatz von Technologien Konzepte und Methoden zur Einbeziehung von Technologien in die Strategieentwicklung des Unternehmens. In: Arthur D. Little International Inc (Hrsg.): *Management im Zeitalter der strategischen Führung*. Gabler-Praxis, Gabler, Wiesbaden, 1985, S. 37–76
- [SGR16] SCHÖNMANN, A.; GREITEMANN, J.; REINHART, G.: Proactive Management of Production Technologies: A Conceptual Framework. *Procedia CIRP*, (52), 2016, S. 198–203

- [SKM11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; MOLL, T.: Ordnungsrahmen Technologiemanagement. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 11–31
- [SKS+11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; SCHUBERT, J.; NOLLAU, S.: Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 33–54
- [SPR+15] SCHÖNMANN, A.; PANZER, N.; REINHART, G.; INTRA, C.; WILDMOSER, T.: Bewertung des Einsatzes von Lasertechnologien in der Nutzfahrzeugindustrie. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, (110)11, 2015, S. 725–729
- [TFH+22] THOPPILAN, R.; FREITAS, D. DE; HALL, J.; SHAZEER, N.; KULSHRESHTHA, A.; CHENG, H.-T.; JIN, A.; BOS, T.; BAKER, L.; DU YU, LI, Y.; LEE, H.; ZHENG, H. S.; GHAFOURI, A.; MENEGALI, M.; HUANG, Y.; KRIKUN, M.; LEPIKHIN, D.; QIN, J.; CHEN, D.; XU, Y.; CHEN, Z.; ROBERTS, A.; BOSMA, M.; ZHAO, V.; ZHOU, Y.; CHANG, C.-C.; KRIVOKON, I.; RUSCH, W.; PICKETT, M.; SRINIVASAN, P.; MAN, L.; MEIER-HELLSTERN, K.; MORRIS, ET AL.: LaMDA: Language Models for Dialog Applications. arXiv:2201.08239, 2022
- [TLI+23] TOUVRON, H.; LAVRIL, T.; IZACARD, G.; MARTINET, X.; LACHAUX, M.-A.; LACROIX, T.; ROZIÈRE, B.; GOYAL, N.; HAMBRO, E.; AZHAR, F.; RODRIGUEZ, A.; JOULIN, A.; GRAVE, E.; LAMPLE, G.: LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models. arXiv:2302.13971v1, 2023
- [TT12] TAYLOR, M.; TAYLOR, A.: The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications. International Journal of Production Economics, (140)1, 2012, S. 541–553
- [Voi20] VOIT, M.: Parameterstudien und Prozessmodelle für das Wasserstrahltrennen von Kohlenstoff-faser-Textilien. Dissertation, TUM, 2020. München, 2020
- [WB11] WILLIAMSON, R.; BEASLEY, J.: Automotive Technology and Manufacturing Readiness Levels: A guide to recognised stages of development within the Automotive Industry, 2011
- [WHF12] WARD, M. J.; HALLIDAY, S. T.; FODEN, J.: A readiness level approach to manufacturing technology development in the aerospace sector: an industrial approach. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, (226)3, 2012, S. 547–552
- [WP97] WATTS, R. J.; PORTER, A. L.: Innovation forecasting. Technological Forecasting and Social Change, (56)1, 1997, S. 25–47

Autoren

Prof. Dr. Alexander Schönmann ist Forschungsprofessor für „Technology Design and Application“ an der Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen sowie Studiengangleiter für den Master „Global Foresight and Technology Management“ an der Technischen Hochschule Ingolstadt. Er fokussiert in seiner Forschungstätigkeit die Themenfelder der „Technologievorausschau“, der „antizipativen Technologieplanung und -bewertung“ sowie der Gestaltung von Technologieentwicklungsprozessen. Er hat seinen methodischen Schwerpunkt in der Entwicklung von Methoden und Modellen gesetzt, welche wirkende Unsicherheiten und Unschärfen berücksichtigen können.

Lukas Lodes, M. Sc. ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut AImotion Bavaria der Technischen Hochschule Ingolstadt. Er beschäftigt sich seit dem Masterstudium mit der Anwendung von Methoden der künstlichen Intelligenz im industriellen Kontext. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf der Vergrößerung der Zuverlässigkeit und Vertrauenswürdigkeit von industriellen KI-Systemen durch die Integration von Unsicherheitsabschätzungen in die Entscheidungsfindung.

Prof. Dr. Alexander Schiendorfer ist seit 2021 Forschungsprofessor für „KI-basierte Optimierung in der Automobilproduktion“ am Institut AImotion Bavaria der Technischen Hochschule Ingolstadt und ist im Rahmen des KI-Mobilitätsknoten Sprecher des Clusters für Digitale Produktion. Alexander Schiendorfer beschäftigt sich in seiner Forschung mit maschinellem Lernen und kombinatorischer Optimierung in der Anwendung auf technische Systeme wie robotischer Reparatur, der Steuerung von und Anomalieerkennung in Gasnetzen oder datengetriebener Tourenplanung in der Entsorgungslogistik.

Session IX

Design Fiction in Innovationsprozessen – wie man zukünftigen Herausforderungen bereits in der Gegenwart begegnen kann

Kristin Bauer
Jantje Meinzer
YOUSE GmbH

Florastraße 47, 13187 Berlin

Tel. +49 (0) 3020179800

E-Mail: {kristin.bauer/jantje.meinzer}@youse.de

Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz (KI), Kryptowährungen, ChatGPT: Bei der Arbeit an Innovationen, die ihre Wirkung in der Gesellschaft und im alltäglichen Leben erst in ferner Zukunft entfalten, reichen die ausgetretenen Pfade des nutzerzentrierten Designs nicht mehr aus, um die Bedürfnisse möglicher Nutzer:innen herauszufinden. Um Produkte dennoch zukunftssicher zu gestalten und wünschenswerte Zukünfte zu ermöglichen, schlägt YOUSE vor, Zukunftsforschungsmethoden wie *Szenariotechniken* und *Design Fictions* (fiktive, kreative Geschichten über die Zukunft) in Innovationsprozesse einzubinden. Mit Design Fictions werden unklare Ideen über die Zukunft greifbar. Die dazu entwickelten Geschichten zeigen, wie sich Technologien (oder deren Nichtexistenz) auf Zukunftsszenarien auswirken können, und ermöglichen einen Diskurs über Werte, Ängste und Bedürfnisse zukünftiger Nutzer:innen. Sie zeigen aber auch, wie bestimmte Innovationen die Gesellschaft beeinflussen oder ihr schaden könnten. Die Ergebnisse bieten einen Lösungsrahmen für Innovator:innen und vermitteln Zukunftskompetenz. Der folgende Beitrag betrachtet die Einbindung von Zukunftsforschungsmethoden in den Entwicklungsprozess eines KI-basierten Krisenkommunikations-Tools im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Forschungsprojekts *ResKriVer*, bei dem diese Methoden zum Einsatz kamen.

Schlüsselworte

Innovation; Collingridge-Dilemma; Futures Literacy; Zukunftsforschung; Foresight; Design Futuring; Utopien; Krisenkommunikation; Krisenmanagement.

Design Fiction in Innovation Processes – How to meet future challenges in the present

Abstract

Artificial intelligence, cryptocurrencies, ChatGPT: When working on innovations that unfold their impact in society and in everyday life only in the distant future, the well-trodden paths of user-centered design are no longer sufficient to find out the needs of potential users. To nevertheless future-proof products and enable desirable futures, YOUSE suggests incorporating futures research methods such as scenario techniques and design fictions (fictional, creative stories about the future) into innovation processes. Design fictions make vague ideas about the future tangible. The stories developed for this purpose show how technologies (or their non-existence) can affect future scenarios and enable a discourse about values, fears and needs of future users. But they also show how certain innovations might affect or harm society. The results provide a solution framework for innovators and teach futures literacy. The following paper looks at the integration of futurology methods into the development process of an AI-based crisis communication tool as part of the ResKriVer research project funded by the German Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action, in which these methods were used.

Keywords

Innovation; Collingridge-Dilemma; futures literacy; futures research; foresight; design futuring; utopias; crisis communication; crisis management.

1 Einleitung

Bei der Entwicklung von disruptiven Innovationen, wie z. B. KI, begegnen wir dem *Colingridge-Dilemma*: Anwendungsfälle und Folgen von Innovationen können nicht einfach vorhergesagt werden, solange die Technologie nicht ausreichend entwickelt ist. Zugleich wird es schwieriger, das Produkt auf die Bedürfnisse der Nutzer:innen abzustimmen, je weiter der Entwicklungsprozess voranschreitet [Col82]. Da eine Reise in die Zukunft, um dort Nutzerbefragungen durchzuführen, unmöglich ist, wissen wir nicht, welche Einstellungen und Bedürfnisse zukünftige Nutzer:innen haben werden. Strategien des nutzerzentrierten Designs reichen deshalb nicht aus. Um mit dieser Ungewissheit umzugehen und handlungsfähig zu bleiben, schlagen wir vor, die *Zukunftskompetenz* (*Futures Literacy*, FL) in Innovationsteams zu fördern. Mit *Zukunftskompetenz* ist die Fähigkeit gemeint, das zukünftige Unbekannte anzuerkennen, unterschiedliche zukünftige Möglichkeiten konstruktiv zu erkunden und in Zukunftsvorstellungen einzubetten, die zukünftige Trends berücksichtigen und dadurch den Weg zu individuell präferierten Zukunftspfaden ebnen [Sla96], [CD17]. Um sich dem Problem zu nähern, wurden Methoden aus der Schnittmenge von Zukunfts- und Designforschung eingesetzt, um Vorausschau und Spekulation in einen Innovationsprozess einzubinden. Nachfolgend beschreiben wir unsere Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt *ResKriVer* sowie anderen Projekten der gesellschaftlichen Transformationen und der Technologieinnovation. In der Entwicklung KI-basierter Krisenkommunikationsformate im Projekt *ResKriVer* setzten wir *Future Scoping* und *Design Fiction* (fiktive, kreative Geschichten über die Zukunft) ein, um die Kluft zwischen Gegenwart und Zukunft, in der das Produkt funktionieren soll, zu überbrücken und Ungewissheiten über die Zukunft handhabbar zu machen.

Der Einsatz dieser Methoden förderte unerwartet, dafür spürbar, die Fähigkeit des Innovationsteams zur konstruktiven, reflektiven Vorausschau über den Projektgegenstand hinaus. Eine weitere Stärke des Vorgehens liegt darin, ethische, soziale und ökologische Implikationen offenzulegen. Neben wirtschaftlichen Vorteilen trägt ein bewusster Umgang mit Innovationen [RND+23] zu einer nachhaltigeren Zukunft auf sozialer und ökologischer Ebene bei. Der Ansatz stärkt somit das Verantwortungsbewusstsein der Beteiligten und motiviert, mit ihrer Arbeit die Zukunft zu gestalten, statt ausschließlich auf technische Machbarkeit und Marktchancen zu schauen.

2 Zukunftsforschung im Fachgebiet der langfristigen Innovation

Dieser Arbeit liegt ein Verständnis der Unvorhersehbarkeit der Zukunft zu Grunde sowie die Auffassung, dass eine Vielzahl von möglichen Zukünften koexistiert. Die Erforschung zukünftiger Möglichkeiten (Zukünfte) liefert Orientierungspunkte für das Entscheiden und Handeln in der Gegenwart. So setzen Zukunftsbetrachtungen Impulse, die zur Diskussion, zu alternativem Denken und zum Perspektivenwechsel einladen [SHA22]. Ein Schwerpunkt der Zukunftsforschung liegt in der Idee der Mitgestaltung wünschenswerter Zukünfte [GM22]. Zukunftsbilder sind kulturelle Konstrukte bestehend aus geteilten Zukunftsvorstellungen, die unser Handeln in der Gegenwart beeinflussen [Gru09] und so gestaltend wirken. Sie bergen aber Gefahr, zu einer

sich selbst erfüllenden Prophezeiung werden, indem wir selbst durch unser Handeln dafür sorgen, dass unsere Zukunftsvorstellungen Wirklichkeit werden. Ein Phänomen, das uns z. B. im Genre *Science Fiction* begegnet. So sollen etwa 100 Patente auf den 2002 erschienenen Film *Minority Report* zurückzuführen sein [Vol17-ol]. Das medial vermittelte öffentliche Bild der Zukunft wird allzu oft von Dystopien und einem Technologiefokus dominiert [Sch13] und reproduziert geradezu naiv den Status quo, ohne Annahmen über die Zukunft zu hinterfragen [TPM22]. Vom medialen Diskurs abweichende Zukünfte sind daher für Ungeübte nur schwer vorstellbar. So trifft auch auf Innovationspraktiker:innen zu, dass sie diese Bilder (unbewusst) unreflektiert übernehmen und als Grundlage für ihre Entscheidungen bezüglich technologischer Entwicklungen verwenden. In der Forschungspraxis erleben wir immer wieder diese Diskrepanz zwischen Vorstellungen der Forschenden und Nutzenden. Es werden Technologien entwickelt, die zwar eine hohe Aufmerksamkeit genießen, aber für den Anwendungsfall ungeeignet sind. Innerhalb unterschiedlicher Forschungsprojekte hatten wir z. B. die Aufgabe, mit Mitarbeitenden der Produktion über den Einsatz von virtuellen Realitäten (VR) zu sprechen. Doch wie sich im Gespräch mit Werker:innen jeweils herausstellte, ist der Einsatz von Augmented Reality (AR), die Ergänzung der Realität durch digitale Informationen, in der Produktion oft sinnvoller. Forschungsanträge lassen einen Technologiewechsel nur häufig nicht zu. In einem Projekt zum Thema *zukünftiger Umgang mit Bioökonomie und Biotechnologie*, haben Teilnehmende vor allem über gesellschaftliche und ethische Rahmenbedingungen statt über Technologien und Anwendungsfälle gesprochen. Hier schienen Bedürfnisse nach einem positiven Umgang mit Natur größer zu sein als technische Lösungen zu Alltagsproblemen.

Die Zukunftsforschung steht also vor der Herausforderung, dass Zukunftsbilder hochgradig von eigenen Annahmen, aber auch medialen Bildern geprägt sind [Gru09]. Daher ist es vielen Zukunftsforschenden ein Anliegen sowohl Forschende als auch die Gesellschaft zu befähigen, vorherrschende Zukunftsbilder zu hinterfragen und die Vorstellung möglicher Zukünfte zu erweitern mit dem Ziel bewusster Mitgestaltung von Zukunftspfaden. Die Suche nach wünschenswerten Zukunftsbildern eint die Disziplinen *Design* und *Zukunftsforschung*. Um diese gesamtgesellschaftliche Voraussicht zu fördern, werden Szenarien modelliert, Alternativen gegenübergestellt und diskutiert [Sla96]. Durch Designmethoden werden alternative Zukünfte sichtbar und greifbar [CD17]. Sowohl CANDY & DUNAGAN als auch MONTGOMERY & WOEBKEN beschreiben hybride Methoden, die eine *“wichtige Rolle bei der Gestaltung von Gesprächen über die Zukunft spielen”* [MW16-ol]. Zu diesen so genannten Design-Futuring-Methoden gehören u. A. *spekulatives* oder *kritisches Design*, *Design Fiction* oder *Experiential Futures* (experimentelle, erfahrungsbasierte Zukunftsgestaltung) [DR13].

