

Kai F. Ellermann

***Technologiefrühaufklärung in Zeiten
von Digitalisierung und Künstlicher
Intelligenz: Systematik zur Reifegrad-
modell-basierten Leistungssteigerung***

***Technology Foresight in the Era of Di-
gitalization and Artificial Intelligence:
A Maturity Model Approach***

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.

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2026

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.

Satz und Gestaltung: Kai Fabian Ellermann

Geleitwort

Die Entwicklung leistungsfähiger Methoden und Organisationsstrukturen ist die verbindende Leitidee unserer Forschungsarbeit. In der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am HEINZ NIXDORF INSTITUT der Universität Paderborn sowie am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM arbeiten wir an dieser Leitidee. Unser Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen – in der Region und darüber hinaus. Zentrale Schwerpunkte der Forschung an den beiden Instituten sind die strategische Planung und das Systems Engineering.

Die frühzeitige Auseinandersetzung mit technologischen Veränderungen ist eine wesentliche Voraussetzung für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen. Neue Technologien können bestehende Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle grundlegend verändern und zugleich neue Möglichkeiten der Wertschöpfung eröffnen. Um technologische Chancen frühzeitig zu erkennen und zielgerichtet zu nutzen, müssen Unternehmen diese systematisch erfassen, bewerten und in strategische Handlungsoptionen überführen. Die Technologiefrühaufklärung bildet hierfür eine wesentliche Grundlage. Insbesondere Künstliche Intelligenz eröffnet neue Möglichkeiten, heterogene Informationsquellen zu analysieren, technologische Zusammenhänge zu erkennen und strategische Entscheidungen zu unterstützen.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Ellermann eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* entwickelt. Diese versetzt Unternehmen in die Lage, ihre Technologiefrühaufklärung systematisch zu bewerten und zielgerichtet weiterzuentwickeln. Die Systematik führt den Anwender von der Ermittlung des aktuellen Leistungsstands über die Festlegung eines unternehmensspezifischen Zielzustands bis hin zur Planung geeigneter Verbesserungsmaßnahmen. Ergänzend schafft ein Katalog von KI-Anwendungsszenarien Transparenz über die Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in der Technologiefrühaufklärung. Besonders hervorzuheben ist die konsequent ganzheitliche Perspektive der Arbeit. Die Technologiefrühaufklärung wird als organisationale Fähigkeit verstanden.

Mit seiner Dissertation leistet Herr Ellermann einen wertvollen Beitrag zur Forschung im Technologie- und Innovationsmanagement sowie zur organisationalen Gestaltung der Technologiefrühaufklärung. Die Arbeit liefert damit wichtige Impulse für die zukünftige Weiterentwicklung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen und wird mit der nachgewiesenen Praxisrelevanz sowohl in der Wissenschaft als auch in der industriellen Praxis hohe Anerkennung finden.

Paderborn, im Juli 2026

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Technologiefrühaufklärung in Zeiten von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
M.Sc. Kai Fabian Ellermann
aus Bielefeld

Tag des Kolloquiums:
Referent:
Korreferent:
Korreferent:

8. Juli 2026
Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier
Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen zahlreicher Forschungs- und Industrieprojekte. Diese Arbeit war für mich stets mehr als ein wissenschaftliches Vorhaben – es war die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung sowie zur Zusammenarbeit mit vielen inspirierenden Menschen.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu für das entgegengebrachte Vertrauen und die Freiheit eigene Ideen zu verfolgen. Besonders danke ich dir für ein Umfeld, in dem anspruchsvolle Forschung und Familie vereinbar sind. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für das von ihm geschaffene wissenschaftliche Umfeld, das die Forschung am Institut über viele Jahre geprägt und zahlreiche erfolgreiche Promotionen ermöglicht hat. Für die Übernahme des Korreferats und seine wertvollen Impulse danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf.

Ein besonderes Dankeschön gilt allen Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer IEM, die diese Zeit zu einem prägenden Lebensabschnitt gemacht haben. Die Zusammenarbeit und der außergewöhnliche Teamgeist werden mir stets in Erinnerung bleiben. Ein großer Dank geht an Dr.-Ing. Daniel Röltgen für die Chance als junger wissenschaftlicher Mitarbeiter und fortwährende Motivation als mein langjähriger Gruppenleiter. Besonders hervorheben möchte ich Dr.-Ing. Laban Asmar und Fabio Wortmann. An unsere vielen Gespräche über neue Forschungsideen und unsere Dissertationsthemen werde ich immer gerne zurückdenken. Mein Dank gilt dem gesamten Team des Technologie- und Innovationsmanagements. Euer Engagement und unser offener Umgang miteinander haben mir die Aufgabe als Gruppenleiter leicht und unsere Zusammenarbeit zu etwas Besonderem gemacht. Ebenso danke ich Malte und Valentin stellvertretend für alle studentische Hilfskräfte für ihre langjährige engagierte Unterstützung.

Meinen Eltern Beate und Eckhard danke ich von ganzem Herzen für ihre bedingungslose Unterstützung und dafür, dass ihr mir im Leben stets alles ermöglicht habt. Ihr habt mich zu dem Menschen gemacht, der den Mut gefunden hat, diesen Weg einzuschlagen. Meinen Freunden danke ich dafür, dass sie Verständnis gezeigt und für den Ausgleich gesorgt haben.

Mein tiefster Dank gilt meiner Frau Anna, für den keine Worte dieser Welt ausreichen. Deine Geduld, deine Liebe und dein unerschütterlicher Glaube an mich haben uns durch die Herausforderungen dieser Zeit getragen. Ohne dich hätte ich es nicht geschafft. Du hast in dieser anspruchsvollen Phase unseres Lebens vieles mitgetragen, was nach außen unsichtbar geblieben ist. Immer wenn die Herausforderungen des Lebens und die Promotion zugleich überwältigend schienen, hast du mich jedes Mal wieder aufgerichtet. Du warst mit deiner Liebe und Fürsorge für unsere Kinder da, wenn es an mir fehlte. Vor allem aber hast du mich immer wieder daran erinnert, was wirklich wichtig ist im Leben. Das Lachen und die Unbeschwertheit unserer Kinder sind das wertvollste Geschenk. Sie haben mir die Kraft gegeben, die Dissertation erfolgreich abzuschließen. Lotta und Moritz, euch ist diese Arbeit gewidmet.

Vorveröffentlichungen und Konferenzbeiträge

- [AEK+19] ALBERS, A. A.; ELLERMANN, K.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.; LAUDENBERG, S.; SCHMOHL, B.: Entwicklung einer Suchstrategie für ein medienbasiertes Technologiescanning am Beispiel der Antriebstechnik. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 21.-22. November 2019, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 390, Paderborn, 2019, S. 277-291
- [EAD23] ELLERMANN, K.; ASMAR, L.; DUMITRESCU, R.: A Technology Foresight Maturity Model. In: ISPIM Conference Proceedings. ISPIM Innovation Conference, 4.-7. Juni 2023, Ljubljana
- [ESA+25] ELLERMANN, K.; SEIDENBERG, T.; ASMAR, L.; KNEPPLER, J.; DUMITRESCU, R.: Leveraging GenAI for Technology Foresight. In: Proceedings of the Design Society, Volume 5, 2025, S. 2221-2230
- [EMJ24] ELLERMANN, K.; MARTINI, M.; JOHN, M.: Use Cases for AI in Technology Foresight - A Systematic Literature Review. Vorgestellt auf der R&D Management Conference, 17.-19. Juni 2024, Stockholm
- [HEH21] HUTSCHEK, U.; ELLERMANN, K.; HAARMANN, L.: Ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 2.-3. Dezember 2021, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 400, Paderborn, 2019, S. 303-324
- [KEK+23] KÖDDING, P.; ELLERMANN, K.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Scenario-based Foresight in the Age of Digitalization and Artificial Intelligence - Identification and Analysis of Existing Use Cases. Procedia CIRP, Volume 119, 2023, S. 740-745
- [SBG+22] STEINMÜLLER, K.; BURCHARDT, A.; GONDLACH, K.; GRACHT, H.; KISGEN, S.; ELLERMANN, K.; MARTINI, M.; JOHN, M.: Kann Künstliche Intelligenz Zukunftsforschung? - Ein spekulativer Impuls. Zeitschrift für Zukunftsforschung, (2022)1, 2022

Zusammenfassung

Unternehmen agieren in einem zunehmend dynamischen Umfeld. Ein wesentlicher Treiber dieser Dynamik sind neuauftkommende Technologien. Relevante technologische Impulse systematisch zu erfassen und die Triebkräfte dieser technologischen Veränderungen zu verstehen ist Aufgabe der Technologiefrühaufklärung. Unternehmen stehen vor der Frage, wie die erfolgreiche Umsetzung einer Technologiefrühaufklärung gelingen kann.

Vor diesem Hintergrund beschreibt die vorliegende Arbeit eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung*. Zur Erschließung der Potenziale von Künstlicher Intelligenz für die Technologiefrühaufklärung werden in einem Katalog von Anwendungsszenarien die Einsatzpotenziale strukturiert. Das Reifegradmodell beschreibt alle relevanten Handlungsfelder der Technologiefrühaufklärung. Mit Hilfe des Reifegradmodells werden Maßnahmen zur Leistungssteigerung identifiziert. Hierfür werden die Phasen Leistungsbewertung, Zieldefinition und Umsetzungsplanung des bereitgestellten Vorgehensmodells durchlaufen und die konkreten Tätigkeiten durch geeignete Hilfsmittel unterstützt. Resultat ist ein Maßnahmenplan zur Realisierung einer wirksamen Technologiefrühaufklärung in Zeiten von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz. Die Systematik wurde erfolgreich mit sechs technologieorientierten Unternehmen verschiedener Branchen angewendet und validiert.

Summary

Companies operate in an increasingly dynamic environment in which the emergence of new technologies is a significant driver of change. Understanding and monitoring the forces behind these rapid and often discontinuous technological changes constitute the core task of technology foresight. Companies are therefore confronted with the question of how technology foresight can be implemented successfully within the organization.

Against this background, this dissertation proposes a systematic maturity model-based approach to improving the performance of corporate technology foresight. The maturity model comprehensively captures the key dimensions and action fields of technology foresight and provides the analytical foundation for identifying targeted improvement measures. In addition, to explore the potential of artificial intelligence in the context of technology analysis, a structured catalogue of use cases is developed. Building on the maturity model, a procedural framework comprising the phases of performance assessment, target definition, and implementation planning is applied, with each phase supported by dedicated methods and tools. The result is a prioritized action plan for the implementation of effective technology foresight in the era of digitalization and artificial intelligence. The proposed approach is empirically validated through its application with six technology-oriented companies across different industries, demonstrating its practical relevance and robustness.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problematik.....	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Forschungsdesign und Aufbau dieser Arbeit.....	4
2 Problemanalyse	8
2.1 Begriffsdefinitionen	8
2.1.1 Systematik, Leistungssteigerung und Reifegradmodell	8
2.1.2 Technologie	9
2.1.3 Technologiefrühaufklärung (TFA)	10
2.2 Wandel der Entstehung von Innovation	11
2.2.1 Innovation durch den technologischen Wandel	11
2.2.2 Wandel im Innovationsprozess	15
2.3 Technologiefrühaufklärung in Unternehmen	18
2.3.1 Auftrag und Ziele im Unternehmen	19
2.3.2 Übergeordnete (Prozess-)Phasen	20
2.3.3 Aufgaben in der Technologiefrühaufklärung	22
2.3.4 Struktur, Organisation und Schnittstellen	28
2.3.5 Datenquellen, (Software-)Tools und Datenkompetenz	30
2.3.6 KI-gestützte Technologiefrühaufklärung	35
2.3.7 Herausforderungen.....	41
2.4 Einordnung in das 4-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER	44
2.5 Lösungswissen zur Leistungssteigerung	45
2.5.1 Nutzen von Lösungswissen	46
2.5.2 Technologie-Anwendungsszenarien zur Strukturierung von Technologiepotenzialen.....	47
2.5.3 Reifegradmodelle für die Organisationsentwicklung	49
2.5.4 Vorgehensmodelle und Hilfsmittel zur Leistungssteigerung	51
2.6 Problemabgrenzung	53
2.7 Anforderungen an die Systematik.....	56
3 Stand der Technik	58
3.1 Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas für KI-basierte Ansätze der Technologiefrühaufklärung	59

3.1.1	Strukturierung von Ansätzen zur Identifikation von Weak Signals und Trends nach MÜHLROTH und GROTKE.....	59
3.1.2	Digitale Technologie- und KI-Use Cases für die Szenario-basierte Vorausschau nach KÖDDING ET AL.....	60
3.1.3	Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze in Technological Forecasting nach LEE	62
3.2	Reifegradmodelle für die Organisationsentwicklung.....	64
3.2.1	Corporate Foresight Maturity Model nach ROHRBECK	64
3.2.2	Technology Intelligence Maturity Modell nach NOH ET AL.	66
3.2.3	Foresight Maturity Model nach GRIM	67
3.2.4	Reifegradmodell zur Kontrolle des Innovationssystems von Unternehmen nach BÜRGIN.....	69
3.3	Ansätze zur Planung und Leistungssteigerung	71
3.3.1	Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen	71
3.3.2	Modelle zur zyklischen Leistungsbewertung und -steigerung....	75
3.4	Rahmenwerke für die Technologiefrühaufklärung	78
3.4.1	Ordnungsrahmen Technologiemanagement nach SCHUH ET AL.	78
3.4.2	Rahmenwerk für den Entwurf von Technologiestructuring-Architekturen nach SCHUH ET AL.	79
3.4.3	Unternehmensbezogenes Früherkennungsmodell nach ZIEHM.	80
3.4.4	Technology Intelligence-System nach SAVIOZ	81
3.5	Handlungsbedarf	83
4	Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung.....	87
4.1	Die Systematik im Überblick	87
4.2	KI-Anwendungsszenarien.....	88
4.2.1	Vorgehen zur Identifikation und Strukturierung der KI-Anwendungsszenarien	90
4.2.2	Merkmale zur Beschreibung der KI-Anwendungsbeispiele	92
4.2.3	Charakterisierung der KI-Anwendungsbeispiele.....	95
4.2.4	Katalog mit KI-Anwendungsszenario-Steckbriefen.....	100
4.3	Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung	103
4.3.1	Vorgehen zur Entwicklung des Reifegradmodells	103
4.3.2	Die Handlungsfelder der Technologiefrühaufklärung.....	106
4.3.3	Handlungselemente und Leistungsstufen.....	109
4.3.3.1	Suchfelder	109
4.3.3.2	Prozesse	111
4.3.3.3	Organisation	116
4.3.3.4	Daten & IT-Systeme	119
4.3.3.5	Mensch.....	120

4.3.4	Reifegrade für das Gesamtsystem Technologiefrühaufklärung	123
4.4	Vorgehensmodell und Hilfsmittel zur Leistungssteigerung	127
4.4.1	Phase 1: Leistungsbewertung	128
4.4.2	Phase 2: Zieldefinition	130
4.4.3	Phase 3: Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung	137
5	Anwendung und Validierung der Systematik	141
5.1	Praktische Anwendung der Systematik	141
5.1.1	Phase 1: Leistungsbewertung	141
5.1.2	Phase 2: Zieldefinition	144
5.1.3	Phase 3: Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung	147
5.2	Validierung der Anwendung	149
5.2.1	Planung und Durchführung der Validierung	150
5.2.2	Erkenntnisse aus der Validierung für die Systematik	150
5.3	Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen	153
6	Kritische Betrachtung der Ergebnisse	157
7	Zusammenfassung und Ausblick	160
	Abkürzungsverzeichnis	164
	Literaturverzeichnis	165

Anhang

A1	Ergänzungen zu den KI-Anwendungsszenarien	A-1
A1.1	Übersicht der Journals	A-1
A1.2	Steckbriefe zu den KI-Anwendungsszenarien	A-3
A2	Ergänzungen zum Reifegradmodell	A-27
A2.1	Übersicht der Interviewpartner und Unternehmen	A-27
A2.2	Interviewleitfaden	A-28
A2.3	Steckbriefe zu den Reifegraden	A-31
A3	Ergänzung zum Vorgehensmodell	A-36
A3.1	Katalog der Verbesserungsziele	A-36
A4	Validierungsfragebogen	A-37

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der anwendungsorientierten Forschung am FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK IEM. Die Ergebnisse resultieren aus verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten in dem Kontext der Technologiefrühaufklärung. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* entwickelt. Die Systematik zeigt, wie die organisationale Umsetzung und Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung gelingen kann und welche Potenziale die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz bieten. In Abschnitt 1.1 wird zunächst die Problematik erläutert, auf deren Grundlage in Abschnitt 1.2 die Zielsetzung formuliert wird. Abschnitt 1.3 zeigt das Forschungsdesign und den resultierenden Aufbau dieser Arbeit.

1.1 Problematik

Unternehmen agieren heute in einem sich **schnell verändernden und zunehmend komplexen Technologie- und Marktumfeld** [Roh07, S. 1], [SS19b, S. 2], [Wol20, S. 2]. Zu den wesentlichen Einflussfaktoren zählen der sich stetig beschleunigende technologische Fortschritt und eine volatile Unternehmensumwelt [BR05, S. 85], [Wol20, S. 1]. Produktlebenszyklen verkürzen sich zunehmend, während der technologische Wandel das Hervorbringen von Innovationen komplexer und aufwendiger macht [RG06, S. 1]. Tiefgreifende Veränderungen von Märkten und Branchen resultieren jedoch nicht nur aus dem technologischen Fortschritt, sondern werden auch durch neue Kundenanforderungen und Regularien ausgelöst [WSH+11, S. 89], [AG05, S. 21]. In der Folge führt der technologische Fortschritt, gepaart mit veränderten Kundenanforderungen und regulatorischen Vorgaben, zu einem stetigen Wandel auf wettbewerbsorientierten Märkten [SLK+17, S. 137]. Dieser Wandel stellt Unternehmen branchenübergreifend vor signifikante Herausforderungen [Hub18, S. 3].

Als Antwort auf diese Herausforderungen setzen Unternehmen verstärkt auf das gezielte Hervorbringen von Innovationen. Neue **digitale Technologien** sind dabei zentrale Treiber von Innovation und ihre Beherrschung notwendige Voraussetzung für innovative Marktleistungen [NLM+17, S. 224f.], [NH15, S. 58f.] [SR05, S. 231]. Um zu entscheiden, welche Technologien für das eigene Unternehmen zukünftig nicht nur relevant sind, sondern deren Einsatz auch Erfolg versprechend ist, bedarf es der richtigen Informationen als Entscheidungsgrundlage. Entsprechend sind das kontinuierliche Beobachten neu aufkommender technologischer Entwicklungen und die frühzeitige Identifikation der resultierenden Chancen und Bedrohungen eine wesentliche Determinante der Innovations- und in jüngster Zeit auch der Überlebensfähigkeit angesichts des raschen Wandels und der Transformation ganzer Branchen [MK13, S. 2058].

Vor diesem Hintergrund ist es die **Aufgabe der Technologiefrühaufklärung**, die technologischen Treiber dieses Wandels zu verstehen und die Auswirkungen aufkommender Technologien auf das eigene Unternehmen abzuschätzen [Lau13, S. 177ff.], [WSH+11, S. 89f.]. Dabei ist es nicht mehr ausreichend, sich auf internes Wissen zu stützen. So stellten bereits COHEN und LEVINTHAL fest, dass besonders innovative Unternehmen die Wichtigkeit externer Informationen erkennen und diese für die eigene Weiterentwicklung nutzen [CL90, S. 128]. Die Technologiefrühaufklärung kann dabei eine Schlüsselrolle einnehmen, indem sie relevante technologiebezogene Informationen bereitstellt, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die strategische Ausrichtung zu liefern [Sav04, S. 246], [WSH+11, S. 89], [Lic07, S. 1110].

Eine zentrale Herausforderung besteht dabei in der effizienten und effektiven Beschaffung und Verarbeitung von technologiebezogenen Informationen. Aufgrund des schnellen Wachstums der Menge relevanter Informationen ist es kaum möglich, diese manuell zu überblicken oder auszuwerten [WSH+11, S. 89], [Zwe09, S. 198]. Der Einsatz von Methoden der **Künstlichen Intelligenz (KI)** hat das Potenzial, die Art und Weise, wie technologische Entwicklungen frühzeitig erkannt und bewertet werden, grundlegend zu verändern [GGW+22, S. 2], [KG14, S. 89], [Lee21, S. 8]. KI bietet die Möglichkeit, große Mengen digital verfügbarer Informationen aus unterschiedlichen Datenquellen (z. B. Publikations- und Patentdatenbanken) zu analysieren und Muster in den Daten zu erkennen [KG14, S. 89], [Zel03, S. 69]. Beispiele hierfür sind die KI-gestützte Identifikation und Beobachtung emergenter Technologien. Dazu können Methoden wie das *Structural Topic Modeling* eingesetzt werden, um in Publikationen unstrukturierte Textdaten sowie deren strukturierte Metadaten zu analysieren. Die so ermittelten Technologiethemen, deren zeitliche Entwicklung sowie die Einordnung als „*Emerging Technology*“ können z. B. die Entwicklung einer Technologiestrategie unterstützen [HC22]. Der Einsatz von KI stellt Unternehmen jedoch vor vielfältige Herausforderungen. Bislang existieren kaum Erfahrungswerte zur Umsetzung einer KI-gestützten Technologiefrühaufklärung und es mangelt an einer Übersicht der konkreten Einsatzpotenziale von KI-Technologien.

Obwohl viele Unternehmen in einem dynamischen und wettbewerbsintensiven Markt agieren und genügend warnende **Beispiele** von verpassten technologischen Entwicklungen¹ existieren, erfolgt die Suche nach neuen Technologien und deren Bewertung meist implizit, unstrukturiert und wenig systematisch [SS19b, S. 2], [Sav04, S. 2]. Eine adäquate Reaktion auf drastische technologische Veränderungen sowie die Konzeption, Umsetzung und Weiterentwicklung eines entsprechenden Technologiefrühaufklärung-Systems gelingt vielen Unternehmen nicht [SLK+17, S. 137], [SKD+15, S. 532]. Trotz der

¹ Eine kurze Beschreibung der Beispiele von IBM und NOKIA findet sich in [Goc20, S. 1].

hohen Relevanz der Technologiefrühaufklärung für Unternehmen und ihrer weitreichenden Historie² ist die **organisationale Umsetzung** und Weiterentwicklung der Technologiefrühaufklärung bislang nur unzureichend beleuchtet [SLK+17, S. 138].

In der **Forschung zur Technologiefrühaufklärung** wurde das Thema bislang aus unterschiedlichen Perspektiven erschlossen, darunter aus der Perspektive der Organisation, der Prozessperspektive oder einzelner Methoden. Die bestehenden Modelle eignen sich jedoch nur begrenzt, um eine ganzheitliche Perspektive auf die Umsetzung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen einzunehmen. Ein wesentlicher Teil der Forschung fokussiert einzelne Methoden. Nur wenige Studien setzen sich mit der weiter gefassten Frage auseinander, wie eine erfolgreiche Umsetzung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen gelingen kann [SLK+17, S. 138]. Zudem existieren keine pauschalen Lösungen, da die Abläufe und Organisationsstrukturen in Abhängigkeit von den unternehmensindividuellen Voraussetzungen auszugestalten sind [SS19b, S. 4].

Die beschriebene Problematik zeigt den Bedarf, die organisationale Gestaltung der Technologiefrühaufklärung und Leistungssteigerung methodisch zu unterstützen. Es braucht einen Ansatz, der einen Überblick über alle relevanten Gestaltungsaspekte der Technologiefrühaufklärung mit besonderem Augenmerk auf die Einsatzpotenziale von KI bietet. Basierend auf der individuellen Ausgangssituation eines Unternehmens ist die Transformation hin zu einer wirksamen Technologiefrühaufklärung systematisch zu unterstützen. Aus der beschriebenen Problematik leitet sich die übergeordnete **Forschungsfrage** dieser Arbeit ab: „*Wie kann eine systematische Gestaltung und Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen erfolgen?*“

Zur Entwicklung der Systematik wird die Forschungsfrage durch weitere Fragen operationalisiert:

- Welche Einsatzpotenziale bieten Methoden der Künstlichen Intelligenz zur Unterstützung der Technologiefrühaufklärung?
- Welche Handlungsfelder sind für die Gestaltung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen relevant?
- Wie kann das Reifegradmodell in der Praxis für eine Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung genutzt werden?

² Ausführungen zur Historie der Technologiefrühaufklärungen finden sich bspw. in [Phi19], [KP19], [YHC10].

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Befähigung von Unternehmen zur systematischen Gestaltung einer wirksamen Technologiefrühaufklärung. Zu diesem Zweck wird eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* entwickelt. **Zielgruppe** der Systematik sind Technologie- und Innovationsmanager³ sowie Entscheidungsträger in Unternehmen (in kleineren Unternehmen bspw. ein Geschäftsführer oder Entwicklungsleiter). Die Systematik soll drei wesentliche **Handlungsfelder** berücksichtigen: 1) Aufzeigen der Einsatzpotenziale KI-basierter Ansätze für die Technologiefrühaufklärung, 2) Strukturierung der Erfolgsfaktoren und Gestaltungsdimensionen zur Umsetzung einer Technologiefrühaufklärung sowie 3) Bewertung des Ist-Zustands und Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Planung der Leistungssteigerung. Den **Kern der Systematik** bildet ein Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung sowie ein Vorgehensmodell, welches die erforderlichen Tätigkeiten zur Anwendung des Reifegradmodells beschreibt und deren Durchführung durch geeignete Hilfsmittel unterstützt. Als **Ergebnis** liefert die Systematik eine Roadmap zur Leistungssteigerung. Diese enthält konkrete, unternehmensindividuelle Maßnahmen, um die Technologiefrühaufklärung entsprechend der Herausforderungen der heutigen Zeit weiterzuentwickeln oder mit dem Aufbau einer solchen zu beginnen.

1.3 Forschungsdesign und Aufbau dieser Arbeit

Um die Zielsetzung zu erreichen, werden für die Entwicklung der Inhalte und Ergebnisse dieser Arbeit geeignete Forschungsmethoden angewandt. In diesem Kapitel wird das zugrunde liegende Forschungsdesign beschrieben. Der Begriff **Design** bezeichnet dabei in der modernen Wissenschaft den Prozess des Planens, Entwickelns und Erstellens von Artefakten, Systemen oder Prozessen zur Lösung spezifischer Probleme [HMP+04, S. 78]. SIMON umschreibt den Begriff *Design* wie folgt:

„Design [...] is concerned with how things ought to be, with devising artifacts to attain goals.“ [Sim96, S. 14]

Aufgrund der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Problematik und Zielsetzung orientiert sich die Entwicklung der Systematik an dem Ansatz der **Design Science Research (DSR)** [HMP+04], [VK21-ol]. Ziel der DSR ist es, anwendbares Wissen in Form von sogenannten Artefakten und Theorien zur Verbesserung bestehender Arbeitsweisen oder zur Erweiterung der Wissensbasis zu generieren [VK21-ol]. Die DSR adressiert damit die Erforschung von Artefakten in der gestaltungsorientierten Forschung. Artefakte, wie das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Reifegradmodell, sind für einen bestimmten Zweck entwickelte Lösungen zur Adressierung eines Problems [HMP+04].

³ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen das generische Maskulinum verwendet. Diese Regelung impliziert jedoch keine Benachteiligung nicht-maskuliner Geschlechteridentitäten, sondern dient allein der sprachlichen Vereinfachung.

Insgesamt lassen sich vier Arten von Artefakten unterscheiden: Artefakte können *Konstrukte* (die Sprache, in der Probleme und Lösungen kommuniziert werden), *Modelle* (die Konstrukte verwenden, um reale Situationen, Probleme, und Lösungen zu beschreiben), *Methoden* (die Prozesse und Lösungen definieren) oder *Instanziierungen* (die Realisierung aller drei Komponenten) darstellen [MS95], [HMP+04, S. 78f.]. Die der DSR zugrunde liegende Theorie ist in Bild 1-1 dargestellt.

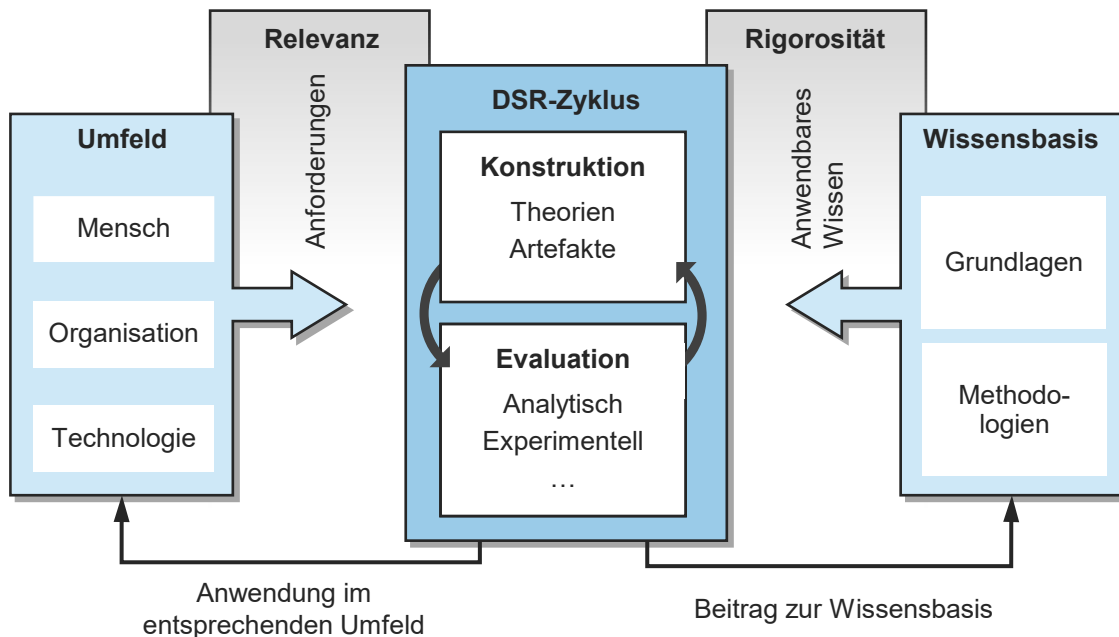


Bild 1-1: *Design Science Research-Framework in Anlehnung an HEVNER ET AL. [HMP+04, S. 80]*

Das von HEVNER ET AL. vorgeschlagene Rahmenwerk gliedert sich in zwei zentrale, komplementäre Bereiche bzw. Phasen: **Konstruktion und Evaluation** [HMP+04, S. 79]. Sie zielen darauf ab, die resultierenden Artefakte so zu gestalten, dass sie die identifizierten Anforderungen aus dem Umfeld erfüllen. Die Wissensbasis stellt bestehende Grundlagen und Methodologien dar, auf die bei der Konstruktion zurückgegriffen wird [HMP+04, S. 80f.].

Zur Umsetzung der DSR bzw. des Rahmenwerks bedarf es einer geeigneten Methode. Eine in der Wissenschaft etablierte Forschungsmethode hierfür ist die **Design Science Research Methodology (DSRM)** nach PEFFERS ET AL. [PTR+07]. Sie zielt explizit darauf ab, anwendbare Ergebnisse zu entwickeln, sie zu demonstrieren und schließlich zu evaluieren. Der DSRM-Prozess gliedert sich in insgesamt sechs Phasen⁴ bzw. Aktivitäten: 1) *Problemidentifikation & Motivation*, 2) *Definition des Entwurfsziels*, 3) *Entwurf & Entwicklung*, 4) *Demonstration*, 5) *Evaluierung* und 6) *Kommunikation*. Die DSRM beschreibt das für diese Arbeit übergeordnete Forschungsdesign und -vorgehen. Hierbei

⁴ Eine detaillierte Beschreibung der Phasen bzw. Aktivitäten findet sich in [PTR+07, S. 52ff.].

werden zur Entwicklung der einzelnen Teilergebnisse adäquate Forschungsmethoden eingesetzt. Diese werden in den entsprechenden Abschnitten 4.2.1 und 4.3.1 im Detail beschrieben. Die Arbeit ist in sieben Kapitel gegliedert. Bild 1-2 zeigt zusammenfassend die anhand der Teilkapitel beschriebene Vorgehensweise und die Struktur der Arbeit.

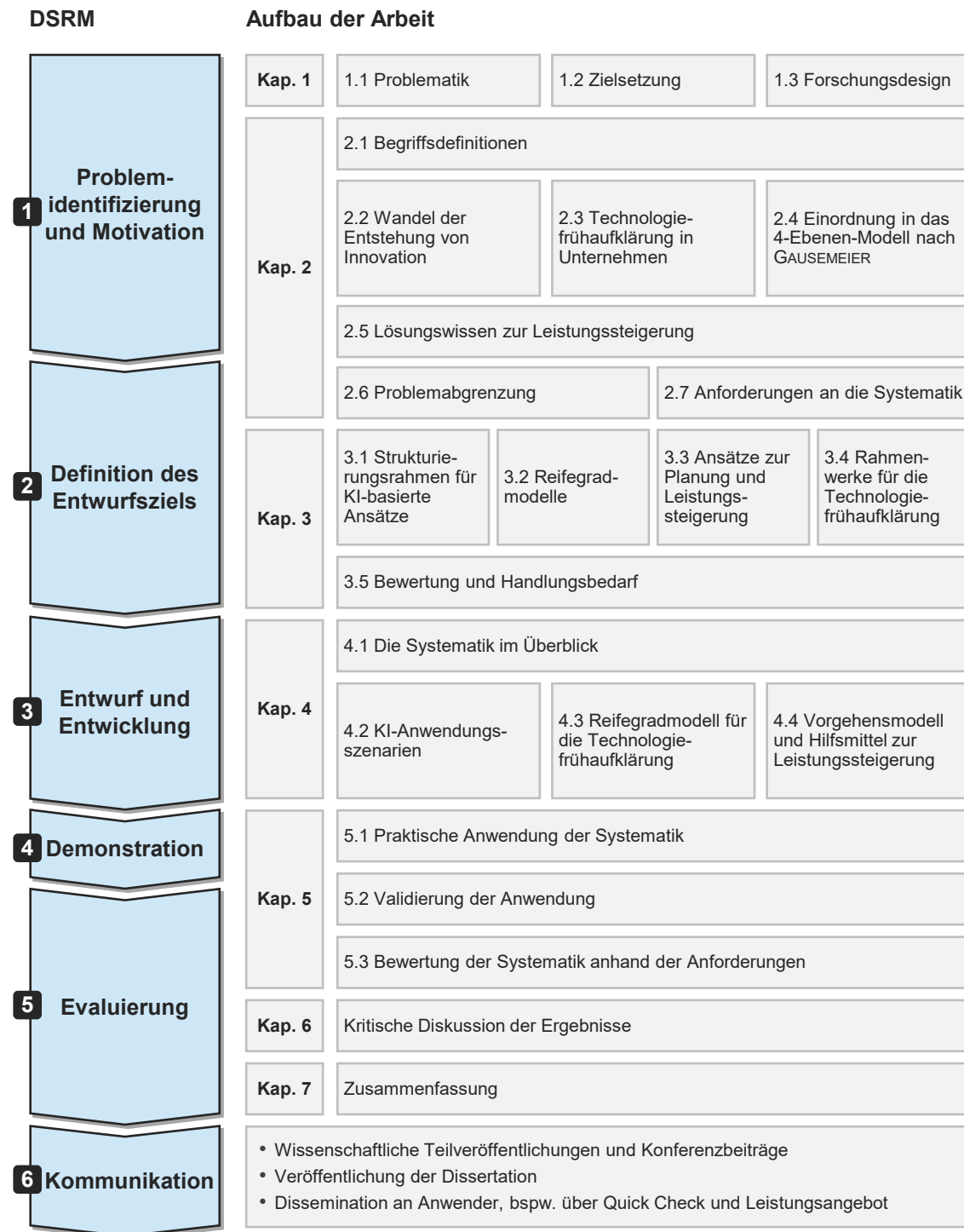


Bild 1-2: Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Der Einleitung folgend werden in **Kapitel 2** die Problematik analysiert und die Handlungsfelder der Systematik erarbeitet. Hierfür werden die für das Verständnis der Arbeit notwendigen Begriffe eingeführt und abgegrenzt. Betrachtungsgegenstand der Arbeit ist die Technologiefrühaufklärung als Teil des Technologie- und Innovationsmanagements. Daher werden eingangs aktuelle Entwicklungen, wie z. B. der Einfluss der Digitalisierung und Künstlichen Intelligenz auf das Innovationsmanagement beleuchtet. Es folgt eine detaillierte Auseinandersetzung mit der Technologiefrühaufklärung sowie eine Einordnung der Technologiefrühaufklärung respektive der Arbeit in das 4-Ebenen-Modell nach GAUSEMEIER. Die Problemanalyse wird durch die Erläuterung der Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von Lösungswissen in diesem Kontext ergänzt. Die Problemabgrenzung mündet in den zu adressierenden Handlungsfeldern der Arbeit. Schließlich werden Anforderungen an die Systematik abgeleitet.

Gegenstand von **Kapitel 3** ist die Analyse des Stands der Technik. Zunächst wird das Vorgehen zur Auswahl geeigneter Ansätze mit einer hohen Relevanz für die vorliegende Arbeit beschrieben. Die ausgewählten Ansätze werden vorgestellt und hinsichtlich ihrer Erfüllung der zuvor bestimmten Anforderungen beurteilt. Es werden bestehende Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas für KI-basierte Ansätze der Technologiefrühaufklärung, Reifegradmodelle für die Organisationsentwicklung, Ansätze zur Planung und Leistungssteigerung sowie Rahmenwerke für die Technologiefrühaufklärung untersucht. Hieraus resultiert der Handlungsbedarf.

Den Kern der vorliegenden Arbeit bildet **Kapitel 4**, in dem die *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* vorgestellt wird. Zu Beginn wird ein Überblick über die Systematik und ihre Bestandteile gegeben. Es folgt eine Erläuterung der Bestandteile im Detail. Ausgangspunkt sind die KI-Anwendungsszenarien zur Unterstützung der Technologiefrühaufklärung. Anschließend werden das Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung, welches alle relevanten Handlungsfelder zur organisationalen Gestaltung aufzeigt, sowie das Vorgehensmodell und die dazugehörigen Hilfsmittel vorgestellt.

Kapitel 5 beschreibt die Anwendung und Validierung der Systematik. Die Systematik wird von insgesamt sechs Unternehmen angewendet und anhand eines Validierungsfragebogens bewertet. Anschließend werden die Erkenntnisse aus der Befragung der Unternehmen zur praktischen Anwendbarkeit der Systematik zusammengefasst. Abschließend erfolgt die theoretische Verifikation, in der die Systematik anhand der an sie gestellten Anforderungen beurteilt wird.

In **Kapitel 6** erfolgt die kritische Betrachtung der Ergebnisse.

Abschließend werden in **Kapitel 7** die Inhalte der Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick auf anknüpfende Forschungsfragen gegeben. Der Anhang beinhaltet ergänzende Informationen zur Arbeit.

2 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine *Systematik zur Reifegradmodellbasierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung*. Die Problemanalyse konkretisiert die im Rahmen der Einleitung beschriebene Problematik. In Abschnitt 2.1 werden zunächst die wesentlichen Begriffe der Arbeit definiert und abgegrenzt. Davon ausgehend wird in Abschnitt 2.2 der Wandel der Entstehung von Innovation infolge der Digitalisierung erläutert. Kern der Arbeit ist die Technologiefrühaufklärung. Die Facetten der Technologiefrühaufklärung werden in Abschnitt 2.3. erläutert. In Abschnitt 2.4 erfolgt eine Einordnung der Arbeit in das 4-Ebenen-Modell nach GAUSEMEIER. Abschnitt 2.5 widmet sich dem Einsatz von Lösungswissen für die Technologiefrühaufklärung. Die Problemabgrenzung in Abschnitt 2.6 resümiert die Problemanalyse. Schließlich werden die Anforderungen an die vorliegende Arbeit in Abschnitt 2.7 beschrieben.

2.1 Begriffsdefinitionen

Die in den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.3 diskutierten Begriffsdefinitionen dienen der Schaffung eines einheitlichen Begriffsverständnisses für diese Arbeit. Dabei erhebt dieser Abschnitt keinen Anspruch auf eine vollständige Diskussion der Literatur.

2.1.1 Systematik, Leistungssteigerung und Reifegradmodell

Der Begriff **Systematik** wird in der vorliegenden Arbeit als strukturiertes Rahmenwerk verstanden, das ein Vorgehensmodell sowie dedizierte Hilfsmittel zur Unterstützung der im Vorgehensmodell beschriebenen Tätigkeiten bereitstellt [Dum10, S. 5f.]. Hilfsmittel umfassen bspw. Spezifikationstechniken und Modellierungssprachen, Entwurfsmuster oder Werkzeuge [Dum10, S. 6]. Das Vorgehensmodell systematisiert hierbei den Planungsprozess zur Leistungssteigerung.

Wesentliche Voraussetzung für eine **Leistungssteigerung** – verstanden als Verbesserung von Produkten, Prozessen oder einer Organisation – ist eine objektive Bewertung der aktuellen Leistungsfähigkeit sowie ein Konzept für eine schrittweise Weiterentwicklung. **Reifegradmodelle**⁵ ermöglichen eine solche Leistungsbewertung und unterstützen eine systematische Leistungssteigerung [GP14, S. 315f.], [Ben13, S. 19f.]. Sie stellen ein vereinfachtes Abbild der Realität dar [Met10, S. 33ff.]. Die dem Modell zugehörigen **Reifegrade** definieren für unterschiedliche **Leistungsstufen** die Eigenschaften z. B. eines Prozesses, einer Organisation oder einer Arbeitsperson [GP14, S. 316], [WMK10, S. 223]. Reifegradmodelle geben so die Zusammenhänge zwischen Reifegraden und der Entwicklung hin zu einer hohen Reife wieder [GP14, S. 316]. Nach CHRISTIANSEN und GAUSE-

⁵ Eine detaillierte Erläuterung von Reifegradmodellen und deren Ausprägungen findet sich in Abschnitt 2.5.3.

MEIER beruhen Reifegradmodelle auf einer allgemeingültigen Grundstruktur mit **Handlungsfeldern, Handlungselementen, Leistungsstufen** und **Reifegraden** [Chr09, S. 39]. Der Bezugspunkt ist das jeweils zu untersuchende Bewertungsobjekt [CG10, S. 345]. Ein sehr ähnliches Begriffsverständnis formulieren BECKER ET AL., die Reifegradmodelle als „*Folge von Reifegraden für eine Klasse von Objekten*“ definieren, welche einen „*antizipierten, gewünschten oder typischen Entwicklungspfad dieser Objekte [...] bis hin zur vollkommenen Reife*“ beschreiben. Eine Steigerung der Leistungsfähigkeit wird dabei durch das Fortschreiten auf diesem Entwicklungspfad erreicht [BKP09, S. 213].

Die vorliegende Arbeit baut auf dem beschriebenen Grundverständnis von Reifegradmodellen auf, die durch Handlungsfelder und Handlungselemente einen ausgewählten Betrachtungsbereich (z. B. Organisationen oder Prozesse) strukturieren. Hierbei beschreiben aufeinander aufbauende, diskrete Leistungsstufen einen Entwicklungspfad für jedes Handlungselement zur Weiterentwicklung der Fähigkeiten einer Organisation bis zur vollständigen Reife. Übergeordnete Reifegrade fassen die Ausprägungen der Leistungsstufen über alle Handlungselemente hinweg zusammen. Sie ermöglichen nachvollziehbare Aussagen über die Reife des Gesamtsystems Technologiefrühaufklärung.

2.1.2 Technologie

Der Begriff der **Technologie** wird in der Literatur im traditionellen Begriffsverständnis von der **Technik** abgegrenzt (vgl. [Bul94, S. 33f.], [SLS11, S. 19], [Ger05, S. 17], [VB15, S. 2]). In der Praxis werden die Begrifflichkeiten Technologie und Technik nicht unterschieden und die Begriffe meist synonym verwendet [SKS+11, S. 34], [MI08, S. 6]. Die vorliegende Arbeit orientiert sich daher an dem von BINDER und KANTOWSKY vorgeschlagenen integrativen Begriffsverständnis, welches keine strikte Trennung von Technologie und Technik verfolgt [BK96, S. 87ff.]. Aus der Historie des Forschungsfeldes existieren für den Technologiebegriff eine Vielzahl an Interpretationen und Definitionen⁶. Das Technologiebegriffsverständnis dieser Arbeit orientiert sich an der Definition nach PEIFFER:

„Technologie = Bündelung naturwissenschaftlich-technischer und anwendungsorientierter Erkenntnisse im Hinblick auf mögliche technische Problemlösungen. Technologien repräsentieren damit die spezifische Wissensgrundlage für potenzielle Produkte und Verfahren“
[Pei92, S. 35].

⁶ Eine ausführliche Diskussion des Technologiebegriffs findet sich bspw. in [Pla18, S. 12f.], [Ihm10, S. 9ff.], [Bri10, S. 7ff.] und [Wal16, S. 9ff.].

2.1.3 Technologiefrühaufklärung (TFA)

Im Kontext dieser Arbeit finden sich zwei zentrale Begriffe in der Literatur, die die Technologie als Betrachtungsgegenstand für die Aktivitäten der Vorausschau⁷ in den Fokus stellen: die **Technologiefrüherkennung** und die **Technologiefrühaufklärung (TFA)**. Eine eindeutige Abgrenzung beider Begriffe ist schwierig, da in der Literatur keine einheitliche Definition existiert [Lic02, S. 15]. Oft gibt es Überschneidungen im Verständnis der Autoren⁸ sowie mit weiteren Forschungsrichtungen [RG06, S. 2f.]. Im Nachfolgenden werden daher ausgewählte Definitionen genannt, die zur Definition und dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Verständnis beitragen.

WOLFRUM sieht das Ziel der Technologiefrüherkennung in der „*frühzeitigen Bestimmung der Potenziale neuer Technologien sowie der Grenzen herkömmlicher technologischer Problemlösungen*“ [Wol91, S. 119]. Laut LICHTENTHALER liegt die zentrale Aufgabe der Technologiefrüherkennung in der „*rechtzeitigen Bereitstellung relevanter Informationen über technologische Trends im Umfeld des Unternehmens [...]*“. Die Aktivitäten umfassen die Beschaffung, die Analyse sowie die Kommunikation dieser Informationen, um Technologieentscheidungen zu unterstützen [Lic05, S. 56f.]. LAUBE definiert die Technologiefrühaufklärung als

„[...] dynamischen strategischen Prozess teilweise parallel ablaufender Phasen sowohl zur ungerichteten als auch zur gerichteten Suche und Erkennung unternehmensrelevanter Technologien und ihrer Entwicklungen. Sie verfolgt das Ziel, frühzeitig und rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die identifizierten Technologien in das Unternehmen geeignet zu transferieren“ [Lau09, S. 174].

Die Technologiefrühaufklärung ist ein **Teilbereich des Technologie- und Innovationsmanagements** und damit eine Querschnittsfunktion [AG05, S. 5]. In der Literatur wird die Technologiefrühaufklärung synonym zu den englischsprachigen Begriffen *Technology Intelligence*⁹ oder *Technology Foresight* verstanden [Pla18, S. 16]. Nach ROHRBECK und GEMÜNDEN umfasst der Begriff Technology Intelligence neben der Diskussion der einzusetzenden Methoden auch die Auseinandersetzung mit der Organisation der Technologiefrühaufklärung [RG06, S. 3]. GOMERINGER greift diese erweiterte Betrachtung auf: Während in der Vergangenheit der Fokus häufig auf der alleinigen Identifikation und

⁷ Die Vorausschau befasst sich mit zukünftigen Entwicklungen von Märkten, Technologien und anderen Betrachtungsgegenständen. Ziel ist es, Chancen bzw. Erfolgspotenziale für das Unternehmen zu identifizieren und Gefahren für das etablierte Geschäft frühzeitig zu erkennen. Hierfür eignen sich unterstützende Methoden, wie bspw. die Szenario-Technik oder Delphi-Studien [GP14, S. 43ff.].

⁸ Weitere Definitionen und Diskussionen der Begriffe finden sich z. B. in [GDE+19], [Lic05], [Nic08], [Roh07], [SLS11] oder [Wol91].

⁹ Die Begriffe Technology Intelligence, Technologiemonitoring und Technologiescouting werden in der Literatur zum Teil als vergleichbare Ansätze beschrieben bzw. gleichgesetzt [SSL10, S. 9].

Beobachtung von Technologien lag, steht heute die Analyse und die Kommunikation der Ergebnisse im Fokus eines unternehmerischen Lernprozesses [Gom07, S. 41].

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist die Technologiefrühaufklärung der übergeordnete Begriff und beinhaltet im Sinne eines integrativen Begriffsverständnisses die Aspekte der Technologiefrüherkennung. Die an die Literatur angelehnte Definition des Begriffs für diese Arbeit lautet: *Die Technologiefrühaufklärung ist ein strategischer Prozess, der auf die Suche und Erkennung von neuen technologischen Entwicklungen im Umfeld des Unternehmens abzielt. Wesentliche Aktivitäten sind die Beschaffung, Analyse und Verarbeitung von Informationen sowie die Organisation dieser Aktivitäten unter der Berücksichtigung strategischer Aspekte. Ziel ist die rechtzeitige Ergreifung von Maßnahmen, um die identifizierten Technologien in das Unternehmen geeignet zu transferieren.*

2.2 Wandel der Entstehung von Innovation

Unternehmen stehen heute, unabhängig von der Branche, durch den digitalen Wandel vor enormen Herausforderungen [Hub18, S. 3]. Innovationen sind dabei die Antwort der Unternehmen auf die Herausforderungen der Zeit. Sie zwingen Unternehmen zu stetem Wandel [Bie87, S. 366]. Es zeigt sich, dass neue digitale Technologien sowohl **Innovationen** selbst als auch den zugrunde liegenden **Prozess der Entstehung von Innovation** entscheidend verändern [NLM+17, S. 223f.], [YBL+12, S. 1400], [MDM19, S. 821]. Dieses Kapitel widmet sich daher den Grundsätzen des Wandels der Entstehung von Innovation. In Kapitel 2.2.1 wird der technologische Wandel und dessen Einfluss auf Innovation beschrieben. Im Abschnitt 2.2.2 wird die Veränderung des Innovationsprozesses als Reaktion auf den weiter beschleunigenden technologischen Wandel aufgegriffen.

2.2.1 Innovation durch den technologischen Wandel

Das **Potenzial neuer Technologien** ist allgegenwärtig. Sie verändern sowohl das tägliche Leben als auch die Art und Weise, wie Unternehmen Geld verdienen [MCB+13, S. 23]. Technologie ist einer der wesentlichen Treiber für Innovation. Oft wird die erfolgreiche Umsetzung einer innovativen Idee durch eine neue Technologie ermöglicht. Neue Technologien führen somit zu neuen Produkten, Services oder verbesserten (Produktions-) Prozessen (vgl. *Technology Push*¹⁰) [SHR16, S. 32]. Sie verändern damit auch das zugrunde liegende Geschäftsmodell von Unternehmen [FDZ14, S. 335], [MS21, S. 318]. Die immer kürzer werdenden Technologielebenszyklen führen zu einer schnellen Ablösung bestehender Technologien und damit auch zu einer Verkürzung der Lebensdauer von Geschäftsmodellen. Hieraus resultiert eine neue Dynamik [Hub18, S. 105], [VMW+16, S. 11].

¹⁰ Zu *Technology Push* siehe bspw. [Bul94, S. 101], [GDE+19, S. 16], [HL06, S. 145] oder [VB15, S. 63].

Eine wesentliche Entwicklung im Zuge des technologischen Wandels zeigt sich in dem Aufkommen sogenannter **digitaler Technologien**¹¹. Digitale Technologien umfassen die Erstellung, Verarbeitung, Übertragung, Analyse und Nutzung digitaler Daten [Loe06, S. 360], [LBR+18, S. 32]. Sie stellen damit die Grundlage für digitale Produkte, Services sowie innovative Geschäftsmodelle dar [Loe06, S. 370f.], [BEP+13, S. 471], [NLM+17, S. 224], [MS21, S. 318f.]. Der Einsatz digitaler Technologien für Innovation wird in der Literatur auch als **digitale Innovation**¹² beschrieben [NLM+17, S. 233f.], [YHL10, S. 725f.]. Die zunehmende Durchdringung mit digitalen Technologien resultiert in einer neuen **Geschwindigkeit von Innovation** [YBL+12, S. 1405], [BEP+13, 476f.], [YHL10, S. 726], [DPR18, S. 334]. Die Kombination und Vernetzung verschiedener digitaler Technologien führt zu hochdynamischen Entwicklungen [Hub18, S. 117]. Diese Disruption stellt Unternehmen vor Herausforderungen, bietet aber gleichzeitig neue Chancen, bspw. durch technologische Neuerungen, veränderte Marktstrukturen oder sich wandelnde Kundenbedürfnisse [Thö20, S. 41], [Lic07, S. 1109]. Diese neue Wettbewerbsintensität führt dazu, dass digitale Technologien integraler Bestandteil der Strategie sind [YHL10, S. 730]. Im Gegensatz zur physischen bzw. mechanischen Optimierung bieten digitale Technologien einen **überlegenen bzw. attraktiveren Kundennutzen** [JB19, S. 7]. Diese Mehrwerte entstehen bspw. durch neuartige Funktionen, Interaktionen, das Bereitstellen von Inhalten oder einer höheren Effizienz [Wol20, S. 15].

Der Einfluss des technologischen Wandels respektive der digitalen Technologien auf Innovationen lässt sich anhand der folgenden Beispiele für Produkt- und Prozessinnovationen veranschaulichen:

- **Künstliche Intelligenz:** Eine beispielhafte Innovation, die auf maschinellem Lernen als digitale Technologie basiert, ist die *Gargut-Erkennung* der MIELE & CIE. KG. Eine Kamera im Backofen erkennt, welche Lebensmittel und Gerichte der Anwender in den Backofen gibt. Dieser empfiehlt ein passendes Programm und steuert den Garprozess. Darüber hinaus kann durch die Kamera z. B. der Bräunungsgrad einer Pizza über das Smartphone beobachtet werden [Mie22-ol]. Dieses Beispiel der Vernetzung des Backofens im Sinne des Internet of Things¹³ (IoT) sowie der Einsatz von KI zeigt das Zusammenspiel digitaler Technologien. Wie anhand dieses Beispiels zu erkennen ist, führt die Einbettung digitaler Technologien in bisher physische Artefakte zur Entstehung sogenannter intelligenter Produkte [YBL+12, S. 1399].

¹¹ BERGER ET AL. nennen im Rahmen ihrer Multilayer-Taxonomie für digitale Technologien *Hybrid Cloud Computing*, *Platform-as-a-Service (PaaS)*, *Blockchain*, *4D Printing*, *Internet of Things (IoT)*, *Smart Dust*, *Machine Learning*, *Virtual Assistants* oder auch *Gesture Control* als Beispiele aus dem GARTNER HYPE CYCLE [BDR18, S. 11].

¹² In der Literatur existiert der Begriff Digital Innovation Capabilities, welcher die notwendigen Fähigkeiten zum digitalen Innovieren umfasst [WH18].

¹³ Der Begriff Internet of Things beschreibt die Verknüpfung von physischen Geräten durch Internettechnologien [KSS+17, S. 6], [Sin20, S. 4], [Rod17, S. 4].

- **IoT-Plattformen:** Die Entwicklung von IoT-Plattformen wurde maßgeblich durch die Digitalisierung der letzten Jahrzehnte und die zunehmende Durchdringung der Industrie mit digitalen Technologien beeinflusst [Rod17, S. 4f.]. Durch die Möglichkeit, Daten über das Internet zu sammeln, zu analysieren und weiterzuverarbeiten, stellen IoT-Plattformen eines der Beispiele für digitale Technologien dar [Rod17, S. 5]. Durch die Analyse großer Datenmengen, die von Sensoren in industriellen Anlagen zur Verfügung gestellt werden, können u. a. Prozesse optimiert oder Anomalien in den Daten erkannt werden. Diese Anwendungen helfen Unternehmen somit die Effizienz, Sicherheit und Produktivität von Abläufen zu verbessern [MAP+17, S. 30]. Die Entwicklung hin zur Plattformökonomie – sowohl im Consumer-Bereich als auch im industriellen Kontext – zeigt die vielfältigen Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle¹⁴ durch digitale Technologien [DFH+19, S. 9].

Durch den Einsatz digitaler Technologien entstehen sogenannte **digitale Ökosysteme**¹⁵. Unternehmen zielen mit ihren Innovationen darauf ab, dem Kunden Produkte, korrespondierende Services und Inhalte aus einer Hand anzubieten [KL17b, S. 231]. Ziel ist der Aufbau eines nutzerzentrierten Ökosystems. Durch den holistischen Ansatz wird der erlebbare Nutzen erhöht und die Kundenbindung gestärkt [Hub18, S. 114f.], [AB13, S. 102]. Dabei wird versucht, über Hardware, Software oder auch die angebotenen Inhalte eine Abgrenzung zu anderen Ökosystemen (*Lock-In-Effekt*) zu erreichen [AB13, S. 102], [KL17a, S. 235]. Als erfolgreiche Beispiele für digitale Ökosysteme lassen sich die von AMAZON, APPLE oder GOOGLE anführen [KL17a, S. 233f.], [AB13, S. 109ff.].

Die dargestellten Entwicklungen zeigen, dass digitale Technologien zu einer **neuen Wettbewerbsdynamik** führen. Bereits PORTER und SCHUMPETER beschreiben die Technologie respektive den technologischen Wandel als eine der Variablen für die Veränderung von Branchen- und Wettbewerbsstrukturen [Por83, S. 2]. Die Ursache hierfür liegt in dem Potenzial neuer Technologien, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen durch eine überlegene Leistungsfähigkeit zu steigern [KSA11, S. 6]. Das Hervorbringen derartiger Innovationen mit technologischem Vorsprung wird dabei zum entscheidenden Differenzierungsmerkmal [Bul94, S. 2]. Die neue Wettbewerbsdynamik führt auch zu einer immer schnelleren Diffusion von Technologien in neue Branchen [Sch17, S. 31], [Thö20, S. 38]. Markteintrittsbarrieren sinken und Branchengrenzen verschwimmen [YHL10, S. 730], [MDM19, S. 821]. So erscheinen immer öfter neue Wettbewerber aus bisher vermeintlich fremden Branchen und verändern den Wettbewerb [Thö20, S. 38], [YHL10, S. 726], [MCB+13, S. 149], [VMW+16, S. 13].

¹⁴ Nach VEIT ET AL. liegen digitale Geschäftsmodelle vor, „[...] wenn Veränderungen in den digitalen Technologien grundlegende Veränderungen in der Art und Weise, wie Geschäft getätigt und Umsätze generiert werden, auslösen“ [VCB+14, S. 48].

¹⁵ Der Begriff des Ökosystems entstammt der Biologie und der Systemtheorie. Dieser beschreibt ein abgegrenztes System, „[...] in dem Lebenswelt und Lebewesen in einer Austauschbeziehung stehen und dabei in ihrer funktionalen Wechselwirkung betrachtet werden“ [AB13, S. 101].

Diese Entwicklung spiegelt sich in der **Vielzahl aufstrebender Start-ups**¹⁶ wider, die sich digitale Technologien zu eigen machen und etablierten Unternehmen die Stirn bieten. Digitale Technologien sind integraler Bestandteil ihrer Geschäftsmodelle und -abläufe [EMP20, S. 1]. Beispiele hierfür sind AIRBNB oder SPOTIFY. Durch den Einsatz digitaler Technologien schaffen sie einen attraktiven Kundennutzen und disruptieren so bestehende Branchen und Marktsegmente [Thö20, S. 41]. Insbesondere Start-ups profitieren von schwindenden Markteintrittsbarrieren als Resultat digitaler Technologien. Dies ist auf die vergleichsweise geringe Kapitalintensität, eine kurze Entwicklungsdauer und die Realisierung eines Mehrwerts durch Programmierkenntnisse zurückzuführen [Wol20, S. 17]. Innerhalb kürzester Zeit entwickeln Start-ups ihre digitalen Geschäftsmodelle mit möglichst geringem Kapitaleinsatz weiter und validieren diese am Markt. Damit setzen Start-ups als Innovationstreiber etablierte Unternehmen unter Druck und greifen in den Wettbewerb ein [Wol20, S.3f.].

In der Vergangenheit konnten einmal erarbeitete **Wettbewerbsvorteile** über mehrere Jahre eine Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb bieten. Ziel der Unternehmen war es daher häufig, diesen Wettbewerbsvorteil zu erhalten [Eck18, S. 26]. Kürzere Technologielebenszyklen und die potenzielle Disruption der eigenen Branche durch neue Wettbewerber stellen Unternehmen vor permanente Anpassungsprobleme. Bereits CHRISTENSEN beschrieb mit dem „*Innovator's Dilemma*“ [Chr97] die große Herausforderung für etablierte Unternehmen, sich an disruptive Veränderungen anzupassen und mit entsprechenden Innovationen zu reagieren, um das Kerngeschäft zu transformieren (z. B. Elektrifizierung des Automobilsektors). Auch heute noch sind diejenigen Unternehmen bedroht, die ihre Erfolgsposition auf alten Technologien gründen und sich von neuen Entwicklungen überraschen lassen [KSA11, S. 6], [WSH+11, S. 89], [Reg01, S. 533]. Technologien und technologiegetriebene Innovationen bestimmen somit in hohem Maße die Zukunftsfähigkeit von Unternehmen [Wol20, S. 126].

Fazit

Die Ausführungen verdeutlichen, dass Technologie ein zentraler Aspekt von Innovation ist und dass technologischer Fortschritt zu einem Wandel von Innovation führt. Digitale Technologien verändern nicht nur das Ergebnis, sondern auch die Komplexität und Geschwindigkeit, mit der Innovationen entstehen. Angesichts der zunehmenden Dynamik des Unternehmensumfelds stehen Unternehmen vor den Herausforderungen, sich kontinuierlich anzupassen und frühzeitig relevante technologische Entwicklungen zu identifizieren und zu bewerten. Damit steigen auch die Anforderungen an eine möglichst effiziente und effektive Technologiefrühaufklärung. Unternehmen sind daher gefordert, systematisch die Fähigkeit zu entwickeln, relevante technologische Entwicklungen zu erkennen und deren Potenzial abzuschätzen.

¹⁶ Unter dem Begriff *Digital Entrepreneurship* finden sich weitere Informationen zur Veränderung der Entstehung von Start-ups unter dem Einfluss digitaler Technologien z. B. in [EMP20], [HHH+07], [Don19].

2.2.2 Wandel im Innovationsprozess

Der im vorherigen Abschnitt beschriebene technologische Wandel führt zu einer neuen Dynamik und Komplexität des Unternehmensumfelds und wirkt sich zugleich auf die internen Unternehmensabläufe aus. Vor diesem Hintergrund ist ein **Wandel im Prozess der Entstehung von Innovation** erforderlich [Euc21, S. 9f.]. Unternehmen sind gefordert, möglichst effizient und effektiv Innovationen hervorzubringen. Darüber hinaus bedarf es Flexibilität, um zeitnah auf technologische oder marktseitige Veränderungen zu reagieren [VB15, S. 9]. Zur Beleuchtung des notwendigen Wandels zur Anpassung an die Herausforderungen werden in diesem Abschnitt Trends im Innovationsprozess sowie Veränderungen im Innovationsprozess infolge der Digitalisierung beschrieben.

Trends im Innovationsprozesses

- **Agilität und Fokussierung des Kunden im Innovationsprozess:** Unternehmen müssen heute auf volatile Kundenanforderungen reagieren. Eine Lösung für die effektive Entwicklung von Innovation ist die Fokussierung des Kunden in den frühen Phasen des Innovationsprozesses [LTY10, 772f.], [ZB12, S. 10]. Prinzipien wie *Design-Thinking* oder *Lean Startup* setzen hier an. Mit dem Ziel die Agilität im Innovationsprozess zu steigern, steht der Kunde mit seinen Wünschen und Bedürfnissen im Mittelpunkt aller Überlegungen und es werden unterschiedliche Perspektiven auf eine Problemstellung zusammengeführt. So werden Produkte, Services, Prozesse und Geschäftsmodelle in einem strukturierten, iterativen Vorgehen entwickelt [Rot20, S. 99f.]. Dabei sollen stetig kritische Geschäftsannahmen getestet werden, um den gesamten Prozess zu fokussieren, zu beschleunigen und schließlich die Unsicherheiten innerhalb des Innovationsprozesses zu reduzieren [Euc21, S. 9f.], [Wol20, S. 17].
- **Öffnung des Innovationsprozesses:** Neben der Adressierung von Kundenbedürfnissen durch neue Methoden können auch weitere Akteure durch eine Öffnung des Innovationsprozesses mit in den Entstehungsprozess von Innovation einbezogen werden. In der Literatur wird dies als *Open Innovation* beschrieben [Che03]. Hierbei werden Ideen, Wissen und auch Technologien durch eine Vernetzung mit externen Akteuren wie bspw. Universitäten oder Lieferanten ausgetauscht [LS06, S. 146f.].

Veränderungen im Innovationsprozess infolge der Digitalisierung

- **Integration digitaler Infrastrukturen:** Für den Innovationsprozess werden immer mehr digitale Infrastrukturen wie z. B. Plattformen für den Wissensaustausch (z. B. GitHub¹⁷), für das Crowdsourcing, Crowdfunding (z. B. Kickstarter¹⁸), sogenannte

¹⁷ GITHUB bietet einen Cloud-basierten *Git Repository Hosting Service* an, der für die gemeinsame Arbeit an Software-Entwicklungsprojekten z. B. für die Versionskontrolle und Code-Review verwendet wird [Git24-ol], [Stü24-ol].

¹⁸ KICKSTARTER ermöglicht das finanzielle Unterstützen von Geschäftsideen von einzelnen Personen oder Unternehmen durch die öffentliche Community [Kic24-ol].

Digital Makerspaces oder Open Source-Projekte bzw. offene Standards (wie bspw. OpenStack¹⁹) genutzt [NLM+17, S. 225].