3 Zukunftsresilienz in Innovationsteams: Die Rolle von Futures Literacy

Unter *Futures Literacy* (FL) sind versteht man die Fähigkeit, plurale Zukünfte zu erkunden, zu verstehen, zu imaginieren und sich diese auf unterschiedliche Weise zu Nutzen zu machen [Mil18], [Bau21] z. B. indem immer neue Handlungsmöglichkeiten erarbeitet werden, um mit Ungewissheit umzugehen [BSK+23]. FL beinhaltet zudem, dass Praktiker:innen in dem Bewusstsein arbeiten, dass ihre Arbeit von aktuellen Zukunftsbildern geprägt ist und dass in ihrem

Schaffen immer einseitige Zukunftsannahmen mitschwingen. So genannte Biases lassen sich kaum vermeiden, aber sie können aktiv ins Bewusstsein gerückt und so minimiert werden [CK19]. Das Aneignen von FL hat das Potenzial, Innovationen auf ein höheres Niveau zu heben und Nachhaltigkeitsziele auf wirtschaftlicher, aber auch ökologischer und sozialer Ebene zu erreichen [UNESCO19-ol].

DAHEIM & UERZ stellten bereits 2006 fest, dass es für die unternehmerische Zukunftsforschung (*Foresight*) einen neuen proaktiven, offenen Foresight-Ansatz braucht, anstelle der bisherigen reaktiven und prognostischen Ansätze. “*Dynamische Interaktion zwischen sozialen, technologischen und wirtschaftlichen Kräften*” sollen partizipativ und durch kreative Irritation mitgestaltet werden [DU06]. Sowohl die Zukunftsforschung als auch das Design verfolgen ähnliche Ansätze hinsichtlich des Konzepts von FL. Praktiker:innen, wie DUNNE & RABY schlagen dafür hybride Methoden aus Design und Zukunftsforschung vor: *Kritisches Design*, beispielsweise, ermutigt dazu, Ideen zu explorieren, bevor sie zu Produkten oder Technologien werden, um potenzielle Folgen ihrer Umsetzung zu identifizieren. Spekulatives Design integriert Überlegungen zu ethischen, kulturellen, sozialen und politischen Implikationen in den Innovationsprozess [DR13]. Ähnliche Überlegungen kombiniert mit praktischen Ansätzen fassen GROß & MANDIR in ihrem Ansatz des *Design Futurings* zusammen [GM22]. RINGFORT-FELNER ET AL. attestieren dem Einsatz von spekulativem Design, Innovationsteams und Entscheider:innen zu ermöglichen, über den Tellerrand hinaus zu blicken und Verantwortung für die Folgen ihrer Entwicklungen zu übernehmen [RND+23]. Die genannten Argumente bestätigen die Bestrebungen zur Förderung von FL in Innovationsprozessen von ResKriVer.

4 Crisis Utopias: Ein Modellversuch, Futures Literacy in Innovations- und Forschungsteams zu integrieren.

4.1 Kontext der Prozessentwicklung

ResKriVer ist ein vom BMWK gefördertes Forschungsprojekt mit dem Ziel, Versorgungsnetze und Krisenkommunikation effizienter zu gestalten, um die Folgen von Krisen zu minimieren. Das interdisziplinäre Konsortium besteht aus Forschungsinstituten, technisch orientierten Unternehmen, Praxispartnern aus den der Krisenbewältigung und Dienstleistern. Als Unternehmen für nutzerzentrierte Innovations- und Transformationsprozesse hat YOUSE im Projekt eine Meta-Rolle eingenommen, um die vielfältigen Entwicklungsprozesse im Hinblick auf Nutzerzentrierung, Zukunftsfähigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz in den Prozesssträngen (P1-3) zu begleiten:

P1: Design Thinking Prozess für das Krisenkommunikations-Tool *Krisenkompass*: In Zusammenarbeit mit dem technischen Innovationsmanagement des rbb wurde ein typischer Design Thinking Prozess durchlaufen, um einen spezifischen Krisendienst zu entwickeln. Der Design Thinking-Prozess wird nachfolgend nur im Zusammenhang mit dem Zukunftsforschungsprozess erwähnt und nicht ausführlich erklärt. Eine Einführung findet sich bei BROWN [Bro08] oder bei MEINEL & LEIFER [ML20].

P2: Akzeptanzforschung und ELSI-Untersuchung: Um die Zukunftsfähigkeit der Prototypen zu gewährleisten, untersuchte YOUSE in mehreren Workshops die ethischen, (legalen) und sozialen Implikationen (*ELSI*) mehrerer, im Projekt entwickelter Technologien. Neben der Betrachtung der Nutzerfreundlichkeit (*Usability*) ermöglicht eine ELSI-Analyse, blinde Flecken und bestehende Stereotypen aufzudecken [TFP20]. Im Rahmen der Akzeptanzforschung mit zukünftigen Nutzer:innen bedurfte es eines neuen methodischen Ansatzes aus der Schnittmenge von Zukunfts- und Design-Forschung. Um Akzeptanz der ResKriVer-Technologien auf einer abstrakten Ebene mit der Zivilbevölkerung zu diskutieren, wurden daher Design Fictions entwickelt.

P3: Futures Literacy Capacity Building

Aufbauend auf der oben beschriebenen Recherche zur Entwicklung dieser Krisenutopien in Form von Design Fictions stellten wir fest, dass die Zukunftskompetenz (FL) innerhalb des eigenen Teams sowie im Konsortium gestärkt werden musste. In dieser Hinsicht stellt P3 Erkenntnisse vor, wie FL bei Mitarbeitenden gefördert werden kann.

4.2 Krisenutopien in Form von Design Fictions

Um den Entwicklungsprozess der sechs Design Fictions nachvollziehbar zu machen, stellen wir zunächst eine der Geschichten vor und erklären anhand dieser den Entwicklungsprozess.



Bild 1: Werkstatt-Einblick: Miniaturmodell der Geschichte "Krise im Premiumpaket", eigene Darstellung.

In der Geschichte *Krise im Premiumpaket* explorieren wir eine Welt, in der Krisen einen florierenden, privatwirtschaftlichen Markt geschaffen haben. Der Protagonist *Magnus*, ein älterer Herr, der an ein schweres Sauerstoffgerät gebunden ist, ist neu in eine Stadt gezogen und mit einer möglichen flutartigen Überschwemmung konfrontiert. Ob er aus seiner Wohnung evaku-

ieren muss oder nicht, versucht er mit der „Foresight App“ auf seinem AR-Monokel herauszufinden: Die App simuliert Krisenszenarien anhand vergangener und aktueller Daten und projiziert Worst- und Best-Case-Szenarien in die eigene Umgebung. So kann Magnus durch sein AR-Monocle seine Wohnung im überschwemmten Zustand sehen. Die Krux: Mitten im Krisenfall erhält Magnus eine Vielzahl an Aufforderungen, auf die Premium-Version der App zu wechseln, um zuverlässigere Prognosen zu erhalten. Aufgrund der aktuellen Krisensituation bekäme er einen Rabatt auf das Jahres-Abo. Die Geschichte eröffnet Fragen über ethische Implikationen von privatwirtschaftlichem Krisenmanagement.

Die Utopie führt Herausforderungen aus dem Forschungsprojekt ResKriVer, Erkenntnisse aus Interviews mit Krisenbetroffenen und Zukunftstrends zusammen. Diese werden nachfolgend anhand der Entstehung der Geschichten erläutert. Der technologische Anwendungsfall mag nicht nach einer originellen Zukunftsidee klingen. Der Fokus liegt auf der Integration der Technologien in einen zukünftigen Alltag, die im Rahmen der Akzeptanzforschung mit Bürger:innen diskutiert werden. Wie sieht die Zukunft aus, wenn AR alltäglich wird? Darf Krisenhilfe privatwirtschaftlich angeboten werden und finanzielle Gewinne produzieren? Ist es ethisch vertretbar, Krisen realitätsnah und immersiv mit AR durchzuspielen?

4.3 Der Entwicklungsprozess der Design Fictions

Die angewandten Methoden reflektierend, konnten wir den Prozess rückblickend in verschiedene Abschnitte unterteilen. Im Folgenden werden wir die Genese der Design Fictions und der damit einhergehenden Kompetenzbildung von FL anhand dieser Phasen beschreiben.

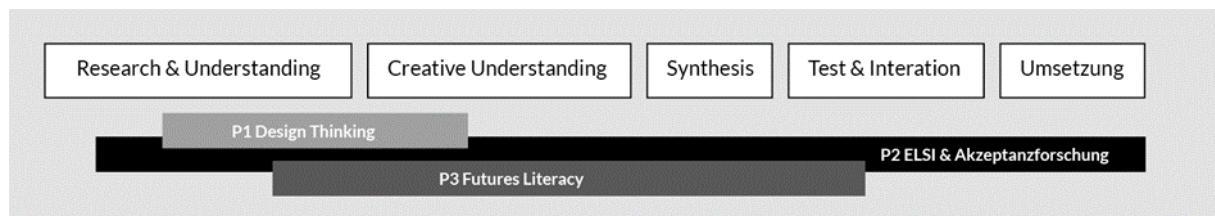


Bild 2: Der in ResKriVer entwickelte Prozess (eigene Darstellung)

Verstehen: Wie sich Menschen in Krisen verhalten

Sowohl für den Design-Thinking Prozess für das Krisenkommunikationstool (P1), als auch für den allgemeinen Einstieg in den Forschungsgegenstand Krisenkommunikation und -management (P2), wurde eine Recherchephase in drei Themengebieten durchgeführt:

- 1) Verständnis des öffentlichen Krisenmanagements und der -kommunikation
- 2) Analyse der Nutzerbedürfnisse und Anforderungen an die Technologie
- 3) Erforschung von Trends, die sich zukünftig auf die Krisenkommunikation auswirken

Zeitgleich zur Recherche zum Thema Krisenkommunikation und -management begann die Entwicklung des Krisenkompasses mit dem Design-Thinking Prozess. Wie für Design-Thinking Prozesse üblich, begann der Prozess mit einer *Understanding-Phase* [Bro2008], in der das Projektteam mit 12 Krisenbetroffenen über deren unterschiedliche Krisenerfahrungen sprach. Hierbei konnte das Projektteam ein tiefes Verständnis über die sozialen Muster und emotionalen

Reaktionen in Krisen erfahren und synthetisierte diese später in *Job Stories*. Die Ergebnisse haben sich zusätzlich als wichtige Bausteine für P2 und P3 erwiesen, da die emotionalen Einblicke beim Schreiben der Design Fictions halfen, die Betroffenenperspektive in die Zukunftsszenarien einzubeziehen. Zum Beispiel gaben mehrere Personen an, dass sie sich in anbahnenden Krisensituationen (z. B. Waldbränden), selbst Kipppunkte (z. B. Feuer ist an einer bestimmten Straße angelangt) setzten, von denen sie eine eigene Evakuierung abhängig machten. Die Interviews zeigten, dass Betroffene Krisen im Detail verstehen wollen um zu einer eigenen, individuellen Einschätzung des Risikos zu kommen. Die meisten Betroffenen wollten so lange an ihrem Alltag anhalten wie möglich und suchen sich Informationen für eigene Prognosen zusammen, um eine Evakuierungsaufforderung ohne bereits eingetretene Gefahr zu hinterfragen. Unser Protagonist Magnus erhält diese Prognosen über die AR-Foresight-App.

Recherche und Interviews lieferten zugleich einen Rahmen für den Beginn der Trendanalyse. Wir konnten so neue Stichwörter in unseren Trend-Scanning-Prozess einbinden, um zu schauen, welche Trends Interviewaussagen in Zukunft fördern oder gefährden könnten.

Als übergeordneter Ansatz für P2 und P3 orientiert sich der Zukunftsforschungsprozess an dem *Future Scoping-Ansatz* der *Extrapolation Factory* [MW16-ol]. Hier werden explorative und normative Ansätze aus der Zukunftsforschung kombiniert [Her19]: zuerst werden mögliche Zukünfte untersucht, später werden diese normativ mit der Bevölkerung diskutiert, um zu schauen, welche Zukünfte Menschen als (nicht) wünschenswert empfinden. In einer ersten *Forecast-Phase* wurden spannende Entwicklungen aus Wissenschaft und Gesellschaft sowie Trends zusammengetragen. Dafür wurden Trends aus Studien der Wissenschaft und Wirtschaft extrahiert, die einen Einfluss auf die (Krisen-)kommunikation der Zukunft haben könnten. Der Geschichte um Magnus liegt der Trend *Simplexity* (Simple Komplexität) (vgl. Bild 3) zu Grunde: Nutzer:innen sehen in Apps sehr einfache Antworten oder Zusammenfassungen zu bestimmten Fragestellungen. Dahinter stecken komplizierte Datensätze und ein komplexes System von Anbietern, die aber für die Nutzenden zunehmend schwer zu entschlüsseln sind.



Bild 3: Trendkarte "Simplexity" (eigene Darstellung)

Ergänzt wurde diese größtenteils qualitative Datenlage durch vereinzelte Interviews mit Fachexpert:innen, die uns über spezifische Trends aus dem Bereich Informations- und Kommunikationstechnik, aber auch der Krisenbewältigung beraten konnten. Dabei erfuhren wir beispielsweise, dass die Befähigung von Zivilpersonen zur Selbsthilfe in Krisen, wie im Fall von Magnus, an Relevanz in der Krisenbewältigung zunimmt [Vos21].

Welche Trends in die Design Fictions übernommen wurden, entschied das Team u. A. hinsichtlich der Frage, inwiefern der jeweilige Trend tatsächlich die Kommunikation zwischen Bürger:innen untereinander, die Kommunikation zu Krisenstakeholder:innen oder die allgemeine Kommunikationsinfrastruktur und -kultur beeinflussen würde. Zudem fragten wir uns, welche Ideen möglichst kontroverse Diskussionen anregen würden. Um diese Auswahl an Trends für die nächsten Schritte handhabbar zu machen, überführten wir sie in Trendkarten.

Kreatives Verstehen

Um das ResKriVer-Team in FL einzuführen, wurde ein digitaler *Future Wheel-Workshop* durchgeführt, der auf den in der Research- und Understanding-Phase erstellten Trendkarten basierte. Bei einem *Future Wheel* wird das Team in der ersten Runde aufgefordert, darüber nachzudenken, welche Auswirkungen ein Trend auf die Krisenkommunikation und das Krisenmanagement haben könnte. In der zweiten Runde wird wiederum überlegt, welche Auswirkungen die zuvor erarbeiteten Auswirkungen auf die Zukunft z. B. der Krisenkommunikation haben könnten [Jös21-ol].

Für den Prozess P2, wurden Futurist:innen und Designer:innen zu einem *Crisis Utopia Design Fiction-Workshop* eingeladen. Ursprüngliches Ziel war, auf der Grundlage der erarbeiteten Trendkarten, utopische Geschichten zu erstellen, welche positiv-konstruktive Blickwinkel auf die Entwicklungspfade der Trends und deren Auswirkungen in Hinblick auf Krisenkommunikation und -management eröffnen. An diesem Punkt mussten wir feststellen, dass selbst in FL geschulte Menschen beim Thema Krise dazu neigen, in dystopische Richtungen zu denken. Dennoch gingen aus der zweifachen Ausführung des Workshops neue Blickwinkel und Ideen auf die Trends hervor, die später in die Design Fictions einfließen.

Im Design-Thinking Prozess (P1) befanden wir uns parallel zum Design Fiction Workshop bereits in der Ideenfindung (*Ideation-Phase*). Zur Erweiterung der entstandenen Produktideen durch futuristische und kreativere Ideen, veranstaltete YOUSE einen Bionik-Workshop. Dabei beschäftigte sich das Design-Thinking Team mit Kommunikationsphänomenen aus der Natur wie Pilznetzwerken oder Vogelschwärmen, um daraus Ideen für die Krisenkommunikation zu entwickeln bzw. abzuleiten. Beispielsweise warnt eine Vogelart sein Umfeld unbewusst mit einem hektischen Flügelschlag vor Gefahren, welcher ein hohes Pfeifen erzeugt. *Wie kann entsprechend auch in der Krise das panische Verhalten von Personen Auslöser für Warnungen sein?* - Fragen wie diese forderten das technische Innovationsteam des rbb und das YOUSE-Team heraus, gewohnte Ideen von Kommunikation hinter sich zu lassen. Innerhalb des Workshops entstand unter anderem die Idee, Entwicklungsszenarien für Krisensituationen anzubieten. Auf dieser Idee basiert die Geschichte rund um die Foresight-App von Magnus.