- **Umfassende Daten als Schlüsselressource:** In vielen Unternehmensbereichen, wie z. B. der Produktion, werden Daten bereits für die Optimierung einzelner Prozesse oder Maschinen verwendet. Nun zeigt sich, dass Daten auch im Innovationsprozesses zunehmend zur Schlüsselressource werden [TB18, S. 23ff.], [Thö20, S. 34]. Durch die stetig wachsende Menge und Vielfalt an verfügbaren Daten ergeben sich etliche Potenziale und neue Herausforderungen [Mar20, S. 112]. So ergibt sich auf der einen Seite das Potenzial Produkte genauer auf die Kundenbedürfnisse und -anforderungen zuzuschneiden. Beispielsweise bieten Nutzungsdaten über den Produkteinsatz beim Kunden die Möglichkeit, neue Ideen für die nächste Produktgeneration zu entwickeln [BAL+17, S. 43], [Mey24, S. 155ff.], [YBL+12, S. 1400]. Andererseits können Daten auch Erkenntnisse über Trend-, Markt- und Technologieveränderungen im Unternehmensumfeld liefern [Wol20, S. 158]. Die Analyse kann somit strategische Unternehmensentscheidungen unterstützen [GD15, S. 11ff.], [AAB+23, S. 229f.]. Neben der Berücksichtigung einzelner Datenquellen für den Innovationsprozess ergeben sich vielfältige Möglichkeiten durch den Einbezug von mehreren Datenquellen (interne, externe und vom Kunden generierte Daten) [Hut21, S. 629]. Folglich besteht eine weitere Herausforderung in der Kombination unterschiedlicher Daten und deren effizienter Analyse und Auswertung, um die richtigen Schlüsse für die Entscheidungsfindung zu ziehen [Thö20, S. 34]. Aufgrund der natürlichen Grenzen der menschlichen Kognition besteht eine Diskrepanz zwischen der Vielzahl verfügbarer Informationen und der Fähigkeit des Menschen, diese zu verarbeiten [Hut21, S. 630].
- **Nutzung von (Software-)Tools:** Eine Möglichkeit, den aufgezeigten Herausforderungen zu begegnen, ist der Einsatz von IT-Lösungen bzw. (Software-)Tools, die den Innovationsprozess unterstützten (vgl. Abschnitt 2.3.5). Diese wirken sich insbesondere bei wissensintensiven Aktivitäten positiv auf die Innovationskraft aus [THB12, S. 858f.], [KCR+12, S. 56f.], [JCD+10, S. 492]. Dabei kann zwischen (Software-)Tools unterschieden werden, die den gesamten Innovationsprozess digital abbilden (z. B. Kommunikation, Ideenfindung oder Dokumentation) und solchen, die sich auf die Analyse von Daten als Innovationsimpulse (Patente, Web-Artikel, Start-ups, etc.) spezialisiert haben [HEH21, S. 312], [Mie13, S. 166f.].
- **Einsatz von KI:** Mit dem Einsatz von KI zeichnet sich ein vielversprechender Lösungsansatz für den Innovationsprozess ab [CHS18, S. 12ff.], [TCK19, S. 194], [KVT12, S. 400], [Hut21, S. 638], [WHB+21, S. 8]. Unternehmen sehen Chancen z. B. in der Effizienzsteigerung, in der schnelleren Verarbeitung großer Datenmengen, in der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit oder in der Identifikation von

¹⁹ OPENSTACK ist eine *Open Source Cloud Computing-Infrastruktur*. Das von der NASA und diversen weiteren Firmen entwickelte Projekt stellt quelloffene Softwareelemente für die Erstellung von Cloud-Plattformen bereit [Ope24-ol].

Markt- und Innovationspotenzialen [FB19, S. 5], [WHB+21, S. 27]. (Software-) Tools setzen daher zunehmend auf KI zur Datensammlung und -analyse [HEH21, S. 313f.]. Ziel ist es, Muster in den Daten zu erkennen. Muster können in diesem Kontext bspw. Zusammenhänge in Texten oder auch schwache Signale²⁰ sein, die auf eine Veränderung hindeuten. Erste Praxisbeispiele für den Einsatz von KI im Innovationsprozess zeigen, wie z. B. aus einer Vielzahl an Konsumentenaussagen zu Produkten im Internet Erkenntnisse generiert werden [FB19, S. 6]. In einem anderem Beispiel wurde KI eingesetzt, um Muster in Ideenbeschreibungen ausfindig zu machen, die eine Erfolg versprechende Idee charakterisieren [KGF+18]. Diese Beispiele zeigen, wie KI schrittweise den Weg in den Innovationsprozess findet, um diesen und die daraus resultierenden Innovationen zu verbessern [KBF20, S. 174f.].

- **Zusammenarbeit zwischen KI und Mensch:** Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft die Grenzen der Zusammenarbeit zwischen KI und Menschen im Innovationsprozess zunehmend verschwimmen werden [JM15, S. 259f.]. Auch wenn KI den Menschen bereits heute unterstützt, bleibt die vollständige Automatisierung von Prozessen und Entscheidungen vorerst ein Zukunftsszenario [FB19, S. 16]. Der Einsatz von KI ermöglicht es jedoch bereits heute, vorhandene Ressourcen anderweitig zu nutzen. So kann der Fokus auf die Entwicklung Erfolg versprechender Innovationen, die Bewertung oder die Handlungsableitung gelegt werden, anstatt Ressourcen bspw. für die Analyse großer Datenmengen aufzuwenden [WHB+21, S. 27].

Fazit

Die dargestellten Entwicklungen verdeutlichen, dass die Digitalisierung die Rahmenbedingungen des Innovationsprozess grundlegend verändert und sich dieser im Wandel befindet. Die Forderung nach mehr Effizienz und Effektivität im Innovationsprozess ist dabei nicht neu, gewinnt unter der neuen Dynamik, Komplexität und der resultierenden Unsicherheit jedoch an Bedeutung. Neben neuen methodischen Ansätzen liegt ein großes Potenzial in der umfassenden Verfügbarkeit von Daten. Diese stellt jedoch auch neue Anforderungen an die systematische Analyse dieser. Als Bestandteil der Innovationsaktivitäten von Unternehmen steht die TFA von eben diesen Herausforderungen. Sie muss technologische Veränderungen frühzeitig erkennen, verschiedene Datenquellen für einen Erkenntnisgewinn zusammenführen und die Potenziale aus den aktuellen Fortschritten im Bereich KI erschließen.

²⁰ Der Begriff „Weak Signal“ geht auf ANSOFF zurück. Der Begriff wurde erstmals Mitte der 1970er Jahre verwendet zur Beschreibung der frühzeitigen Identifikation von Chancen und Bedrohungen. Die Signale weisen jedoch aufgrund ihrer Frühzeitigkeit lediglich einen geringen Informationsgehalt auf [Ans76]. Einen Überblick über Definitionen des Begriffs „Weak Signal“ findet sich in [Zel03, S. 78].

2.3 Technologiefrühaufklärung in Unternehmen

Das nachfolgende Kapitel greift die Grundlagen und Konzepte der TFA in Unternehmen auf. Hierfür lassen sich verschiedene Perspektiven aufzeigen. So unterscheiden SCHUH ET AL. zwischen der *organisationalen Dimension*, *normativen Dimension* und *prozessualen Dimension* [SKD+15, S. 539]. Hierbei werden bspw. die Organisation der TFA sowie eingesetzte Tools der organisationalen Dimension zugeordnet. In der normativen Dimension finden sich strategische Aspekte und in der prozessualen Dimension u. a. Prozesse sowie eingesetzte Methoden [SKD+15, S. 539ff.]. SAVIOZ hingegen unterscheidet zwischen *direkten* und *indirekten Aktivitäten* der TFA [Sav04, S. 49f.]. Dabei stellen die direkten Aktivitäten sämtliche erforderliche Prozessschritte dar. Zu den indirekten Aktivitäten zählen hingegen z. B. die Festlegung der übergeordneten Zielsetzung, der Struktur und Organisation sowie alle erforderlichen Managementaktivitäten. Basierend auf diesen übergeordneten Strukturierungen respektive Perspektiven auf die TFA ergibt sich für das vorliegende Kapitel die folgende Struktur (siehe Bild 2-1):

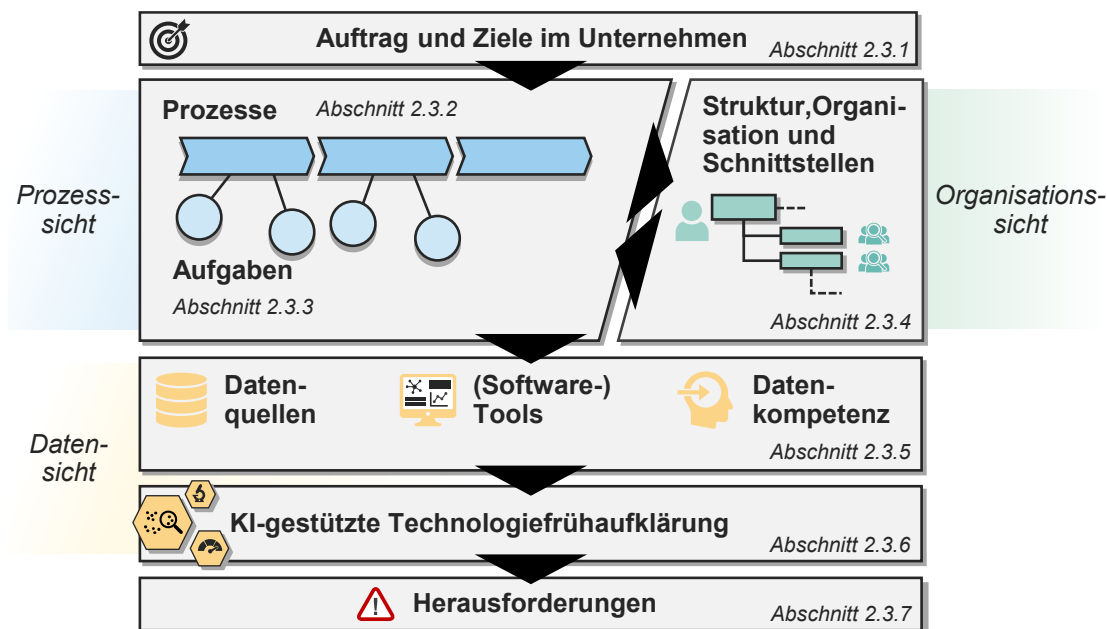


Bild 2-1: Strukturierung der Abschnitte zur Technologiefrühaufklärung in Unternehmen in Prozess-, Organisations- und Datensicht

Abschnitt 2.3.1 erläutert die zentralen Ziele der TFA im Unternehmen. Der Abschnitt 2.3.2 zeigt die übergeordneten (Prozess-)Phasen auf, während Abschnitt 2.3.3 die zu erfüllenden Aufgaben in der TFA beschreibt. Im nachfolgenden Abschnitt 2.3.4 werden Struktur, Organisation und die Schnittstellen zu weiteren Unternehmensbereichen kurz aufgegriffen. Die Abschnitte 2.3.5 und 2.3.6 vertiefen die eingesetzten Daten, Datenquellen und Tools sowie die KI-gestützten Ansätze zur Analyse. Abschließend werden in Abschnitt 2.3.7 die zugrunde liegenden Herausforderungen zusammengefasst.

2.3.1 Auftrag und Ziele im Unternehmen

In den vorangegangenen Abschnitten wurde bereits aufgezeigt, dass Unternehmen gefordert sind, häufiger und schneller auf tiefgreifende technologische Veränderungen zu reagieren. Vor diesem Hintergrund trägt die TFA dazu bei, die Triebkräfte dieser Veränderungen zu identifizieren, zu verstehen und mögliche Anwendungen neuer Technologien frühzeitig zu erkennen [Lau13, S. 170ff.], [SKM11, S. 15]. Der Auftrag und die Ziele der TFA definieren ihren Zweck im Unternehmen [Sav04, S. 53]. Die wichtigsten Teilaspekte werden nachfolgend kurz aufgegriffen:

- **Bereitstellung und Einschätzung relevanter Informationen:** Eines der zentralen Ziele der TFA im Unternehmen ist die Bereitstellung und Einschätzung relevanter Informationen über technologische Veränderungen im Unternehmensumfeld [Sav04, S. 246], [WSH+11, S. 89], [AS95, S. 80]. Das technologische Wissen stellt den Betrachtungsgegenstand der TFA dar [WSH+11, S.92].
- **Frühzeitige Identifikation von neuen Technologien:** Die TFA zielt darauf ab, möglichst frühzeitig die Potenziale neuer Technologien sowie die Grenzen herkömmlicher Problemlösungen abzuschätzen [Wol91, S. 119], [AS95, S. 83], [Zie19, S. 37], [Lau13, S. 174], [Sch17, S. 31]. Aufgrund der Diffusion neuer Technologien in weitere Branchen sowie der Verschmelzung von Technologien ist es für eine systematische Identifikation auch notwendig, sich mit Technologien außerhalb der eigenen Kernkompetenzen zu befassen [WSH+11, S. 91], [SKD+15, S. 532].
- **Erarbeitung der Grundlage für strategische Entscheidungsprozesse:** Die zunehmende Dynamik technologischer Veränderungen hat eine hohe Bedeutung für die strategische Planung und Unternehmensführung. Entsprechend bestimmt der Faktor Technologie die Entscheidungssituationen von Unternehmen [Fel05, S. 88], [Lic03, S. 366]. Die durch die Informationsbereitstellung geschaffene Transparenz unterstützt somit auch strategische Entscheidungsprozesse, insbesondere im Hinblick auf die Innovationsaktivitäten [WSH+11, S. 89], [Goc20, S. 35]. Der Mehrwert der TFA liegt laut SAVIOZ in der Verbesserung der Entscheidungsfindung durch eine Reduktion der Unsicherheit [Sav04, S.49].
- **Unterstützung der Ideengenerierung:** Durch die TFA sollen die Voraussetzungen für technologische Innovationsaktivitäten geschaffen werden, um Wettbewerbsvorteile zu erlangen [Lie05, S. 121]. Ein weiteres Ziel ist daher die Unterstützung der Ideengenerierung für neue Produkte, Services und Geschäftsmodelle, die auf neuen Technologien basieren [AS95, S. 101f.]. Durch diese Innovationsaktivitäten können neue technologische Kompetenzen im Unternehmen aufgebaut und neue Geschäftsfelder erschlossen werden. Es kann auch notwendig sein, externe Technologielieferanten zu identifizieren (bspw. Zusammenarbeit mit Start-ups), die für Entwicklungsprojekte benötigt werden [Kob06, S. 376], [Kob07, S. 24], [AS95, S. 81f.], [Reg01, S. 535].

- **Systematische und methodisch fundierte Vorgehensweise:** Weiteres Ziel der TFA ist es, systematisch und methodisch fundiert vorzugehen. Die systematische Vorgehensweise kann als zyklischer Prozess verstanden werden, in dem neue Informationen zusammengetragen und bewertet sowie bestehende Informationen aufgrund neuer Entwicklungen aktualisiert werden [WSH+11, S. 164]. Ein systematischer Ansatz beinhaltet dabei nicht nur die Abfolge der Aktivitäten, sondern eine ganzheitliche Betrachtung der Aktivitäten und die organisatorische Verankerung. Hierbei gilt es, alle Aktivitäten mit der notwendigen Sorgfalt durchzuführen und dabei keinen Aspekt zu vernachlässigen oder zu stark zu fokussieren. Das systematische und methodisch fundierte Vorgehen erhöht somit die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse, die Entscheidungsqualität und wirkt sich positiv auf die Effektivität und Effizienz der TFA aus [Sav04, S. 248].
- **Kontinuierliche Verbesserung des Gesamtsystems:** Neben der Erfüllung der Informationsbedürfnisse des Unternehmens ist laut REGER auch die kontinuierliche Verbesserung des Prozesses und der Koordination der Aktivitäten relevant [Reg01, S. 547]. SAVIOZ beschreibt diese als indirekte bzw. unterstützende Aufgaben zur kontinuierlichen Verbesserung des Gesamtsystems (*organisationales Lernen*). Hierbei spielen das Management, die Weiterentwicklung der Aktivitäten, die eigenen Ziele, das Selbstverständnis der TFA, die Entwicklung der notwendigen Strukturen sowie der Einsatz von Methoden und Tools eine große Rolle [Sav04, S. 49ff.].

Fazit

Auftrag der TFA ist es, relevante technologische Veränderungen im Unternehmensumfeld zu identifizieren und für den Unternehmenskontext einzuordnen. Hierin verbergen sich wiederum verschiedene Ziele, deren Umsetzung nicht trivial ist. Es bedarf Lösungswissen zur Gestaltung aller relevanten Aspekte des Systems der TFA im Unternehmen zur Erfüllung dieser Ziele. Die TFA ist daher in der vorliegenden Arbeit ganzheitlich zu betrachten.

2.3.2 Übergeordnete (Prozess-)Phasen

Auf einer abstrakten Ebene stellt die TFA einen **Informationsverarbeitungsprozess** dar [WSH+11, S. 98]. Dessen **(Prozess-)Phasen** werden in der Literatur²¹ in unterschiedlichen Detaillierungsgraden beschrieben und dargestellt. So beschreiben bspw. WELLEN-SIEK ET AL. einen kontinuierlich ablaufenden Prozess mit vier Phasen: *Bestimmung des Informationsbedarfs*, *Beschaffung der Informationen*, *Bewertung der Informationen* und *Kommunikation der Informationen* [WSH+11, S. 103]. Der Prozess von SAVIOZ berücksichtigt mit seinen insgesamt fünf Phasen zusätzlich die Phase *Information application*,

²¹ Prozessmodelle für die TFA und in der Literatur synonym verwendeter Begriffe finden sich bspw. in [Pei92, S. 103], [Här02, S. 79ff.], [SSL10, S. 9ff.], [WSH+11, S. 103], [Sav04, S. 50], [Mie06, S. 121ff.], [Lie05, S. 123f.], [Sch10, S. 87], [Lau09, S. 87].

welche sich an die Verteilung bzw. Kommunikation der Informationen anschließt. In dieser zusätzlichen Phase werden die Entscheidungen und das organisationale Lernen basierend auf den Erkenntnissen der TFA mit einbezogen [Sav04, S. 161]. Einen der ausführlicheren Prozesse liefert REGER (siehe Bild 2-2):

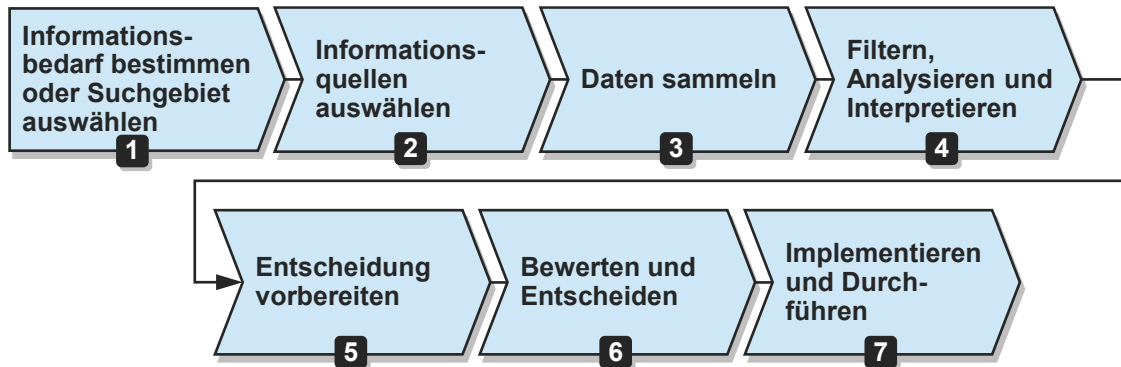


Bild 2-2: Prozessphasen des Technologiefrühaufklärungs-Prozesses nach REGER [Reg01, S. 538]

In den insgesamt sieben von REGER beschriebenen Prozessphasen wird zuallererst der *Informationsbedarf bestimmt oder das Suchgebiet ausgewählt*. Nachfolgend wird die Sammlung der Daten durch die Auswahl von Informationsquellen vorbereitet. Es folgt die Phase *Filtern, Analysieren, Interpretieren*. Im Anschluss an die vierte Phase werden *Entscheidungen vorbereitet* sowie die Bewertung durchgeführt und schlussendlich Entscheidungen getroffen. Die nachgelagerte siebte Phase wird von Reger nicht direkt als Phase des TFA-Prozesses zugeordnet. Sie beschreibt den Übergang zu weiteren Unternehmensbereichen (z. B. Vorentwicklung) zur Durchführung anschließender Projekte zur Erschließung bzw. Erprobung der Technologie [Reg01, S. 537ff.], [Reg06, S. 313f.].

Unabhängig des gewählten Detaillierungsgrads lassen sich in allen in der Literatur beschriebenen Prozessen **drei übergeordnete logische Schritte** feststellen²²: Vor der eigentlichen Suche wird im Sinne einer **Vorbereitung** definiert und strukturiert, nach welchen Technologien wo Ausschau gehalten wird. Im Anschluss erfolgt die **Technologie-suche** selbst. Diese umfasst zumeist die Sammlung und Analyse von Informationen. Der letzte Schritt widmet sich der **Einordnung der gefundenen Informationen in den Unternehmenskontext**. Hierbei wird sowohl in der Literatur als auch in der unternehmerischen Praxis jedoch unterschiedlich definiert, inwieweit die Aktivitäten der anschließenden Verwertung (z. B. Durchführung von Proof-of-Concept (PoC)) innerhalb der TFA zu verorten sind oder bereits in Entwicklungsprozesse übergehen [Reg01, S. 548].

²² Zu einem ähnlichen Schluss gelangt auch ZELLER in seinen beschriebenen Aufgabenkomplexen der TFA [Zel03, S. 32f.].

Fazit

Die TFA ist im Kern ein informationsverarbeitender Prozess, dessen Phasen sich in unterschiedlichen Detaillierungsgraden beschreiben lassen. Übergeordnete logische Schritte in jeglichen Prozessmodellen sind die Vorbereitung, die Technologiesuche und die Einordnung der Informationen in den Unternehmenskontext. Zur Gestaltung und operativen Umsetzung der TFA in Unternehmen gilt es sich an diesen Phasen zu orientieren und zugehörige Aufgaben der Technologiefrühaufklärung zu betrachten.

2.3.3 Aufgaben in der Technologiefrühaufklärung

In der Literatur werden neben den übergeordneten Prozessphasen häufig detailliertere **Aufgaben** beschrieben, die im Rahmen der TFA praktische Tätigkeiten zur Erfüllung der Ziele darstellen. Bild 2-3 ordnet diese Aufgaben dem Prozess nach REGER aus dem vorherigen Abschnitt 2.3.2 zu. Die Aufgaben werden nachfolgend erläutert.

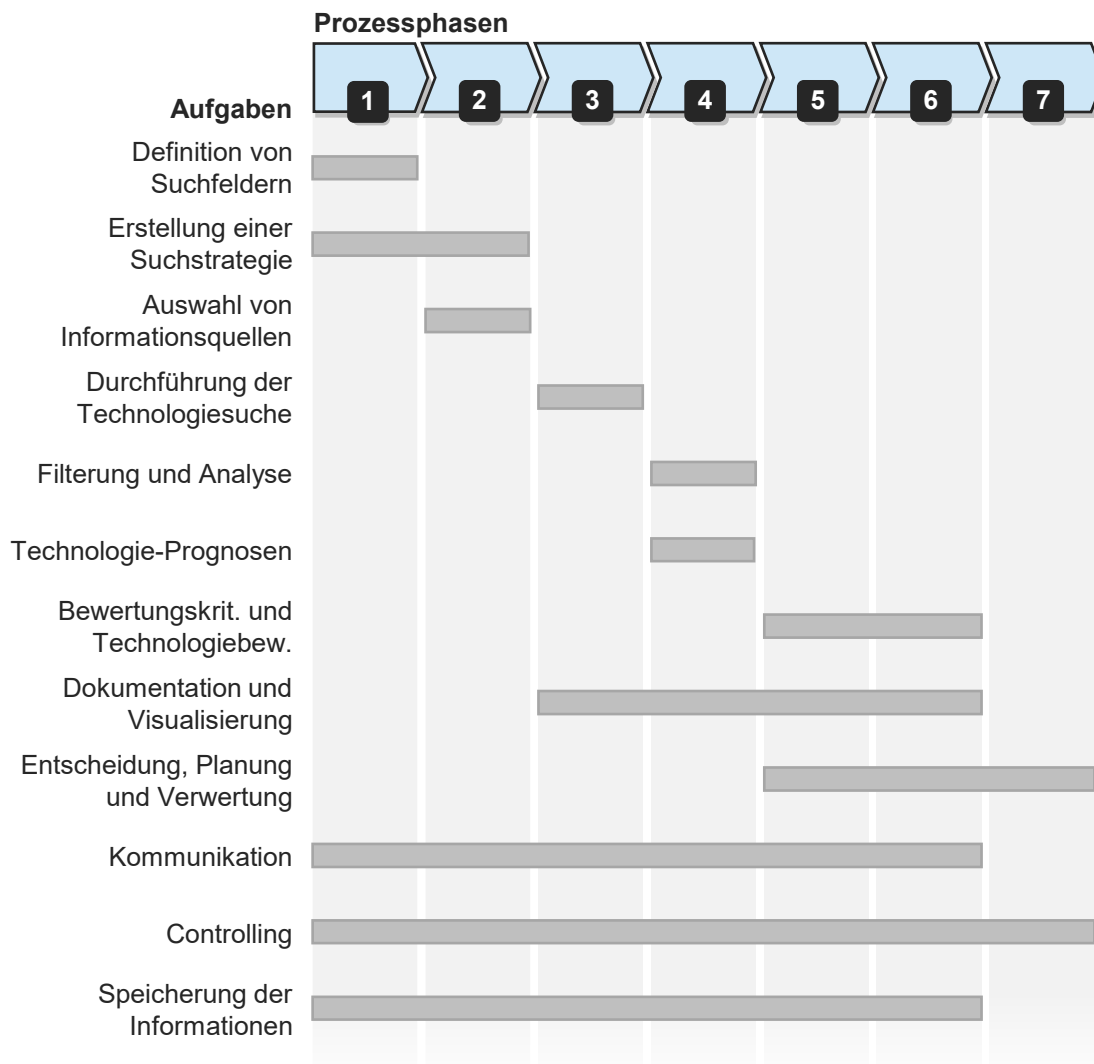


Bild 2-3: Zusammenhang zwischen Aufgaben und Prozessphasen als Zusammenstellung aus bestehenden Modellen der Literatur

- Definition von Suchfeldern:** Mittels der Definition von Suchfeldern wird der Informationsbedarf systematisch erfasst [WSH+11, S. 115]. Sie beschreiben den Aktionsbereich, in dem nach neuen Technologien gesucht wird und bereits bekannte Technologien beobachtet werden [Zie19, S. 43]. Zur Bestimmung des Informationsbedarfs sind auch die mit der Technologiesuche verbundene Zielsetzung sowie die zu beantwortenden Fragestellungen zu klären [SS19a, S. 6], [WSH+11, S. 98f.], [Zwe09, S. 202]. Ohne die Erarbeitung und Priorisierung von Suchfeldern werden Technologien oftmals an den tatsächlichen Herausforderungen des Unternehmens vorbei gesucht [DD16, S. 219]. Grundlage für die Definition von Suchfeldern können bspw. die Kernkompetenzen²³ des Unternehmens, das aktuelle Technologieportfolio oder die Unternehmensstrategie sein [WSH+11, S. 109f.]. Die Ausrichtung der Aktivitäten anhand von Suchfeldern ist insbesondere vor dem Hintergrund der steigenden Geschwindigkeit technologischer Veränderungen, der nahezu unbegrenzten Informationsmenge bei gleichzeitig begrenzten Ressourcen relevant [WSH+11, S. 113], [SS19b, S. 6], [Kob07, S. 25], [Sav04, S. 66], [Lic02, S. 32]. Die Suchfelder bzw. Ausrichtung der TFA sollte regelmäßig überprüft und aktualisiert werden [Lic07, S. 1225], [Kob06, S. 377].
- Erstellung einer Suchstrategie:** Der Fokus der Suchstrategie liegt auf der Bestimmung der richtigen Suchtermini zur systematischen Identifikation von Technologien. Mit Hilfe dieser werden die für die Fragestellung der Technologiesuche richtigen Informationen gewonnen [AEK+19, S. 289], [Sch17, S. 96]. Neben der *Trial-and-Error Strategie*, dem einfachen Ausprobieren von Suchbegriffen, werden in der Literatur eine Reihe grundlegender Strategien beschrieben: *briefsearch*, *building blocks*, *pairwise facets*, *cited author*, etc. [Kri10, S. 22f.]. Den Zusammenhang der Suchfelder, des Informationsbedarfs und der Suchstrategie zeigt Bild 2-4.

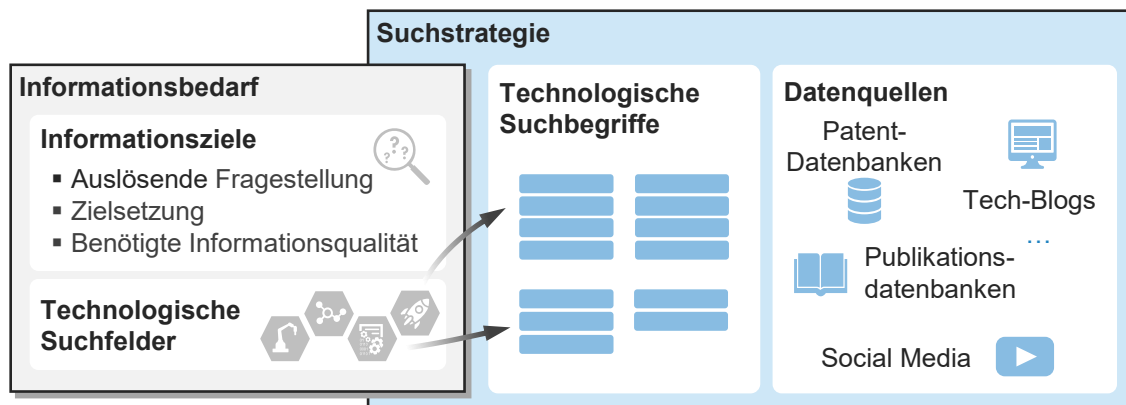


Bild 2-4: Zusammenhang zwischen Informationsbedarf und Suchstrategie in Anlehnung an SCHMITZ [Sch17, S. 99]

²³ Technologische Kernkompetenzen sind zentrale Fähigkeiten und technologisches Wissen, aus dem ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil resultiert [Bro05, S. 65f.], [WSH+11, S. 127].

- **Auswahl von Informationsquellen:** In der Praxis hat sich gezeigt, dass neben der Auswahl von Suchbegriffen auch die Berücksichtigung der passenden Informationsquellen für eine effektive Informationsbeschaffung notwendig ist. Mit der Auswahl geeigneter Informationsquellen (siehe auch Abschnitt 2.3.5) lassen sich die qualitativen Aspekte aus dem Informationsbedarf (z. B. Validität, Informationsgehalt, Exklusivität der Informationen) sowie die sachlich-inhaltlichen Anforderungen (z. B. Themen) berücksichtigen [WSH+11, S. 103], [Sch17, S. 97].
- **Durchführung der Technologiesuche:** Ziel der Technologiesuche ist die Bereitstellung von Informationen entsprechend des Informationsbedarfs [WSH+11, S. 121]. Die operative Informationsbeschaffung erfordert, die notwendige Qualität der Informationen bei pragmatischem Ressourceneinsatz zu erreichen. Dazu ist ein zweckmäßiges Vorgehen in Abhängigkeit der Zielstellung und der jeweiligen Informationsquelle (z. B. Interview oder Datenbank) notwendig [WSH+11, S. 128ff.]. Neben den bereits beschriebenen Aspekten der Informationsbeschaffung lassen sich drei grundlegende Prinzipien oder auch Perspektiven für die Technologiesuche unterscheiden: *Technologiescanning*, *Technologiescouting* und *Technologiemonitoring*²⁴. Alle drei Prinzipien haben das Ziel, Wissen über heutige und zukünftige technologische Entwicklungen bereitzustellen [WSH+11, S. 94]. So kann die Technologiesuche durch ein stetiges, ungerichtetes Scanning nach neuen technologischen Impulsen oder zielgerichtet durch ein auf Suchfelder fokussiertes Scouting oder die systematische Beobachtung im Rahmen eines Monitorings erfolgen [Lie05, S. 122], [Goc20, S. 35f.], [WSH+11, S. 94ff.]. Die Verantwortlichkeit der Technologiesuche liegt je nach Größe des Unternehmens bzw. Organisationsform der TFA in den einzelnen Funktional- und Geschäftsbereichen des Unternehmens [WSH+11, S. 121].
- **Filterung und Analyse:** Die gesammelten Informationen gilt es zu filtern und zu analysieren [Reg06, S. 324]. Neben der Eingrenzung durch die Suchfelder und die Konkretisierung des Informationsbedarfs ist eine weitere Filterung, Aufbereitung und Verdichtung der Informationen notwendig. In diesem Schritt werden die Informationen auf Relevanz für das Unternehmen und Qualität für die jeweilige Zielsetzung geprüft. Die Filterung stellt somit eine implizite Bewertungsstufe dar [WSH+11, S. 131], [Sav04, S. 71]. Die Aufgabe der Filterung und Analyse ist ein interaktiver und diskursiver Prozess, der zum Teil auch schon während der Beschaffung der Informationen stattfindet [Sav04, S. 71]. Im Rahmen der Analyse werden Zusammenhänge, Wechselwirkungen und Auswirkungen ergründet. Hierbei sind Kenntnisse über die Zielsetzung und technologischen Anforderungen erforderlich, um die Optionen zu vergleichen [WSH+11, S. 132]. Der erforderliche Aufwand für die Analyse ist dabei maßgeblich von der Fragmentierung und Eindeutigkeit der Informationen sowie den gewünschten Erkenntnissen abhängig [Sav04, S. 71].

²⁴ Detaillierte Erläuterungen der Konzepte Technologiescanning, Technologiescouting und Technologiemonitoring finden sich in [WSH+11, S. 95ff.] und [Zel03, S. 23f.].