Das YOUSE-Team hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt so intensiv mit den Entwicklungspfaden der Trendkarten beschäftigt, dass sie dieses Wissen in Diskussionen einbringen konnten. Dieser Effekt erstreckte sich auch in andere Forschungsprojekt-Treffen, in denen das YOUSE-Team Zukunftsannahmen hinterfragen und alternative Entwicklungspfade aufzeigen konnte und somit für mehr Weitblick in Diskussionen sorgen konnte.

Synthese

Wir entschieden uns für ein utopisches Erzählformat, da Utopien zwar aktuelle gesellschaftlichen Bedingungen kritisieren, aber gleichzeitig befähigen, über Alternativen nachzudenken, wie durch aktives Handeln Verbesserungen erreicht werden [Maa19]. Damit regen wir an, über wünschenswerte Alternativen der Krisenkommunikation nachzudenken und sich auch beim Sprechen über bedrohliche Situationen wohlfühlen. Nachdem im Design Fiction Workshop mit Praktiker:innen nicht hinreichend optimistische Geschichten entstanden waren, stellte sich heraus, dass wir als Projektteam den alleinigen Zugang zu allem bisher akkumulierten Wissen hatten und dementsprechend eine Synthese der unterschiedlichen Informationsquellen nur durch uns selbst erfolgen konnte. In einer Synthesephase wurden daher die Ideen aus P1 und P2 zusammengeführt und endgültig in das Format von Design Fictions, die wir *Crisis Utopias* nennen, überführt. Der Geschichte von Magnus liegen folgende Elemente aus den verschiedenen Phasen zugrunde:

Recherche Hintergrund

- Trend zunehmender Krisen
- Sowohl in der Literatur als auch in Interviews mit Krisenexpert:innen fanden wir Hinweise zur Notwendigkeit der Befähigung zur Selbsthilfe [Vos21]

Trendrecherche

- Simplexity (Simple Komplexität s.o.) [AAG22], [Fjo21-ol]
- Data-Services und Datenfanatik „Dataism“ (wie z. B. Google Maps) nehmen zu [AAG2] [Zuk-ol]
- Big Data und Voraussagen [Zuk-ol]
- Zunahme des Einsatzes von AR im privaten und im Arbeitskontext [AAG2]

Forschungspartner

- im Forschungsprojekt muss für die hier entstehenden Services ein Geschäftsmodell mit gegebenenfalls finanziellem Output gefunden werden
- das technische Innovationsteam des rbb beschäftigt sich im Forschungsprojekt mit der Frage, wie sie Menschen die Einschätzung von Krisen erleichtern können
- Die Idee Vorhersagen von Krisenentwicklungen anzubieten, stammt aus dem Design-Thinking Prozess (P1)

Interviews mit Betroffenen:

- Betroffene äußerten, dass sie so lange an ihrem Alltag verharren möchten wie möglich
- In sich anbahnenden Krisen haben viele von ihnen sich selber Kippunkte gesetzt, wie die Überschreitung einer Straße durch einen Waldbrand

- Betroffene spielen oft mehrere Szenarien durch und suchen sich so viele Informationen zusammen, wie möglich, um zu einer Einschätzung zu kommen

In einem internen Design-Fiction-Workshop wurden alle bisher durch Expert:innen, Forschungspartner:innen, Workshop-Teilnehmenden und dem YOUSE-Team geäußerten Ideen für Zukunftsszenarien gesammelt. Basierend darauf wurden weitere neue Zukunftsszenarien kreiert und auf die Diversität von Annahmen untersucht:

- Gibt es sowohl Szenarien, die technisch-kritisch als auch technisch-optimistisch in die Zukunft schauen?
- Gibt es Szenarien, die neo-liberale aber auch gemeinwohlorientierte Pfade der Krisenkommunikation zeigen?
- Gibt es als Gegenentwurf auch gemeinwohlorientierte Pfade?

Um mit den Design Fictions in der späteren Akzeptanzforschung Spannungsfelder wie diese zu diskutieren, wurde zu jedem Zukunftsszenario auch ein Gegenpol gestaltet. So stellte das Team sicher, dass nicht alle Utopien von den eigenen Wertvorstellungen geprägt sind. Der Schreibprozess wurde vorerst gemeinsam anhand der folgenden Leitfragen konzipiert:

- Wie sieht die Zukunft aus, in der wir uns befinden? (Generelle Entwicklungspfade, Grundannahmen, wie äußert sich diese Entwicklung, z. B. Gemeinwohlorientierung)
- Wie kam es dazu, dass die Zukunft so ist, wie von uns beschrieben?
- Welche Akteure interagieren wie in dem Szenario?
- Wie kann man das Beste aus dieser Zukunft herausholen?
- Was wäre das Lustigste, was passieren könnte? (Diese Frage sollte den kreativen Rahmen erweitern und das Leseerlebnis attraktiver gestalten.)

Die Leitfragen begünstigten eine ähnliche Detailtiefe in allen Design Fictions und zwangen beim Schreiben geradezu, sich intensiv mit den zukünftigen Gegebenheiten auseinanderzusetzen. So wurden Schwachstellen in der Gestaltung identifiziert und neue Ideen entwickelt. Als Schreibhilfe und Orientierung wurde das Framework *Communication Futures for Transformation* von BAUER herangezogen, welches auf der *Experiential Futures Ladder* von CANDY & DUNAGAN basiert. Szenarien werden in vier Ebenen unterteilt, die es zu beschreiben gilt: *Setting*, *Szenario*, *Situation* und *Interaktion*. Im Prozess der Konkretisierung entfernt man sich zwar vom datenbasierten Ausgangsmaterial, macht Szenarien aber für Außenstehende greif- und diskutierbar [CD17], [Bau21]. Die damit einhergehende Distanz zu den Rohdaten (Trends, Interview-Aussagen, usw.) wurde durch Texte zur Hintergrundrecherche kompensiert.

Test und Iterationsphase

Der Einbezug von Außenstehenden und Expert:innen (z. B. Kolleg:innen und Design-Expert:innen) stellt eine wichtige Säule des Prozesses dar. Bei der ersten Vorstellung der Design Fictions im YOUSE-Team, waren die Rückmeldungen beispielsweise von Fragen zu Eintrittswahrscheinlichkeiten dominiert (*Würde das wirklich so eintreten?*). Dies hemmte Teilnehmende, authentische Reaktionen zu Akzeptanz und Gefühlen gegenüber den Szenarien zu äußern. Also wurden Informationen zur Hintergrundrecherche in die Geschichte eingebaut. Dennoch zeigten die Rezipienten später starke emotionale Reaktionen auf die Geschichten (Ablehnung, Begeisterung, Irritation usw.), was zu der beabsichtigten Diskussion führte.

Status Quo: Umsetzungsphase Akzeptanzforschung

Aktuell wird ein Format entwickelt und organisiert, welches die Crisis Utopias für die breite Öffentlichkeit verständlich kommuniziert und besprechbar macht. Als Vorbild fungieren dabei bidirektionale Wissenschaftskommunikationsformate basierend auf spekulativem Design, wie HEIDINGSFELDER sie bereits für die Technologieakzeptanzforschung einsetzt [Hei18]. Diese überschneiden sich mit den Ansätzen der *Experiential Futures* von CANDY UND DUNAGAN, bei denen die Zivilgesellschaft Zukunftsszenarien anhand von Artefakten und Räumen erfahren und diskutieren kann. Ziel dabei ist es, als Teil der Akzeptanzforschung herauszufinden, welche Gefühle, Bedarfe und Werte durch die Utopien bei den Lesenden angesprochen werden [CD17]. Daraus sollen Rückschlüsse auf die Akzeptanz der dargestellten Ideen und Technologien sowie deren Nutzungskontext gezogen werden. Das zugrundeliegende Verständnis von Akzeptanz im Rahmen von technischen Entwicklungen beruht darauf, technische Innovationen als sozio-technische Systeme zu verstehen. Die Einstellung gegenüber diesen Systemen wird nicht ausschließlich durch Charakteristika der Technologie an sich bestimmt, sondern auch durch die Personen selbst sowie durch den Nutzungskontext [TMJ+17]. Jeder der insgesamt sechs Utopien liegen konkrete Fragestellungen zu Grunde, die Teil der Erzählung sind und als Diskussionsgrundlage dienen. Diese Fragen behandeln z. B. ob Menschen sich vorstellen können, in der Krise androiden Rettungskräften zu folgen oder eher menschlichen Retter:innen und Nachbar:innen vertrauen oder im Szenario *Krise im Premiumpaket* die Frage, ob Menschen mit Krisen Geld verdienen dürfen (s.o.). Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Artikels entwickelt YOUSE Methoden zur Erhebung dieser Fragen. In einer interaktiven Ausstellung sollen Akzeptanzfaktoren zu jeweiligen Technologien oder Zukunftspfaden erfasst werden.

5 Reflexion

5.1 Herausforderungen

Es gibt derzeit keine wissenschaftliche Methodik, um die Ausprägung und den Zugewinn an Futures Literacy zu messen. Jegliche Einschätzungen der eingesetzten Methoden können zum aktuellen Zeitpunkt lediglich anhand unserer Erfahrungen gemacht werden. Dennoch sollen die Hypothesen und erste Bewertungen zur Wirkung von Zukunftsforschungsmethoden in Innovationsprozessen als Ausgangspunkt für weitere Forschung aufgezeigt werden:

Kreativität und Offenheit brauchen Vulnerabilität: Aus der Forschung um Design Thinking ist bereits bekannt, dass die Kultur in Teams maßgeblich beeinflusst, wie kreativ sie arbeiten können [Bro08]: Kennen sich Teammitglieder, so minimieren sich die Bedenken Fehler zu machen und die Offenheit für kreative und innovative Ideen wird größer. Dieser Effekt zeichnete sich im vorliegenden Anwendungsfall ebenfalls ab. In größeren Videokonferenzen mit Stakeholdern, die miteinander nicht vertraut waren, war deutlich weniger Quantität und Qualität von Ideen zu verzeichnen (vgl. Futures Wheel mit dem Konsortium). Teilnehmende, die ihr Mikrofon aktiv einschalten müssen, um einen Beitrag zu leisten, haben viel Zeit, sich diesen zu überlegen und zu kuratieren anstatt Ideen intuitiv in den Raum zu geben. Daraus erschließt sich die

These, dass Zukunftsforschungsmethoden sowie Design Thinking vertraute Umgebungen benötigen, die eine offene Gesprächskultur ermöglichen und fördern.

Anspruch auf Endergebnisse: Ursprünglich war der Prozess so angelegt, dass die Ergebnisse aus partizipativen Formaten als Grundlage für utopische Geschichten fungieren sollten. Zwar nahmen Teilnehmer:innen aus dem Konsortium, dem YOUSE-Team oder Kreativ-Praktiker:innen an den Formaten der Zukunftsforschung mit Interesse und Begeisterung für die Denkanstöße teil, jedoch fiel es einigen Beteiligten schwer, ihre Gedanken adhoc in konkrete Ideen zu (utopischen!) Zukunftsszenarien zu verbalisieren und konkretisieren. Daraus schlussfolgern wir, dass das Verfassen konstruktiver Zukunftsszenarien vor allem in einem eher bedrohlichen Kontext wie Krisen mehr Hilfestellungen benötigt. Da kreative Zukunftsforschungsmethoden vermehrt als kritisches Format (*Critical Design*) an bestehenden Systemen genutzt werden, ist ein Perspektivwechsel auch für Praktiker:innen keine leichte Aufgabe. A priori war angedacht, dass die Synthese in Design Fictions im Prozess durch Praktiker:innen aus Kreativ- und Zukunftsforschung erfolgt. Jedoch war dies durch die vorher dargestellte Problematik zu abstrakt und die Synthese erfolgte schlussendlich durch das YOUSE-Forschungsteam. Dies legt die These nahe, dass Zukunftsforschungsmethoden als Denkanstöße konzipiert werden sollten, bei denen Perspektiven der Teilnehmer:innen einbezogen werden, anstatt fertige Endergebnisse von komplexen Aufgaben zu erwarten.

Aufwand des Prozesses: Die Erstellung der Crisis Utopias sowie die noch ausstehende Entwicklung hin zur Akzeptanzforschung sind ressourcenaufwendig und langfristig angelegt. Ein derartiger Aufwand ist für schnelle Innovationsprojekte weniger geeignet. Auch der Nutzen der Entwicklung von Design Fictions rechtfertigt gegebenenfalls nicht für jedes Projekt den dazugehörigen Aufwand. Im Kontext von Forschungsprojekten ist dieser jedoch durch die Thematik der gesamtgesellschaftlichen Relevanz gerechtfertigt. Es gilt, Ansätze zu entwickeln, die dem Anwendungskontext kürzerer Innovationsprojekte angepasst sind.

5.2 Chancen

Zukunftskompetenz und Future Literacy: Wir haben im Prozess beobachtet, wie sich Personen sowohl für FL-Prozesse geöffnet als auch eine gewisse Sensibilität gegenüber der Notwendigkeit der Einbindung multidimensionaler Perspektiven in den Innovationsprozess entwickelt haben. Diese Beobachtungen gilt es im weiteren Forschungsprozess sichtbar zu machen. Zusätzlich haben wir beobachtet, dass auch kleine wiederkehrende Interventionen, die FL vermitteln, einen positiven Effekt haben. Daher sehen wir großes Potenzial, weiter daran zu arbeiten, sowohl kurzweilige als auch umfangreiche Methoden zu entwickeln, um Innovationsteams FL näherzubringen.

Lerneffekt: Durch das Konzept der *Crisis Utopias*, war das Forschungsteam darüber hinaus gezwungen eine konstruktive Haltung gegenüber unterschiedlichsten Szenarien einzunehmen, was unter Expert:innen als fortgeschrittene Form von FL eingestuft wird [Bau21]. Die Autorinnen stellen daher die These auf, dass gerade diese kreativ-konstruktiven Methoden einen besonders tiefen Lerneffekt für Innovations- und Forschungsteams haben können.

Innovationsprozess: In ersten Testläufen mit YOUSE Kolleg:innen konnten wir außerdem beobachten, dass erstens neue Perspektiven und Ideen zu unseren Entwicklungen gesammelt werden konnten, die neue Impulse für unsere Design Fictions aber auch für die Innovationen liefern können. Zweitens ließen sich erste intensive Diskussionen über Werte, Gefühle und Bedürfnisse zu Ideen und Nutzungskontexten erkennen. Es liegt also nahe, dass auch die Umsetzungsphase spannende Ergebnisse für die Akzeptanzforschung sowie den weiteren Entwicklungsprozess bringen wird.

6 Fazit

Das Projekt ResKriVer versucht nicht nur, Krisenresilienz zu optimieren, sondern impliziert auch ein Bewusstsein für zunehmende Katastrophensituationen aufgrund des Klimawandels und unsicherer technischer und sozialer Entwicklungen. Ein weiterer Grund, dass Innovationspraktiker:innen zukünftig sensibler auf soziale, ökologische und ethische Implikationen reagieren und gleichzeitig Wege finden müssen, unkonventionelle Ideen zu entwickeln und aktuelle Trends durch vielversprechende Alternativen herauszufordern.

Diese Arbeit zeigt, wie hybride Methoden aus Zukunftsforschung und Design die perspektivische Vielfalt in Innovationsprozessen steigern (P1) und Design Fictions zusätzlich die Akzeptanzforschung zu noch nicht entwickelten Technologien erleichtern (P2). Als Haupterkennnis dieses Prozesses stellen wir fest, dass die damit verbundenen Aktivitäten (Recherche, Future Scoping, Co-Creation Design Fiction Workshop etc.) neben der ursprünglichen Funktion (P1, P2) auch maßgeblich zu der FL des Forschungsteams beitragen (P3). Future Scoping und Design Fiction sind daher vielversprechende, jedoch ressourcenintensive Ansätze für resiliente Innovationsprozesse. Daher laden wir Forschungs- und Entwicklungsteams ein, sich an dem Versuch zu beteiligen, neue Wege zu finden, Innovationsprozesse mit Methoden aus der Zukunftsforschung und dem Design zu kombinieren, da unser Ansatz nur der Anfang dieses Experiments sein kann.

Literatur

- [AAG22] ASTOR, M.; AMINOVA, E.; GRÜN WALD, A.: Voraus:schau! I-III. Runde: 112 Themen. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, 2022
- [Bau21] BAUER, K.: Futures Artefacts as means of Transformation. A critical review of design/futures practices through the lens of transformative science and the rising role of civic engagement in the Sustainability Transformation. University of Applied Sciences, Potsdam, 2021
- [BSK+23] BEINKE, C.; STELLER, P.; KANNNICHT, L.; GROBE-DUNKER, F.; KONRAD, G.; SCHONERT, C.; KONEW, M.; OTT, M.; KEIZER, D.; SÜSSER, N.; HONG OH, J.; LOBMÜLLER, T.; UMSTÄTTER, S.: Future Organisation Playbook. Die unverzichtbare Anleitung für innovative Unternehmen in der Transformation. Murmann Publishers, Hamburg, 2023
- [Bro08] BROWN, T.: Design thinking. Harvard business review, 86(6), 84. Harvard Business Publishing, Harvard Business Publishing, Massachusetts, 2008
- [CD17] CANDY, S.; DUNAGAN, J.: Designing an experiential scenario: The people who vanished. Futures, 86, S. 136–153, Elsevier, Amsterdam, 2017
- [CK19] CANDY, S.; KORNET, K.: Turning foresight inside out: An introduction to ethnographic experiential futures. Journal of Futures Studies, 23(3), 3–22, Taipei, 2019

- [Col82] COLLINGRIDGE, D.: *The Social Control of Technology*. Pinter, London 1982
- [DU06] DAHEIM, C.; UERZ, G.: Corporate foresight in Europe: ready for the next step. In *Second international seville seminar on future-oriented technology analysis: impact of FTA approaches on policy and decision-making*, 28.-29. September 2006, Seville, S. 1-16, 2006
- [DR13] DUNNE, A.; & RABY, F.: *Speculative everything: Design, fiction, and social dreaming*. The MIT Press, Cambridge, 2013
- [Fjo21-ol] FJORD: *Fjordtrend 2022*. Accenture Dienstleistungen GmbH, Kronberg im Taunus, 2021 Unter: <https://www.accenture.com/de-de/insights/interactive/fjord-trends-2022> Letzter Zugriff: 19.07.2023
- [GM22] GROB, B.; MANDIR, E.: *Zukünfte gestalten. Spekulation, Kritik, Innovation. Mit Design Futuring Zukunftsszenarien strategisch erkunden, entwerfen und verhandeln*. Verlag Hermann Schmidt, Mainz, 2022
- [Gru09] GRUNWALD, A.: Wovon ist die Zukunftsforschung eine Wissenschaft? In: Reinhold Popp und Elmar Schüll (Hrsg.): *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung*. Band 1, S. 25–35. Springer, Hamburg, Wiesbaden, 2009
- [Hei18] HEIDINGSFELDER, M.: *Zukunft gestalten Design Fiction als Methode für partizipative Foresight-Prozesse und bidirektionale Wissenschaftskommunikation*. Universität der Künste Berlin, Berlin, 2018
- [Her19] HERGER, M.: *Foresight Mindset: Die Kunst und Wissenschaft seine Zukunft zu designen*. Vahlen, München, 2019
- [Jös21-ol] JÖSTER-MORISSE, C.: *Trend-Analyse & Szenario-Entwicklung für Einsteiger – zwei Toolkits*. Unter: <https://future-impacts.de/trend-analyse-szenario-entwicklung-fuer-einsteiger-zwei-toolkits?lang=de>, 2021, Letzter Zugriff: 28.04.2023
- [Maa19] MAAHS, I.: *Utopie und Politik: Potenziale kreativer Politikgestaltung*. Transcript Verlag, Bielefeld, 2019
- [ML20] MEINEL, C.; LEIFER, L.: *Investigating Design Team Performance*. Springer International Publishing, Basel, 2020
- [Mil18] MILLER, R.: *Transforming the future: Anticipation in the 21st century*. UNESCO Publishing, Routledge Taylor & Francis, London, New York, 2018
- [MW16-ol] MONTGOMERY, E.; WOEBKEN, C.: *Extrapolation Factory Operator’s Manual*. Unter: <https://extrapolationfactory.com/> Letzter Zugriff: 03.05.2023, Veröffentlicht: 2016.
- [RND+23] RINGFORT-FELNER, R.; NEUHAUS, R.; DÖRRENBÄCHER, J.; GROBKOPP, S.; THEOFANOU-FUELBIER, D.; HASSENZAHL, M.: *Design Fiction in a Corporate Setting – a Case Study*. Conference: DIS '23: Designing Interactive Systems Conference, Pittsburgh, 2023
- [Sch13] SCHNEIDEWIND, U.: *Transformative literacy: Understanding and shaping societal transformations*. GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society, 22(2), 82–86, Oekom Verlag, München, 2013
- [SHA22] SCHWABE, S.; HÜLSEN, J.; TRÜBSWETTER A.: *arming the uncanny valley*. Berlin. Verlag der Universität der Künste, Berlin, 2022
- [Sla96] SLAUGHTER, R.: *Futures Studies. From individual to social capacity*. In: *Futures* 28 (8), S. 751–762, Elsevier, Amsterdam, 1996
- [TPM22] THEIS, B.; PATSCHA, C.; MAHN, J.: *Tabuisierte Zukünfte – Wie Tabus die Analyse des zukünftigen Möglichkeitenraums beeinflussen*. In: Schäfer, K., Steinmüller, K., Zweck, A.: *Gefühlte Zukunft*, S. 313-336, Springer Verlag, Wiesbaden, 2022
- [TFP20] TRÜBSWETTER, A.; FIGUEIREDO, L.; PRINZ, F.: *Gestaltung Integrierter Forschungs Ansätze zur ganzheitlichen Nutzerintegration*. In: Gransche, B.; Manzeschke, A. (Hrsg.): *Das geteilte Ganze Horizonte integrierter Forschung für künftige Mensch-Technik-Verhältnisse*. 305-324, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2020

- [TMJ+17] TRÜBSWETTER, A.; MEIBNER, A.; JENNY, M. & OUBARI, A.: Mitarbeitende für MRK begeistern. Projektatlas Kompetenz Montage: Kollaborativ und wandlungsfähig, S. 118-123, RWTH Aachen, 2019
- [UNESCO19-ol] UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO): Futures Literacy. An essential competency for the 21st century. Unter: <https://en.unesco.org/futuresliteracy/about>, Paris, 2019, Letzter Zugriff: 28.04.2023
- [Vol17-ol] VOLLMUTH, H: Science-Fiction hat mein Denken verändert. In: Süddeutsche Zeitung. Dezember 2017, München. Unter: <https://www.sueddeutsche.de/kultur/zukunftsvisionen-im-kino-science-fiction-hat-mein-denken-veraendert-1.3808805>, Letzter Zugriff: 28.04.2023
- [Vos21] VOSS, M: Lessons to learn. Zustand und Zukunft des Bevölkerungsschutzes in Deutschland vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie. KFS Working Paper Nr. 20. Berlin, 2021
- [Zuk-ol] ZUKUNFTSINSTITUT: Die Megatrends. Unter: <https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends/#12-megatrends>, Letzter Zugriff: 19.07.2023

Danksagung: Der Anwendungsfall entstammt dem Forschungsprojekt ResKriVer – gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK) unter dem Förderkennzeichen 01MK21006K im Forschungsprogramm KI Innovationswettbewerb gefördert wird.

Autoren

Kristin Bauer, M.A. forscht und praktiziert bei YOUSE seit ihrem Master in “Urbane Zukunft” an der FH Potsdam an der Schnittstelle von Design-, Transformations- und Zukunftsforschung. In verschiedenen Kontexten entwirft sie Methoden zur Wissensvermittlung und Co-Creation.

Jantje Meinzer, M.A. studierte Medienmanagement an der MDH Berlin und Zukunftsforschung an der Freien Universität Berlin. Seit 2020 begleitet sie bei YOUSE Forschungsprojekte der nutzerzentrierten Technologieinnovation sowie gesellschaftlicher Transformation und Zukunftsforschung.

Szenarioprozesse für die Wissenschaftskommunikation am Beispiel von Quantentechnologien

Ralph Gutknecht

Elna Schirrmeister

Dr. Simone Kimpeler

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Tel. +49 (0) 721 68 09-0

E-Mail: {ralph.gutknecht/elna.schirrmeister/simone.kimpeler}@isi.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Die Öffnung des Innovationssystems für neue Akteure ist für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und den Standort Deutschland insgesamt von zentraler Bedeutung. Dabei geht es um die Einbindung diverser Stakeholder in den Innovationsprozess, um in Zeiten zunehmender Komplexität und gesellschaftlicher Dynamik deren Wissen einzubeziehen, Synergien für F&E zu nutzen und zukünftige Bedarfe und Marktpotenziale zu identifizieren. Angemessene Konzepte der Wissenschafts- und Innovationskommunikation sind notwendig, um zu den Funktionsweisen und Potenzialen von Technologien mit unterschiedlichen Zielgruppen in den Dialog zu treten. Dies ist insbesondere bei Zukunftstechnologien mit disruptivem Potenzial wie den Quantentechnologien herausfordernd, da sich deren Funktionsweisen und Auswirkungen nicht intuitiv mit dem heutigen Alltagserleben vereinbaren lassen. Die Szenario-Methodik kann hier einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie die Technologien in mögliche Anwendungskontexte einbindet und die Chancen und Risiken sowie die Wünsche und Anforderungen an die Technologien auf der Basis unterschiedlicher Zukünfte reflektiert.

Unser Beitrag stellt einen zu diesem Zweck angepassten partizipativen Szenarioprozess vor, sowie seine Umsetzung im BMBF geförderten Verbund-Projekt „QUANTA: QUANTisch für Anfänger:innen“. Dabei wurden unter Einbezug verschiedener Fachexpert:innen vier Anwendungsszenarien für Quantentechnologien im Jahr 2040 entwickelt und diese im Rahmen verschiedener Dialogformate insbesondere mit Jugendlichen als zukünftige Fachkräfte und Anwender:innen erprobt.

Schlüsselworte

Foresight, Szenarien, Szenariotechnik, Wissenschaftskommunikation, Quantentechnologien, Tetralemma

Scenario processes for science communication with the example of quantum technologies

Abstract

Opening up the innovation system to new actors is of central importance for the competitiveness of companies and for Germany as a business location. This involves the inclusion of diverse stakeholders in the innovation process in order to incorporate their knowledge, use synergies for R&D and identify future needs and market potentials. This requires appropriate concepts of science and innovation communication in order to engage in dialogue with different target groups about the functioning and potential of technologies. This is particularly challenging in the case of future technologies with disruptive potential, such as quantum technologies, since their functioning and effects do not intuitively match today's everyday experience. In this context, the scenario methodology can make an important contribution by integrating the technologies into possible future application contexts and reflecting on the opportunities and risks of, as well as wishes and requirements for, the technologies on the basis of different futures.

Our article presents a participatory scenario process optimised for this purpose and its implementation in the BMBF-funded joint project "QUANTA: QUANTisch für Anfänger:innen". Four application scenarios for quantum technologies in the year 2040 were developed with the involvement of domain experts and tested in various dialogue formats, especially with young people as future specialists and users.

Keywords

Foresight, Scenarios, Scenario Planning, Science Communication, Quantum technologies, Tetralemma

1 Einleitung

In Zeiten zunehmender Komplexität und gesellschaftlicher Dynamik ist die Öffnung des Innovationssystems zentral, um die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und den Standort Deutschland insgesamt zu sichern. Es geht darum diverse Stakeholder einzubeziehen, um deren Wissen zu nutzen, zukünftige Bedarfe und Marktpotenziale zu identifizieren und Synergien für Forschung und Entwicklung zu schaffen [SJM14]. Damit dies gelingen kann sind angemessene Konzepte der Wissenschafts- und Innovationskommunikation notwendig, um zu den Funktionsweisen und Potenzialen von Innovationen mit unterschiedlichen Zielgruppen in den Dialog zu treten [EDM17], [Huc09].

Je disruptiver das Potenzial der Innovationen, desto wichtiger ist der Einbezug der breiten Öffentlichkeit, um Chancen und Herausforderungen aufzuzeigen, Hoffnungen und Befürchtungen zu verhandeln und letztendlich auszuhandeln welche Rahmenbedingungen erforderlich sind, damit ein breites gesellschaftliches Vertrauen in die Technologieentwicklung entstehen kann [RK21]. Dabei ist Kommunikation keine Einbahnstraße, sondern es sind dialogische Formate und reziprokes Lernen gefragt [LT21], [BOS03]. Von der gemeinsamen Formulierung von Anwendungsbedarfen und -ideen über die ko-kreative Gestaltung von Forschungsprogrammen bis hin zu Citizen Science [BR16] – der Mehrwert von Partizipation in der Forschung gewinnt an Bedeutung [All22], [SK19]. Gleichzeitig sind nicht alle Formate für jeden Kontext geeignet und disruptive „Zukunftstechnologien“ stellen eine besondere Herausforderung für die Einbindung der breiten Öffentlichkeit dar: Gerade weil sie zu umfangreichen Veränderungen im Status Quo führen können, sind sie z. T. nur schwer mit dem heutigen Erleben zu vereinen, was zu Missverständnissen, Ablehnung oder überhöhten Erwartungen führen kann [RK21]. Der hier gewählte Szenarien-basierte Foresight-Prozess beruht auf Ansätzen des Responsible Research and Innovation (RRI) [Sch11], der partizipativen Innovations- und Technikanalyse [Jas03], [WRM13], [Len08], der Theory of Negotiation [MT09], Participative Foresight [WH08] und Co-Design. Der gemäß diesen Grundlagen entwickelte Foresight-Prozess birgt großes Potenzial zur Unterstützung von verantwortungsbewussten Transformationsprozessen und der Überwindung von Pfadabhängigkeiten. Er fördert mit diskursiven, kreativen und lösungsorientierten Formaten bei den eingebundenen Akteuren das Aufbrechen von Denkmustern und das Aufweiten von Wahrnehmungsfildern.

Die zweite Generation von Quantentechnologien (QT) bewegt sich genau in diesem Spannungsfeld. Der Begriff beschreibt eine ganze Familie von Technologien, die quantenmechanische Effekte aktiv kontrollieren und nutzen, um gänzlich neue Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen. Neben den prominenten Quantencomputern, die durch die Parallelisierung von Rechenprozessen zu Operationen in der Lage sind, die auf Basis bisheriger Computertechnologie nie zu erreichen wären, ergeben sich durch die Nutzung von Quanteneffekte auch in diversen anderen Bereichen Potenziale – z. B. in der Sensorik, Simulation, Kommunikation und Kryptographie und vielen anderen. Während in einigen Bereichen bereits heute marktfähige Anwendungen zur Verfügung stehen, sind andere noch weit davon entfernt und es ist unklar, in welchem Maße sich heute angestrebte Anwendungen in Zukunft realisieren lassen. Fest steht jedoch, dass mit der Fähigkeit quantenmechanische Systeme anwendungsfähig zu manipulieren,

gänzlich neue technische Möglichkeiten entstehen, die unseren Alltag grundlegend verändern könnten [SRA16]. Dieses Potenzial spiegelt sich auch in den Summen wieder, die in die Entwicklung von QT investiert werden. Weltweit wurden bis zum Jahr 2021 insgesamt öffentliche Fördermittel von über 31 Mrd. US-Dollar angekündigt [KF21]. Im April 2023 verabschiedete die Bundesregierung das „Handlungskonzept QT“, für das bis 2026 öffentliche Investitionen in Höhe von 2,18 Mrd. Euro vorgesehen sind [Bun23].