- **Technologie-Prognosen:** Ziel ist die Antizipation zukünftiger Entwicklungen in Wissenschaft, Technologie und technologischem Umfeld [Reg06, S. 305]. Im Rahmen der Technologie-Prognose werden so Entwicklungen und Leistungsgrenzen abgeschätzt sowie die potenziellen Auswirkungen auf das Unternehmen antizipiert. Diese Aufgabe erweist sich vor dem Hintergrund meist unvollständiger oder unsicherer Informationen sowie der Technologiedynamik als besonders schwierig [CGM+16, S. 223], [WSH+11, S. 132]. Mit zunehmender Unsicherheit und Komplexität ist daher ein systematischer Methodeneinsatz notwendig. Es lassen sich extrapolative (projektiv, quantitativ) und explorative (prospektiv, qualitativ) Methoden unterscheiden. Extrapolative Methoden versuchen basierend auf bestehenden Entwicklungen anhand modellhafter Vorstellungen (z. B. S-Kurvenanalyse) oder statistischer Verfahren Verlaufsmuster aus der Vergangenheit für die Zukunft fortzuschreiben. Explorative Methoden hingegen beziehen im Rahmen eines kreativen Prozesses (z. B. Szenarien) die Entwicklungsmöglichkeiten von Technologien und deren Einflussfaktoren mit ein [Wol91, S. 134ff.], [WSH+11, S. 134].
- **Auswahl von Bewertungskriterien und Technologiebewertung:** Die Technologiebewertung ist eine elementare Aufgabe, da sie die Grundlage für strategische Entscheidungen bildet [SS19b, S. 7]. Bewertungskriterien dienen der strukturierten und möglichst objektiven Bewertung im technischen und wirtschaftlichen Unternehmenskontext [SHR16, S. 38], [SS19b, S. 7], [Zwe09, S. 203]. Die Bewertungskriterien²⁵ sind dabei individuell für das Unternehmen auszuwählen und richten sich z. B. nach der Unternehmensgröße, der Branche oder auch der Risikobereitschaft [SS19b, S. 7], [SHR 16, S. 38], [Lic02, S. 326]. Neben der häufig bewerteten Technologiereife oder -attraktivität sind auch Informationen über das Potenzial, den Strategie-Fit (z. B. Passgenauigkeit zur Unternehmensstrategie oder Unternehmenskultur) oder den finanziellen Aufwand der Weiterentwicklung zu bewerten [SS19b, S. 7], [Wol91, S. 155f.], [HSK+11, S. 315]. Zusätzlich zur Auswahl der richtigen Kriterien ist eine Bewertung durch Experten aus verschiedenen Unternehmensbereichen und damit das Zusammenführen unterschiedlicher Perspektiven Erfolg versprechend [Reg01, S. 547], [WSH+11, S. 133].
- **Dokumentation und Visualisierung:** Die Dokumentation und Visualisierung der Ergebnisse ist für eine zielgerichtete Nutzung der Informationen essenziell. Aufgrund der Vielfalt der erarbeiteten Informationen ist eine standardisierte Dokumentation oft schwierig. Die Art der Dokumentation und Visualisierung sollte daher in Abhängigkeit von der Entscheidungssituation und den verfügbaren Informationen gewählt werden [WSH+11, S. 138]. So bietet bspw. die Visualisierung in Form eines Portfolios zur Strukturierung und Vorselektion von Technologien einen guten Überblick über Alternativen und erhöht die Transparenz der Bewertung [SHR16, S. 38],

²⁵ Eine Übersicht der von 86 Unternehmen in der Praxis eingesetzten Bewertungskriterien für Technologien findet sich in der „Praxisstudie Disruption“ von SCHIMPF [Sch19, S. 23ff.].

[HSK+11, S. 319]. Ein weiteres Hilfsmittel zur Visualisierung ist das Technologie-Radar (siehe Bild 2-5). In diesem werden die Inhalte durch Strukturierung und Abgrenzung untergliedert sowie durch die Achsen hinsichtlich einer zeitlichen (z. B. kurz-, mittel- oder langfristig relevant oder Technologiereife) oder auch technologisch-strategischen Dimension bewertet [WSH+11, S. 118f.]. Zur Dokumentation spezifischer Informationen eignen sich Technologiesteckbriefe. Sie enthalten die wichtigsten Informationen in aller Kürze, um diese schnell und einfach zur Verfügung zu stellen. Für detailliertere Informationen eignet sich das Format einer Technologiestudie [SHR16, S. 39], [WSH+11, S. 139].

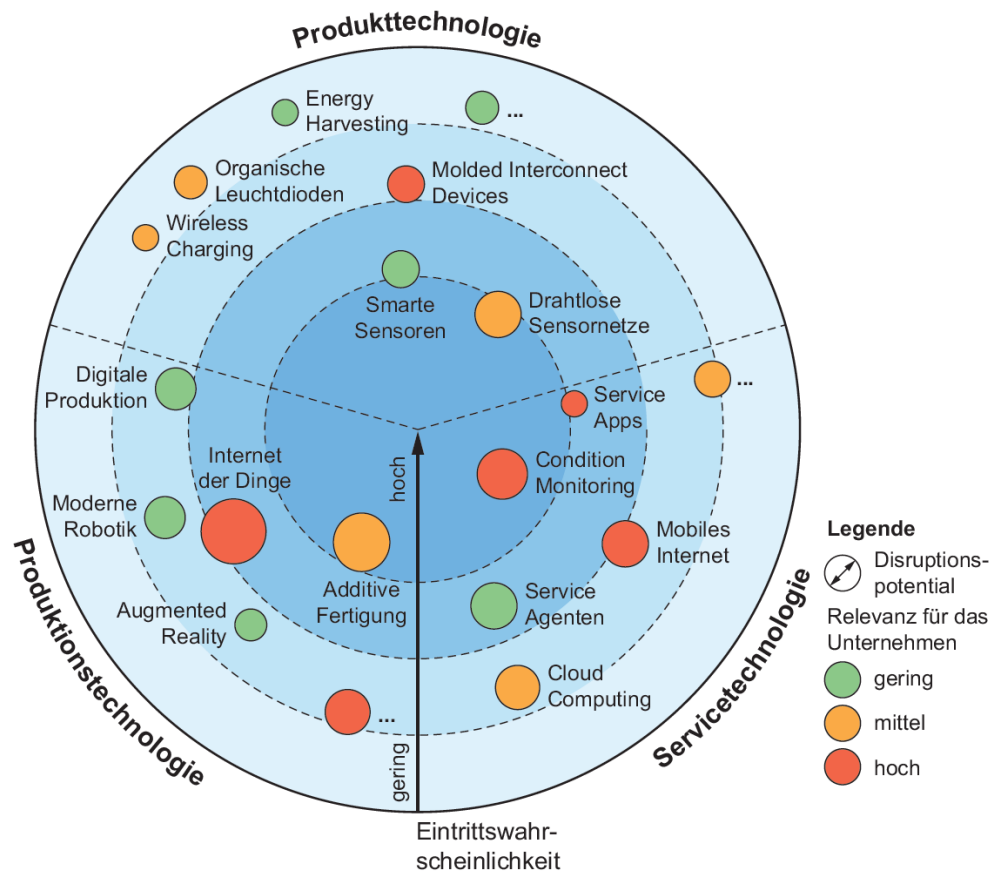


Bild 2-5: Beispiel für ein Technologie-Radar [GDE+19, S. 227]

- **Entscheidung, Planung und Verwertung:** Im Anschluss an die Bewertung erfolgt die Entscheidung und Planung hinsichtlich des weiteren Umgangs mit den technologischen Impulsen [Reg01, S. 547]. Bereits während der Analyse und Bewertung werden hierfür erste Handlungsoptionen entwickelt [HSK+11, S. 315f.]. Basierend auf diesen werden Entscheidungen getroffen, bspw. zur Zusammenarbeit mit Startups, zu Make-or-buy-Strategien oder zur Erschließung neuer Innovationsfelder [Reg01, S. 547]. Für die weitere Planung werden die identifizierten technologischen Entwicklungen mit bestehenden Aktivitäten im Unternehmen in einen Zusammenhang gebracht und hinsichtlich der Entwicklungsmöglichkeiten überprüft [Tho10, S. 64].

Diese Aufgabe der Planung wird methodisch durch das Technologie-Roadmapping²⁶ unterstützt. Technologie-Roadmaps geben die Zusammenhänge von Technologien, Kundenbedürfnissen und bestehender Marktleistungen wieder [GDE+19, S. 237f.], [SKO11, S. 207ff.]. Im Rahmen der Verwertung werden neue Ideen generiert, neue Lösungsideen in laufende Projekte eingebracht oder bei fortgeschrittenen Überlegungen technologische Konzepte entwickelt oder getestet (z. B. im Rahmen von Vorentwicklungsprojekten oder PoC) [Kob06, S. 382], [HSK+11, S. 315f.], [Kob07, S. 24ff.].

- **Kommunikation:** Die TFA ist nur dann wirksam, wenn die Erkenntnisse zielgerichtet im Unternehmen geteilt und kommuniziert werden [Lic02, S. 43]. Übergeordnetes Ziel ist der Austausch und die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses [WSH+11, S. 137]. Für die Kommunikation lassen sich zwei grundlegende Prinzipien unterscheiden: *Informations-Push* und *Informations-Pull* [SHR16, S. 40]. Beim *Informations-Push* werden Informationen an entsprechende Zielgruppen weitergeleitet oder durch persönlichen Austausch (z. B. physische Treffen in Form von Workshops oder Entscheidungsgremien) verbreitet [WSH+11, S. 135ff.], [SHR16, S. 40]. Für die Kommunikation in das Unternehmen hinein eignen sich z. B. Newsletter, um regelmäßig und komprimiert über aktuelle technologische Entwicklungen zu informieren und einen strukturierten Überblick zu geben [WSH+11, S. 139]. Neben dieser gezielten Informationsweitergabe können auch interne Technologie- und Zukunftstage für einen Impuls in das Unternehmen hinein genutzt werden [WSH+11, S. 137ff.]. Beim *Informations-Pull* hingegen werden Informationen durch Nutzer abgerufen und müssen daher in geeigneter Art und Weise bereitgestellt werden. Hierfür eignen sich bspw. interne Datenbanken oder Kollaborationsplattformen (siehe auch *Speicherung der Informationen*) [WSH+11, S. 135], [SHR16, S. 40]. Zur Kommunikation der Informationen ist eine adressatenspezifische Aufbereitung (z. B. Fachexpertise oder Entscheidungsträger) sinnvoll [WSH+11, S. 136].
- **Controlling:** Ziel des Controllings ist die Evaluierung des Aufwands und des Erfolgs sämtlicher Aktivitäten. Eine Herausforderung des Controllings liegt in der Erfolgsmessung. So zeigt sich das Ergebnis der getroffenen Entscheidungen in der Regel erst nach einem längeren Zeitraum. Zudem werden Entscheidungen meist nicht ausschließlich auf Grundlage der TFA getroffen [SLK+17, S. 143]. Trotz dieser Hindernisse zeigen die Erkenntnisse aus der Praxis, dass ein Controlling der Aktivitäten auf einer strategischen Ebene sinnvoll ist. So kann die Leistungsfähigkeit der TFA bspw. anhand der Anzahl identifizierter Patente, der Anzahl initiierten Forschungsprojekte oder anhand einer qualitativen Einschätzung (Beitrag zum Ganzen) gemessen werden [Sav04, S. 259f.], [SLK+17, S. 143f.]. Controlling kann jedoch auch negative Effekte haben, indem es Anreize zur Sammlung möglichst vieler, messbarer Daten

²⁶ Die „Praxisstudie Roadmapping Update 2023“ gibt Einblicke, wie Unternehmen heute Roadmapping als Planungswerkzeug einsetzen [SPW+23].

setzt, anstatt schwer zu beurteilende Einschätzungen über die zukünftige Entwicklung von Technologien zu treffen [SLK+17, S. 144].

- **Speicherung der Informationen:** Da die Informationen nur zu einem Teil direkt kommuniziert werden und auch langfristig verfügbar sein müssen, werden sie gesammelt und gespeichert [Reg06, S. 322f.], [WSH+11, S. 139]. In der Praxis werden zur Speicherung, Weiterleitung und Zugriffskontrolle Datenbanksysteme eingesetzt. Solche Lösungen bieten sich für die Arbeitsteilung und unternehmensweite Verteilung der Informationen an. Eine Herausforderung besteht in der Strukturierung der gespeicherten Informationen, sodass keine bloße Anhäufung großer und letztlich ungenutzter Informationsmengen resultiert. Darüber hinaus ermöglicht die Speicherung auch eine Auswertung aller erarbeiteten Informationen [WSH+11, S. 139f.].

Fazit

Die Umsetzung der TFA in Unternehmen umfasst viele Aufgaben, von der strategischen Ausrichtung anhand von Suchfeldern über die zielgerichtete Kommunikation der Erkenntnisse bis hin zur Speicherung der Informationen. Die Güte der Durchführung dieser mit den Phasen zusammenhängenden Aufgaben bestimmt die Leistungsfähigkeit der TFA. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit sind für eine Leistungssteigerung diese Aufgaben im Detail zu betrachten.

2.3.4 Struktur, Organisation und Schnittstellen

Neben der Durchführung der einzelnen Phasen und Aufgaben sind Struktur, Organisation und Schnittstellen der TFA in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen des Unternehmens zu gestalten. Die Unternehmensgröße ist ein Faktor, welcher die Komplexität der Anforderungen an eine TFA sowie deren Betrachtungsumfang bestimmt. Während in kleineren Unternehmen die Funktion der TFA von einer Person (z. B. technische Leitung oder Geschäftsführung) wahrgenommen wird, ist diese Aufgabe in größeren Unternehmen auf mehrere Unternehmensbereiche verteilt oder einer eigenen Organisationseinheit übertragen. Die **Organisationsform** beschreibt demnach, wie die TFA in der Unternehmensstruktur verankert ist [SKM07, S. 187f.], [Sav04, S. 58ff.].

Da die Gestaltungsmöglichkeiten in Unternehmen sehr individuell und vielfältig sind, sollen an dieser Stelle lediglich die grundsätzlichen Philosophien der in der Literatur zu findenden Ansätze kurz erläutert werden: *zeitlich befristet* vs. *kontinuierlich* und *zentral* vs. *dezentral* [Car04]. Bei der zeitlich befristeten Organisation der TFA handelt es sich um temporäre Projektteams oder informelle Aktivitäten, die eine ausgewählte Problemstellung im Kontext der TFA bearbeiten [Sav04, S. 61]. Für eine kontinuierliche TFA sind feste Strukturen innerhalb des Unternehmens zu etablieren. Hierbei kann zwischen zentraler und dezentraler Organisation sowie virtuellen Strukturen unterschieden werden (siehe Bild 2-6).

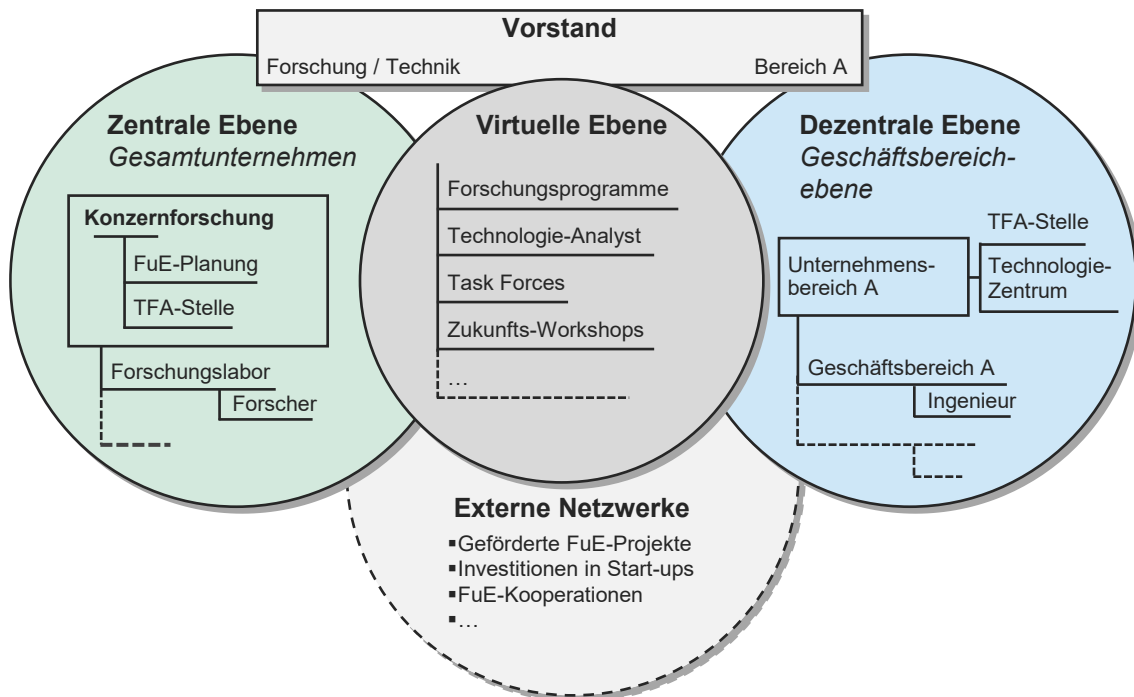


Bild 2-6: Organisatorische Ebenen der Technologiefrühaufklärung in Anlehnung an REGER [Reg06, S. 307]

- Zentrale Ebene:** Es werden Informationen über mittel- und langfristige technologische Entwicklungen zusammengeführt, die eine bereichsübergreifende Relevanz für die strategische Ausrichtung des Unternehmens oder die Neu- oder Umgestaltung von Geschäftsbereichen aufweisen [WSH+11, S. 105]. Die TFA ist in der Regel in der zentralen Forschung und Entwicklung verankert und wesentlicher Bestandteil der Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Mitarbeitenden [Reg06, S. 308]. Der langfristige und übergreifende Charakter der TFA auf zentraler Ebene kann auf die markt- und produktnähere Ausrichtung der Geschäftsbereiche und den erforderlichen Ressourceneinsatz zurückgeführt werden. Die zum Teil aufwändigen Analysen können nicht immer sinnvoll durch einzelne Geschäftseinheiten umgesetzt werden. In der Konsequenz werden diese auf zentraler Ebene durchgeführt und den Geschäftsbereichen als interne Dienstleistung zur Verfügung gestellt [WSH+11, S. 105].
- Dezentrale Ebene:** Auf dezentraler Ebene, d. h. in den Geschäftsbereichen, fokussiert sich die TFA meist auf kurz- bis mittelfristige technologische Entwicklungen mit Relevanz für das Tagesgeschäft. Die Aktivitäten sind weniger an der übergreifenden Strategie als an den Produkten, Märkten und Kunden des Unternehmens orientiert [WSH+11, S. 105]. Die Umsetzung der technologischen Erkenntnisse in konkrete Marktleistungen steht hierbei im Vordergrund [Reg06, S. 309]. Durch diese Ausrichtung ist jedoch die Erschließung geschäftsbereichsübergreifender Synergien erschwert [SKM07, S. 188]. Auf dezentraler Ebene wird die TFA meist nur als ein Teil der Hauptaufgaben der Mitarbeitenden verstanden [Reg06, S. 343].

- **Virtuelle Ebene:** Die TFA kann von einer zentralen Einheit geführt und durch weitere Bereiche unterstützt werden. Hierbei herrscht eine virtuelle Organisationsform vor, in der die direkte Kommunikation zwischen den Akteuren aus den unterschiedlichen Bereichen eine höhere Flexibilität ermöglicht. Sie bietet sich für die TFA an, da sich die Aufgaben und Tätigkeiten häufig überschneiden. Darüber hinaus ist die horizontale und vertikale Kooperation vereinfacht sowie eine hierarchieunabhängige Zusammensetzung von Fachexperten und Managern möglich [Kob06, S. 380f.], [Reg06, S. 309f.].

In der Literatur und Unternehmenspraxis²⁷ finden sich oft Mischformen bzw. virtuelle Organisationsformen [RG06, S. 10]. So werden in empirischen Studien und konzeptionellen Arbeiten meist zentrale TFA-Einheiten auf Gesamtunternehmensebene mit zusätzlichen dezentralen Aktivitäten in den Geschäftsbereichen beschrieben [Sav04, S. 58]. Neben der Verankerung im Unternehmen sind entlang der Prozesse **Schnittstellen** zu weiteren Stakeholdern im Unternehmen zu definieren. Diese sind als interne Kunden zu verstehen. So haben SCHUH ET AL. die Partizipation, also die unternehmensweite Einbindung von Mitarbeitern (auch abseits der formalen Prozesse), als Erfolgsfaktor identifiziert [SLK+17, S. 144]. Es gilt Entscheidungsträger aus Management und Geschäftsführung sowie angrenzende Bereiche, wie bspw. Produktion, Produktmanagement oder Marketing an den entsprechenden Stellen mit einzubeziehen [RHA06, S. 980], [WSH+11, S. 135f.].

Fazit

Die Wahl einer geeigneten Organisationsform und deren Eingliederung in die Unternehmensstruktur ist von den individuellen Voraussetzungen der Unternehmen abhängig. Die Unternehmensgröße ist dabei der entscheidende Einflussfaktor für die Organisation der TFA. Sie muss sich der Unternehmensgröße anpassen. Die Verankerung der TFA mit geeigneten Schnittstellen zu angrenzenden Bereichen im Unternehmen, unabhängig von der Unternehmensgröße, bestimmt ihre Wirksamkeit als Gesamtsystem.

2.3.5 Datenquellen, (Software-)Tools und Datenkompetenz

Die Digitalisierung hat zu einer umfassenden Verfügbarkeit von potenziell relevanten Daten für die TFA geführt (vgl. Abschnitt 2.2.2). Im Nachfolgenden werden die gegenwärtig relevantesten **Datenquellen** im Überblick dargestellt. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Quantität und Qualität der enthaltenen Informationen [WSH+11, S. 140]. Sie erfüllen somit in unterschiedlicher Art und Weise den definierten Informationsbedarf (vgl. Abschnitt 2.3.3) und sind je nach zugrunde liegender Fragestellung mehr oder weniger geeignet [WSH+11, S. 140f.].

²⁷ Fallbeispiele für die Umsetzung der TFA in multinationalen Unternehmen finden sich in [Lic02].

In der Literatur existieren unterschiedliche Sichtweisen zur **Strukturierung von Datenquellen**. So unterscheiden WELLENSIEK ET AL. zwischen *impliziten* und *expliziten* Datenquellen. Implizite Quellen beschreiben z. B. Individuen oder Institutionen. Diese ermöglichen den Zugang zu Erfahrungswissen. Explizite Datenquellen beschreiben abrufbares Wissen in Form von u. a. Büchern, Zeitschriften oder Datenbanken [WSH+11, S. 141ff.]. REGER unterscheidet zwischen *formalen* und *informellen* Datenquellen, wobei formale Datenquellen dokumentierte Informationen (z. B. Berichte oder Datenbanken) enthalten und informelle Datenquellen nicht niedergeschriebene Informationen (z. B. unternehmensinternes Erfahrungswissen oder situative Beobachtungen) beschreiben [Reg01, S. 541]. Letztere können insbesondere bei schnelllebigen Technologiethemen relevant sein [Reg06, S. 317f.]. Aufgrund der im Kontext von KI hohen Relevanz großer Datenmengen für die Analyse von Technologien steht in der vorliegenden Arbeit die Zugänglichkeit der Datenquellen im Sinne digitaler Zugriffsmöglichkeiten (Schnittstellen) im Vordergrund. Die Sichtweise bzw. Unterscheidung in *digitale Datenquellen* und *nicht digital zugänglichen Datenquellen* eignet sich daher für den Kontext der KI-gestützten TFA. Sie schließt sich an die bestehenden Sichtweisen aus der Literatur an. Bild 2-7 zeigt die Strukturierung anhand von Beispielen.

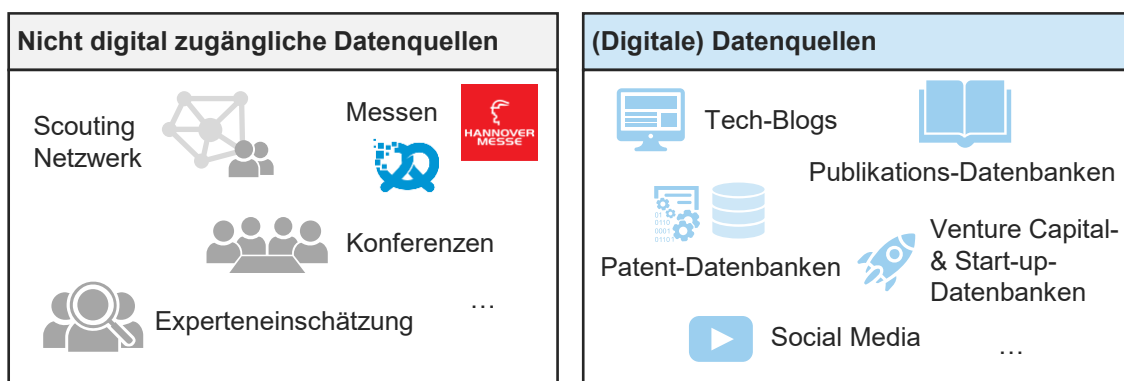


Bild 2-7: Übersicht von digitalen und nicht digital zugänglichen Datenquellen

Zu den **nicht digital zugänglichen Datenquellen** zählen bspw. Messebesuche. Sie ermöglichen das Einholen aktueller Informationen über Technologien von weiteren Marktteilnehmern [Goc20, S. 37]. Ein Beispiel hierfür sind Veranstaltungen wie die CONSUMER ELECTRONICS SHOW (CES), auf denen neue technologische Trends identifiziert werden können. In vielen Branchen haben sich zudem Wissens- und Innovationsnetzwerke mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen etabliert. Ziel hier ist die gemeinsame Generierung von Wissen, bspw. durch vorwettbewerbliche Forschung [Goc20, S. 37]. Eine weitere Form der nicht digital zugänglichen, dafür aber exklusiven Informationen kann durch den Aufbau eines weltweiten Scouting Netzwerkes oder lokalen Tech Offices erschlossen werden. Diese „Horchposten“ an Innovations-Hotspots (z. B. USA, China oder Israel) sind in der Lage, frühzeitige Informationen aus erster Hand bereitzustellen. Ihre Aufgabe ist es, die lokale Forschung und Start-ups hinsichtlich neuer technologischer Entwicklungen und interessanten Partnern zu beobachten. Der Aufbau und das Unterhalten eines solchen Netzwerks ist jedoch mit mehr Aufwand und Kosten verbunden [Roh11,

S. 127f.], [Reg01, S. 546]. Weniger systematisch kann auch eine Beschaffung von Informationen über das persönliche Netzwerk erfolgen. In technologischen Bereichen, in denen Frühzeitigkeit und Exklusivität erfolgsentscheidend sind, sind diese Datenquellen besonders wertvoll [Zel03, S. 95], [WSH+11, S. 122].

Digitale Datenquellen zeichnen sich in der Regel durch die Quantität der verfügbaren Informationen und durch die Abrufbarkeit über standardisierte Schnittstellen (sogenannte APIs) aus. Sie ermöglichen bspw. Statistik- und Textanalysen im Kontext von Technologien [Zel03, S. 95], [Sch15, S. 19]. In den Untersuchungen von MÜHLROTH und GROTKE [MG18] sowie MIKOVA und SOKOLOVA [MS19] haben sich *Wissenschaftliche Publikationen*, *Patente* und *Internetquellen* als zentrale Datenquellen zur Identifikation von technologischen Trends im Kontext der TFA erwiesen. Die Untersuchungen von SCHIMPF zeigen, dass Unternehmen in der Praxis darüber hinaus Start-ups als relevante Informationsquelle nutzen [Sch19, S. 17]. Aufgrund der Relevanz in Forschung und Praxis werden diese Datenquellen nachfolgend kurz aufgegriffen:

- **Wissenschaftliche Publikationen** beinhalten neue Forschungsergebnisse aus grundlagen- und anwendungsorientierten Wissenschaften, Technologien und Anwendungen [WSH+11, S. 122], [Sch15, S. 19]. Im Kontext der TFA ist davon auszugehen, dass die Grundlagen zukünftig relevanter Technologien durch die verschiedenen wissenschaftlichen Communities erforscht und publiziert werden. Somit geben wissenschaftliche Publikationen Hinweise über neue Themen, Theorien, Technologien und potenzielle Anwendungsfelder [Zel03, S. 96].
- **Patente** enthalten gewerbliche Schutzrechte für technologische Erfindungen [PC05, S. 215]. Sie liefern Informationen über die Anwendung von Technologien, lange vor der Umsetzung in Produkten [Zel03, S. 98], [Wol91, S. 128]. Aus Patenten lassen sich Rückschlüsse über die Aktivitäten von Wettbewerbern ziehen, führende Unternehmen in ausgewählten Technologiebereichen oder mögliche Lücken, sogenannte *White Spots*, identifizieren [Wol91, S. 128], [Siw12, S. 116ff.]. Durch die formalisierte Begutachtung von Patenten weisen diese eine vergleichsweise hohe Validität auf [Sch15, S. 18f.]. Patente werden oft gemeinsam mit wissenschaftlichen Publikationen betrachtet, da sie zeitlich nachgelagert auftreten und somit Erkenntnisse über den Reifegrad einer Technologie liefern können [Zel03, S. 96], [WSH+11, S. 161].
- **Venture Capital- & Start-up-Datenbanken** bieten einen Zugang zu Informationen über Unternehmen in frühen Entwicklungsphasen. Es lassen sich detaillierte Informationen zu Gründern, Finanzierungsrunden, Geschäftsmodellen oder verwendeten Technologien finden. Diese Daten geben Einblicke in aufkommende Technologietrends und Geschäftsmodelle, die in Zukunft eine Rolle spielen könnten. Die Anbieter solcher Datenbanken (z. B. TRAXCN, STARTUS INSIGHTS, HYPE oder STARTUPDETECTOR) bieten meist auch Analysetools oder -dienstleistungen an [TRA24-ol], [Sta24-ol b], [HYP24-ol], [Sta24-ol a].

- **Social Media** ermöglicht es den Nutzern, Informationen in Form von Texten sowie statischen und bewegten Bildern auszutauschen. Bekannte Beispiele sind X, FACEBOOK, INSTAGRAM, YOUTUBE oder auch LINKEDIN. Aufgrund des meist ungefilterten Uploads und Verbreiten der Informationen sind diese in besonders großem Umfang verfügbar. Diese Informationen werden zunehmend verwendet, um die Relevanz von Trends zu ermitteln oder die Bedürfnisse und Wünsche von Kunden zu verstehen [THL+13, S. 1f.], [HPB+13, S. 10]. Darüber hinaus lassen sich über Beiträge zu neuen Technologien, Innovationen und Geschäftsmodellen, z. B. Technologie-Experten oder Meinungen, identifizieren [Roh14, S. 62].
- **Internetquellen** umfassen bspw. Websites, News-Artikel und Blogs. Diese berichten zu nahezu allen Themenfeldern über neue Technologien oder Produkte mit einem eher anwendungsnahen Bezug. Sie ermöglichen einen Einblick in die Meinungen von Experten und Analysten sowie unterschiedliche Perspektiven (von Wissenschaft bis hin zu alltäglichen Informationen) [CSC18, S. 114]. Im Vergleich zu den vorherigen Datenquellen liefern Internetquellen meist unstrukturierte Texte [PC05, S. 73]. Trotz der einfachen Zugänglichkeit der Informationen ist deren Operationalisierung für Analysen aufgrund der starken Heterogenität erschwert [Sch15, S. 19].

Die beschriebenen Datenquellen bieten umfassende Analysemöglichkeiten im Rahmen der TFA und werden teilweise auch in Kombination betrachtet, um neue Perspektiven zu gewinnen. Der Überblick zeigt, dass relevante Daten heute in den allermeisten Fällen in Form von strukturierten oder unstrukturierten Texten vorliegen. In Zukunft werden jedoch Bild- und Audiodaten für die TFA an Relevanz gewinnen [HEH21, S. 318]. Als Konsequenz der Vielfalt der Daten und der schnell wachsenden Menge an verfügbaren und relevanten Informationen, stößt der Mensch bei der Verarbeitung und Analyse an kognitive Grenzen. Eine Vielzahl an (Meta-)Suchmaschinen und Datenbanken unterstützt daher bereits die systematische Recherche [KS12, S. 19]. Es bedarf jedoch darüber hinaus einer Unterstützung der Analyse, um die große Menge an Informationen nutzbar zu machen und Erkenntnisse über das sich verändernde technologische Umfeld zu gewinnen [KG14, S. 81], [Reg01, S. 551], [SKD+15, S. 534].

(Software-)Tools stellen eine sinnvolle Ergänzung zu den häufig manuellen Tätigkeiten der TFA dar [SS19b, S. 9]. Sie umfassen softwarebasierte Anwendungen, die der Initiierung, Automatisierung, Implementierung oder Unterstützung des TFA-Prozesses dienen [KG14, S. 81]. Ihr Einsatz hat dabei das Ziel, die Effizienz und Effektivität der TFA zu erhöhen sowie die Verbreitung von Informationen zu fördern [SLK+17, S. 142f.], [Roh11, S. 145]. Der Einsatz von Tools kann so die Fähigkeit von Unternehmen zur TFA positiv beeinflussen [Roh11, S. 145f.]. Mit Blick auf die heutige **Tool-Landschaft**²⁸ zeigt

²⁸ Aufgrund der Schnelllebigkeit des Softwaremarkts und des Umfangs der vorliegenden Arbeit wird auf eine detaillierte Betrachtung der Tool-Landschaft für die TFA verzichtet. Eine beispielhafte Übersicht über Tools im Kontext der TFA, die Methoden der KI einsetzen, liefert [HEH22-ol].

sich, dass es eine Vielzahl an verschiedenen Lösungen gibt. Diese sind zumeist auf einzelne Aufgaben, wie z. B. Patentanalysen, spezialisiert und stellen somit Insellösungen dar [HEH21, S. 312], [SKD+15, S. 534]. In Unternehmen wird daher oft eine Kombination²⁹ verschiedener Tools eingesetzt, um unterschiedliche Teilfragestellungen abzudecken [SS19b, S. 9]. Ganzheitliche Systeme, wie z. B. ITONICS³⁰, die nahezu den gesamten Prozess der TFA unterstützen, finden sich seltener. Im Wesentlichen adressieren Tools heute die Sammlung relevanter Impulse, die Analyse sowie die Kommunikation und Kollaboration [Sav04, S. 78]:

- **Sammlung relevanter Impulse:** Tools unterstützen den Anwender beim Sammeln relevanter Informationen, bspw. durch sogenannte RSS-Feeds³¹, Alert-Systeme, Data Mining oder semantische Crawler [SS19b, S. 9], [SLK+17, S. 142ff.]. Hierbei werden für den Nutzer automatisiert Informationen zu vordefinierten (Technologie-) Themen zusammengestellt [Roh11, S. 146], [KS12, S. 20].
- **Unterstützung der Analyse:** Die Tool-gestützte Analyse soll die Komplexität großer Datenmengen verringern und Muster in diesen aufdecken [GTC+08, S. 54]. Hierfür werden derzeit meist statistische oder stochastische Ansätze verwendet. Durch die aktuellen Fortschritte im Bereich der KI und des maschinellen Lernens können Tools auch bei komplexeren Analyseaufgaben Unterstützung bieten. Diese Fortschritte schüren jedoch auch die Erwartungshaltung der Nutzer an eine vollständige Automatisierung der TFA [SS19b, S. 9], [HEH21, S. 305f.].
- **Kommunikation und Kollaboration:** Neben der Sammlung und der Analyse ermöglichen Tools die kollaborative Erarbeitung technologischer Fragestellungen und die Kommunikation rund um die Informationen (z. B. durch Dashboards) [SS19b, S. 9]. Sie führen somit auch zu mehr Transparenz, bspw. bei der Bewertung von Technologien [Roh11, S. 145].