Während zum jetzigen Zeitpunkt der Mehrwert einer Einbindung der breiten Öffentlichkeit unmittelbar in die Technologieentwicklung fraglich ist, verdeutlicht u. a. [Sch22-ol], dass stattdessen diskursive Formate notwendig sind, um die Öffentlichkeit teilhaben zu lassen. Die Vermittlung und der Austausch über Funktionsweise und Bedeutung der intuitiv z. T. schwer greifbaren Technologien bleibt jedoch herausfordernd. Die Strategische Vorausschau (Foresight) bietet vielfältige Potenziale, zukünftige Entwicklungspfade zu erkunden und so die Wissenschaftskommunikation zu unterstützen, eine dialogische Auseinandersetzung zu ermöglichen. Insbesondere die Arbeit mit Szenarien kann helfen, die langfristigen Unsicherheiten von disruptiven Technologien handhabbar zu machen, sie in einen reichhaltigeren Kontext einzubetten und durch das Eintauchen in unterschiedliche Zukünfte einen Bezug zum Alltagserleben der Beteiligten herzustellen. So können Szenarien im Sinne von Storytelling-Ansätzen als „Storyworlds“ angesehen werden, welche die Leitplanken einer nahbaren Geschichte darstellen, so dass ein Bezug zum Alltagserleben von Personen ohne umfangreicheres Wissen bezüglich der Technologien besser hergestellt werden kann [MWB23].

Dieser Beitrag stellt einen partizipativen Szenarioprozess vor, der für die Entwicklung einstiegsgerechter Szenarien für die diskursive Auseinandersetzung mit möglichen Zukünften für Personen ohne tiefgehendes Vorwissen optimiert wurde. Dazu wird die Erprobung des Ansatzes im Rahmen des BMBF geförderten Projektes QUANTA praxisorientiert dargestellt und die erarbeiteten Szenarien für Quantentechnologien und deren Anwendungen im Jahr 2040 präsentiert.

QUANTA ist ein durch das BMBF gefördertes Verbundprojekt in der Fördermaßnahme „Quantum aktiv – intuitive Outreachkonzepte für die Quantentechnologien“. Die Projektpartner Deutsches Museum, Fraunhofer ISI und Max-Planck-Institut für Quantenoptik mit assoziierten Partnern haben innerhalb der Projektlaufzeit Januar 2021 bis April 2022 ein Methodenset zur Vermittlung von Quantentechnologien entwickelt und erprobt. Das Fraunhofer ISI führte dabei verschiedene partizipative Formate durch, um Anwendungspotenziale von Quantentechnologien zu vermitteln und Meinungsbildungsprozesse zu fördern. Methodisches Kernstück war dabei ein im Rahmen des Projektes durchgeführter Szenarioprozess. An zwei Online-Workshops im Abstand von sieben Tagen wurden mit 15 Fachexpert:innen mit unterschiedlichem Bezug zum Thema (u. a. Grundlagen- und angewandte Forschung, Industrieverbände, Bildungseinrichtungen, diverse Start-Ups) Szenarien für Quantentechnologien und deren Anwendungen im Jahr 2040 entwickelt und Anwendungsbeispiele erarbeitet. Die Ergebnisse wurden im weiteren Verlauf mit unterschiedlichen Zielgruppen – insbesondere Jugendliche und junge Erwachsene – diskutiert und weiter ausgearbeitet. Ausgangspunkt für die Entwicklung der Szenarien im Kontext dieses Projektes war die Annahme, dass sich die mit dem spezifisch angepassten Szenari-

oprozesses entwickelten Szenarien zu Quantentechnologien für die Wissenschaftskommunikation mit einer breiteren Öffentlichkeit, insbesondere für den Dialog zwischen Expert:innen und Laien, eignen.

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen und die Ergebnisse des Szenarioprozesses dargestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der vom Fraunhofer ISI adaptierten Tetralemma-Methode zur Ausarbeitung alternativer Entwicklungspfade von Einflussfaktoren, als einen Teilschritt des Szenarioprozesses. Außerdem werden spezifische Anpassungen des Prozesses aufgegriffen, die für die Entwicklung von einstiegshilfreichen Szenarien zu Kommunikationszwecken vorgenommen wurden. Für einen Rückschluss auf die Eignung der Ergebnisse für die gesetzten Ziele, werden Einschätzungen zu den Szenarien präsentiert und interpretiert. Die weitere Darstellung von Prozess und Ergebnissen ist bewusst knapp gehalten.

2 Szenariomethodik und erzielte Ergebnisse

Szenarien stellen ein zentrales Instrument im Sortiment der Foresight-Methoden dar. Entsprechend haben sich unterschiedliche Auffassungen darüber entwickelt, was genau unter Szenarien zu verstehen ist. Wir schließen uns Spaniol und Rowland an, die anstelle einer umfassenden Definition grundlegende Eigenschaften von Szenarien extrahiert haben, die sich über unterschiedliche Definitionen und Anwendungskontexte hinweg wiederfinden [SR19]. Szenarien sind demnach zukunftsgerichtet, beziehen externe Dynamiken ein, folgen einer narrativen (keiner rein numerischen) Darstellung, sind in sich plausibel und werden als systematisches Set erarbeitet, das mehrere, zueinander unterschiedliche Szenarien enthält. Darüber hinaus verstehen wir die Erstellung von und Arbeit mit Szenarien als partizipativen Prozess, bei dem diverser Stakeholder eingebunden werden und neben inhaltliche Erkenntnisse, auch der Prozessnutzen für die beteiligten Individuen (und ggf. deren Organisationen) ein wichtiges Ziel darstellt [Mil07], [Nik14].

Auch in Bezug auf die methodische Umsetzung von Szenarioprozessen besteht eine große Vielfalt [Cra19]. In der Praxis wird das Vorgehen zumeist individuell vor dem Hintergrund der Zielsetzung und den Rahmenbedingungen eines Projektes abgestimmt. Dabei finden sich wichtige Eckpfeiler des Prozesses wieder (vgl. Bild 1), deren projektspezifische Anpassung und die jeweilige Begründung stellen jedoch den eigentlichen Mehrwert dar.

Wie auf Bild 1 zu sehen werden im Prozess zentrale Einflussfaktoren festgelegt, Annahmen zu deren zukünftiger Entwicklung ausgearbeitet, diese zu Szenarien zusammengefasst, die Bedeutung der Szenarien erörtert sowie Details ergänzt und schließlich weiterführend mit und über die Szenarien kommuniziert. Im Folgenden wird die konkrete Umsetzung der einzelnen Schritte im Beispielpjekt unmittelbar mit den dazugehörigen Ergebnissen dargestellt.

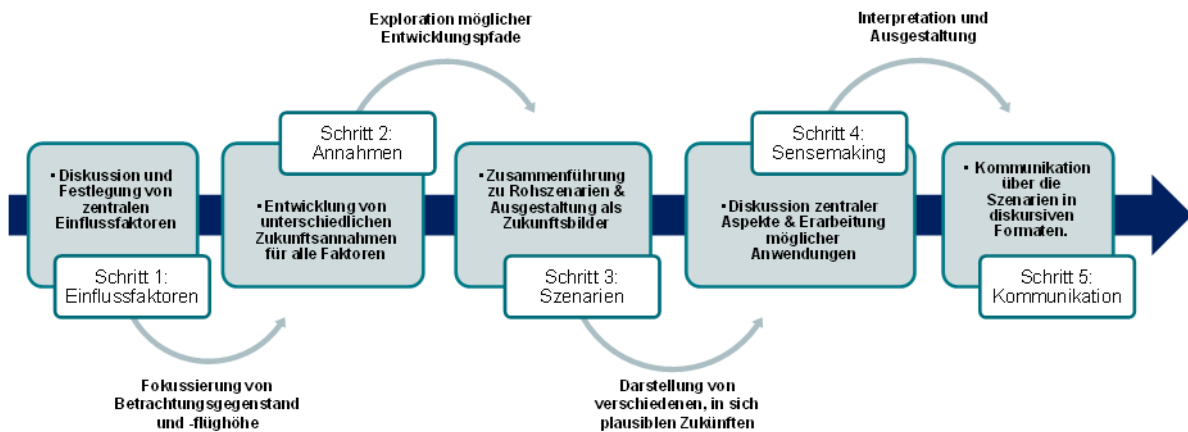


Bild 1: Übersicht Szenario-Prozess

2.1 Auswahl der Einflussfaktoren

Zu Beginn des Prozesses wird die „große Frage nach der Zukunft der Quantentechnologien“ in kleinere Bereiche aufgeteilt. Es werden Einflussfaktoren ausgewählt, die als zentral für die zukünftige Entwicklung des betrachteten Feldes erachtet werden. Die Auswahl der Einflussfaktoren, deren Anzahl und Spezifität stellt eine Fokussierung des Betrachtungsgegenstandes dar und hängt von der zu erzielenden Flughöhe der Szenarien ab. Für die Generierung von einstiegfreundlichen Szenarien zu Kommunikationszwecken, bietet sich eine wenig spezifische Formulierung der Einflussfaktoren an, um möglichst nachvollziehbare Zukünfte zu entwerfen, die erst im Anschluss mit konkreteren Beispielen der Technologieanwendungen angereichert werden. Bild 2 zeigt die betrachteten Einflussfaktoren im Beispielprojekt. Diese sind sehr allgemein gehalten, es wurden jedoch spezifischere Unterpunkte aufgeführt und von den Teilnehmenden ergänzt, die für die groben Faktoren konkretere Fragestellungen beispielhaft nennen.



Bild 2: Ausgewählte Einflussfaktoren mit Spezifikationen

2.2 Annahmenentwicklung mit der Tetralemma-Methode

Mithilfe der vom Fraunhofer ISI für den Szenario-Prozess adaptierten Tetralemma-Methode wurden zu den ausgewählten Einflussfaktoren alternative Entwicklungspfade erarbeitet [SD11]. Ursprünglich geht das „Tetralemma“ (gr. tetra: vier, lemma: Annahme) auf die Indische Logik zurück und beschreibt dort mögliche (Wahrheits-)Zustände einer Aussage.

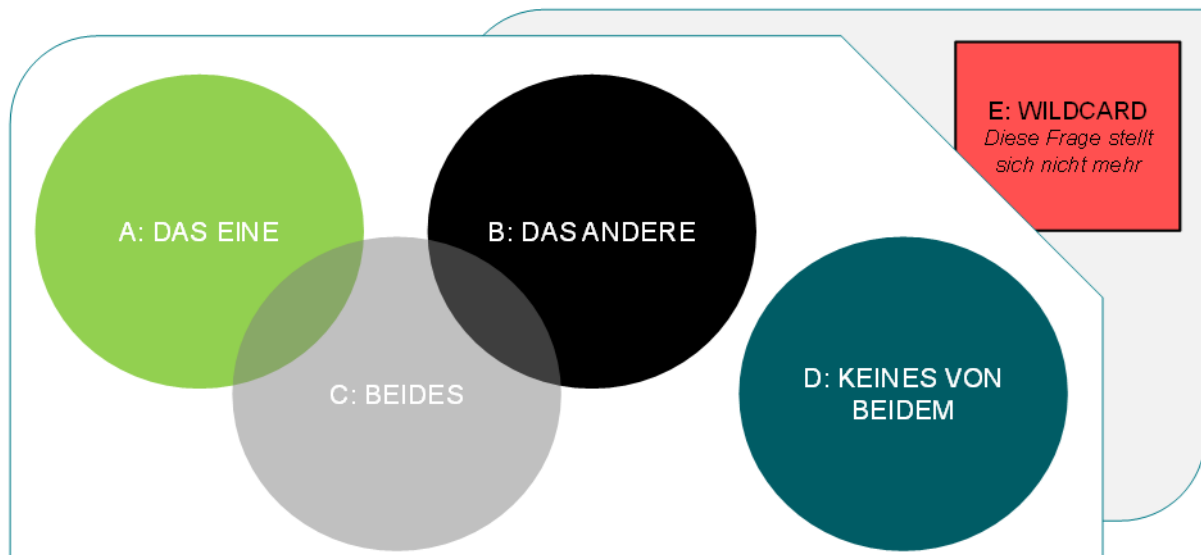


Bild 3: Tetralemma-Methode zur Ausarbeitung von Zukunftsannahmen

Während in der westlichen Logik eine Aussage „wahr“ oder „falsch“ sein kann, besagt das Tetralemma stattdessen vier mögliche Zustände: „wahr (und nur wahr)“, „falsch (und nur falsch)“, „sowohl falsch, als auch wahr“ sowie „weder wahr noch falsch“. Zudem existiert als zusätzliche fünfte Position, die Negation aller vier Aussagen [GP09]. Dieses, im westlichen Sinne paradoxe, wie auch nach wie vor in seiner ursprünglichen Meinung umstrittene Schema (vgl. [Wes20]) wurde in verschiedene Disziplinen in eine praktikable Form übersetzt, um insbesondere in Entscheidungssituationen den Optionsraum eines typischen „Dilemmas“ um weitere Optionen zu ergänzen. Neben der systemischen Beratung, betrifft dies z. B. Ansätze aus dem Innovationsmanagement [RG11] oder der Managementberatung [KR20], [MK16]. Bild 3 zeigt das vom Fraunhofer ISI adaptierte Schema als strukturelle Hilfe zur Ausarbeitung von Zukunftsannahmen in einem Szenarioprozess.

Die Teilnehmenden des Prozesses werden instruiert, anhand der Struktur plausible Zukunftsannahmen zu entwickeln. Der oft naheliegenden Dualität zweier Positionen („A: Das Eine“, „B: Das Andere“), die in verschiedener Form initiiert werden kann – z. B. einer besonders prominenten Zukunftserwartung und deren Gegenpol – wird eine Konjunktion („C: Beides“) hinzugefügt. Alleine für die gedankliche Konstruktion dieser Konjunktion schlagen [VS16] 13 unterschiedliche Möglichkeiten vor. Auch wenn sich Anwendungskontext und Umsetzung unterscheiden, veranschaulicht dies, dass trotz der strukturellen Hilfe der Methode dennoch viel Raum für die Kreativität der Teilnehmenden bleibt. Für den Kontext des Szenario-Prozesses sind gängige Optionen für C z. B. eine Ausprägung, die sowohl Elemente von A, als auch B enthält, oder eine Ausprägung, die einen Kompromiss zwischen A und B darstellt, der jedoch (auch) neue Lösungen beinhaltet. D ist hingegen eine gänzlich andere Lösung („D: Keines von beidem“), wobei auch hier vielfältige Möglichkeiten bestehen eine entsprechende Position zu generieren. Häufig entstehen im Prozess mehrere Optionen für eine der Positionen – insbesondere im Falle von C und D. Ergebnisse zur fünften Position E, die sich aus der Negation der bisher betrachteten Positionen ergibt („Nichts von alledem“), können im Kontext von Szenarien oft als Wildcards angesehen werden. E wird geframt als eine Option, die sich „auf einer anderen Ebene“ bewegt (wie grafisch dargestellt) und deren anzunehmende Folgen als so einschneidend

bewertet werden, dass sie sich im Zusammenspiel der Faktoren nicht mit den sonstigen Positionen kombinieren lässt, bzw. jegliche dieser Positionen dominieren würde („Diese Frage stellt sich nicht mehr“). Die E Positionen werden für die Szenarienkonstruktion nicht unmittelbar verwendet, können aber z. B. genutzt werden, die Robustheit der entstandenen Szenarien zu diskutieren. Unabhängig von der weiteren Verwendung der ausgearbeiteten Optionen dient E auch dazu auszuloten, welche Möglichkeiten die Gruppe als „noch auf derselben Ebene“ ansieht (dann häufig als eine mögliche Option von D) und welche Ausprägungen von der Gruppe bereits als (zu) drastisch angesehen werden. Die Diskussion verfolgt damit einen Prozessnutzen und dient der Kalibrierung des Optionsraumes. Beispiel für mögliche Ausprägungen finden sich in Bild 5 bis 8.