Der Einsatz dieser Tools ist jedoch auch mit **Herausforderungen** verbunden. Je umfangreicher die Anwendungs- und Analysemöglichkeiten eines Tools sind, desto komplexer ist in der Regel die Bedienung [SS19b, S. 9]. Darüber hinaus ist die Implementierung im Unternehmen sorgfältig zu planen. Dies betrifft sowohl die Integration in die Prozesse als auch die Überwindung individueller Nutzungsbarrieren, um eine möglichst große Anzahl an Anwendern zu erreichen [Roh11, S. 150]. Darüber hinaus mangelt es Unternehmen oft

²⁹ ROHRBECK ET AL. zeigen exemplarisch die Tool Integration innerhalb des Foresight-Prozesses bei den Telekom Innovation Laboratories („T-Labs“) [RTA15].

³⁰ ITONICS ist eine Plattform bzw. ein „Innovation OS“, welches Unternehmen bei der systematischen Identifikation, Bewertung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen unterstützt. ITONICS bietet hierfür verschiedenen Module, wie z. B. zum Trend- und Technologiemanagement, an [Ito24-ol].

³¹ RSS-Feeds (Really Simply Syndication) stellen Inhalte einer Website und deren Änderung in einer standardisierten Form bereit. Ein sogenannter FeedReader dient als Aggregator für Informationen von unterschiedlichen Webseiten und führt fortlaufend alle Änderungen zusammen [Gab24-ol].

an einer konkreten Vorstellung, mit welcher Zielsetzung der Tooleinsatz erfolgen soll. Nur bei Berücksichtigung dieser Aspekte kann der gewünschte Nutzen durch die Einführung von Tools in der TFA erreicht werden [HEH21, S. 315f.], [SS19b, S. 9].

Wie bereits herausgestellt, besteht eine große Herausforderung darin, aus der Fülle an relevanten Daten für die TFA sinnvolle Erkenntnisse zu gewinnen [GS14, S. 303]. Auch wenn Tools heute bereits in der Lage sind dies zu unterstützen, ersetzen sie nicht das menschliche Denken [Sav04, S. 78]. Die **Datenkompetenz** (engl. *Data literacy*) der Nutzer gilt als Schlüsselkompetenz [LT20, S. 436]. Data Literacy beschreibt „*die Fähigkeit, Daten auf kritische Art und Weise zu sammeln, zu managen, zu bewerten und anzuwenden*“ [RRS+15, S. 8]. Die kritische Diskussion von Daten sowie das Bewusstsein über die möglichen Erkenntnisse aus Daten („*Mit welchen Daten kann ich welche Fragen beantworten?*“) stellen die zentralen Aspekte von Data Literacy im Kontext der TFA dar.

Fazit

Daten und Informationen sind seit jeher Grundlage für den Erkenntnisgewinn zu neuen technologischen Entwicklungen. Durch ihre digitale Verfügbarkeit haben sich Datenquellen, wie z. B. Publikationen oder Internetquellen in der TFA etabliert. Durch den Einsatz von Tools werden die Sammlung und Analyse, aber auch die Kollaboration entlang der Prozesse unterstützt. Entsprechend den neuen Möglichkeiten zur Sammlung und Analyse großer Informationsmengen rückt jedoch auch die Fähigkeit des Menschen zum Umgang mit diesen Daten, die sogenannten Data Literacy, in den Fokus. Die Nutzung der richtigen Datenquellen, die Analyse großer Datenmengen und das Verständnis der Daten stellen wichtige Aspekte der Leistungsfähigkeit der TFA dar. Diese gilt es daher im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufzugreifen.

2.3.6 KI-gestützte Technologiefrühaufklärung

Das Aufkommen großer Datenmengen infolge der Digitalisierung (vgl. Abschnitt 2.2.2) sowie die aktuellen Fortschritte im Bereich der KI haben den Einsatz von Methoden der KI in der TFA bedingt [Lee21, S. 1f.], [GGW+22, S. 2f.]. Dies liegt zum einen daran, dass KI benötigt wird, um die wachsende Menge an oft kurzlebigen Informationen auszuwerten und nutzen zu können [KG14, S. 81], [KMW+19, S. 911f.], [Gen19, S. 13]. Zum anderen soll der Umgang mit Informationen und schließlich die Bewertung zunehmend objektiviert werden [Zel03, S. 69], [KMW+19, S. 911], [AGC+20, S. 342]. Ein weiteres Potenzial liegt in der effektiven Kombination unterschiedlicher Datenquellen- und -arten zur Verknüpfung von Technologiewissen [KG14, S. 89], [Zel03, S. 69]. So lassen sich bspw. in einem Dokument beschriebene technologische Funktionen mit Kundenanforderungen aus einem anderen Dokument in einen Zusammenhang bringen. Die Verknüpfung lässt Rückschlüsse auf das Marktpotenzial für eine bestimmte Branche zu, ohne dass der Zusammenhang explizit beschrieben wird [SSL10, S. 42]. Übergeordnetes Ziel

dieser Ansätze ist es, die bisherigen Analysemöglichkeiten zu erweitern sowie die Effizienz und Genauigkeit der Analysen – und damit auch die Plausibilität der TFA – zu erhöhen [KG14, S. 89], [Lee21, S. 8], [GGW+22, S. 2].

Neben etablierten datengetriebenen Ansätzen, wie z. B. der Co-Okkurrenzanalyse oder Zitationsanalyse, wird zunehmend auch der Einsatz von Methoden der KI im Kontext der TFA diskutiert³². Der Hype um Generative KI und LLM, wie bspw. durch ChatGPT von OPENAI, hat die Aufmerksamkeit für den Einsatz von KI in der TFA endgültig geweckt [JSM23, S. 45f.]. Dies ist vor allem auf das Nutzenversprechen zurückzuführen, meist manuelle und zeitaufwendige Aufgaben zu vereinfachen und effizienter zu gestalten [Lee21, S. 2]. Das dieser Arbeit zugrunde liegende Begriffsverständnis der KI-gestützten TFA ist in Bild 2-8 dargestellt.



Bild 2-8: Begriffsverständnis der KI-gestützten Technologiefrühaufklärung

Es basiert auf dem Konzept der datengetriebenen Vorausschau (engl. *Data-driven Foresight*) nach JOHN [Joh18, S. 414]. Wesentliches Merkmal ist die Nutzung **umfangreicher und digital verfügbarer Daten**, die mithilfe geeigneter **Methoden** im Kontext verschiedener **Anwendungen** für die TFA analysiert werden. WALDE beschreibt in seiner Arbeit unter dem Begriff der *Digital Intelligence* ein vergleichbares Konzept und definiert diese als „Strategische Frühaufklärung auf Basis digitaler Informationsquellen und entsprechender Methoden“ [Wal10, S. 21]. Grundlage sämtlicher Ansätze ist die Nutzung von **Daten und Metadaten**. Dabei beschreiben sogenannte Metadaten strukturierte Daten, die Zusatzinformationen zum Kontext von Dokumenten oder Quellen liefern [Wal10, S. 69]. Je nach Ansatz werden auch Textdaten und somit unstrukturierte Daten in die Analyse mit einbezogen. Um aus diesen Daten Erkenntnisse für die TFA zu gewinnen, werden **Methoden zur Analyse und Visualisierung** benötigt.

Entwicklung datengetriebener Ansätze und Methoden

Auch weit vor dem Aufkommen der Diskussion um KI im Kontext der TFA wurden datengestützte Ansätze erforscht und angewendet [GGW+22, S. 3]. Hier lassen sich im Wesentlichen Datenbankabfragen und Information Retrieval, Bibliometrie und Szientometrie sowie Data Mining und Text Mining unterscheiden:

³² Siehe bspw. [MG22], [GGW+22], [Por19], [KMW+19] oder [BM21].

- **Datenbankabfragen und Information Retrieval:** Ausgangspunkt bzw. Grundlage datengetriebener Ansätze und Methoden sind Datenbanken zur Speicherung strukturierter Informationen. Auf diese kann durch **Datenbankabfragen** zugegriffen werden. Zur Suche bzw. Filterung von numerischen oder textuellen Daten kommt eine formale Sprache zum Einsatz. Je nach Zweck werden unterschiedliche Abfragesprachen (z. B. SQL) verwendet [Wal10, S. 76f.]. Das **Information Retrieval** zählt, wie die Datenbankabfrage, zu den hypothesengestützten Analysemethoden. Es ist also vorab bekannt, wonach gesucht wird. Ziel ist mittels einer Abfrage (engl. *Query*) Dokumente aus einer Sammlung von Dokumenten zu finden bzw. zu filtern, die für das Ziel der Suche relevant sind [Wal10, S. 78], [Zel03, S. 121f.].
- **Bibliometrie und Szientometrie:** Diese Ansätze beschreiben die Anwendung mathematisch-statistischer Methoden auf unterschiedliche Informationsobjekte [Wal10, S. 29]. Der Begriff **Bibliometrie** wurde bereits in den späten 1960er Jahren durch PRITCHARD geprägt [Pri69]. Sie untersucht quantitativ wissenschaftliche Publikationen. Bekannte Methoden sind die Publikations- und Zitationsanalyse [GP14, S. 101] [Wal10, S. 29], [SLS11, S. 79f.]. Hierbei werden Indikatoren von Publikationen wie z. B. Quantität oder Qualität der Publikationen, Co-Zitationen oder Co-Okkurenzen bzw. auch Co-Wortanalyse untersucht [Wal10, S. 30], [SLS11, S. 80], [CD13, S. 80]. Die **Szientometrie** hingegen legt den Fokus auf die quantitativen organisationalen Aspekte, wie z. B. die Entstehung und Verbreitung wissenschaftlicher Informationen als Mechanismen wissenschaftlicher Forschung [JB06, S. 16], [LH23, S. 1f.].
- **Data Mining und Text Mining:** Für tiefgreifende Analysen technologischer Fragestellungen werden in der Literatur methodische Ansätze wie Data Mining und Text Mining beschrieben [Zel03]. **Data Mining** ist ein Vorgehen zur Extraktion und Analyse von vorwiegend strukturierten Daten, um darin Zusammenhänge und Muster zu entdecken (s. Bild 2-9). Je nachdem, welche Methoden für das Data Mining eingesetzt werden, greifen diese auf etablierte Mechanismen zurück, wie z. B. Mustererkennung, Statistik, KI, Information Retrieval und später auch Machine Learning [CD13, S. 83]. Data Mining wird im Kontext der TFA³³ z. B. zur Identifikation schwacher Signale oder Beobachtung bestimmter Entwicklungen eingesetzt [Zel03, S. 119], [Roh14, S. 62]. Analog dazu dient **Text Mining**³⁴ der Identifikation von Mustern in beliebigen, unstrukturierten Texten [Zel03, S. 123f.], [Wal10, S. 93]. So können z. B. mit Hilfe von Text Mining Trends analysiert oder die Leistungsfähigkeit von Technologien anhand von Schlüsselwörtern bestimmt werden [CD13, S. 83].

³³ Für die Anwendung von Data- und Text Mining hat sich das von PORTER und CUNNINGHAM beschriebene *Tech mining* [PC05] als ein weiterer Unterbegriff in der Literatur etabliert.

³⁴ Eine detaillierte Herleitung und Definition von Text Mining sowie einer Abgrenzung zum Data Mining liefert WALDE [Wal10, S. 94f.].

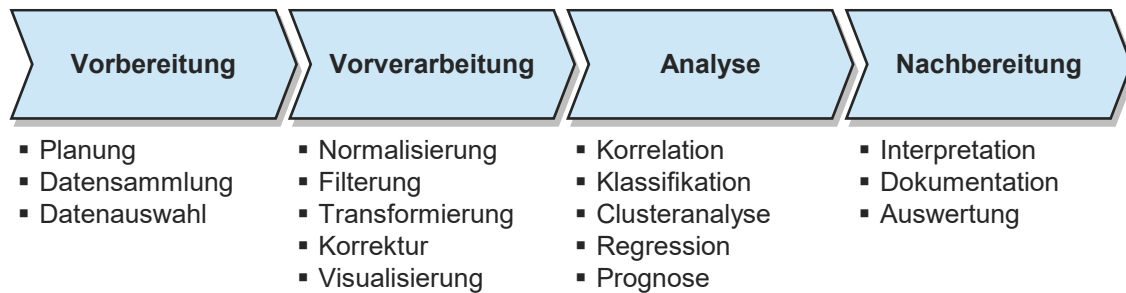


Bild 2-9: Vorgehen des Data Mining Zyklus nach DÖRN [Dör18, S. 6]

Übergeordnete Teilbereiche der KI im Kontext der TFA

Entsprechend der unterschiedlichen Aufgaben der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.3) und der zur Verfügung stehenden Daten (vgl. Abschnitt 2.3.5) lassen sich eine Reihe grundlegender Algorithmen und Methoden unterscheiden [Zel03, S. 129]. Diese lassen sich den Teilgebieten des Maschinellen Lernens (ML) und des Natural Language Processings (NLP) einordnen:

- Maschinelles Lernen (ML):** Unter dem Begriff Maschinelles Lernen (eng. *machine learning*) werden statistische Modelle und Algorithmen zusammengefasst, die ohne explizit vorgegebene Regeln Zusammenhänge und Muster erkennen oder Verhaltensweisen erlernen können, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Grundlage ist ein Lern- bzw. Trainingsvorgang anhand von Referenzdaten [KMW+19, S. 906], [GGW+2, S. 2]. Es wird grundsätzlich zwischen überwachten, unüberwachten und bestärkenden Lernverfahren (engl. Reinforcement Learning) unterschieden. Beim überwachten oder bestärkenden Lernen werden Vorgaben in den Lernprozess eingebracht, während beim unüberwachten Lernen das Modell selbstständig Zusammenhänge durch die Exploration der Daten erkennt [SBW+18, S. 60]. ML eignet sich u. a. zur Lösung von Klassifikationsaufgaben, also der Zuordnung von unbekannten Daten zu vorgegebenen Klassen [Mir19, S. 134], [GGW+22, S. 2].
- Natural Language Processing (NLP):** NLP befasst sich mit dem Verstehen und Interpretieren natürlicher Sprache. Ziel der NLP-Techniken ist es, verschiedene Aspekte der menschlichen Sprachverarbeitung nachzubilden, wie z. B. Grammatikverständnis und die Bedeutungserkennung innerhalb eines Kontextes [SBW+18, S. 58], [HM15, S. 261f.]. Mithilfe von NLP können große Mengen an Textdaten inhaltlich analysiert und so Muster in diesen erkannt werden. Ein Beispiel ist die Identifikation von Akteuren oder Technologien in Texten durch Named Entity Recognition (NER) [Wal10, S. 101], [TWW22, S. 11]. Auf diese Weise lassen sich für die TFA relevante Akteure wie Unternehmen oder Forschungseinrichtungen im Kontext einer Technologie identifizieren.

Eine überschneidungsfreie Abgrenzung zwischen den Teilbereichen ML und NLP ist nicht möglich, da diese z. T. aufeinander aufbauen und sich ergänzen. So weisen bspw.

statistische Verfahren zur Analyse der Bedeutung von Texten sowohl Aspekte von NLP als auch des ML auf.

Ausgewählte KI-basierte Ansätze und ihre Anwendung im Kontext der TFA

Im Folgenden werden ausgewählte datengetriebene Ansätze beschrieben, die im Kontext der TFA Anwendung finden. Der Schwerpunkt der derzeit in der TFA verwendeten Ansätze liegt entweder auf der Analyse strukturierter Daten zur Mustererkennung oder auf der inhaltlichen Auswertung unstrukturierter Textdaten. Beide Herangehensweisen dienen der Gewinnung von Erkenntnissen über technologische Entwicklungen.

- **Clustering:** Clustering bzw. Segmentierung zielt darauf ab, Daten in homogene Gruppen (sogenannte Cluster) zu unterteilen. Innerhalb eines Clusters weisen alle Elemente ähnliche Eigenschaften auf, während sich die verschiedenen Cluster in möglichst großem Maß voneinander unterscheiden sollen [Zel03, S. 127]. Dazu werden das *hierarchische Clustering* oder das *k-means-Verfahren* eingesetzt [Dör18, S. 23]. Mithilfe von unüberwachtem ML wird so ein Modell trainiert, um verborgene Strukturen in den Daten zu erkennen [Dör18, S. 68].

Beispielhafte Anwendung: Durch den Einsatz von Clustering-Algorithmen können Dokumente zu Clustern zusammengefasst und anschließend durch Analyse der zeitlichen Verteilung der dem Cluster zugeordneten Dokumente auf einen Trendverlauf untersucht werden [KMW+19, S. 908f.], [THF03, S. 301].

- **Topic Modeling:** Topic Modeling ist ein Verfahren des unüberwachten ML. Ziel ist es, semantische Strukturen in Textdaten zu analysieren. Anhand der Verteilung von Wörtern in den Texten können relevante Themen und Begriffe innerhalb eines Textkorpus identifiziert werden. So lässt sich jedes in einem Dokument vorkommende Wort einem der Themen zuordnen und ein Dokument kann sich wiederum auf verschiedene Themen beziehen [KMW+19, S. 906]. Ein sehr häufig eingesetztes Verfahren hierfür ist die Latent Dirichlet Allocation (LDA) [BNJ03, S. 993f.], [SP12, S. 210].

Beispielhafte Anwendung: Durch den Einsatz von Topic Modeling lassen sich bspw. Trends auf X [LCB12, S. 1532] oder in News-Websites [GGW+22, S. 9] sowie übergeordnete Strukturen in Texten identifizieren [JMS+23, S. 37ff.].

- **Sentiment-Analyse:** Sentiment-Analysen aus dem Bereich des NLP zielen darauf ab, Emotionen oder Meinungen in Textdaten zu erkennen. So können durch diese Analyse in Wörtern oder bestimmten Phrasen eine positive Haltung, negative Haltung oder subjektive Meinung erkannt werden [TWW22, S. 10], [WRK22, S. 5732].
Beispielhafte Anwendung: Mithilfe der Sentiment-Analyse lässt sich ein Stimmungsbild zu einer bestimmten Technologie ermitteln und die Entwicklung der subjektiven Bewertung über einen Zeitraum nachvollziehen [ASB22-ol], [MK17].

Generative KI und Large Language Model

Neben den bereits erläuterten Algorithmen und Methoden zeichnet sich eine neue Entwicklung im Bereich der **Generativen KI**³⁵ ab [SLS23, S. 373]. Sie basiert auf dem Einsatz von Neuronalen Netzen. Bisherige Modelle aus der Forschung, wie z. B. Recurrent Neural Networks (RNNs) oder Long Short-Term Memory (LSTMs), sind in ihrer Leistungsfähigkeit limitiert [Dey23-ol]. Ein deutlicher Leistungssprung wurde jedoch mit den *Transformer Modellen*, welche auf der Architektur von VASWANI ET AL. basieren, erzielt [VSP+17], [TWW22]. Diese Modelle nutzen den *Attention-Mechanismus*, also die Fähigkeit eines KNN, auf Basis der Eingabewörter Zusammenhänge in Texten bspw. zur Vorhersage des nächsten Wortes zu nutzen [SLS23, S. 376f.], [VSP+17, S. 3ff.]. Hierdurch lassen sich die verschiedenen NLP-Aufgaben wesentlich effizienter als bisher lösen. Diese Transformer Modelle, welche auf die spezifische Aufgabe des Beantwortens von Fragen optimiert sind, bilden die Grundlage für den aktuellen Erfolgsgang Generativer KI [Dey23-ol].

Nach dem Durchbruch dieser Modelle in der KI-Forschung wurden nach und nach sogenannte *Generative Pre-trained Transformer (GPT)* wie CHATGPT durch OPENAI und weitere Unternehmen³⁶ veröffentlicht [Ope22-ol]. Diese generativen Sprachmodelle zählen zu den **Large Language Models (LLM)**. Diese werden durch unüberwachtes Lernen darauf trainiert, Muster und Strukturen in Daten zu erkennen. Durch dieses Vortraining („pre-trained“) auf Basis großer Mengen natürlichsprachlicher Textdaten verfügen sie über ein Sprachverständnis und können Aufgaben, wie die Beantwortung von Fragen durch Chatbots, effizient umsetzen [RNS+18, S. 2]. Durch kurze Anweisungen (sogenannte *Prompts*) können Nutzer spezifische Aufgaben und Informationen an das System bzw. Modell übergeben. Diese sind in der Lage, kontextsensitive Antworten zu generieren, die den Inhalt der zuvor gestellten Anfragen berücksichtigen. Beispiele sind das Erzeugen von Programmcode oder Entwürfen für E-Mails [SLS23, S. 376f.], [BMR+20, S. 34]. Von diesem Nutzenpotenzial sind inzwischen viele Unternehmen überzeugt. Laut einer BITCOM-Umfrage sieht eine Mehrheit von 56 % aus 608 befragten deutschen Unternehmen in einer „KI zur Textgenerierung die größte digitale Revolution seit dem Smartphone“ [Bit23-ol].

Angesichts des schnellen Fortschritts in diesem Bereich ist die zukünftige Entwicklung Generativer KI und deren Anwendung nur schwer abschätzbar. Bereits heute zeigen sich **vielversprechende Anwendungen von LLM in der TFA**: So lassen sich bspw. Kurzbeschreibungen für Technologien erstellen oder Suchstrings automatisiert generieren [HBB+23, S. 58ff.]. Einen Ausblick auf ein weiteres Anwendungsbeispiel geben SCHÖNMANN ET AL. mit der Diskussion rund um die Eignung von LLM zur Reifegradbewertung

³⁵ Generative KI kann dazu eingesetzt werden neue Daten, wie Bilder oder Texte zu erzeugen. Beispiele hierfür sind DALL-E [RDN+22], STABLEDIFFUSION [RBL+22], MIDJOURNEY [Mid24-ol].

³⁶ Weitere Beispiele für LLM sind LLaMA von META, PALM2 von GOOGLE oder OPENELM von APPLE.

von Technologien [SLS23, S. 379ff.]. Neben diesen Potenzialen ist der Einsatz dieser Modelle jedoch heute auch mit Problemen verbunden: So werden bspw. die Validität der Ergebnisse und voreingenommenes Verhalten (Bias) kritisiert [BMR+20, S. 33f.], [Ope22-ol], [TBC+21, S. 2ff.].

Automatisierung und Auswirkung auf die TFA

Durch den Einsatz von KI zeichnet sich eine **zunehmende Automatisierung** im Umgang mit Daten in der TFA ab. Die Ansätze versprechen dabei auf der einen Seite einen enormen Nutzensvorteil für Unternehmen. Sie tragen dem Ziel einer möglichst hohen Effizienz bei gegebenen Ressourcen Rechnung [WSH+11, S. 163]. Andererseits erfordern sie jedoch auch eine Veränderung der Arbeitsweise und Prozesse [KMW+19, S. 912], [HWP+21, S. 6]. Auch zukünftig wird das **Zusammenspiel von menschlichem Wissen und KI-gestützten Analysen** erforderlich sein, da die Ergebnisse kritisch bewertet und für die Entscheidungsfindung in Unternehmen kontextualisiert werden müssen [GGW+22, S. 3], [HWP+21, S. 8]. Durch den höheren Automatisierungsgrad bieten diese Ansätze auch für kleinere und mittlere Unternehmen Chancen. Diese verfügen häufig nicht über entsprechenden Ressourcen, um eine tiefgreifende TFA zu betreiben [KMW+19, S. 912].

Fazit

Mit der Entwicklung von Methoden der KI für die TFA wird versucht, die mit der schier unendlichen Datenmenge einhergehende Komplexität zu reduzieren, Muster in Daten zu erkennen und so die kognitiven Fähigkeiten des Menschen zu ergänzen. Schließlich ermöglichen diese Ansätze es, Prozessschritte der TFA effizienter und effektiver zu gestalten. Der Hype und die einhergehenden Erwartungen an den Nutzen sind groß. Die schnelle Weiterentwicklung des Feldes der datengetriebenen Ansätze hat jedoch eine Vielzahl an unterschiedlichen Methoden und damit eine diffuse Wissenslandschaft erzeugt [SM21, S. 24]. Für Anwender aus dem Technologie- und Innovationsmanagement – ohne entsprechende Kenntnisse aus den Bereichen Informatik und KI – ist die aktuelle Situation unübersichtlich.

2.3.7 Herausforderungen

Bei der Erfüllung der eingangs beschriebenen Ziele (*Frühzeitige Identifikation von neuen Technologien, Erarbeitung der Grundlage für strategische Entscheidungsprozesse, Kontinuierliche Verbesserung des Gesamtsystems*, etc.) sieht sich die TFA mit einer Vielzahl an Herausforderungen konfrontiert. Diese lassen sich auf ein hochdynamisches und zunehmend komplexes Unternehmensumfeld, die stetig ansteigende Menge an verfügbaren Informationen sowie die daraus resultierenden Notwendigkeit einer effektiven und effizienten TFA im Unternehmen zurückführen [WSH+11, S. 90f.].

Herausforderungen des Unternehmensumfelds

Eine Herausforderung liegt in der **steigenden Komplexität und Dynamik** von technologischen Entwicklungen sowie die **resultierende Unsicherheit** [Sch17, S. 31], [HSK+11, 310f.]. Diese Dynamik ist in vielen Industrien auf diskontinuierliche Technologiesprünge zurückzuführen [Gas06, S. 6]. Darüber hinaus stellt die **Diffusion neuer Technologien in weitere Branchen** in immer kürzeren Zeiträumen eine Herausforderung dar [WSH+11, S. 91], [Sch17, S. 31]. Technologien weisen mittlerweile einen hohen Verflechtungsgrad auf und ihre Entwicklung ist von einer Vielzahl an Einflussfaktoren abhängig [WSH+11, S. 125]. Aus diesen Gründen sind Unternehmen gefordert, möglichst frühzeitig potenzielle Technologien für die eigenen Anwendungsfelder zu identifizieren [Sch17, S. 31]. Insbesondere die möglichst frühzeitigen Informationen über diese Entwicklungen sind jedoch mit **großen Unsicherheiten** behaftet, wodurch auch die darauf basierenden Bewertungen und Entscheidungen mit hoher Unsicherheit verbunden sind [HSK+11, S. 310f.], [VMW+16, S. 11].

Herausforderungen der Informationsverarbeitung

Resultat der fortschreitenden Digitalisierung ist die **stetig wachsende Menge an potenziell relevanten und zu analysierenden Informationen** (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Herausforderung liegt somit nicht – wie in weiten Teilen der Historie der TFA – in der Verfügbarkeit von Informationen, sondern in der Verarbeitung und Interpretation dieser [KS12, S. 19], [KG14, S. 87]. Die nahezu unbegrenzte Menge an Informationen und Informationsquellen führt zu einem **Information overload** [Lie05, S. 129], [WSH+11, S. 92]. In der Folge ist eine gesamtheitliche Analyse von Informationen über alle technologischen Entwicklungen wirtschaftlich kaum möglich [WSH+11, S. 103], [KMW+19, S. 905]. Eine **Fokussierung der zeitlichen und finanziellen Ressourcen** und folglich eine effektive und effiziente Gestaltung der TFA ist daher erforderlich [WSH+11, S. 163], [KS12, S. 19], [SSL10, S. 39]. Dies gilt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen [WKK20, S. 13].

Neben dieser Informationsflut zeigen sich weitere Herausforderungen im Umgang mit den Informationen. Oft liegen **qualitative und quantitative Informationen** gemischt vor. Der Charakter der Informationen ist zum Teil sehr unterschiedlich (Patentdaten vs. subjektive Einschätzungen), **Informationen sind mit Unsicherheiten behaftet, Informationen sind vom jeweiligen Kontext abhängig** und veralten [Zel03, S. 67f.]. Darüber hinaus stellen die technologischen Analysen der TFA einen zeitpunktbezogenen Vorgang dar. Das bedeutet, dass sich Art und Umfang der Ergebnisse auf den Zeitpunkt der Analyse beziehen [KS12, S. 20]. Neben dem bereits **hohen Aufwand für manuelle Recherche und Analyse** (z. B. Desktop-Recherchen, Patentanalysen, etc.) zur Verdichtung von Informationen bedarf es einer Aktualisierung bei der Beobachtung von längerfristigen Technologieentwicklungsprozessen [KS12, S. 19f.], [Goc20, S. 36], [KMW+19, S. 905], [WKK20, S. 13]. Aufgrund der oft manuell durchgeführten und zeitintensiven Tätigkeiten sowie der **limitierten menschlichen Informationsverarbeitungsfähigkeit** fehlen

aktuell Skalierungsmöglichkeiten für eine gewünschte Leistungssteigerung der TFA [RHA06, S. 979], [KS12, S. 24], [WKK20, S. 13], [EAD23, S. 12f.]. Neue Wege der Informationsgewinnung und -verarbeitung, wie sie bspw. der Einsatz von Tools oder KI verspricht, sind erforderlich [Sav04, S. 37], [KS12, S. 20ff.], [WKK20, S. 13]. Hierdurch soll auch die **Subjektivität bei der Recherche und Analyse** minimiert werden [KMW+19, S. 905].

Herausforderungen bei der Umsetzung im Unternehmen

Neben der effektiven und effizienten Informationsverarbeitung müssen die resultierenden Erkenntnisse aus der TFA in konkrete Handlungen umgesetzt werden. So zeigen empirische Studien, dass in vielen Unternehmen trotz einer Organisationseinheit für die TFA die Ergebnisse u. a. aufgrund mangelnder Strukturen nur selten adäquat genutzt werden [Lic07, S. 1111], [SLK+17, S. 143]. Eine Herausforderung besteht daher in der **Gestaltung und langfristigen Implementierung** der TFA im Unternehmen [SHR16, S. 31f.], [Reg06, S. 328]. Auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass eine systematische Integration und ein strukturierter Ansatz für die TFA positive Auswirkungen bezüglich deren Leistungsfähigkeit hat, existiert **keine allgemeingültige Vorgehensweise**. Die Auswahl der Optionen zur Gestaltung der Aktivitäten (z. B. Prozess, organisationale Struktur, Methodeneinsatz, etc.) sind maßgeblich vom individuellen Unternehmenskontext (z. B. Branche, verfügbare Ressourcen, etc.) abhängig [Wol91, S. 39], [Tho10, S. 58], [Sch08, S. 244], [KM06, S. 190], [Sav04, S. 63]. Darüber hinaus bestimmt der Kontext, in welcher Ausbaustufe die TFA benötigt wird [Tho10, S. 65]. So stellen bspw. aufwändige Rechercheprozesse oder das Verwalten von Expertennetzwerken keine adäquate Lösung für kleine und mittlere Unternehmen dar [Sch17, S. 31].

Zuletzt ist die **systematische Umsetzung der TFA** als übergeordnete Herausforderung zu nennen. Diese betrifft auf der einen Seite die bereits beschriebene Implementierung im Unternehmen und auf der anderen Seite die Art und Weise der Durchführung der einzelnen Aktivitäten. Die Notwendigkeit für eine systematische Umsetzung zeigt sich bspw. in der konkreten Formulierung der Informationsbedürfnisse [Sav04, S. 36]. Darüber hinaus wird der Transfer respektive die Kommunikation von technologischem Wissen als herausfordernd beschrieben [Sav04, S. 36f.]. So werden die vorhandenen Informationen meist nicht mit der strategischen Ausrichtung des Unternehmens in Verbindung gebracht oder systematisch in Innovation umgesetzt [SB14, S. 44], [Sav04, S. 36f.], [Sch19, S. 32], [SLK+17, S. 143]. Grund hierfür ist bspw. ein fehlendes systematisches Konzept, die unterschiedlichen Aktivitäten und Akteure zu integrieren [RG06, S. 175]. Auch wenn eine systematische Umsetzung zielführend ist, gilt es, eine **Balance zwischen Systematisierung und Handlungsfreiheit** zu finden [SA14, S. 129].

Fazit

Aktuelle Herausforderungen liegen in einem zunehmend dynamischen Unternehmensumfeld, einer möglichst effizienten Informationsverarbeitung und der Notwendigkeit einer systematischen Umsetzung der TFA. Zur Adressierung dieser Herausforderungen und Erreichung der zuvor erläuterten Ziele bedarf es entsprechender Abläufe, Strukturen und Wissen im Unternehmen. Es zeigt sich, dass neben effizienten Ansätzen zur Informationsverarbeitung die TFA erst dann wirksam ist, wenn sie als Gesamtsystem im Unternehmen gedacht wird. Hierbei existiert jedoch keine allgemeingültige Vorgehensweise, da die Möglichkeiten zur systematischen Umsetzung von den individuellen Voraussetzungen des Unternehmens und dem jeweiligen Kontext abhängen.

2.4 Einordnung in das 4-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER

Für eine systematische Gestaltung und Leistungssteigerung sind die verschiedenen Facetten der TFA in Unternehmen zu betrachten. Das 4-Ebenen-Modell nach GAUSEMEIER bietet hierfür eine Orientierung (s. Bild 2-10). Es zeigt die vier Ebenen *Vorausschau*, *Strategien*, *Prozesse* und *Systeme*. Diese dienen als übergeordneter Plan für die Lösung komplexer Aufgaben im Unternehmen [GP14, 37f.]. Im Folgenden werden die Ebenen kurz beschrieben.