Die Methode hat den Vorteil, dass zu jeder Ausprägungsmöglichkeit durch die Struktur des Schemas mehrere, sich systematisch voneinander unterscheidende Alternativen ergänzt werden. Dabei können, abhängig von z. B. der Vorerfahrung der Prozessteilnehmenden oder des Wissensstandes der zu erreichenden Zielgruppe, zusätzliche Vorgaben zur Ausrichtung gemacht werden. Insbesondere bietet es sich an, die Positionen A und B durch bestimmte Ausfüllanweisungen zu „verankern“ und die restliche Struktur um diese herum auszuarbeiten. Für die Generierung von einstiegfreundlichen Szenarien wurde im Beispielprojekt gezielt eine „best case“/„worst case“ Gegenüberstellung gewählt (formuliert als „A: Dreamer“ und „B: Pessimist“). Die Teilnehmenden wurden gebeten, für jeden Faktor die Ausprägung auszuarbeiten, die aus ihrer Sicht A: bei einer maximalen Ausschöpfung der Potenziale von Quantentechnologien, bzw. B: bei einer minimalen Ausschöpfung dieser Potenziale im Jahr 2040 vorherrschen würden. Zwar sind die Positionen u. a. durch die Subjektivität der Aufgabenstellung, insbesondere bezüglich der weniger technischen Faktoren, nicht völlig konfliktfrei, jedoch war die Diskussion und Verhandlung der entsprechenden Ausprägung durchaus gewünscht. Das Aufgreifen entsprechend „stereotyper“ Ausprägungen wird in Szenarioprozessen meist vermieden, um gewohnte, häufig einseitige Denkschemata aufzubrechen und so Raum für nuanciertere, „spannendere“ Optionen zu schaffen. Zur Generierung von einstiegfreundlichen Szenarien und der Offenlegung von gängigen Hoffnungen und Ängsten, die hinter den möglichen Entwicklungen liegen, ist jedoch gerade der Rückgriff auf stereotype Entwicklungsannahmen eher als hilfreich zu bewerten. Die zusätzlichen Positionen C und D erlauben zudem andersartige Möglichkeiten zu betrachten, sodass dennoch ein breiter Optionsraum abgedeckt wird. Für C und D können dabei ebenfalls zusätzliche Richtungsweisungen gegeben werden. C wurde im Prozess geframt als „Mediator“ (vermittelnde Position zwischen best/worst case), D als „Inventor“ (Position, die sich von den restlichen Annahmen merklich unterscheidet). Die Verankerung der einzelnen Positionen stellt letztendlich eine Kombination aus Tetralemma und anderen Kreativitätstechniken dar. Das im Projekt gewählte Framing kann als Hybrid aus der Walt-Disney-Methode [BG20] und der Denkhüte-Methode nach De Bono [VH14] verstanden werden, je nach Kontext ist auch die Kombination mit anderen Techniken möglich.

Insgesamt wurde die Methode von den Prozessteilnehmenden als „sehr hilfreich“ bis „eher hilfreich“ eingeschätzt, um Ideen zu generieren und den Optionsraum möglicher Annahmen abzudecken. Im Abschlussfeedback wurde mehrfach hervorgehoben, dass der Prozess eine einzigartige Plattform im Kontext von Science Labs und Technikmuseen schafft, um sich strukturiert

mit „dem Großen Ganzen“ auseinanderzusetzen. Das Feedback der Fachleute, sowie die entstandenen Szenarien und deren Bewertung durch nicht am Prozess Teilnehmende (s. u.) zeigen, dass die Methode und die vorgenommenen Anpassungen die Ziele des Prozesses unterstützt haben.

2.3 Szenarien für Quantentechnologien im Jahr 2040

Die Ausarbeitung von Annahmen mithilfe der Tetralemma-Methode und einer zusätzlichen Verankerung der Positionen, wie im vorherigen Absatz beschrieben, hat in der Praxis einen zusätzlichen Vorteil bezüglich der Bündelung der Annahmen zu Rohszenarien. Aufgrund der Verankerung findet bereits während der Ausarbeitung der Annahmen ein Aushandlungsprozess zwischen den Teilnehmenden statt. Durch die relative Vielfalt der möglichen Positionen und der Möglichkeit mehrere Optionen pro Position auszuarbeiten, muss kein Konsens erzwungen werden. Dennoch ergibt sich eine gewisse „Vorgruppierung“, die bei der Bündelung der Annahmen zu Rohszenarien oder „Szenario-Seeds“ [EUA22] (d. h. der Kombination einiger, aber nicht aller Einflussfaktoren, die im weiteren Verlauf vervollständigt werden) aufgegriffen werden kann (wenn auch nicht muss). Ein solches Vorgehen ist aus ökonomischer Sicht sinnvoll, um den z. T. sehr hohen Aufwand der Szenarienkonstruktion zu reduzieren, sollte in Anbetracht der damit einhergehenden Nachteile jedoch gründlich abgewägt werden. Dazu zählt, dass der Möglichkeitsraum systematisch eingegrenzt wird, da nicht alle möglichen Kombinationen von Annahmen berücksichtigt werden. Zudem können sich bestimmte Heuristiken und Biases, die während Szenarioprozessen eine Rolle spielen, besonders stark auf den Prozess und die Ergebnisse auswirken [SGW20], [SM19]. Im Kontext des Beispielprojektes sind diese Aspekte jedoch vernachlässigbar oder sogar als Vorteil zu werten, da in erster Linie die markantesten, „offensichtlichsten“ Zukunftsvorstellungen bezüglich Quantentechnologien vermittelt werden sollten, anstatt außergewöhnliche oder „überraschende“ Szenarien zu generieren.

Aus den gesammelten Optionen der verschiedenen Tetralemma-Positionen konnten daher mit relativ geringem Aufwand Vorschläge für Rohszenarien abgeleitet werden. Dabei wurden jedoch durchaus vereinzelt Optionen unterschiedlicher Positionen kombiniert, wenn dies dazu beitrug, die Diskussionen des ersten Workshops adäquat abzubilden. Die Teilnehmenden diskutierten im zweiten Workshop, ob der Optionsraum durch die Szenarien gut abgedeckt ist, und ergänzten weitere Anwendungsbeispiele (Sensemaking). Die Vorschläge wurden außerdem hinsichtlich ihrer Eignung zur Vermittlung von unterschiedlichen Zukunftsvorstellungen von Quantentechnologien diskutiert. Bild 4 zeigt eine schematische Einordnung der letztendlich ausgewählten Szenarien und deren konsolidierte Titel.

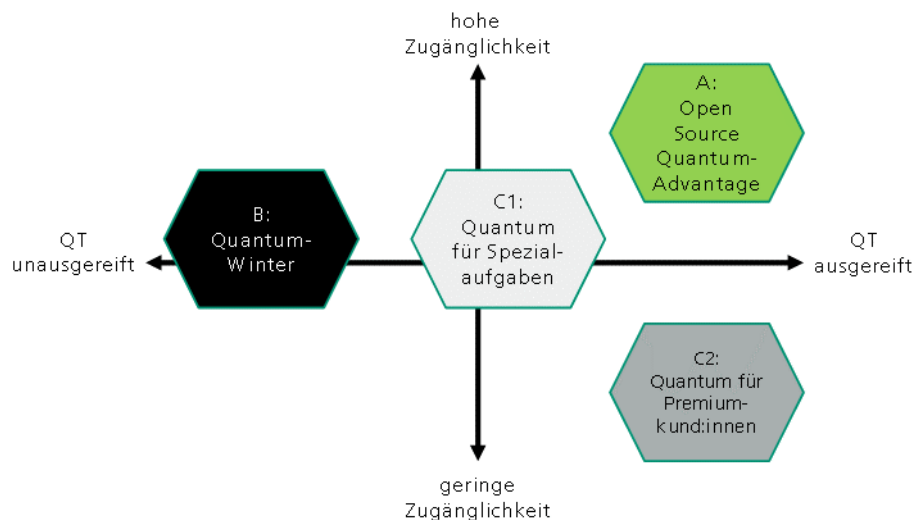


Bild 4: Übersicht über die vier entstandenen Szenarien

Die Buchstaben, die den Szenariotiteln vorausgehen, sind angelehnt an die Positionen der Tetralemma-Methode und insbesondere im Falle von A und B an deren Ausfüllanweisungen: A: maximale vs. B: minimale Potenzialausschöpfung. Die Szenarien setzen sich jedoch nicht selten aus Kombinationen von Einflussfaktoren mit unterschiedlichen Positionen zusammen und folgen in ihrer Gesamtheit daher einer eigenen Logik. So wurde beispielsweise eine Position D des Faktors „Technologiesouveränität“, die in der Annahme von QT als Open Source Technologie bestand, in das Szenario A namensgebend aufgenommen, da diskutiert wurde, dass die in A beschriebenen technischen Möglichkeiten im angenommenen Zeithorizont nur bei einer offenen Zugänglichkeit zur Technologie und einer aktiven, unabhängigen Entwicklercommunity erreicht werden kann. Open Source Software und auch Hardware wurde daher von einigen Teilnehmenden als eine Art Voraussetzung für eine entsprechende rasante Entwicklung gesehen.

Insgesamt können die vier Szenarien anhand der Achsen Technologie-Zugänglichkeit und -Reifegrad relativ gut zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Grob zusammengefasst erstreckt sich der Optionsraum über:

- A: Ein Szenario mit ausgereifter QT in allen Bereichen, die durch eine aktive Open Source den Status als „Herrschaftstechnologie“ verloren hat und für jeden und jede zugänglich ist
- B: Ein Szenario, in dem ähnlich eines KI-Winters die QT hinter den Erwartungen zurückbleibt. Anwendungen nehmen aufgrund von Konkurrenztechnologien eher ab als zu, so dass die Zugänglichkeit letztendlich keine Rolle mehr spielt
- C1: QT macht dort Fortschritte, wo sie wirklich Mehrwert schafft und D/EU sind in bestimmten Nischen stark, als Zulieferer oder Teil von Konsortien
- C2: QT wird von wenigen Playern außerhalb von D/EU vorangetrieben. Es existieren ausgereifte Anwendungen, zu denen man hierzulande aber nur gegen hohe Gebühren Zugang hat

Die Bilder 5, 6, 7 und 8 zeigen schematisch eine detailliertere Auflistung der Szenarien anhand der spezifischen Ausprägungen aller Einflussfaktoren, dabei wird die Verteilung der Einzelbewertungen anhand des Farbverlaufs dargestellt, während die Balken den Mittelwert der Bewer-

tung abbilden. Die schematische Darstellung in Form von Rohszenarien ist ein bewährter Zwischenschritt in der Szenariomethodik [ES16]. Zu den Szenarien wurde zudem mit rein erläuternder Funktion der Kernelemente eine Beschreibung als Fließtext erstellt. Ein solches Format eignet sich besonders, um Interessierten ohne Interaktionspartner einen Eindruck von den unterschiedlichen Szenarien zu vermitteln, z. B. als Erklärtafel neben dem Museumsexponat. Für die dialogischen Formate in der Museumskommunikation und -bildung [HK23], [GR21], in denen die Szenarien im Rahmen des Projekts erprobt worden sind, hat sich hingegen die Vorstellung der Szenarien anhand der schematischen Darstellung als besserer Einstieg für anschließende Diskussionen in den Szenarioworkshops erwiesen. Durch den Verzicht auf narrative Storylines in der Vorstellung der schematischen Rohszenarien werden den Teilnehmenden mehr Möglichkeiten der Entwicklung eigener, individueller Zukunftsbilder und -narrative geboten. Das erhöht die Möglichkeit, sie anschlussfähig an persönliche Visionen und Vorstellungen zu machen [HH21], [PI20].

Die folgenden Szenariodarstellungen werden durch eine Bewertung ergänzt, die von Studierenden bei einer der Dialogveranstaltungen vorgenommen wurde. Auf die Bewertungen und deren Interpretation wird im nächsten Abschnitt umfangreicher eingegangen.

Szenario A: Open Source Quantum Advantage



Bild 5: Ausprägungen und Bewertung Szenario A

Szenario B: Quantum-Winter

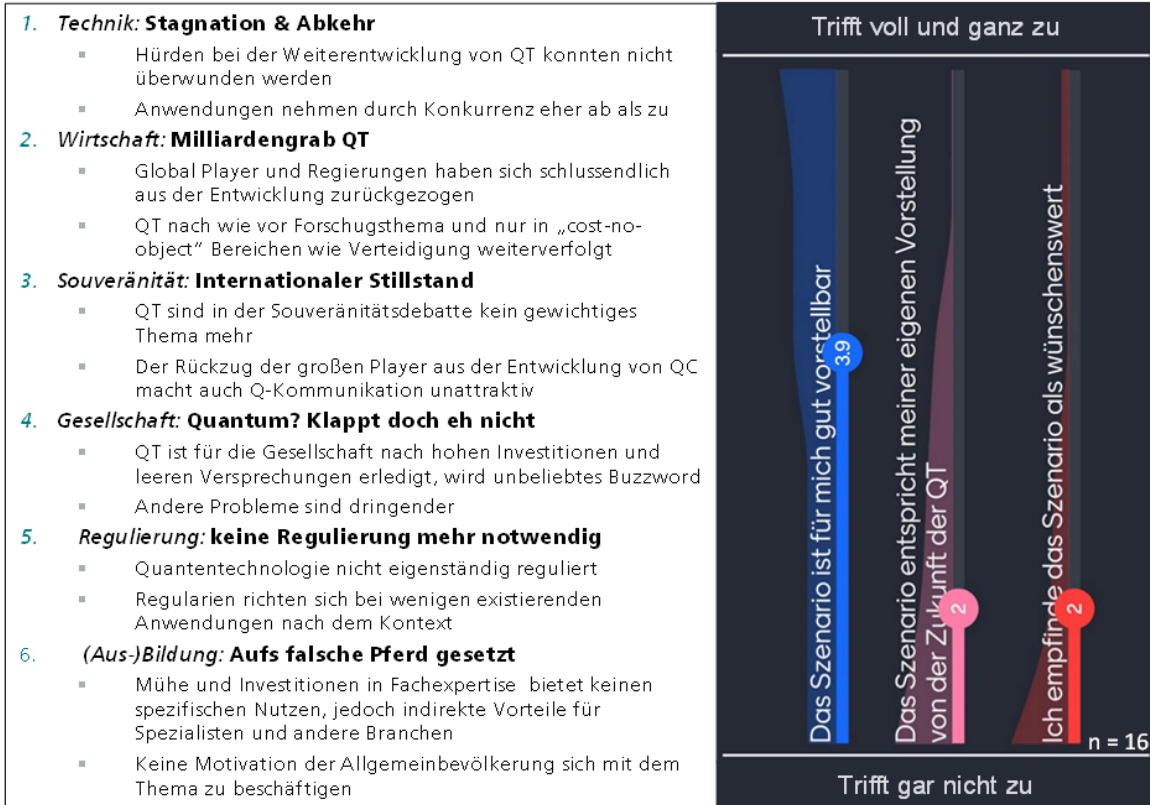


Bild 6: Ausprägungen und Bewertung Szenario B

Szenario C1: Quantum für Spezialaufgaben



Bild 7: Ausprägungen und Bewertung Szenario C1

Szenario C2: Quantum für Premiumkund:innen



Bild 8: Ausprägungen und Bewertung Szenario C2

2.4 Kommunikation der Szenarien

Die entstandenen Szenarien können sowohl in der stichpunktartigen Darstellung der Faktorenausprägungen, als auch in der ausformulierten Form als eine Art Basisversion verstanden werden. Die Darstellungen sind nicht in erster Linie darauf ausgerichtet, dass sie alleinstehend für Personen ohne Vorwissen zum Thema ohne Weiteres zu verstehen sind. Viel mehr enthalten sie einige Formulierungen und Details, die von den teilnehmenden Fachleuten der beiden Szenario-Workshops als wichtig für das Verstehen von Wechselwirkungen innerhalb der Szenarien sowie für die Kommunikation nach außen erachtet wurden. Sie stellen eine Art Plattform dar, um im Dialog zwischen Fachleuten und Einsteigenden Fragen zu klären, wichtige Aspekte zu diskutieren und nach einer vorhergehenden Einführung tiefer in das Thema einzusteigen. Für entsprechende partizipative Kommunikationsformate unter Anwesenheit von Domänenexpert:innen wurden die Szenarien im Rahmen des Beispielprojektes primär genutzt (vgl. Tabelle 1).

Als Veranstaltungsort für die Kommunikation mit und über die Szenarien wurde das Deutsche Museum in München gewählt. Besucher:innen dieses Museums sind eher jung und an Technik und Technologieentwicklung interessiert. Es gibt dort passende Quantentechnologie-Exponate (Artefakte), die am Thema interessierte Menschen anziehen. Aber auch Menschen ohne Vorwissen, z. B. Schülergruppen werden an Quantentechnologien herangeführt, indem Basisfunktionen (z. B. Überlagerung) und Einsatzmöglichkeiten (Verschlüsselung) erläutert werden. Das Museum konnte mit den schematischen Szenarien neue Formate der Technikkommunikation

und Museumsbildung erproben, insbesondere partizipative und ko-kreative Workshops und Zukunftsdialoge [HR23].

Tabelle 1:

Veranstaltungsort	Deutsches Museum Hybrid	Deutsches Museum vor Ort
Teilnehmende	Studierenden des Fachclusters Mathematik der Hans-Böckler-Stiftung	Interessierte Öffentlichkeit insb. Jugendliche
Verwendete Materialien, Beteiligte Experten bei der Vorstellung	Stichpunktartige Szenariobeschreibung, Vorstellung durch Foresight-Experten	Stichpunktartige Szenariobeschreibung, Vorstellung durch Foresight- und Quantenexperten
Bewertung der Szenarien durch die Teilnehmenden	Quantitative Bewertung über Mentimeter-Abfrage (vgl. Bild 9)	Diskursive Bewertung mit allen Teilnehmenden

Unter anderem wurden die Szenarien bei einer Veranstaltung im Deutschen Museum München zum Thema Quantentechnologien mit Studierenden des Fachclusters Mathematik der Hans-Böckler-Stiftung vorgestellt und diskutiert. Die Teilnehmenden bewerteten für jedes Szenario den Grad ihrer Zustimmung in Bezug auf folgende drei Aussagen: Aussage 1: „Das Szenario ist für mich gut vorstellbar“, Aussage 2: „Das Szenario entspricht meiner eigenen Vorstellung von der Zukunft der QT“, Aussage 3: „Ich empfinde das Szenario als wünschenswert“. Die Auseinandersetzung mit einer entsprechenden Differenzierung leistet an sich bereits einen Beitrag zu einem Reflexionsprozess der Beteiligten. Die Unterscheidung zwischen möglichen, erwarteten und erwünschten Zukünften wird im Alltag nur selten getroffen, was für die Meinungsbildung zu Zukunftstechnologien und deren Bedeutung als kritisch zu betrachten ist. Neben inhaltlichen Aspekten ist die Förderung einer bewussten Unterscheidung daher eine große Chance und ein wichtiges Ziel bei der Vermittlung von Szenarien [Mil07].

Die oben stehenden Bilder 5, 6, 7 und 8 zeigen die Bewertungen und deren Verteilung zu jedem Szenario. Bild 9 zeigt die Mittelwerte der so entstandenen Stimmungsbilder im direkten Vergleich.

Die Einschätzungen zu Aussage 1 zeigen, dass alle vier Szenarien prinzipiell als gut vorstellbar eingeschätzt wurden. Die anschließende Diskussion legt nahe, dass sich die Bewertung nicht ausschließlich auf die prinzipielle Vorstellbarkeit im Sinne einer konsistenten Darstellung – wie ursprünglich instruiert – bezog, sondern dass auch die wahrgenommene Eintrittswahrscheinlichkeit ebenfalls mit in die Bewertung eingeflossen ist (Bsp: „das scheint mir sehr unwahrscheinlich zu sein“). Wie erwähnt fällt diese Unterscheidung häufig schwer und eine entsprechende Beeinflussung der Bewertung lässt sich – bewusst oder unbewusst – kaum vermeiden. Dass die Zustimmung zu Aussage 1 für alle Szenarien über der Zustimmung zu Aussage 2 liegt,

die unmittelbarer mit der wahrgenommenen Eintrittswahrscheinlichkeit des Szenarios korrelieren sollte, spricht für die Qualität der Ergebnisse. Die Bewertung von Aussage 3 deutet darauf hin, dass die Szenarien auch tatsächlich in ihrer Unterschiedlichkeit von den Teilnehmenden erfasst wurden. Die Einschätzung überlappt in weiten Teilen mit den Einschätzungen der Fachexpert:innen in den Szenario-Workshops. Bemerkenswert ist, dass beinahe alle Studierenden Szenario A als maximal wünschenswert bewerten, was ein Hinweis auf ein besonders positives Bild oder stark ausgeprägtes Interesse der Stichprobe an den Quantentechnologien sein kann. Auch die Ergebnisse zu Aussage 2 überlappen größtenteils mit den Einschätzungen der Fachleute. Jedoch wurde während der Szenario-Workshops von einzelnen Teilnehmenden die Ansicht geäußert, dass ein Quanten-Winter als sehr wahrscheinlich anzusehen ist, wenn Politik und Gesellschaft kein differenziertes Bild von den Potenzialen der Quantentechnologien vermittelt bekommen und zu hohe Erwartungen an die Technologien gerichtet werden. Andernfalls wurde jedoch Szenario C1 von den Fachleuten ebenfalls als besonders passend zu den eigenen Vorstellungen eingeschätzt.

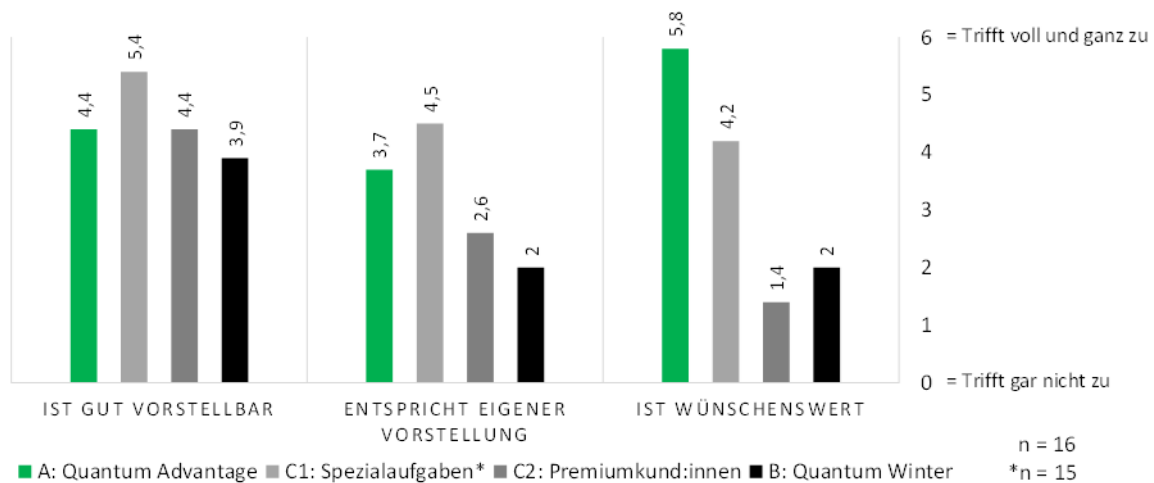


Bild 9: Bewertung der Szenarien im Vergleich

Insgesamt legt das erfasste Stimmungsbild nahe, dass die Szenarien prinzipiell verständlich sowie in ihrer Ausprägung ausreichend unterschiedlich sind. Eine differenzierende normative Bewertung war für die Teilnehmenden möglich, was eine Verhandlung von Hoffnungen und Befürchtungen erlaubt und damit zur Förderung von Meinungsbildungsprozessen beitragen kann. Es gilt zu bedenken, dass bei dieser Veranstaltung zwar eine junge Zielgruppe angesprochen wurde, jedoch von einem ausgeprägten Interesse am Thema, mehr oder weniger umfangreichen Vorwissen sowie einen im Allgemeinen hohen Bildungsstand auszugehen ist.

Um auch Zielgruppen mit weniger ausgeprägtem Interesse und Vorwissen einen Zugang zu erleichtern, wurde u. a. eine weitere Veranstaltung im Deutschen Museum durchgeführt, um partizipativ weiterführendes Material zu entwickeln. Es wurden wiederum Fachleute und die interessierte Öffentlichkeit, insbesondere Jugendliche eingeladen. Nach einer Einführung und der Diskussion der Szenarien sollten anhand der unterschiedlichen Zukünfte gemeinsam Alltagsgeschichten entwickelt werden, die im Sinne von Story-Thinking-Ansätzen eigenes Interesse wecken, einen emotionalen Zugang herstellen und eine besser Anknüpfung an das Alltagserleben ermöglichen [MWB23]. Es zeigte sich, dass der Mehrwert in erster Linie durch den

Prozessnutzen bei den Teilnehmenden entstand und der direkte Austausch zwischen Fachleuten und interessierten Personen mit weniger Vorwissen entscheidend war.

Die großen Unsicherheiten bezüglich vieler QT Anwendungen, die sich zum heutigen Zeitpunkt häufig noch im Stadium der Grundlagenforschung befinden, bedeuten, dass konkrete Aussagen zu zukünftigen Möglichkeiten als besonders spekulativ eingestuft werden. Für viele Spezialist:innen auf dem Gebiet widersprechen zugespitzte und vereinfachte Aussagen daher dem eigenen Berufsethos oder können sogar die eigene Reputation bedrohen. Dies stellt eine zusätzliche Hürde bei der Kommunikation bezüglich Quantentechnologien dar. Szenarien dienen dabei der Handhabarmachung von Unsicherheiten und bieten eine Plattform, um entsprechende Spekulationen zu verhandeln, ohne sich auf eine Prognose einlassen zu müssen. Der Austausch anhand der Szenarien in einem geschützten Raum wurde von den involvierten Fachleuten als sehr wertvoll und bereichend empfunden. Eine umfangreichere vorherige Einführung zu Foresight und Szenarien sowie zu Wissenschaftskommunikation erscheint erforderlich, um interessierte (Nachwuchs-)Wissenschaftler:innen in die partizipativen Prozesse einbinden zu können.

3 Fazit & Ausblick

Der vorgestellte Szenarioprozess unter Einsatz der Tetralemma-Methode hat sich im Rahmen des Beispielprojektes als geeignete Basis erwiesen, um einen inter- und transdisziplinären Austausch zu Quantentechnologien zu ermöglichen. Die Ergebnisse dienen als ausgezeichnete Grundlage, um das Interesse am Thema zu vertiefen, verschiedene Entwicklungspfade erlebbar zu machen und über Chancen und Herausforderungen sowie Hoffnungen und Befürchtungen bezüglich der Technologien in den Austausch zu treten.

Der Museumskontext hat sich dabei als vielversprechende Plattform bewährt. Ein gewisses Interesse der Teilnehmenden muss bestehen, um sich auf ein komplexes Thema wie den Quantentechnologien umfangreicher einzulassen. Museen bieten hier die Möglichkeit mit einer großen Reichweite auch Personen anzusprechen, die kein spezifisches Vorwissen mitbringen, sondern lediglich eine allgemeine Affinität für ein übergeordnetes Thema (z. B. Technik, Zukunft) oder auch schlichtweg eine ausgeprägte Offenheit für Neues aufweisen [MT23].

Hier konnte gezeigt werden, dass es mit spezifisch aufbereiteten Szenarien gelingt, auch bei der Zielgruppe der Jugendlichen und jungen Erwachsenen, eine differenzierte Diskussion bezüglich der gewünschten, erwarteten und möglichen Zukünfte zu unterstützen. Diese klare Unterscheidung ist in vielen Kontexten relevant, sodass über diese Form der Wissenschaftskommunikation im Museum auch ein Beitrag zur allgemeinen "Futures Literacy" von jungen Leuten geleistet wird.

Dabei ist die direkte Einbindung und der dialogische Austausch mit Fachleuten unerlässlich und stellt gleichzeitig einen besonders großen Mehrwert dar. Um diesen Austausch bestmöglich zu unterstützen, ist neben den spezifisch ausgearbeiteten Szenarien eine Schulung zu deren Nutzung im Rahmen der partizipativen Wissenschaftskommunikation notwendig, da der inhärent

spekulative Anteil von zukünftigen Entwicklungen zunächst schwer mit der Natur der Forschung (insb. Grundlagenforschung) zu vereinbaren ist. Der Mehrwert der Ausarbeitung alternativer Zukünfte wurde z. T. erst im Laufe des Prozesses wirklich wahrgenommen.

Ein Folgeprojekt mit stärkerem Fokus auf der Einbeziehung und Vorbereitung von (Nachwuchs-)Wissenschaftler:innen wird von den Projektpartnern angestrebt. Dabei ist auch geplant, mit diversen Formaten auf den erarbeiteten Szenarien aufzubauen, um durch Illustrationen, Artefakte sowie der partizipativen Erarbeitung von individuellen Geschichten und spielebasierten Formaten zur Entscheidungsfindung in den jeweiligen Zukünften vielfältigere und vertiefte Zugänge für die breite Öffentlichkeit zu ermöglichen.