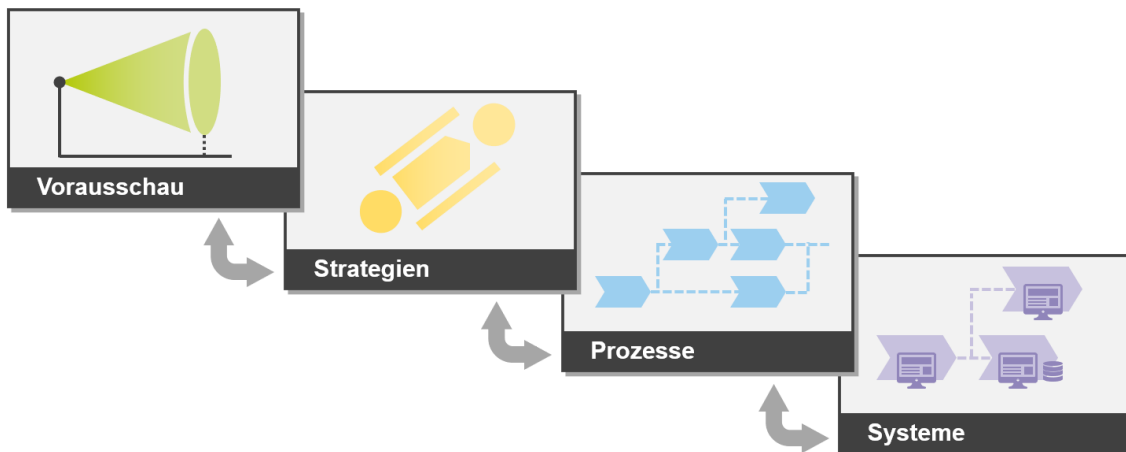


Bild 2-10: 4-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER [GP14, S. 38]

- **Vorausschau:** Die oberste Ebene der Vorausschau befasst sich mit der systematischen Untersuchung der Zukunft. Im Fokus stehen zukünftige Chancen und Bedrohungen für das eigene Geschäft durch die Entwicklung von Märkten und Technologien. Die Vorausschau bildet somit eine wesentliche Grundlage für die Strategieentwicklung [GP14, S. 38].

- **Strategien:** Auf dieser Betrachtungsebene werden Unternehmens- und Geschäftsstrategien entwickelt. Nach GAUSEMEIER und PLASS schließt die Strategie *die Kursbestimmung in Form eines Leitbilds sowie Schlüsselfähigkeiten, konkrete Marktleistungs- und Geschäftsziele sowie Konsequenzen und Maßnahmen für die einzelnen Handlungsbereiche des Unternehmens* ein [GP14, S. 38]. Die Strategie beschreibt somit den Weg und den Zielpunkt, um die Maßnahmen zur Erreichung der gedachten Zukunft zu fokussieren [GP14, S. 38].
- **Prozesse:** Die Strukturierung von Geschäftsprozessen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine effiziente Leistungserstellung. Die Prozesse sind entsprechend der entwickelten Strategie mit den Mitarbeitern umzusetzen. Darüber hinaus sollte auch die Aufbauorganisation des Unternehmens überprüft werden, da sonst effiziente Prozesse durch eine aufwändige Aufbauorganisation in einer wenig effizienten Ablauforganisation münden [GP14, S. 39].
- **IT-Systeme:** Auf der vierten Ebene werden IT-Systeme geplant und eingeführt. Hierzu zählen bspw. Hardwaresysteme, Betriebssysteme und Datenbanksysteme sowie Anwendungssoftwaresysteme zur Unterstützung der Prozesse [GP14, S. 39].

Einordnung der Arbeit

Das 4-Ebenen-Modell schafft ein grundlegendes Verständnis für die zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung und dient in dieser Arbeit als Bezugsrahmen zur Einordnung. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht die TFA bzw. das zu entwickelnde Reifegradmodell. Sie adressieren primär die Ebene der Vorausschau, da die TFA als Bestandteil der Vorausschau die frühzeitige Erkennung und Bewertung technologischer Entwicklungen unterstützt. Das 4-Ebenen-Modell bietet über die Einordnung hinaus einen Ansatz, die vielfältigen Gestaltungsoptionen der TFA für Unternehmen zu erfassen und entlang der beschriebenen Ebenen zu beurteilen. Konkret sind zur Gestaltung der TFA auch die Strategie sowie die erforderlichen Prozesse und Systeme zu betrachten.

2.5 Lösungswissen zur Leistungssteigerung

Wie die vorangegangenen Kapitel gezeigt haben, ist eine ganzheitliche Gestaltung der TFA in Unternehmen komplex. Für den Aufbau bzw. die Weiterentwicklung der Fähigkeiten von Unternehmen zur TFA bedarf es daher an Lösungswissen. In Abschnitt 2.5.1 wird Lösungswissen kurz charakterisiert und dessen Nutzen beschrieben. Die nachfolgenden Abschnitte 2.5.2 bis 2.5.4 erläutern den Einsatz von Lösungswissen in Form von Anwendungsszenarien zur Darstellung und Strukturierung von Technologiepotenzialen, Reifegradmodellen zur Organisationsentwicklung sowie Vorgehensmodellen und Hilfsmitteln zur Leistungssteigerung. Dieses Kapitel greift auf, weshalb Unternehmen dieses Lösungswissen nutzen. Im Kapitel Stand der Technik wird explizites Lösungswissen, also bestehende Ansätze und Methoden aus der Literatur, vorgestellt.

2.5.1 Nutzen von Lösungswissen

Lösungswissen bezeichnet Wissen³⁷, welches erforderlich ist, um spezifische Probleme oder Herausforderungen effektiv zu lösen. Es stellt theoretisches bzw. methodisches Wissen, praktische Erfahrungen und Wissen zur kreativen Problemlösung im Hinblick auf einen bestimmten Kontext dar. Ziel ist es, durch Lösungswissen Sachverhalte zu strukturieren und einen heterogenen Lösungsraum einzugrenzen [Rab19, S. 52]. Für den Einsatz von Lösungswissen lassen sich folgende Vorteile herausstellen [Ana15, S. 35f.]:

- **Komplexitätsreduktion:** Lösungswissen trägt zur Komplexitätsreduktion umfangreicher Problemstellungen bei. Lösungswissen strukturiert komplexe Gesamtprobleme und gliedert diese in ihre Bestandteile. Dadurch können Sachverhalte für den Anwender des Lösungswissens in Bezug auf eine bestimmte, gewählte Abstraktionsebene der Probleme bzw. der zugehörigen Lösungen vereinfacht werden.
- **Effizienzsteigerung:** Der Einsatz von Lösungswissen steigert die Effizienz von Problemlösungsprozessen. Durch das Zusammenführen und zielgerichtete Aufbereiten von Erfahrungswissen, wie bspw. aus Ansätzen des Best Practice und Lessons Learned, hilft Lösungswissen, erfolgreiche Strategien und erprobte Methoden zu nutzen und letztlich das Risiko von Misserfolgen deutlich zu reduzieren.
- **Übertragbarkeit:** Da Lösungswissen abstrahiertes Erfahrungswissen darstellt, ist es allgemeingültig und auf weitere Unternehmen und Branchen übertragbar. Der Abstraktions- bzw. Generalisierungsgrad kann dabei nicht einheitlich festgelegt werden. Er ist abhängig von dem Betrachtungsgegenstand, der Einfachheit der Darstellung und der Anwendung des Lösungswissens.
- **Verbesserung der Kommunikation:** Lösungswissen ist in der Lage, die Kommunikation sowohl fachdisziplinspezifisch als auch fachdisziplinübergreifend zu verbessern. Durch das Lösungswissen wird ein einheitliches Verständnis für den jeweiligen Betrachtungsbereich geschaffen. Dieses hilft nicht nur dem Anwender selbst, sondern auch in der Kommunikation mit weiteren involvierten Personen.
- **Förderung der Kreativität:** Lösungswissen enthält abstrahierte (generalisierte) Informationen. Der Einsatz von Lösungswissen im Prozess erfordert daher immer eine spezifische Anpassung an das jeweilige Problem und Unternehmen. Es gibt dem Anwender Impulse, eigene Denkmuster mit dem Lösungswissen zu reflektieren. Dadurch werden Kreativität und das Finden innovativer Lösungen unterstützt.
- **Langfristige Dokumentation und Erweiterbarkeit:** Lösungswissen dokumentiert häufig nur implizit vorliegendes Erfahrungswissen. Dieses kann in unterschiedlicher Form externalisiert und somit zur Verfügung gestellt werden. Es enthält eine Vielzahl

³⁷ Eine detaillierte Erläuterung des Wissensbegriffs findet sich bspw. in [Ana15, S. 27f.], [Sch17, S. 68ff.] oder [Mie06, S. 76ff.].

an Informationen, die das zugrunde liegende Problem charakterisieren. Lösungswissen lässt sich stetig anhand neuester Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis modifizieren und optimieren.

Fazit

Lösungswissen eignet sich dazu, komplexe Sachverhalte zu strukturieren und Erfahrungswissen für Anwender bereitzustellen. Insbesondere in der TFA, die als Teilsystem des Unternehmens vielfältigen Wechselwirkungen unterliegt, ist für die organisationale Implementierung und Weiterentwicklung spezialisiertes Wissen notwendig. Hierfür lässt sich Lösungswissen einsetzen.

2.5.2 Technologie-Anwendungsszenarien zur Strukturierung von Technologiepotenzialen

Technologie-Anwendungsszenarien dienen der Strukturierung von Technologiepotenzialen. Wie im Abschnitt zur KI-gestützten TFA (vgl. Abschnitt 2.3.6) dargelegt, hat die rasante Entwicklung von datengetriebenen Methoden und KI zu einer diffusen Wissenslandschaft geführt. Das Lösungswissen über die Einsatzpotenziale von KI für die TFA liegt daher derzeit weitgehend unstrukturiert vor. Eine Möglichkeit zur **Strukturierung und Darstellung des Lösungswissens** sind **Anwendungsszenarien**, die Transparenz über Technologiepotenziale und mögliche Anwendungen schaffen können (vgl. [RD20, S. 94]). Die Anwendungsszenarien liefern dem Anwender des Lösungswissens einen einfachen und übersichtlichen Zugang zu einem Technologiefeld.

Strukturierung von Anwendungsszenarien

Zur Ermittlung und Strukturierung von Anwendungsszenarien ist ein methodisches Vorgehen erforderlich. Die grundlegende Idee besteht darin, auf Basis einer Bewertung Anwendungsbeispiele entsprechend ihrer Ähnlichkeit zu homogenen Gruppen zusammenzufassen [Wal16, S. 161]. Bild 2-11 zeigt ein methodisches Vorgehen zur Ermittlung von Anwendungsszenarien am Beispiel der Augmented Reality-Technologie.

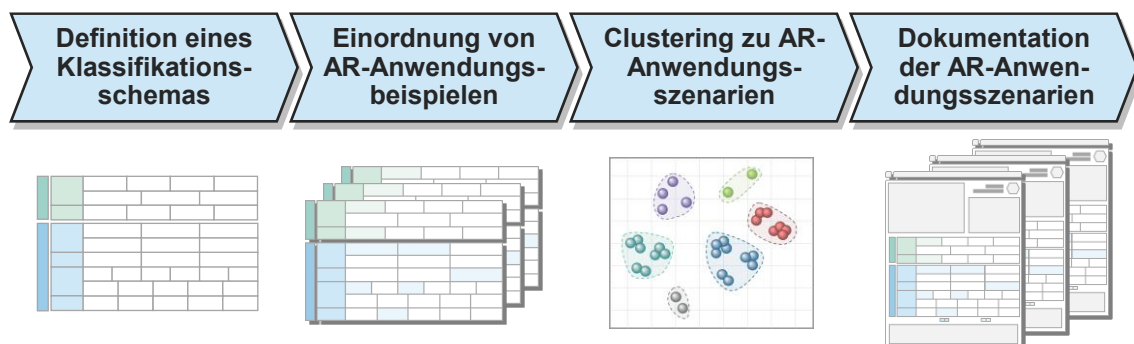


Bild 2-11: Methodisches Vorgehen zur Ermittlung von Anwendungsszenarien in Anlehnung an RÖLTGEN [Röl21, S. 100]

In einem ersten Schritt wird ein **Merkmalsschema** bzw. Klassifikationsschema definiert, das mehrere mögliche Merkmalsausprägungen umfasst. Die Merkmale und ihre Ausprägungen sind in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand auszuwählen. Hierfür eignet sich eine Analyse bestehender Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas aus der wissenschaftlichen Literatur [Röl21, S. 100]. Anschließend erfolgt die Einordnung in das Merkmalsschema der bisher unstrukturierten Betrachtungsobjekte bzw. Anwendungsbeispiele (z. B. Publikationen oder Technologiebeispiele). Auf Basis der mit Hilfe des Merkmalsschemas beschriebenen Objekte erfolgt eine Klassifizierung. Hierzu werden die Anwendungsbeispiele nach der Ähnlichkeit ihrer Merkmalsausprägungen gruppiert (z. B. mittels einer hierarchisch-agglomerativen Clusteranalyse). Anschließend werden die relevanten Informationen zu den Anwendungsszenarien, bspw. in Form von Steckbriefen, dokumentiert.

Steckbriefe zur Dokumentation von Anwendungsszenarien

Steckbriefe dienen der **komprimierten Darstellung von Lösungswissen**. Sie zielen auf eine einheitliche Dokumentation ab und fassen relevante Informationen kompakt zusammen. Beispiele für Inhalte von Steckbriefen sind Kurzbeschreibungen, vergleichende graphische Illustrationen sowie eine Gegenüberstellung von Chancen und Herausforderungen. Eine konsistente und allgemeingültige Beschreibung von Anwendungsszenarien stellt die Übertragbarkeit auf unternehmensspezifische Fragestellungen sicher.

Die Strukturierung von Lösungswissen in Form von Anwendungsszenarien im wissenschaftlichen Kontext bietet mehrere Vorteile:

- **Identifikation von Mustern:** Die Unterteilung in Gruppen bzw. Cluster zeigt Ähnlichkeiten und Unterschiede in den Daten auf. Durch die Strukturierung können so Muster und Zusammenhänge in Daten aufgedeckt werden, die bei Betrachtung des unstrukturierten Lösungswissens dem Anwender weniger ersichtlich sind.
- **Komplexitätsreduktion:** Die Strukturierung durch Anwendungsszenarien kann die Komplexität von bisher schwer überschaubaren Datenmengen reduzieren. Hierdurch wird der Anwender im Analyseprozess unterstützt und ist in der Lage, die Daten besser zu verstehen.
- **Verbesserung der Entscheidungsfindung:** Das Ergebnis der Strukturierung liefert relevante Informationen für die Entscheidungsfindung. Aus dem erarbeiteten Verständnis resultiert eine verbesserte Entscheidungsfindung.

Fazit

Das Potenzial von KI im Kontext der TFA ist derzeit aufgrund der Unübersichtlichkeit der vielen verschiedenen Ansätze für Anwender unzugänglich. Technologie-Anwendungsszenarien bieten einen einfachen Zugang zu diesen Einsatzpotenzialen. Sie ermöglichen Transparenz durch eine Strukturierung, ein nachvollziehbares methodisches Vorgehen und eine geeignete Dokumentation der Einsatzpotenziale.

2.5.3 Reifegradmodelle für die Organisationsentwicklung

Zur Erfassung des aktuellen Entwicklungsstands der TFA und der Identifikation von Potenzialen für deren Leistungssteigerung werden im Kontext dieser Arbeit Reifegradmodelle herangezogen. Zum besseren Verständnis von Reifegradmodellen bzw. des Reifegradmanagements werden im Folgenden grundlegende Aspekte von Reifegradmodellen und deren Anwendung für die Organisationsplanung erläutert. **Reifegradmodelle**³⁸ stellen Gestaltungsmodelle dar, die wesentliche Charakteristiken bestimmter Entwicklungsstufen beschreiben [WM16, S. 164], [Kha15, S. 23f.]. Sie werden in Unternehmen eingesetzt, um den **Leistungsstand objektiv zu bestimmen** und darauf bezogen eine **systematische Leistungssteigerung** entlang eines logischen Entwicklungspfades durchzuführen [GP14, S. 315], [Ege16, S. 12f.]. Reifegradmodelle basieren somit auf der Annahme, dass die Organisationsentwicklung vorhersagbaren Mustern folgt [Ben13, S. 19]. Sie adressieren ein ausgewähltes Themengebiet (z. B. Produktentwicklungsprozesse, Innovationsmanagement oder Prozesse des IT-Managements) und beruhen auf einer allgemeingültigen Grundstruktur [Chr09, S. 39].

Aufbau von Reifegradmodellen

Die Grundstruktur von Reifegradmodellen setzt sich aus Handlungsfeldern, Handlungselementen, Leistungsstufen und Reifegraden zusammen [GP14, S. 316], [Chr09, S. 39f.]:

- **Handlungsfelder:** Zur Beschreibung und Systematisierung eines Themengebiets werden Handlungsfelder, wie z. B. *Mensch*, *Organisation* und *Technik*, abgeleitet. So werden alle relevanten Perspektiven auf das Themengebiet durch das Reifegradmodell aufgegriffen [GP14, S. 316].
- **Handlungselemente:** Jedes Handlungsfeld wird durch Handlungselemente detailliert. Sie sind die Stellhebel, welche einen hohen Einfluss auf den Betrachtungsbereich des Handlungsfeldes haben und dienen zur Ermittlung der Reifegrade [GP14, S. 316]. Die Handlungselemente haben somit eine hohe Relevanz für die Planung von Leistungssteigerungsmaßnahmen. Beispiele für Handlungselemente sind *Teamfähigkeit* oder *Projektmanagement* [Chr09, S. 39].
- **Leistungsstufen:** Leistungsstufen stellen die Entwicklungsstufen von Handlungselementen dar und geben einen objektiv messbaren Leistungsstand aus. Je höher die Leistungsstufe, desto mehr Nutzen für das Unternehmen [Chr09, S. 39].
- **Reifegrade:** Sie fassen die verschiedenen Ausprägungen der Leistungsstufen über alle Handlungselemente zu einem resultierenden Reifegrad auf der Gesamtebene der Organisation zusammen [GP14, S. 316].

³⁸ Erläuterungen zur historischen Entwicklung von Reifegradmodellen finden sich z. B. in [GP14, S. 316], [Wes17, S. 35], [CKM12, S. 4f.] oder [Roh11, S.6f.].

Arten/Typen von Reifegradmodellen

Auch wenn sich die Grundstruktur von Reifegradmodellen meist gleicht, existieren unterschiedliche Arten bzw. Typen von Reifegradmodellen. In der Literatur finden sich im Wesentlichen drei Unterscheidungen von Reifegradmodellen: CHRISTIANSEN unterscheidet fünf Klassen von Reifegradmodellen anhand der Merkmale Zustandserfassung, Zustandsanalyse, Zustandssynthese, Definition des Sollzustandes und der Leistungssteigerungsmethode sowie deren Ausprägungen [Chr09, S. 103ff.]: *Flexible Regelwerke*, *Starre Regelwerke*, *Methodische Instrumentarien*, *Plakative Zustandsdarstellungen* und *Pragmatische Wirkkettenanalysen*. METTLER hingegen unterscheidet lediglich *Optimierungsmodelle* und *Bewertungsmodelle* [Met10, S. 44]. Optimierungsmodelle geben anhand von Best Practice-Wissen einen Entwicklungspfad vor, wohingegen Bewertungsmodelle für die regelmäßige Überprüfung von Merkmalen eines Gegenstandsbereiches eingesetzt werden. Die Weiterentwicklung wird als dynamischer Prozess verstanden und bleibt meist unspezifiziert [Met10, S. 44]. Eine weitere, häufig in der aktuellen Diskussion zu Reifegradmodellen aufgegriffene Typisierung geht auf CARALLI ET AL. zurück. Sie unterscheidet zwei bzw. drei Typen von Reifegradmodellen [CKM12, S. 7f.]:

- **Fortschritts-Reifegradmodelle (*Progression models*):** Fortschritts-Reifegradmodelle stellen eine einfache Weiterentwicklung oder Skalierung eines Indikators, Attributs oder Merkmals dar. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Modellattributen und nicht auf spezifischen Attributen, die einen Reifegrad definieren. Sie liefern lediglich mögliche Entwicklungsschritte im Sinne einer Roadmap für die Verbesserung [CKM12, S. 7].
- **Fähigkeits-Reifegradmodelle (*Capability maturity models*):** Fähigkeits-Reifegradmodelle messen Aspekte, die die organisatorischen Fähigkeiten hinsichtlich einer Reihe von Merkmalen oder Mustern betreffen. Anders als die Fortschritts-Reifegradmodelle messen diese nicht nur die Fähigkeit, eine Aufgabe zu erfüllen, sondern spiegeln auch die umfassenderen organisatorischen Fähigkeiten und den Grad der Einbindung dieser Fähigkeiten wider [CKM12, S. 7f.].
- **Hybride Modelle:** Wenn sich die beschriebenen Merkmale der vorangegangenen Typen überlagern, werden diese als hybride Modelle bezeichnet. Bei diesen Modellen sind die Übergänge zwischen den Stufen vergleichbar mit den Fähigkeits-Reifegradmodellen und verwenden die Merkmale, Attribute oder Muster von Fortschritts-Reifegradmodellen [CKM12, S. 8].

Vorteile der Verwendung von Reifegradmodellen im Unternehmenskontext

Der Einsatz von Reifegradmodellen in Unternehmen zur systematischen Gestaltung und Verbesserung von Produkten, Prozessen oder der Organisation bietet verschiedene Vorteile. Diese werden nachfolgend kurz erläutert.

- **Objektive Bestimmung des Leistungsstands führt zu Vergleichbarkeit:** Mithilfe von Reifegradmodellen und deren allgemeingültiger Grundstruktur lassen sich Unternehmen standardisiert hinsichtlich ihres Leistungsstandes beurteilen und Ziele für die zukünftige Leistungsverbesserung festlegen. Hierdurch lässt sich der Leistungsstand einzelner Unternehmen auch untereinander vergleichen [CKM12, S. 6], [BRF+05, S. 10], [KBG13, S. 121].
- **Ableitung von Maßnahmen zur Leistungssteigerung:** Da Reifegradmodelle u. a. Best Practices widerspiegeln, lassen sich basierend auf den Handlungsfeldern und zugehörigen Reifegraden Maßnahmen zur Leistungssteigerung ableiten [CKM12, S. 6], [KBG13, S. 3], [RK12, S. 532f.].
- **Einheitliches Verständnis für den Betrachtungsbereich:** Reifegradmodelle sind in der Lage, eine einheitliche Denk- und Kommunikationsweise über den betrachteten Themenbereich zu schaffen. Hierdurch lässt sich das Domänenwissen weiterentwickeln [CKM12, S. 6].
- **Kontinuierliche Verbesserung:** Durch die kontinuierliche Evaluierung des Betrachtungsbereiches des Reifegradmodells lassen sich diese über einen bestimmten Zeitraum hinweg als Grundlage für eine kontinuierliche Leistungssteigerung einsetzen [CKM12, S. 6], [Met10, S. 49f.].

Fazit

Reifegradmodelle sind in der Praxis und Literatur bewährte Ansätze zur Strukturierung von Lösungswissen. Sie strukturieren Themenbereiche und ermöglichen eine systematische Leistungssteigerung entlang vorgegebener Entwicklungspfade. Auch für die zu entwickelnde Systematik kann ein Reifegradmodell ein effektives Instrument sein, um Unternehmen mögliche Entwicklungspfade zur Weiterentwicklung ihrer Fähigkeit zur TFA aufzuzeigen. Hierfür müssen Leistungsstufen detailliert beschrieben, Handlungsfelder und Handlungselemente bestimmt und ein Vorgehen zur Leistungsbewertung und -steigerung vorgegeben werden. Für die Erarbeitung des Reifegradmodells ist eine geeignete Entwicklungsmethode auszuwählen.

2.5.4 Vorgehensmodelle und Hilfsmittel zur Leistungssteigerung

Wie bei der Entwicklung von Reifegradmodellen bedarf es auch bei deren Anwendung im Unternehmen eines systematischen Ansatzes [LAA+02, S. 71]. Im Rahmen der Anwendung von Reifegradmodellen zur Leistungssteigerung werden daher unterstützende Methoden eingesetzt, um Prozesse oder Unternehmen zu geeigneter Reife bzw. geeignetem Leistungsstand zu führen. Dies können Vorgehensmodelle und unterstützende Hilfsmittel sein [GP14, S. 316].

Vorgehensmodelle beschreiben das zur Leistungssteigerung notwendige Lösungswissen in Form eines Vorgehens. Hierbei wird die Anwendung des Reifegradmodells detailliert

beschrieben. Die Darstellung erfolgt meist in klassischen Phasen-Meilenstein-Diagrammen, welche auch die Aufgaben und Resultate der einzelnen Phasen bzw. Meilensteine enthalten. Im Kontext der vorliegenden Arbeit zielt das Vorgehensmodell auf die Leistungsbewertung und Leistungssteigerung ab. Alle zu diesem Zweck entwickelten Modelle basieren auf einem ähnlichen, als Regelkreis aufgebauten Vorgehen [Ben13, S. 16], [CKM12, S. 9]. Das übergeordnete Vorgehen von Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodellen ist in Bild 2-12 dargestellt.

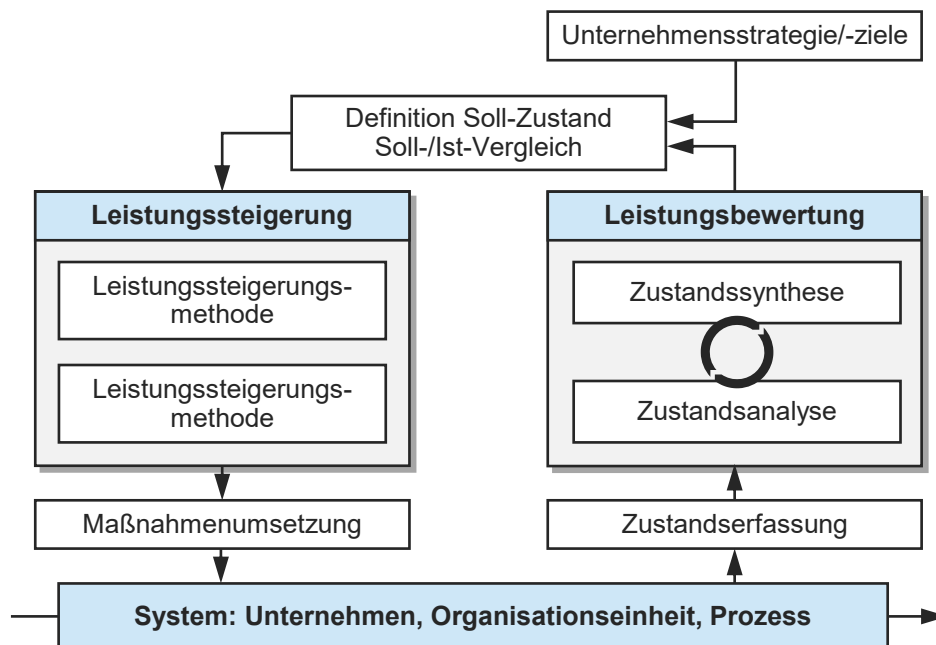


Bild 2-12: Schematische Darstellung des Vorgehens von Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodellen nach CHRISTIANSEN [Chr09, S. 93]

Die **Leistungsbewertung** dient der Ermittlung des Ausgangszustands im Unternehmen und erfolgt anhand der im Reifegradmodell definierten Reifegrade [Chr09, S. 40]. Die Leistungsbewertung erfolgt durch Interviews oder Workshops mithilfe von Fragebögen und Checklisten [Chr09, S. 94]. Basierend auf dem ermittelten Ausgangszustand wird der Soll-Zustand durch Festlegung eines Zielreifegrades definiert. Dies dient dazu, den für den Untersuchungsbereich idealen Zustand zu finden und festzulegen. Dieser wird von den strategischen Zielen im Unternehmen bestimmt. Randbedingungen ergeben sich aus finanziellen und personellen Ressourcen [Chr09, S. 96]. Der Vergleich des Soll-Zustandes mit dem Ist-Zustand zeigt den Bedarf für die **Leistungssteigerung** auf. Für diese wird ein Lösungskonzept erarbeitet, welches das Vorgehen und die Maßnahmen zur strukturierten Zielerreichung enthält. Die Umsetzung der Maßnahmen ist ein Leistungssteigerungsprozess und stellt den Soll-Zustand her [Chr09, S. 97].

Hilfsmittel unterstützen die Anwender beim Durchlaufen des Vorgehensmodells. Sie helfen so bei der Durchführung der Tätigkeiten bzw. dem Erzielen der Resultate innerhalb des beschriebenen Vorgehens. Hilfsmittel können bspw. Methoden, Canvas, Vorlagen, Matrizen, Roadmaps, Geschäftsmodellmuster, Szenarien, Kreativitätstechniken usw.

sein. Auch Hilfsmittel stellen im jeweiligen Kontext spezifisches Lösungswissen dar. Je nach Aufgabenstellung kann auf bestehende Hilfsmittel aus der Literatur zurückgegriffen werden oder auch die Entwicklung neuer Hilfsmittel erforderlich sein.

Fazit

Die zu entwickelnde Systematik soll Anwender dabei unterstützen, die TFA systematisch in der Organisation aufzubauen bzw. zu einer höheren Leistungsfähigkeit zu führen. Dazu muss zunächst der Status quo ermittelt werden, um basierend darauf ein Ziel zu definieren und konkrete Maßnahmen zur Erreichung des Zielzustands abzuleiten. Das Vorgehensmodell sowie unterstützende Hilfsmittel stellen einen Teil der Problemlösung dar.

2.6 Problemabgrenzung

Der mit der **Digitalisierung** verbundene technologische Fortschritt hin zu digitalen Technologien verändert Innovationen und deren Entstehungsprozess maßgeblich (vgl. Abschnitt 2.2). **Auftrag der TFA** im Unternehmen ist es, relevante technologische Impulse systematisch zu erfassen, ihr Potenzial für das Hervorbringen von Innovationen abzuschätzen und das resultierende Wissen im Unternehmen nutzbringend zu verwerten (vgl. Abschnitt 2.3.1). Bei der Umsetzung des Auftrags sieht sich die TFA mit etlichen Herausforderungen konfrontiert. Diese liegen insbesondere in einem dynamischen Unternehmensumfeld, in der Effizienz der Informationsverarbeitung und in der systematischen, ganzheitlichen Umsetzung der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.7).

Zur Bewältigung der identifizierten Herausforderungen gilt es, **Prozesse, Aufgaben** sowie **Organisation und Schnittstellen** im Unternehmen bestmöglich umzusetzen (vgl. Abschnitt 2.3.2, 2.3.3 und 2.3.4). Die jeweilige Ausprägung dieser Gestaltungsaspekte bestimmt die **Wirksamkeit bzw. Leistungsfähigkeit der TFA** als Gesamtsystem. Für die **systematische Umsetzung** einer TFA existieren jedoch aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten, der individuellen Voraussetzungen in den Unternehmen und dem aus dem Unternehmenskontext resultierenden Bedarf zur TFA keine allgemeingültigen Vorgehensweisen (vgl. Abschnitt 2.3.7). Neben der Ausgestaltung der unternehmensinternen Aspekte nimmt die Nutzung von Daten zur Technologieanalyse eine Schlüsselrolle ein. Deren digitale und umfassende Verfügbarkeit verändert die Rahmenbedingungen der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.5). So hat die Sammlung und Analyse großer Datenmengen die Diskussion um den **Einsatz von KI für die TFA** intensiviert. Sie gilt als Lösung zur Beherrschung der mit der schier unendlichen Datenmenge einhergehenden Komplexität und soll die kognitiven Fähigkeiten des Menschen ergänzen. Der rasante Fortschritt der jüngsten Vergangenheit resultiert zudem in einer schwer zu überblickenden Vielfalt an KI-gestützten Ansätzen, die die hohen Erwartungen an eine Steigerung der Effizienz und Effektivität der TFA erfüllen soll (vgl. Abschnitt 2.3.6).

Aus der Problemabgrenzung resultiert die Notwendigkeit einer strukturierten Übersicht über die Einsatzpotenziale von KI in der TFA, einer ganzheitlichen Strukturierung der

Gestaltungsmöglichkeiten der TFA in Unternehmen sowie einer Planungsunterstützung zur Leistungssteigerung. Es besteht daher **Bedarf** für eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung*. Diese gliedert sich in die zu erschließenden **Handlungsfelder** gemäß Bild 2-13.