Literatur

- [All22] ALLIANZ DER WISSENSCHAFTSORGANISATIONEN: Stellungnahme zur Partizipation in der Forschung, 2022
- [BG20] BAUMANN, M.; GORDALLA, C.: Gruppenarbeit. utb GmbH, Stuttgart, Deutschland, 2020
- [BOS03] BURNS, T. W.; O'CONNOR, D. J.; STOCKLMAYER, S. M.: Science Communication: A Contemporary Definition. *Public Understanding of Science*, (12)2, 2003, S. 183–202
- [BR16] BONN, A.; RICHTER, A.; VOHLAND, K.; PETTIBONE, L.; BRANDT, M.; FELDMANN, R.; GOEBEL, C.; GREFE, C.; HECKER, S.; HENNEN, L.; HOFER, H.; KIEFER, S.; KLOTZ, S.; KLUTTIG, T.; KRAUSE, J.; KÜSEL, K.; LIEDTKE, C.; MAHLA, A.; NEUMEIER, V.; PREMKEKRAUS, M.; RILLIG, M. C.; RÖLLER, O.; SCHÄFFLER, L.; SCHMALZBAUER, B.; SCHNEIDEWIND, U.; SCHUMANN, A.; SETTELE, J.: Grünbuch Citizen Science Strategy 2020 für Deutschland, 2016
- [Bun23] Handlungskonzept Quantentechnologien. Bonn, 2023
- [Cra19] CRAWFORD, M. M.: A comprehensive scenario intervention typology. *Technological Forecasting and Social Change*, (149), 2019, S. 119748
- [EDM17] ENKEL, E.; DINGLER, A.; MANGELS, C.: Open Innovation: Enhancing Theory and Practice by Integrating the Role of Innovation Communication. In: Pfeffermann, N.; Gould, J. (Hrsg.): *Strategy and Communication for Innovation*. Springer International Publishing, Cham, 2017, S. 131–145
- [ES16] ERDMANN, L.; SCHIRRMEISTER, E.: Constructing transformative scenarios for research and innovation futures. *Foresight*, (18)3, 2016, S. 238–252
- [EUA22] The Future of International Protection in the EU+ in the Next 10 Years – Comprehensive Report. Luxembourg, 2022
- [GP09] GARFIELD, J. L.; PRIEST, G.: Mountains Are Just Mountains. In: D'Amato, M.; Tillemans, T. J.; Garfield, J. L. (Eds.): *Pointing at the moon – Buddhism, logic, analytic philosophy*. Oxford University Press, Oxford, 2009, pp. 71–82
- [GR21] GARNER, J.; ROSSMANITH, E.: Using Participation and Empathy to Inspire Positive Change: A Transcontinental Conversation. *Journal of Museum Education*, (46)1, 2021, S. 48–60
- [HH21] HÖFLING, C.; HÜSING, B.; KIMPELER, S.; LUX, A.; PARRISIUS, M.; POHSNER, U.; ROßMANITH, E.; SCHIRRMEISTER, E.; THEILER, L.; VOGLHUBER-SLAVINSKY, A.: *BioKompass 2021. Diskurse über Transformation anregen*. Fraunhofer-Gesellschaft, 2021
- [HK23] HÜSING, B.; KIMPELER, S.; SCHIRRMEISTER, E.; VOGLHUBER-SLAVINSKY, A.: Szenarien für die dialogorientierte Kommunikation von und über nachhaltige Bioökonomie mit Jugendlichen, S. 201–216
- [HR23] HÖFLING, C.; ROSSMANITH, E.; THEILER, L.; KIMPELER, S.: How do we want to live? Collaborative curation of a special exhibition on sustainable futures at the Senckenberg Natural History

- Museum Frankfurt. In: Wood, E. J. (Hrsg.): A new role for museum educators – Purpose, approach, and mindset. Museum studies, Routledge, Taylor & Francis Group, Oxon, 2023
- [Huc09] HUCK-SANDHU, S.: Innovationskommunikation in den Arenen der Medien. In: Zerfaß, A.; Mösllein, K. M. (Hrsg.): Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement. Gabler, Wiesbaden, 2009, S. 195–208
- [Jas03] JASANOFF, S.: Technologies of Humility: Citizen Participation in Governing Science. *Minerva*, (41)3, 2003, S. 223–244
- [KF21] KUNG, J.; FANCY, M.: A Quantum Revolution – Report on Global Policies for Quantum Technology, 2021
- [KR20] KLEVE, H.; ROTH, S.; KÖLLNER, T.; WETZEL, R.: The tetralemma of the business family. *Journal of Organizational Change Management*, (33)2, 2020, S. 433–446
- [Len08] LENGWILER, M.: Participatory Approaches in Science and Technology. *Science, Technology, & Human Values*, (33)2, 2008, S. 186–200
- [LT21] LUX, A.; THEILER, L.: Prozessbegleitende Evaluation von Kommunikations- und Partizipationsformaten im Themenfeld Bioökonomie. – Evaluationskonzept BioKompass. Frankfurt am Main, 2021
- [Mil07] MILLER, R.: Futures literacy: A hybrid strategic scenario method. *Futures*, (39)4, 2007, S. 341–362
- [MK16] MACK, O.; KHARE, A.; KRÄMER, A.; BURGARTZ, T. (Hrsg.): *Managing in a VUCA World*. Springer International Publishing, Cham, 2016
- [MT09] MAKRIDAKIS, S.; TALEB, N.: Decision making and planning under low levels of predictability. *International Journal of Forecasting*, (25)4, 2009, S. 716–733
- [MT23] MEYER, J.; THOMA, G.-B.; KAMPSCHULTE, L.; KÖLLER, O.: Openness to experience and museum visits: Intellectual curiosity, aesthetic sensitivity, and creative imagination predict the frequency of visits to different types of museums. *Journal of Research in Personality*, (103), 2023, S. 104352
- [MWB23] MARSHALL, H.; WILKINS, K.; BENNETT, L.: Story thinking for technology foresight. *Futures*, (146), 2023, S. 103098
- [Nik14] NIKOLOVA, B.: The rise and promise of participatory foresight. *European Journal of Futures Research*, (2)1, 2014
- [PI20] PEDRETTI, E.; IANNINI, A. M. N.: *Controversy in Science Museums*. Routledge, 2020
- [RG11] RUDZINSKI, C. V.; GROTH, T.: Das Innovations-Tetralemma. In: Howaldt, J.; Kopp, R.; Beerheide, E. (Hrsg.): *Innovationsmanagement 2.0*. Gabler, Wiesbaden, 2011, S. 155–177
- [RK21] ROSA, A. B.; KIMPELER, S.; SCHIRRMEISTER, E.; WARNKE, P.: Participatory foresight and reflexive innovation: setting policy goals and developing strategies in a bottom-up, mission-oriented, sustainable way. *European Journal of Futures Research*, (9)1, 2021
- [Sch11] SCHOMBERG, R. VON (Ed.): *Towards responsible research and innovation in the information and communication technologies and security technologies fields – Presentations made at a workshop hosted by the Scientific and Technological Assessment Unit of the European Parliament in November 2010*. Publ. Office of the European Union, Luxembourg, 2011
- [Sch22-ol] SCHRÖGEL, P.: Partizipation in der Forschung: Mehr Mehrwert, weniger Verbindlichkeit. Unter: <https://www.wissenschaftskommunikation.de/partizipation-in-der-forschung-mehr-mehrwert-weniger-verbindlichkeit-63361/>, 14.12.22
- [SD11] SCHIRRMEISTER, E.; DÖNITZ, E.: Praxisbericht zur Szenario-Methode: Varianten der workshopbasierten Annahmen-Entwicklung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 7. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, 24. und 25. November 2011, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 300, Heinz-Nixdorf-Inst, Paderborn, 2011, S. 147–160

- [SGW20] SCHIRRMEISTER, E.; GÖHRING, A.-L.; WARNKE, P.: Psychological biases and heuristics in the context of foresight and scenario processes. *Futures & Foresight Science*, (2)2, 2020
- [SJM14] SOM, O.; JÄGER, A.; MALOCA, S.: *Open Innovation - ein universelles Erfolgsrezept?* Karlsruhe, 2014
- [SK19] SCHRÖGEL, P.; KOLLECK, A.: The Many Faces of Participation in Science. *Science & Technology Studies*, 2019, S. 77–99
- [SM19] SCHIRRMEISTER, E.; MEISSNER, L.; GUTKNECHT, R.; GÖHRING, A.-L.: Analyse organisationspezifischer Biases im Kontext von Innovationsmanagement und Foresight. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung 21. und 22. November 2019*, Berlin. *Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts*, Band 390, Heinz Nixdorf Institut Universität Paderborn, Paderborn, 2019, S. 361–380
- [SR19] SPANIOL, M. J.; ROWLAND, N. J.: Defining scenario. *Futures & Foresight Science*, (1)1, 2019, e3
- [SRA16] SCHLEICH, W. P.; RANADE, K. S.; ANTON, C. E. A.: Quantum technology: from research to application. *Applied Physics B*, (122)5, 2016
- [VH14] VERNON, D.; HOCKING, I.: Thinking hats and good men: Structured techniques in a problem construction task. *Thinking Skills and Creativity*, (14), 2014, S. 41–46
- [VS16] VARGA VON KIBÉD, M.; SPARRER, I.: *Ganz im Gegenteil – Tetralemmaarbeit und andere Grundformen systemischer Strukturaufstellungen*. *Systemaufstellungen*, Carl-Auer-Systeme Verlag, Heidelberg, 2016
- [Wes20] WESTERHOFF, J.: Review of ‘The Fifth Corner of Four: An Essay on Buddhist Metaphysics and the Catuskoṭi’, by Graham Priest. *Oxford: Oxford University Press*, 2018. *Mind*, 129, 2020, S. 965–974
- [WH08] WARNKE, P.; HEIMERIKS, G.: Technology Foresight as Innovation Policy Instrument: Learning from Science and Technology Studies, 2008, S. 71–87
- [WRM13] WORTHINGTON, R.; RASK, M.; MINNA, L. (Hrsg.): *Citizen Participation in Global Environmental Governance*. Routledge, 2013

Autoren

Ralph Gutknecht studierte Psychologie (M.Sc.) an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und ist seit 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Competence Center Foresight beim Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Seine Forschungsinteressen beziehen sich auf Interaktionen zwischen Mensch und Technik sowie die Berücksichtigung der psychologischen Grundlagen von zukunftsgerichtetem Denken beim Einsatz von Foresight-Methoden, mit den Schwerpunkten Horizon Scanning und Szenarioprozesse.

Elna Schirrmeister ist stellvertretende Leiterin des Competence Center Foresight am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Als Wirtschaftsingenieurin verfügt Sie über Industrieerfahrung und ihre Forschung konzentriert sich auf die Weiterentwicklung von Methoden des Horizon Scanning, der Szenarien-Entwicklung, des Visioning und Zukunftsbefragungen. Die Entwicklung von Zukunftsdialogen zur Reflexion kognitiver Bias und zum Umgang mit komplexen Zukunftsfragen steht aktuell im Mittelpunkt ihrer Forschungsaktivitäten.

Dr. Simone Kimpeler ist Leiterin des Competence Center Foresight am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in der sozialwissenschaftlichen Innovations- und Zukunftsforschung, insbesondere mit Methoden des Horizon

Scanning und Sensemaking für die Identifizierung und Bewertung von frühen Signalen des Wandels sowie partizipative Formate wie Zukunftsdialoge und Szenarioprozesse.

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.

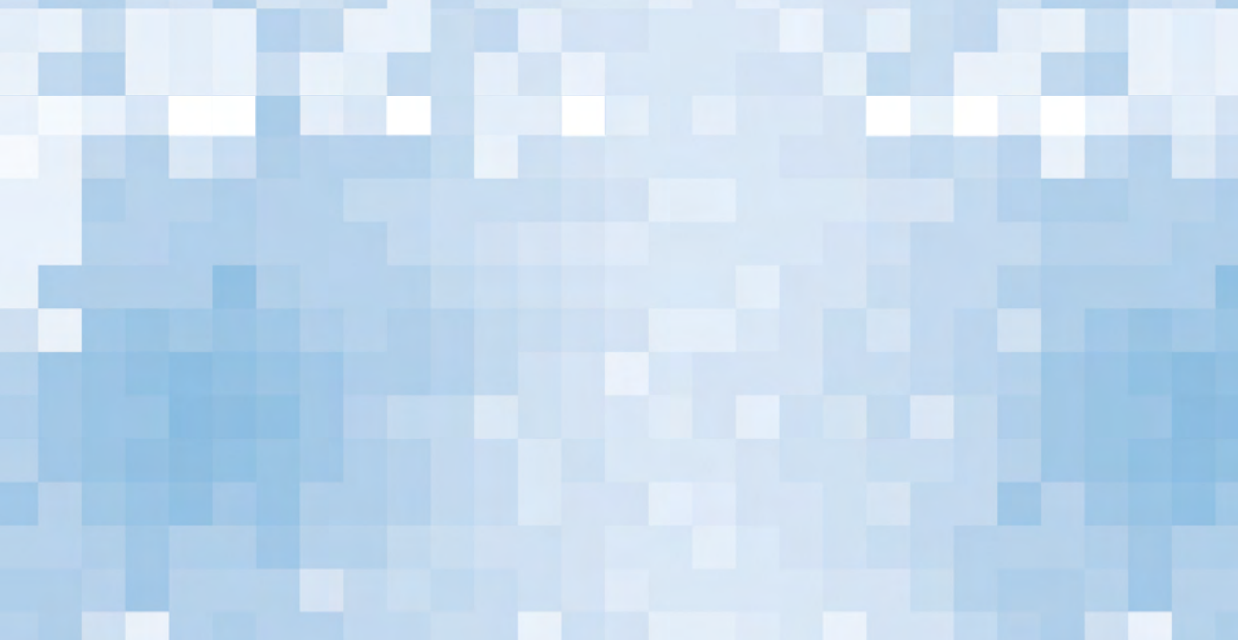
Today nine Professors and 150 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. Per year approximately 20 young researchers receive a doctorate.

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 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
- Bd. 400 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 2. und 3. Dezember 2021, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 400, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-19-4

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 401 BRETZ, L.: Rahmenwerk zur Planung und Einführung von Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 401, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-20-0
- Bd. 402 WU, L.: Ultrabreitbandige Sampler in SiGe-BiCMOS-Technologie für Analog-Digital-Wandler mit zeitversetzter Abtastung. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 402, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-21-7
- Bd. 403 HILLEBRAND, M.: Entwicklungssystematik zur Integration von Eigenschaften der Selbstheilung in Intelligente Technische Systeme. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 403, Paderborn, 2021 – ISBN 978-3-947647-22-4
- Bd. 404 OLMA, S.: Systemtheorie von Hardware-in-the-Loop-Simulationen mit Anwendung auf einem Fahrzeugachsprüfstand mit parallelkinematischem Lastsimulator. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 404, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-23-1
- Bd. 405 FECHTELPETER, C.: Rahmenwerk zur Gestaltung des Technologietransfers in mittelständisch geprägten Innovationsclustern. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 405, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-24-8
- Bd. 406 OLEFF, C.: Proaktives Management von Anforderungsänderungen in der Entwicklung komplexer technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 406, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-25-5
- Bd. 407 JAVED, A. R.: Mixed-Signal Baseband Circuit Design for High Data Rate Wireless Communication in Bulk CMOS and SiGe BiCMOS Technologies. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 407, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-26-2
- Bd. 408 DUMITRESCU, R., KOLDEWEY, C.: Daten-gestützte Projektplanung. Fachbuch. Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 408, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-27-9
- Bd. 409 PÖHLER, A.: Automatisierte dezentrale Produktionssteuerung für cyber-physische Produktionssysteme mit digitaler Repräsentation der Beschäftigten. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 409, Paderborn, 2022 – ISBN 978-3-947647-28-6
- Bd. 410 RÜDDENKLAU, N.: Hardware-in-the-Loop-Simulation von HD-Scheinwerfer-Steuergeräten zur Entwicklung von Lichtfunktionen in virtuellen Nachtfahrten. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 410, Paderborn, 2023 – ISBN 978-3-947647-29-3
- Bd. 411 BIEMELT, P.: Entwurf und Analyse modell-prädiktiver Regelungsansätze zur Steigerung des Immersionsempfindens in interaktiven Fahrsimulationen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 411, Paderborn, 2023 – ISBN 978-3-947647-30-9
- Bd. 412 HAAKE, C.-J., MEYER AUF DER HEIDE, F., PLATZNER, M., WACHSMUTH, H., WEHRHEIM, H. (Eds.): On-The-Fly Computing - Individualized IT-Services in dynamic markets, Collaborative Research Centre 901 (2011 - 2023), Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 412, Paderborn, 2023 – ISBN 978-3-947647-31-6



Für Unternehmen kommt es heute mehr denn je auf eine aktive Vorausschau und das frühzeitige Erkennen von Veränderungen, Trends und der Erfolgspotentiale von morgen an. Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches strategisches Agieren ist die geplante, systematische und phantasievolle Antizipation der Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern (Branche, Zulieferer, Politik, Gesellschaft etc.). Diese Erkenntnisse in eine kohärente und umfassende Strategie zu übersetzen und umzusetzen, ist zentrale Kompetenz und Erfolgsfaktor.

Eine systematische Vorausschau verdeutlicht die Chancen, die im Schnittpunkt der zukünftigen Kunden- und Marktanforderungen (Market Pull) sowie der technologischen Möglichkeiten von morgen (Technology Push) liegen, aber auch die Bedrohungen für das etablierte Geschäft von heute. Damit ist die Basis für F&E-Aufträge und entsprechende Investitionsentscheidungen gelegt.

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.