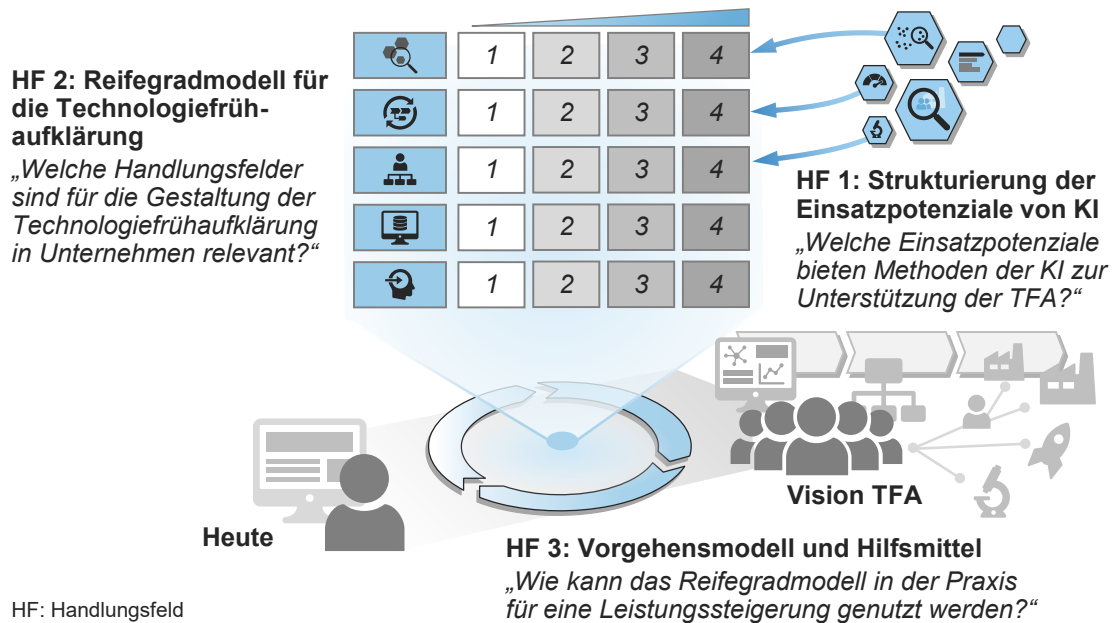


Bild 2-13: Übersicht der Handlungsfelder für die vorliegende Arbeit

Handlungsfeld 1: Strukturierung der Einsatzpotenziale von KI für die TFA

Die steigende Dynamik und Komplexität technologischer Entwicklungen sowie die daraus resultierende Unsicherheit (vgl. Abschnitt 2.2.1) bedingen eine **effiziente und effektive Analyse relevanter Daten** als Grundlage strategischer Entscheidungen im Rahmen der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.1). Gleichzeitig erfordern die aus der Digitalisierung resultierende **stark wachsende Menge und Vielfalt** an Informationen sowie die Notwendigkeit der stetigen Aktualisierung von Technologieinformationen neue Lösungen (vgl. Abschnitt 2.3.5). Begriffe der KI und „data-driven“ werden dabei fast inflationär für neue Ansätze verwendet, um die immerwährende Forderung nach mehr Effektivität und Effizienz zu erfüllen (vgl. Abschnitt 2.3.6). Trotz dieser Entwicklung fehlt es jedoch an einer **strukturierten Übersicht über die Einsatzpotenziale von KI in der TFA**. Bisherige Überblicksstudien liefern lediglich eine auf **Expertenmeinungen** basierende Diskussion der Erwartungshaltung an KI und deren Einsatz im übergeordneten Kontext des Technologie- und Innovationsmanagements (s. [FB19], [WHB+21]). Zwar zeigen diese Studien, dass für mit der TFA vergleichbare Aufgaben ein großer Nutzen erwartet wird. Es bleibt jedoch unklar, welche Methoden der KI im Einzelnen geeignet sind, mit welchen Daten welche Erkenntnisse gewonnen werden können und schließlich welche **Aufgaben der TFA** bereits heute sinnvoll unterstützt werden können. Des Weiteren werden in wissenschaftlichen Publikationen zumeist **einzelne Lösungen** entlang des TFA-Prozesses und deren algorithmische Umsetzung diskutiert (s. [XHY+21], [GD19], [JK17], [ZM22],

[LWC+23], etc.) oder beschränken sich auf einzelnen Phasen (s. [MG18], [Lee21]). Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Begrifflichkeiten und deren uneinheitliche Verwendung im Kontext der TFA, mangelt es an einer ganzheitlichen und verständlichen Übersicht der Einsatzpotenziale mit **praktischem Bezug** zu den Aufgaben. Unternehmen fehlt damit häufig das notwendige Lösungswissen, um die Potenziale für eine **Effizienz- und Effektivitätssteigerung der TFA durch KI** zu identifizieren und hinsichtlich des Nutzens zu bewerten. Aufgrund dieser Hemmnisse basiert die TFA in vielen Unternehmen heute noch nicht auf quantitativen Daten. Es gilt daher, eine **Wissensbasis an KI-Anwendungsszenarien** in der TFA zu schaffen, die Lösungswissen zur Einschätzung der Einsatzpotenziale bereitstellt. Hierfür sind bestehende Ansätze zu identifizieren, geeignet zu strukturieren und in einer einheitlichen Art und Weise zu beschreiben.

Handlungsfeld 2: Reifegradmodell für die TFA

Die **systematische Gestaltung** der TFA bestimmt maßgeblich ihren Erfolg [SLK+17, S. 45]. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und des Zusammenspiels aller Aspekte für eine effiziente und effektive TFA ist eine systematische und ganzheitliche Betrachtung erforderlich (vgl. Abschnitt 2.3.1). In der Konsequenz sehen sich Unternehmen mit einer **schwer zu überblickenden Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten** konfrontiert [KM93]. Aufgrund des häufigen **Fehlens von Erfahrungswerten** und bewährten Lösungen zur Gestaltung der TFA bedarf es an neuem Lösungswissen. Die mit einer systematischen Umsetzung der TFA einhergehenden Herausforderungen betreffen nicht nur konzernstrukturierte Unternehmen, sondern gleichermaßen mittelständische Unternehmen. Entsprechend bedarf es einer Problemlösung, welche die unterschiedlichen Möglichkeiten und Ausprägungen widerspiegelt [Reg01, S. 535], [SB14, S. 45]. Ein **Reifegradmodell** bietet hierfür die **Strukturierung des benötigten Lösungswissens** in Handlungsfelder, Handlungselemente sowie den zugehörigen Leistungsstufen und übergeordneten Reifegraden. In der bestehenden Literatur werden die verschiedenen Aspekte zur Gestaltung lediglich losgelöst voneinander betrachtet und bspw. unterschiedliche Prozessmodelle (s. [Pei92, S. 103], [Här02, S. 79ff.], [SSL10, S. 9ff.], [Sav04, S. 50], etc.), Organisationsformen (s. [Reg06], [Lic02], [Mie06]), Methoden der TFA (s. [Lic05, S. 65ff.], [Reg06, S. 319f.], [Mie06, S. 36]) sowie Erfolgsfaktoren (s. [SLK+17], [SS19b]) nur selten in einen konsistenten Zusammenhang gebracht bzw. ganzheitlich betrachtet. Ferner werden Leistungsstufen im Sinne der Güte der Erfüllung der einzelnen Aspekte nicht beschrieben. Das aktuelle Lösungswissen liegt daher **stark fragmentiert** vor. Darüber hinaus stellen bestehende Reifegradmodelle aus der Literatur, wie z. B. für das übergeordnete Innovationsmanagement (s. [Bür07], [Dem18], [Ess09], [Kha15], [Mey15], [Nie24]) oder für die Vorausschau (engl. *Foresight*) (s. [Roh11], [Gri09]), nicht die Technologien in den Fokus der Betrachtung. Die für die TFA wichtigen Prozesse werden nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Diese Reifegradmodelle werden den Spezifika der TFA sowie den aktuellen Entwicklungen im Kontext Digitalisierung und KI nicht gerecht. Das vorhandene Lösungswissen ist im Sinne eines **Reifegradmodells** zu strukturieren und mit aktuellen **Erfahrungen aus der Praxis** anzureichern.

Handlungsfeld 3: Vorgehensmodell und Hilfsmittel zur systematischen Gestaltung

Die systematische Gestaltung und Entwicklung von Unternehmensbereichen sind herausfordernd. Einerseits sind dazu alle relevanten Aspekte zur Gestaltung aufzuzeigen (vgl. Handlungsfeld 1), andererseits ist eine **Planungsunterstützung** notwendig. Dabei sind die individuellen Voraussetzungen in den Unternehmen zu berücksichtigen und die darauf basierende **Auswahl von Aufbau- bzw. Leistungssteigerungszielen** zu unterstützen. Ein **Vorgehensmodell und Hilfsmittel**, um die TFA im Unternehmen auf- bzw. auszubauen, fehlen bislang. Die Systematik soll Anwendern eine methodische Unterstützung bieten, um systematisch **Maßnahmen zur Umsetzung und Zielerreichung** zu definieren. Derzeit wird dies in der Literatur durch generische Leistungssteigerungsmodelle umgesetzt, die ein meist zyklisches Vorgehen beschreiben (s. [Chr09, S. 93], [GP14, S. 304], [AST05, S. 42]). Die langfristige Implementierung bzw. Weiterentwicklung der TFA-spezifischen Aspekte im Unternehmen werden bislang unzureichend adressiert. Daher muss die Systematik ein Vorgehensmodell bereitstellen, das die Leistungssteigerung der TFA durch ein systematisches Vorgehen unterstützt sowie eine **iterative Durchführung** zur kontinuierlichen Überprüfung und Weiterentwicklung ermöglicht. Das Vorgehensmodell muss die durchzuführenden Tätigkeiten, das Lösungswissen sowie geeignete Hilfsmittel integrieren, um dem Anwender einen **Leitfaden** an die Hand zu geben.

2.7 Anforderungen an die Systematik

Aus der Problemanalyse lassen sich folgende Anforderungen an eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrihaufklärung* ableiten. Sie konkretisieren die in Abschnitt 2.6 definierten Handlungsfelder und sind entsprechend gegliedert:

Anforderungen an die Strukturierung der Einsatzpotenziale von KI für die TFA

A1) Strukturierung und Beschreibung KI-basierter Ansätze für die TFA: Angesichts des Potenzials KI-basierter Ansätze für die TFA zur Effizienz- und Effektivitätssteigerung (vgl. Abschnitt 2.3.6) muss die Systematik einen Überblick über deren derzeitige Möglichkeiten liefern. Dies erfordert eine systematische Identifikation und eine geeignete Strukturierung von KI-basierten Ansätzen für die TFA. Die resultierenden KI-Anwendungsszenarien müssen einfach verständlich beschrieben und dokumentiert werden.

A2) Transparenz über die Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze innerhalb der TFA: Die TFA umfasst eine Vielzahl an Prozessschritten und Aufgaben, die in der Praxis vielfach noch manuelle und zeitaufwändige Tätigkeiten darstellen. Um die TFA gezielt zu unterstützen, muss die Strukturierung Transparenz über die Einsatzmöglichkeiten KI-basierter Ansätze liefern. Es bedarf einer ganzheitlichen Betrachtung des Prozesses und der Aufgaben der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.2 und 2.3.3).

A3) Systematische Herleitung und Erweiterbarkeit: Mit der schnellen Weiterentwicklung von KI verändern sich deren Einsatzmöglichkeiten für die TFA fortlaufend (vgl. Abschnitt 2.3.6). Die Strukturierung der Einsatzpotenziale kann daher lediglich eine Momentaufnahme darstellen. Um eine Aktualisierbarkeit und Erweiterbarkeit dieser zu gewährleisten, bedarf es einer systematischen Herleitung, die eine Erweiterbarkeit im Zeitverlauf zulässt.

Anforderungen an das Reifegradmodell

A4) Vollständige Beschreibung der relevanten Aspekte der TFA: Für die Gestaltung einer wirksamen TFA ist eine Vielzahl an Stellhebeln und Einflussfaktoren zu beachten (vgl. Abschnitt 2.3). Es bedarf einer vollständigen, konsistenten und nachvollziehbaren Darstellung und Beschreibung aller Aspekte, die für die Umsetzung der TFA in Unternehmen zu berücksichtigen sind.

A5) Ableitung von Leistungsstufen und Reifegraden: Aufgrund der individuellen Voraussetzungen zur organisationalen Umsetzung der TFA und den zumeist begrenzten Ressourcen (vgl. Abschnitt 2.3.7) muss die Systematik die Planung einer unternehmensindividuellen Leistungssteigerung ermöglichen. Es ist daher eine nachvollziehbare Strukturierung von Leistungsstufen für alle Aspekte erforderlich, die glaubwürdige Aussagen in Bezug auf die Reife der TFA liefern. Ferner müssen die übergeordneten Reifegrade dem Anwender das Erkennen von sinnvollen Ausbaustufen für die Praxis ermöglichen.

Anforderungen an das Vorgehensmodell und Hilfsmittel

A6) Systematische, iterative Vorgehensweise: Organisationale Veränderungsprozesse erfordern eine stetige Überprüfung des Status quo sowie eine systematische Ableitung und Umsetzung notwendiger Anpassungen. Das Vorgehensmodell muss eine systematische Erfassung des Ist-Zustands zur Leistungsbewertung und Definition des Ziel-Zustands zur Leistungssteigerung ermöglichen. Die iterative Vorgehensweise von Leistungsbewertung, Zieldefinition und Umsetzung dient der schrittweisen, kontinuierlichen Weiterentwicklung und Steuerung.

A7) Unterstützung bei der Auswahl eines Zielseifegrades: In Abhängigkeit der Unternehmensumwelt, den individuellen Voraussetzungen im Unternehmen und dem aktuellen Leistungsstand der TFA eignen sich bestimmte Leistungsstufen und Reifegrade eher als andere. Die Systematik muss daher die Auswahl von Zielleistungsstufen für den Anwender unterstützen.

A8) Planungsunterstützung für Maßnahmen zur Leistungssteigerung: Das Reifegradmodell zeigt die Stellhebel zur Leistungssteigerung der TFA im Unternehmen auf. Zur operativen Umsetzung bedarf es jedoch konkreter Maßnahmen. In der Systematik sind daher ausgehend von dem angestrebten Ziel-Zustand und dem vorgegebenen Entwicklungspfad zur Leistungssteigerung Maßnahmen zur Umsetzung abzuleiten.

3 Stand der Technik

Im Stand der Technik werden existierende Ansätze hinsichtlich ihrer Eignung für eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* untersucht und bewertet. Entsprechend der in Abschnitt 2.6 definierten Handlungsfelder gliedert sich das Kapitel in die folgenden Abschnitte: Abschnitt 3.1 untersucht Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas für KI-basierte Ansätze im Kontext der TFA, die Transparenz über die Anwendungsmöglichkeiten schaffen. Gegenstand von Abschnitt 3.2 sind Reifegradmodelle, die die Fähigkeiten eines Unternehmens für einen bestimmten Betrachtungsbereich in Form von Leistungsstufen und Reifegraden wiedergeben. Abschnitt 3.3 befasst sich mit Ansätzen zur Planung und Leistungssteigerung. In Abschnitt 3.4 werden ergänzend Rahmenwerke für die TFA aufgegriffen, die mit ihren Strukturierungen und grundlegenden Ideen einen Beitrag zur Systematik und dem Reifegradmodell leisten. Abschließend wird der Stand der Technik anhand der Anforderungen bewertet und der resultierende Handlungsbedarf in Abschnitt 3.5 beschrieben.

Zur **Identifikation relevanter Ansätze und Methoden** aus dem Stand der Technik wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Hierfür wurden die mit dem Themengebiet (z. B. Technologiefrühaufklärung, Technologievorausschau, Technologiemanagement, Künstliche Intelligenz) und den Handlungsfeldern (z. B. Reifegradmodell, Rahmenwerk) zusammenhängenden Suchbegriffe und deren engl. Synonyme (Technology Foresight, Technology Intelligence, etc.) kombiniert und recherchiert. Dabei wurden die initial ausgewählten Suchbegriffe im Verlauf der Literaturrecherche sukzessive ergänzt.

Durch die Literaturrecherche konnten eine Vielzahl an relevanten wissenschaftlichen Publikationen sowie darin beschriebene Ansätze und Methoden identifiziert werden. Für diese wurden die Inhalte analysiert sowie relevante Verweise und Zitationen überprüft. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist eine vollständige Diskussion aller an das Themengebiet angrenzenden Ansätze und Methoden des Stands der Technik nicht möglich. Das Kapitel zeigt daher eine Auswahl. Die **Auswahl der Ansätze und Methoden** erfolgte in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wurde die Literatur selektiert, die grundlegend mit dem Begriffsverständnis der in Abschnitt 2.1 abgegrenzten Begriffe übereinstimmt. In einem zweiten Schritt wurden die identifizierten Ansätze und Methoden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Arbeit überprüft. Dabei ergibt sich die **Relevanz** aus den Aspekten Aktualität, Zweckmäßigkeit und etablierte Forschung. Die **Aktualität** wird durch den Zeitpunkt der Veröffentlichung und den Innovationsgrad des jeweiligen Ansatzes bestimmt. Aktuellere und innovativere Ansätze haben eine höhere Relevanz für den Stand der Technik. Bei der **Zweckmäßigkeit** wird der Ansatz oder die Methode hinsichtlich des Beitrags zur Erreichung des Forschungsziels überprüft. Ob es sich um **etablierte Forschung** handelt, ergibt sich z. B. aus der wiederkehrenden Nennung in der Forschung bzw. Zitationen, dem Publikations-Outlet oder der Expertise der Autoren auf dem Fachgebiet. Die resultierenden Ansätze und Methoden werden nachfolgend erläutert und für die Arbeit bewertet.

3.1 Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas für KI-basierte Ansätze der Technologiefrühaufklärung

Die Problemanalyse zeigt, dass es an Transparenz über die Einsatzpotenziale KI-basierter Ansätze sowie einer systematischen Strukturierung des Lösungswissens mangelt (vgl. Abschnitt 2.3.6). Zwar existieren Überblicksstudien, die grundlegende Anwendungsmöglichkeiten beschreiben, es mangelt jedoch an Struktur und zum Teil an wissenschaftlicher Fundierung (vgl. Abschnitt 2.6). Vor diesem Hintergrund werden in den Abschnitten 3.1.1 bis 3.1.3 Ansätze aus der wissenschaftlichen Literatur beschrieben, die sich auf die Strukturierung und Differenzierung von KI-basierten Ansätzen im Themenkontext TFA konzentrieren.

3.1.1 Strukturierung von Ansätzen zur Identifikation von Weak Signals und Trends nach MÜHLROTH und GROTKE

Im Rahmen eines *Systematic Literature Reviews* haben MÜHLROTH und GROTKE eine Strukturierung von Ansätzen zur Identifikation von **schwachen Signalen und Trends** im Kontext von Corporate Foresight vorgenommen. Die innerhalb des Reviews untersuchten Publikationen wurden anhand spezifischer **Merkmale** klassifiziert, wie bspw. der eingesetzten Datenquellen und der angewandten Data Mining-Techniken. Aus der Analyse resultieren die Merkmale und Merkmalsausprägungen aus Bild 3-1.

Das Merkmal **Daten** beschreibt die zur Identifikation von Weak Signals eingesetzten Datenkategorien (z. B. wissenschaftliche Publikationen) [MG18, S. 652f.]. Darüber hinaus wird der **Auswertungszweck** eingeordnet. Hierbei wird die Identifikation von Weak Signals und Trends in die Kategorien *politisch*, *ökonomisch*, *sozial* und *technologisch* differenziert. Beispielsweise wird bei der Detektion von ökonomischen Trends versucht, Veränderungen in der gesamten Wirtschaft durch die Analyse von makro- und mikroökonomischen Faktoren auf Basis öffentlich zugänglicher Daten durchzuführen [MG18, S. 653ff.]. Die **Data Mining**-bezogenen Merkmale adressieren den gewählten *Data Mining-Ansatz*, die Durchführung der *Datensammlung*, die Notwendigkeit einer *Datenvorbereitung*, die Art und Weise der *Datenprojektion*, die für den Analysezweck primär eingesetzte *Data Mining-Methode* und die gewählte Art der *Datenvisualisierung* [MG18, S. 656ff.]. Das Merkmal der Data Mining-Methode bietet bspw. so eine Unterscheidung zwischen eingesetzten Methoden wie Klassifikationsansätzen (z. B. LDA) oder der Abhängigkeitsmodellierungen (z. B. Network Analysis) [MG18, S. 663f.]. Zur Beschreibung der Ergebnislage dienen schließlich die Merkmale **Ergebnisinterpretation** und **Evaluierung** [MG18, S. 666ff.].

Merkmal	Merkmalsausprägung				
Daten	Wiss. Publikationen	Patente	Web Sources	Social Media	Weitere
Auswertungszweck	Politische Weak Signals	Ökonomische Weak Signals	Soziale Weak Signals	Technologische Weak Signals	
	Politische Trends	Ökonomische Trends	Soziale Trends	Technologische Trends	
Data Mining-Ansatz	Text mining		Bibliometrische Analyse		Verbundenes Text mining und bibliom. Analyse
Datensammlung	Expertenbasierte Query			Keine expertenbasierte Query	
Datenvorbereitung	Ja			Nein	
Datenprojektion	Automatisiert			Manuell	
Data Mining-Methode	Abweichungserkennung		Clustering		Klassifikationen
	Abhängigkeitsmodellierung		Regression		Zusammenfassung
Datenvisualisierung	Basis Diagramme	Zeitabhängige Visualisierungen	Netzwerke & Graphen	Weitere	
Ergebnisinterpretation	Quantitativ			Qualitativ	
Evaluierung	Fallstudie / Use Case		Expertenbewertung		Quantitative Methoden

Bild 3-1: Merkmale und Ausprägungen zur Klassifikation der Ansätze zur Identifikation von Weak Signals [MG18, S. 651ff.]

Bewertung: Die Untersuchungen von MÜHLROTH und GROTKE liefern einen strukturierten Überblick über die Forschungsdomäne zur (teil-)automatisierten Identifikation von Weak Signals. Aus der systematischen Analyse resultieren Merkmale und Ausprägungen, die eine umfassende und allgemeingültige Klassifikation der untersuchten Ansätze ermöglichen. Der Fokus auf die Methoden des Data Mining sowie die ausschließliche Betrachtung von Weak Signals ist jedoch für die holistische Betrachtung der TFA im Kontext dieser Arbeit zu eng gefasst. Das Klassifikationsschema gibt daher nur bedingt Aufschluss über die Einsatzpotenziale KI-basierter Ansätze zur TFA.

3.1.2 Digitale Technologie- und KI-Use Cases für die Szenario-basierte Vorausschau nach KÖDDING ET AL.

Mit dem Fokus der **Szenario-basierten Vorausschau** haben KÖDDING ET AL. insgesamt **12 KI-Use Cases** identifiziert. Zur Identifikation dieser wurde ein *Systematic Literature Review* durchgeführt. Ein Use Case beschreibt den Einsatz bspw. einer Methode der Künstlichen Intelligenz für eine Stufe, einen Schritt oder eine Aktivität in der Szenario-basierten Vorausschau [KEK+23, S. 742]. Die Use Cases sind in **Steckbriefen** dokumentiert. Diese enthalten Merkmale und entsprechende Ausprägungen zur Strukturierung und

Differenzierung der Use Cases (s. Bild 3-2). Neben dem Titel der Use Cases sind in den Steckbriefen die nachfolgenden Merkmale aufgeführt [KEK+23, S. 742ff.]:

2.1.1 Suggest Influence Factors										
Tasks		Digital Technologies		Scope of Support			Explainability			
Collect futuristic data	Web crawling	X				X				
	...									
Extract influence factor suggestions	Rule-based algorithm		X				X			
	Topic modeling			X				X		
	Concept mapping			X				X		
	Artificial neural network				X			X		
	...									
Input Data			Output Data				Collect data	Analyze data	Extract knowledge from data	Support decisions
							Algorithm	Symbolic AI	Sub-symbolic AI: classical ML	Sub-symbolic AI: deep learning

Bild 3-2: Steckbrief zur Dokumentation der Use Cases nach KÖDDING ET AL. [KEK+23, S. 743]

- **Prozess-Einordnung:** Der Steckbrief liefert eine Einordnung des Use Cases in eine der drei Phasen des gewählten generischen Szenario-Prozesses (*Szenario-Vorbereitung*, *Szenario-Erstellung* und *Szenario-Transfer*) sowie zugehöriger Teilschritte (z. B. Identifikation von Schlüsselfaktoren).
- **Aufgabe:** Die Aufgabe detailliert die genannten Prozessphasen und zugehörigen Teilschritte. Sie beschreibt, welche Tätigkeiten von dem Use Case abgedeckt werden (z. B. *futuristische Daten sammeln*, *Einflussfaktoren clustern*).
- **Digitale Technologie:** In diesem Feld wird die potenziell einsetzbare digitale Technologie dokumentiert.
- **Umfang der Unterstützung:** Zur Analyse des Unterstützungsgrades werden vier Ausprägungen bzw. Stufen zur Einordnung des jeweiligen Ansatzes bereitgestellt: *Daten sammeln* (z. B. Daten aus verschiedenen Quellen zusammenführen), *Daten analysieren* (z. B. statistische Analysen durchführen), *Wissen aus Daten erzeugen* (z. B. Muster erkennen) und *Entscheidungen unterstützen* (z. B. Interpretation von Daten und Ergebnissen).
- **Erklärbarkeit:** Das Merkmal der Erklärbarkeit liefert eine Klassifikation der Ansätze in die vier Ausprägungen bzw. Stufen: (*prozedurale*) *Algorithmen*, *symbolische*

KI, subsymbolische KI (ML) und subsymbolische KI (Deep Learning). Die Erklärbarkeit der digitalen Technologien sinkt mit aufsteigender Stufe.

- **Daten In- und Output:** Für jeden Use Case werden die benötigten Input Daten (z. B. Patente oder News) sowie die Ausgangsdaten (z. B. vorgeschlagene Einflussfaktoren) erfasst.

Bewertung: Aufbauend auf einem *Systematic Literature Review* liefern KÖDDING ET AL. eine Strukturierung von Use Cases für digitale Technologien und KI für die Szenario-basierte Vorausschau. Das strukturierte Vorgehen zur Identifikation und die Beschreibung anhand der Merkmale ermöglichen eine gute Nachvollziehbarkeit der Klassifikation zu Use Cases. Allerdings weisen die Ausprägungen teilweise einen hohen Abstraktionsgrad auf, infolgedessen die Klassifikation nur eingeschränkt Aufschluss über die Einsatzpotenziale im industriellen Kontext gibt. Zudem liefert die Beschränkung auf Szenario-basierte Vorausschau für die vorliegende Arbeit kein vollständiges Bild. Hervorzuheben ist die Zusammenfassung zu Use Cases, die den Anwender unterstützen.

3.1.3 Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze in Technological Forecasting nach LEE

Basierend auf einer Literaturanalyse hat LEE eine **prozessorientierte morphologische Matrix zur Klassifikation** von Data Analytics-Ansätzen für *Technological Forecasting* entwickelt. Dieses **Klassifikationsschema** umfasst **vier Merkmalsklassen**, die sich wiederum in zwölf Merkmale mit vordefinierten Merkmalsausprägungen untergliedern [Lee21, S. 4]. Mithilfe des Klassifikationsschemas analysiert der Autor die Publikationslandschaft und nimmt eine Einordnung vor. Bild 3-3 zeigt das Klassifikationsschema.

Die **kontextbezogenen Merkmale** umfassen *Ziel, Zeithorizont, Einsatzgebiet* sowie *Level der Analyse*. Das Merkmal *Ziele* beinhaltet sieben Teilziele, die dem Technology Forecasting zugrunde liegen können (z. B. Technologie- und Trendanalyse, Technologie-Roadmaps). Hierbei werden technologische Themenfelder und Cluster extrahiert oder die dynamischen Beziehungen zwischen Produkten und Technologien untersucht. Darüber hinaus werden der Zeithorizont (z. B. kurzfristig), das Einsatzgebiet (z. B. einzelne Industrie) und das Level der Analyse eingeordnet, welches bspw. zwischen Technologien, Produkten, Unternehmen und gesamten Branchen unterscheidet [Lee21, S. 4ff.].

Zu den **datenbezogenen Merkmalen** gehören *Datenquelle, Datenelement* und das *Maß*. Diese Merkmale beschreiben, welche Datenquelle zur Analyse verwendet wurde (z. B. Patente), in welchem Strukturierungsgrad die Daten vorliegen (z. B. unstrukturiert) und welches Maß in den Daten untersucht wird (z. B. Indikatoren). Indikatoren beschreiben bspw. die Anzahl von Patenten in einem bestimmten Technologiefeld oder das mittlere Alter der Zitation eines Patentes [Lee21, S. 6f.].

Merkmal		Merkmalsausprägung								
Bewusstsein für Kontext	Ziel	Technologie- & Trendanalyse		Emerging Techn. Analyse		Technologie Roadmapping		Szenario Analyse		
		Techn.- und Produkt-diffusions-Analyse			Analyse Geschäftsmöglichkeiten			Technologie-Risiko-Analyse		
	Zeit-horizont	Kurzfristig			Mittelfristig			Langfristig		
	Einsatz-gebiet	Einzelne Industrie				Mehrere Industrien				
	Level der Analyse	Invention	Technologie	Produkt		Unternehmen	Industrie		Land	
Daten-sammlung	Daten-quelle	Patent	Publikation	Marken-schutz		Online-Plattformen	Wikipedia	Soziales Netzwerk		
	Daten-element	Strukturiert			Semi-strukturiert			Unstrukturiert		
	Maß	Indikator			Beziehung			Wortnutzung		
Datenanalyse und -validierung	Ansatz und Methode	Textanalyse			Dimensionsreduzierung			Assoziationen		
		Clustering			Klassifikation			Regression		
		Stochastische Modellierung			Ausreißererkennung			Netzwerk-Analyse		
	Leistungs-bewertung	Experteneinschätzung			Metriken			Statistische Analyse		
Wert-schöpfung	Ergebnis	Konzept		Indikator		Wahrscheinlichkeit		Beziehung		Visuelle Darstellung
	Auswirkungen	Effizientes TF		Präzises TF		Umfassendes TF		Sofortiges TF		

Bild 3-3: Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze in Technological Forecasting nach LEE [Lee21, S. 4]

Im Bereich der **datenanalysebezogenen Merkmale** differenziert LEE zwischen den Merkmalen *Ansatz & Methode* und der *Leistungsbewertung*. Das Merkmal *Ansatz & Methode* gibt Aufschluss über die zur Datenanalyse eingesetzten übergeordneten Ansätze (z. B. Clustering) und deren zugehörige Methoden (z. B. k-means-Clustering). Die *Leistungsbewertung* hingegen widmet sich der Evaluation der erzielten Ergebnisse (z. B. durch Experteneinschätzung) [Lee21, S. 7f.].

Schließlich werden durch die **wertschöpfungsbezogenen Merkmale** das *Ergebnis* und die *Implikationen* der untersuchten Ansätze eingeordnet. So zeigen bspw. Klassifikationsansätze als *Ergebnis* die Wahrscheinlichkeit, dass eine Technologie zu einer emergenten Technologie wird, in dem sie technologische Merkmale miteinander verknüpfen. Das Merkmal *Auswirkungen* beschreibt den Nutzen (z. B. effizientes Technology Forecasting) des Einsatzes von Data Analytics-Ansätzen.

Bewertung: Mit dem Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze in Technological Forecasting liefert LEE eine sehr ausführliche Übersicht an relevanten Merkmalen, deren Anwendbarkeit sich trotz des Schwerpunkts auf Technology Forecasting nicht auf diesen beschränkt. Aufgrund der begrifflichen Unschärfe in den Untersuchungen und der ausgewählten Suchbegriffe des Autors bleibt jedoch unklar, inwiefern die Übersicht für die Fragestellung dieser Arbeit vollständig sein kann. Auch wenn das Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze deren Verständnis erleichtert und diese so zugänglicher macht, mangelt es durch den Fokus auf die wissenschaftliche Analyse der Publikationslandschaft Anwendern an Implikationen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten für die TFA in der Praxis.

3.2 Reifegradmodelle für die Organisationsentwicklung

In der wissenschaftlichen Literatur findet sich ein **weites Spektrum an Reifegradmodellen zur Organisationsentwicklung**. Bislang existiert jedoch kein Reifegradmodell, welches Leistungsstufen und Reifegrade für den Betrachtungsgegenstand der TFA beschreibt und gleichzeitig Methoden sowie Werkzeuge zur Leistungssteigerung bereitstellt. Vor diesem Hintergrund werden in den Abschnitten 3.2.1 bis 3.2.4 Reifegrad- und Leistungsstufenmodelle aus angrenzenden Themengebieten, wie bspw. Foresight oder Innovationsmanagement, vorgestellt.

3.2.1 Corporate Foresight Maturity Model nach ROHRBECK

Das Corporate Foresight Maturity Model nach ROHRBECK hat zum Ziel, Unternehmen in einer sich stetig wandelnden Unternehmensumwelt für die Vorausschau zu befähigen. Der **Fokus** des Reifegradmodells liegt auf der **Entdeckung und Interpretation von schwachen Signalen** sowie der Auslösung der richtigen Folgeprozesse im Unternehmen. Die Weiterentwicklung der entsprechenden Fähigkeiten soll es Unternehmen ermöglichen, schneller auf Veränderungen zu reagieren und somit den kontinuierlichen Wandel zu bewältigen [Roh11, S. 6f.].

Das vorgestellte Reifegradmodell gliedert sich in die **drei Bestandteile Kontext, Fähigkeiten und Auswirkungen** aus Bild 3-4. Der Kontext umfasst den unternehmensindividuellen Bedarf für Vorausschau und dient dazu normative Empfehlungen zur Gestaltung des Systems abzuleiten. Hierfür werden z. B. die Größe des Unternehmens, die Komplexität des Unternehmensumfeldes und die Veränderungsgeschwindigkeit der Branche berücksichtigt [Roh11, S. 73f.].

Kern des Reifegradmodells sind die Fähigkeiten, um das Vorausschau-System von Unternehmen zu bewerten. Diese lassen sich in die **Dimensionen bzw. Handlungsfelder Informationsnutzung, Methodische Reife, Menschen & Netzwerk, Organisation und Kultur** unterteilen [Roh11, S. 72].



Bild 3-4: Strukturierung des Reifegradmodell-Rahmenwerks [Roh11, S. 72]

- **Informationsnutzung:** Beschreibt die Art von Informationen, die innerhalb des Vorausschau-Systems Verwendung finden. Handlungselemente: *Reichweite, Bereich, Zeithorizont und Quellen*.
- **Methodische Reife:** Eingesetzte Methoden zur Interpretation der Informationen. Handlungselemente: *Passung mit Ziel, Passung mit Kontext, Integrationsleistung und Kommunikationsleistung*.
- **Menschen & Netzwerk:** Umfasst die Charakteristik der individuellen Mitarbeiter und das Netzwerk zur Kommunikation der Informationen und Erkenntnisse. Handlungselemente: *Eigenschaften der Frühaufklärer, Interne Netzwerke und Externe Netzwerke*.
- **Organisation:** Beschreibt, wie Informationen in der Organisation gesammelt, interpretiert und verwendet werden. Handlungselemente: *Modus, Verknüpfung mit weiteren Prozessen, Formale Kommunikation, Verantwortlichkeit und Incentivierung*.
- **Kultur:** Die Kultur umfasst unterstützende oder hemmende kulturelle Faktoren für die erfolgreiche Vorausschau auf Gesamtunternehmensebene. Handlungselemente: *Bereitschaft zur Wissensteilung, Bereitschaft externen Quellen zuzuhören, Informelle Kommunikation, Einstellung gegenüber Umfeld und Bereitschaft Annahmen zu hinterfragen*.

Für jedes Handlungselement liefert ROHRBECK zwischen drei und fünf Kriterien zur **Bewertung des Reifegrads**. Diese ermöglichen eine Einordnung in die für jedes Handlungselement aufgeführten vier Leistungsstufen. Der Bereich Auswirkungen des Reifegradmodells dient dazu, die Art der Ergebnisse bzw. den Wertbeitrag zu bewerten. Diese werden in die vier Kategorien *Verringerung der Unsicherheit, Auslösen von Maßnahmen, Beeinflussung anderer zum Handeln* und *Sekundärnutzung* unterteilt. Schließlich werden durch ROHRBECK mit einem Vorgehensmodell **zwei Normstrategien** zur Leistungssteigerung (*Cultural Approach* und *Structural Approach*) sowie der Best Practices Hilfsmittel zur Anwendung des Reifegradmodells bereitgestellt.

Bewertung: Mit dem Corporate Foresight Maturity Model zeigt ROHRBECK viele der relevanten Stellhebel zur organisationalen Umsetzung von Foresight Aktivitäten auf und liefert Best Practices zu deren Umsetzung. Der Fokus des Modells liegt auf der ganzheitlichen Umsetzung von Vorausschau im Unternehmen sowie den eingesetzten Methoden. Die Nutzung von Informationen wird zwar in einer eigenen Kategorie aufgegriffen, stellt jedoch lediglich einen kleinen Teilbereich im Reifegradmodell dar. Insgesamt bleibt das vorgeschlagene Modell zu unspezifisch, was den Umgang mit neuen Technologien betrifft. Einige der aufgezeigten Handlungselemente sind auch für die vorliegende Arbeit relevant. Des Weiteren erscheint die Einbettung des Reifegradmodells in den Kontext des Unternehmens sowie die Betrachtung des resultierenden Impacts als sinnvoll.

3.2.2 Technology Intelligence Maturity Modell nach NOH ET AL.

NOH ET AL. haben ein Reifegradmodell für die Technology Intelligence entwickelt. Dieses basiert auf einer Reifegradmodell-Architektur, welche für den Kontext Technology Intelligence definiert wurde. Die Architektur umfasst für die Aktivitäten des Betrachtungsbereichs relevante Prozessbereiche und Leistungsstufen (s. Bild 3-5).

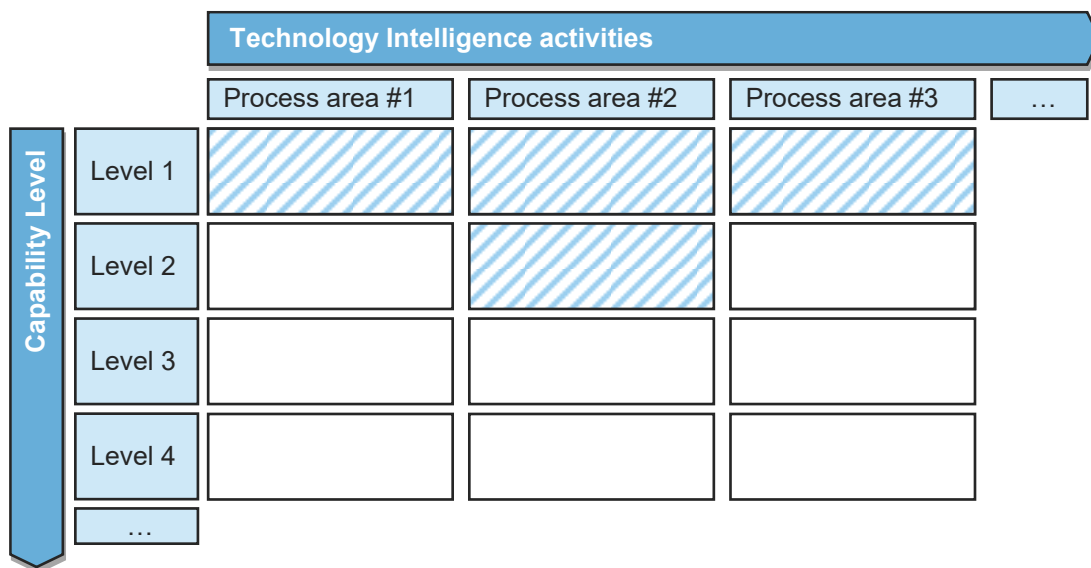


Bild 3-5: Architektur des Technology Intelligence-Reifegradmodells [NML23, S. 5]

Zur Beschreibung der Aktivitäten wurden in Anlehnung an KERR ET AL. insgesamt fünf Prozessbereiche definiert [KMP+06]:

- **Koordinieren:** Der Prozessbereich Koordinieren zielt darauf ab, auf Grundlage der Informationsbedürfnisse der internen Stakeholder die benötigten Ressourcen zur erfolgreichen Durchführung der Technology Intelligence zu planen. Zu diesem Prozessbereich gehören so bspw. die Planung sämtlicher Aktivitäten, die Zuweisung der Ressourcen und die Kommunikation.

- **Suchen und Filtern:** In diesem Prozess werden geeignete Informationsquellen ausgewählt und deren Informationsgehalt bewertet. Falls gefundene Informationen nicht sachdienlich sind, werden neue Informationsquellen in einer weiteren Iteration auffindig gemacht.
- **Analysieren:** Innerhalb dieses Prozesses erfolgen die Analyse und Interpretation der gesammelten Informationen im Hinblick auf die Informationsbedürfnisse des Unternehmens.
- **Dokumentieren:** Im Anschluss an die Analyse erfolgt die notwendige Dokumentation. Die Ergebnisse werden für den Zugriff und Abruf verfügbar gemacht.
- **Verbreiten:** Der Prozessbereich dient der Verteilung der erarbeiteten Informationen und Erkenntnisse an Entscheidungsträger aus dem Management.

Neben der **Architektur** liefert das Technology Intelligence-Reifegradmodell zu den Prozessbereichen zugehörige Leistungsstufen (*Capability levels*) sowie übergeordnete Reifegrade (*Maturity levels*) auf Gesamtsystemebene [NML23, S. 9]. Die **vier Leistungsstufen** *intuitiv*, *interpretiert*, *integriert* und *institutionalisiert* sind allgemeingültig für alle Prozessbereiche beschrieben. Hierbei definiert die Leistungsstufe *intuitiv* (Level 0) wenig zielgerichtete Aktivitäten mit geringem Effekt auf die Organisation, die durch eine Person mit einem persönlichen Netzwerk vorangetrieben werden. Demgegenüber sind in der Leistungsstufe *institutionalisiert* (Level 4) alle Aufgaben der Technology Intelligence klar definiert, eine routinierte Kommunikation erfolgt und die Effizienz und Effektivität aller Aktivitäten werden stetig weiterentwickelt [NML23, S. 8]. Aus dem individuellen Erfüllungsgrad der jeweiligen Leistungsstufen und Prozessbereiche werden die **Reifegrade** in einer Bewertungsmatrix ermittelt [NML23, S. 9].

Bewertung: Anhand eines systematischen Vorgehens haben NOH ET AL. ein Reifegradmodell für die Technology Intelligence entwickelt. Die Einordnung der Reife von Unternehmen erfolgt anhand definierter Prozessbereiche und zugehöriger Leistungsstufen. Auch wenn die Herleitung und Bewertung der Reife von Unternehmen sehr systematisch erfolgt, bleibt die Betrachtung der Technology Intelligence bzw. deren organisationale Umsetzung eher oberflächlich. Die allgemeingültige Beschreibung der Leistungsstufen und deren Erfüllungsgrad lässt eine vergleichsweise große Unschärfe bei der Bewertung und Einordnung zu.

3.2.3 Foresight Maturity Model nach GRIM

Mit dem Foresight Maturity Model stellt GRIM **Best Practices** zur Verfügung, um die organisationale Umsetzung von Foresight zu gestalten. Das Reifegradmodell umfasst **sechs Handlungsfelder**: *Leadership*, *Framing*, *Planning*, *Scanning*, *Forecasting* und *Visioning*. Jedes dieser Handlungsfelder weist zwischen drei und fünf Handlungselemente aus [Gri09, S. 71]:

- **Leadership:** Das Handlungsfeld Leadership adressiert die klare Eigenverantwortung und aktive Führung bei der Umsetzung und Implementierung von Foresight Fähigkeiten im Unternehmen. Untergeordnete Handlungsfelder umfassen bspw. die Kommunikation rund um die Foresight Aktivitäten oder das bewusste Einbinden von Menschen zur proaktiven Gestaltung.
- **Framing:** Durch das Framing werden die Grenzen und der Umfang der Foresight Aktivitäten definiert. Hierbei stellen z. B. das Setzen von messbaren und dokumentierten Zielen oder die Identifikation der wesentlichen Fragestellungen und tatsächlicher Probleme relevante Handlungsfelder dar.
- **Planning:** Das Planning umfasst alle relevanten Aktivitäten zur Sicherstellung, dass die Planung, die Mitarbeiter, die Fähigkeiten und die Prozesse auf die Vision der Organisation einzahlen. Hierbei gilt es die Auswirkungen und Konsequenzen alternativer Zukünfte zu erkennen und zu verstehen sowie potenzielle Strategien und Optionen hieraus abzuleiten.
- **Scanning:** Das Handlungsfeld adressiert die Sammlung geeigneter und relevanter Informationen innerhalb eines vordefinierten Zeitrahmens. Wichtige Handlungselemente sind u. a. das Sammeln sachdienlicher Informationen aus glaubwürdigen Quellen und die Identifikation von Indikatoren außerhalb des eigenen Unternehmensfelds.
- **Forecasting:** Das Forecasting dient der Berücksichtigung von möglichen langfristigen Ereignissen für die Unternehmenszukunft. Ein beispielhaftes Handlungselement ist die Bewertung von Entscheidungen anhand verschiedener Zukunftsalternativen.
- **Visioning:** Das Handlungsfeld umfasst das Schaffen einer Vision über die bevorzugte Zukunft. Zugehörige Handlungselemente adressieren bspw. das Aufzeigen von Annahmen, Werten und operativen Artefakten, welche die Kultur begründen, sowie die Formulierung einer inspirierenden und motivierenden Vision.

Für jedes Handlungselement werden insgesamt **fünf Leistungsstufen** definiert, welche von *Level 1 Ad Hoc* bis hin zu *Level 5 World Class* reichen. Das Einstiegslevel beschreibt eine Organisation, die sich der Prozesse nur sehr geringfügig bewusst ist und in der die Aktivitäten ohne fundiertes Fachwissen durchgeführt werden. Leistungsstufe 5 beschreibt hingegen eine Organisation, welche als führend in dem jeweiligen Bereich gilt und dabei neue Methoden entwickelt und verbreitet. Die fünf Level bauen dabei aufeinander auf [Gri09, S. 72]. Zusätzlich liefert das Reifegradmodell zur **Planung der Leistungssteigerung** eine Übersicht (s. Bild 3-6) und generische Empfehlung, um von einer zur nächsten Leistungsstufe fortzuschreiten (z. B. Weiterbildung, Wissensverteilung über Gruppen) [Gri09, S. 73].

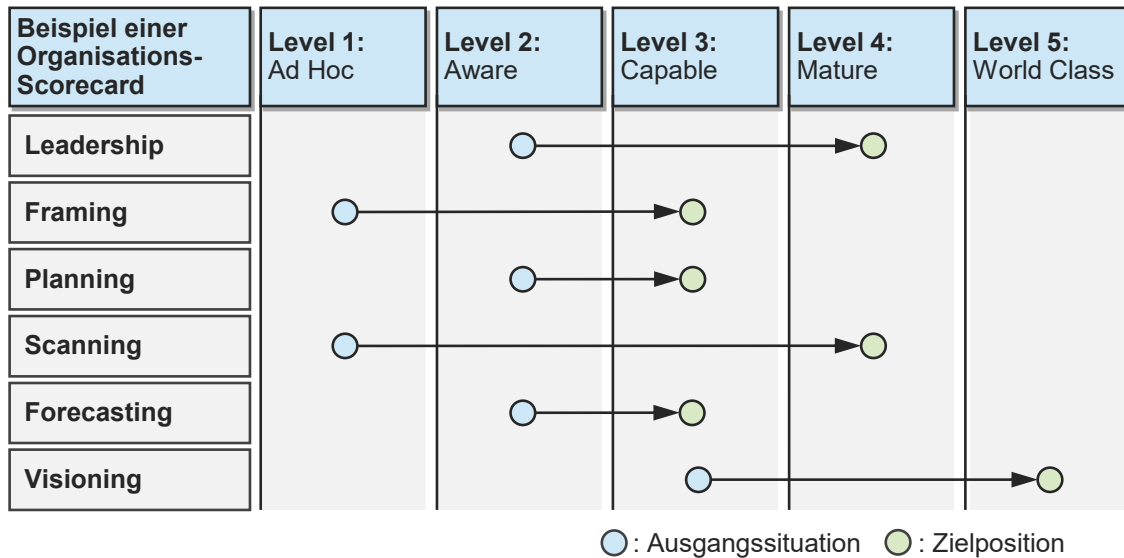


Bild 3-6: Bewertung der Ausgangssituation und Planung der Leistungssteigerung [Gri09, S. 74]

Bewertung: Mit dem Fokus auf der Entwicklung der Foresight-Fähigkeit im Unternehmen liefert GRIM mit dem *Foresight Maturity Model* einen strukturierten und detaillierten Überblick über die notwendigen Fähigkeiten sowie Best Practices. Das Reifegradmodell bietet Anhaltspunkte für die schrittweise Weiterentwicklung und beispielhafte Praktiken für eine höhere Reife. Die definierten Handlungselemente und Leistungsstufen sind jedoch so allgemein und abstrakt beschrieben, dass eine Einordnung in das Modell und die Ableitung konkreter Maßnahmen für den Anwender erschwert ist.

3.2.4 Reifegradmodell zur Kontrolle des Innovationssystems von Unternehmen nach BÜRGIN

Das Reifegradmodell zur Kontrolle des Innovationssystems nach BÜRGIN dient der **Analyse und zielorientierten Verbesserung bzw. Kontrolle des Innovationssystems**. Das Reifegradmodell baut hierfür auf den **vier Modulen** *Managementsicht*, *Mitarbeitersicht*, *Unternehmensprofil* und *Ziel- und Strategiedefinition* auf. Hierbei dienen die drei Module Unternehmensprofil, Strategie und Mitarbeitersicht der **Situationsanalyse**, d. h. der systematischen Durchleuchtung des aktuellen Innovationssystems im Unternehmen [Bür07, S. 90f.]. Das Modul **Managementsicht** soll den Handlungsbedarf für das Innovationsmanagement durch die Verortung der Ist-Situation und die Definition der Soll-Werte aufzeigen. Hierfür wurden insgesamt 27 zu gestaltende Aspekte (z. B. Innovationskooperation oder Innovationsprozess) aufgezeigt [Bür07, S. 104ff.]. Diese Aspekte gliedern sich in die übergeordneten Handlungsfelder Strategie, Organisation, Prozess, Ressourcen, Tools und Kultur. Diese werden wiederum den drei Dimensionen Ziele, Strukturen und Verhalten zugeordnet (s. Bild 3-7).

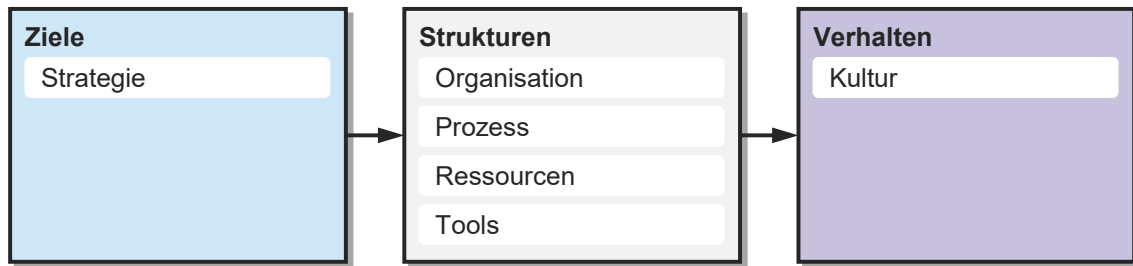


Bild 3-7: Einordnung der Handlungsfelder in die Dimensionen Ziele, Strukturen und Verhalten [Bür07, S. 105]

Alle Aspekte des Innovationsmanagements werden in einheitlichen Steckbriefen dokumentiert (s. Bild 3-8). Dieser besteht aus der Einleitung, den fünf Reifegraden (*Grundzustand*, *Verständnis*, *Erarbeitung*, *Institutionalisierung* und *Verbesserung*), einer Beschreibung der für den jeweiligen Aspekt relevanten Einflussfaktoren, geeigneten Kennzahlen zur Messung des Aspekts sowie Literaturquellen zur Belegung der Relevanz oder zur Umsetzung des Aspekts [Bür07, S. 105f.].

1.2 Technologiestrategie			
Einleitung	Strategische Entscheidungen zum Einsatz von Technologien sind untrennbarer Bestandteil der Innovationsstrategie und somit der Unternehmensstrategie. Die Technologiestrategie bezieht Stellung zum Einsatz und der Entwicklung einzelner (Kern)Technologiegebiete, der Anwendung verschiedener Technologien in den einzelnen Geschäftseinheiten und dem Technologieeinsatz insgesamt im Unternehmen und der Entwicklung optimaler Technologieportfolios.		
Reifegrad	Ist	Soll	Beschreibung des Reifegrads
Grundzustand	☒	☒	Das Unternehmen ist sich bewusst, dass das Innovationssystem durch Aktivitäten kontrolliert werden kann.
Verständnis	☐	☐	Die Relevanz der Technologiestrategie für technologieintensive Unternehmen wird erkannt.
Erarbeitung	☐	☐	Langfristige, technologische Diskontinuitäten werden ermittelt und daraus Innovations-Felder abgeleitet (Top-Down-Ansatz).
	☐	☐	Ausgehend vom Tagesgeschäft werden mögliche nächste Schritte in Form einer Technologie-Planung extrapoliert (Bottom-Up-Ansatz).
	☐	☐	Zur Erarbeitung von Technologiestrategien werden spezifische Methoden eingesetzt.
Institutionalisierung	☐	☐	Das Technologiemanagement ist gut verankert und wird im Unternehmen gelebt.
	☐	☐	Das Unternehmen führt ein prozessorientiertes Technologie-Management. Verantwortlichkeiten, Prozessschritte und Kommunikationswege sind festgelegt.
Verbesserung	☐	☐	Die Erarbeitung der Technologiestrategie erfolgt systematisch und wird kontinuierlich verbessert.
Wichtige Abhängigkeiten von anderen Faktoren			
Innovationsgrad	Für das Hervorbringen von radikalen Innovationen stellt der strategische Aufbau von Technologiekompetenzen eine wichtige Voraussetzung dar.		
Kennzahlen	F+E-Quote, Anzahl viel versprechender Zukunftstechnologien		
Literatur	Pleschak & Sabisch 1996, Tschirky & Koruna 1998		

Bild 3-8: Beschreibung des Aspekts „Technologiestrategie“ [Bür07, S. 170]

Bewertung: Die 27 Aspekte mit den zugehörigen Reifegradstufen beschreiben detailliert alle relevanten Stellhebel des Innovationssystems von Unternehmen. Insbesondere die Berücksichtigung der strategischen Aspekte durch die Betrachtung der Dimension Ziele bzw. dem Handlungsfeld Strategie ist hervorzuheben. Die komplementären Module unterstützen den Anwender in der Situationsanalyse, liefern verschiedene Perspektiven auf das Innovationssystem und berücksichtigen so den Unternehmenskontext. Der modulare Aufbau und die Integration der Module in das Reifegradmodell sind laut BÜRGIN jedoch nicht selbsterklärend und nur begrenzt systematisch.

3.3 Ansätze zur Planung und Leistungssteigerung

Die Leistungssteigerung der TFA im Unternehmen erfordert eine methodische Unterstützung. Die Problemabgrenzung in Abschnitt 2.6 hat gezeigt, dass ausgehend von der Ist-Situation im Unternehmen systematisch Maßnahmen für die operative Umsetzung einer Leistungssteigerung zu definieren sind. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden relevante Ansätze zur Planung und Leistungssteigerung vorgestellt. Abschnitt 3.3.1 widmet sich Vorgehensmodellen zur Anwendung von Reifegradmodellen. Anschließend werden in Abschnitt 3.3.2 generische, zyklische Leistungssteigerungsmodelle vorgestellt.

3.3.1 Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen

In der Literatur finden sich zahlreiche Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen. Das vorliegende Kapitel gibt daher einen Überblick über verschiedene Modelle und stellt die zentralen, zumeist ähnlichen Phasen vor.

Anwendung mittelstandsgerechter Reifegradmodelle

BENSIEK schlägt ein **vierstufiges Vorgehensmodell** zur Anwendung mittelstandsgerechter Reifegradmodelle vor (s. Bild 3-9) [Ben13, S. 102f.]. Die vier Phasen umfassen die *Vorbereitung*, *Diagnose*, *Auswertung* und *Leistungssteigerung*, die nachfolgend kurz beschrieben werden. Die Anwendung des Vorgehens erfolgt im Rahmen eines Workshops.

- **Vorbereitung:** Im Rahmen der Vorbereitung wird ein Team zusammengestellt und das Themengebiet ausgewählt. Ergebnis ist ein auf die Analyse vorbereitetes Team.
- **Diagnose:** In der Diagnosephase werden Fragen zu Einflüssen und der Zieldefinition beantwortet. Es folgen Fragen zur Einordnung in die Handlungselemente. Es resultiert der Handlungsbedarf.
- **Auswertung:** In dieser Phase wird der Anwender dabei unterstützt den Handlungsbedarf zu erkennen und diesen zu erschließen. Ergebnis sind mögliche Maßnahmen.
- **Leistungssteigerung:** In der letzten Phase werden Entwicklungsziele formuliert sowie Maßnahmen priorisiert und geplant. Diese werden schließlich in einer Maßnahmen-Roadmap zur Leistungssteigerung zusammengefasst.

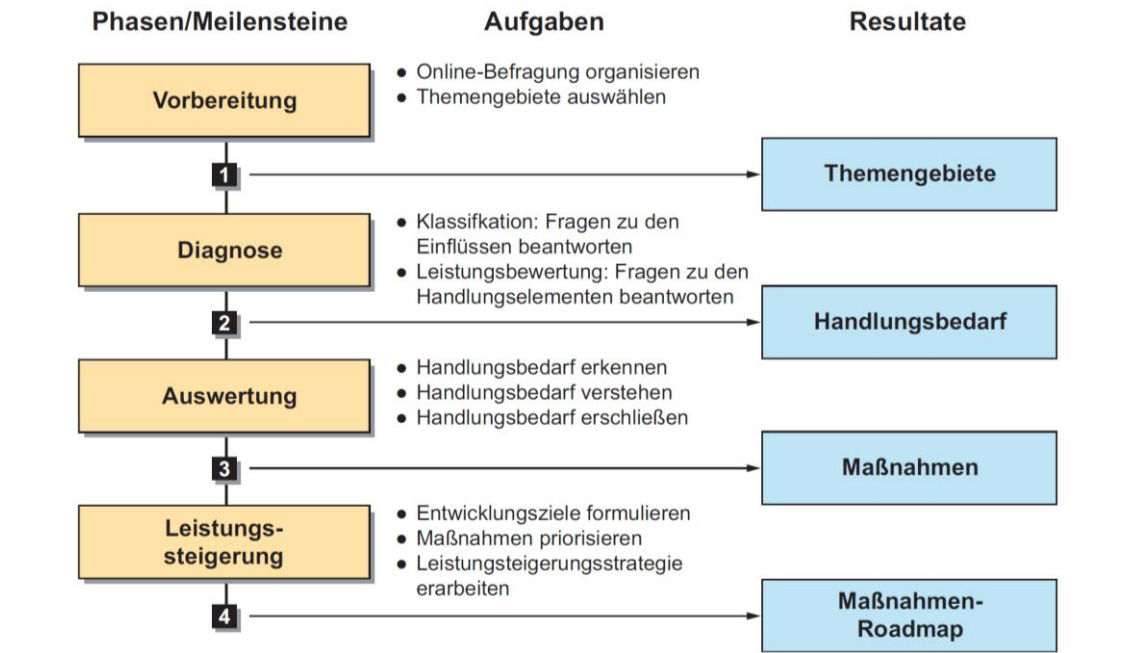


Bild 3-9: Vorgehensmodell zur Anwendung mittelstandsgerechter Reifegradmodelle nach BENSIEK [Ben13, S. 102]

Vier Phasen zur Anwendung von Reifegradmodellen nach METTLER

Äquivalent zum von METTLER entwickelten Vorgehensmodell zur Entwicklung von Reifegradmodellen lassen sich diese in **vier aufeinanderfolgenden Phasen** anwenden: Auswahl des Modells, Vorbereitung, Anwendung des Modells und Korrigierende Maßnahmen ergreifen. Bild 3-10 zeigt die Anwendersicht und Entscheidungsparameter.

In der Phase **Auswahl des Modells** wird entschieden, welche Art des Reifegradmodells hinsichtlich Inhalt und Struktur entsprechend den Unternehmensbedarfen zur Anwendung kommt. In der zweiten Phase **Vorbereitung** werden Anwendungsbereiche und Verantwortlichkeiten innerhalb der Organisation definiert. Anschließend wird ein Training mit den Stakeholdern durchgeführt. In der **Anwendung des Modells** wird entschieden, ob und in welchen Zyklen das ausgewählte Modell angewandt werden soll. Schließlich dient die Phase **Korrigierende Maßnahmen ergreifen** der Reflexion des Prozesses sowie der Implementierung und damit der Leistungssteigerung [Met09, S. 11f.].

Phase	Parameter	Ausprägung			
Auswahl des Modells	Herkunft	Akademisch		Praxisbasiert	
	Zuverlässigkeit	Nicht getestet	Verifiziert	Validiert	
	Praktikabilität	Allgemeine Empfehlungen		Spezifische Verbesserungsaktivitäten	
	Zugänglichkeit	Kostenlos		Kostenpflichtig	
	Anpassbarkeit	Keine	Form	Funktion	Form und Funktion
	Anwendung	Self-assessment		Drittanbieter-unterstützt	Zertifizierte Fachleute
Vorbereitung	Treiber	Business		IT	
	Umsetzung	Informelle Beurteilung		Formales Bewertungsprojekt	
	Anwendungsbereich	Einzelne Organisation		Mehrere Organisationen	
	Befragte	Management	Mitarbeiter	Geschäftspartner	Kombination
	Schulung	Keine		Basic	Umfassend
Anwendung des Modells	Durchführung	Go		No-Go	
	Häufigkeit	Einmalig		Wiederkehrend	
Korrigierende Maßnahmen ergreifen	Zielsetzung	Ungekoppelt		Gekoppelt	
	Implementierung	On the fly		Projekt	
	Instanz	Linienorganisation	Stabsorganisation	Externe	

Bild 3-10: Anwendersicht für die Entscheidungsparameter zur Anwendung von Reifegradmodellen nach METTLER [Met09, S. 11]

Vorgehensmodell zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems

WESTERMANN stellt mit dem Vorgehensmodell zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems ein Vorgehen zur **Leistungssteigerung technischer Systeme** bereit. Das Vorgehensmodell in Bild 3-11 umfasst **sechs Phasen**, in denen die durchzuführenden Tätigkeiten und einzusetzenden Hilfsmittel beschrieben werden [Wes17, S. 135ff.]:

- **Vorbereitung:** In der ersten Vorbereitungsphase wird ein geeignetes Team zusammengestellt, welches die nachfolgenden Phasen durchläuft. Es wird der Betrachtungsgegenstand (z. B. Teilsystem eines Produkts) ausgewählt und spezifiziert.
- **Leistungsbewertung:** Die Leistungsbewertung liefert eine objektive Bewertung des Ausgangszustands des betrachteten Systems. Hierfür werden das Reifegradmodell sowie die bereitgestellten Hilfsmittel angewendet.

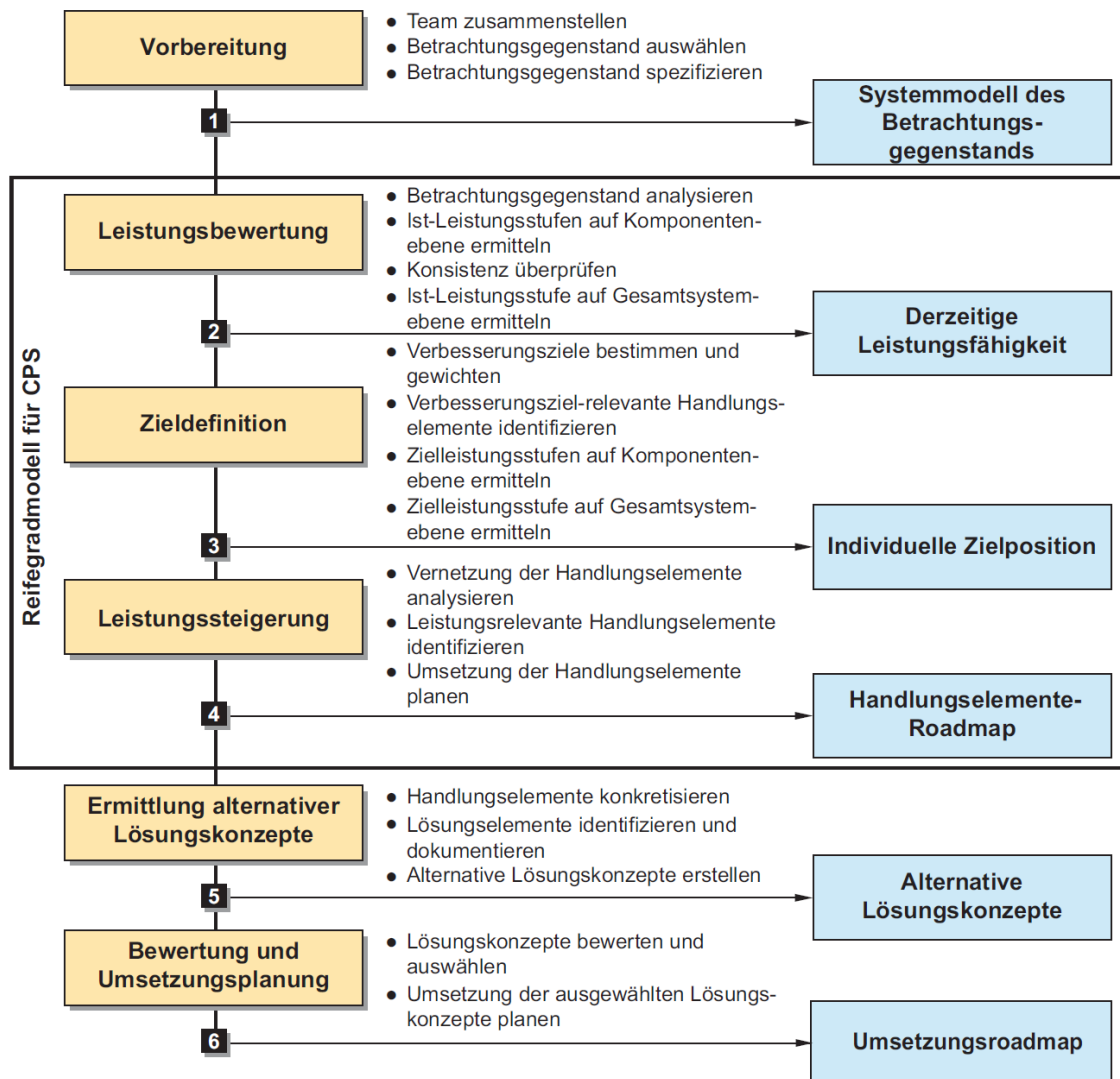


Bild 3-11: Vorgehensmodell zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems nach WESTERMANN [Wes17, S. 134]

- **Zieldefinition:** Auf Basis der vorherigen Phase wird die individuelle Zielposition definiert. Zu diesem Zweck werden Verbesserungsziele je Handlungselement bestimmt und priorisiert.
- **Leistungssteigerung:** In der vierten Phase erfolgt die Leistungssteigerung zum Schließen der Lücke zwischen der derzeitigen Leistungsfähigkeit und der definierten Zielposition. Hierfür werden die Handlungselemente hinsichtlich ihrer Relevanz für die Zielerreichung bewertet und es erfolgt die grobe Umsetzungsplanung.
- **Ermittlung alternativer Lösungskonzepte:** In dieser Phase werden die für die Leistungssteigerung relevanten Komponenten und zugehörigen Lösungselemente identifiziert. Zur Ermittlung alternativer Lösungsideen wird ein morphologischer Kasten eingesetzt. Es resultieren verschiedene Varianten eines Systemmodells, die alternative Lösungskonzepte abbilden.

- **Bewertung und Umsetzungsplanung:** In der abschließenden Phase erfolgt die Bewertung und Umsetzungsplanung. Die alternativen Lösungskonzepte werden verglichen und anhand ausgewählter Kriterien bewertet. Die Umsetzungsplanung erfolgt anhand einer Umsetzungsroadmap, die Handlungselemente und konkrete Lösungselemente auf einer Zeitachse hin zum Serieneinsatz anordnet.

Bewertung: Die vorgestellten Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen sind zumeist auf ein spezifisches Reifegradmodell optimierte Vorgehensmodelle. Sie beschreiben detailliert und gut nachvollziehbar, wie eine Leistungssteigerung durch die Anwendung erreicht werden kann. Es zeigt sich, dass je tiefgreifender das Reifegradmodell und je komplexer der ausgewählte Betrachtungsbereich ist, desto größer der Bedarf für eine Unterstützung der Anwender durch geeignete Hilfsmittel. Aufgrund der Passung der Vorgehensmodellen auf ihren Kontext lassen sich die gezeigten Modelle nicht einfach auf weitere Betrachtungsbereiche übertragen und erfordern eine umfängliche Anpassung.

3.3.2 Modelle zur zyklischen Leistungsbewertung und -steigerung

Kern zyklischer Leistungssteigerungsmodelle ist die **regelmäßige Überprüfung** der Ist-Situation und die Verbesserung in iterativen Zyklen. Sie liefern einen strukturierten Ansatz zur **kontinuierlichen Verbesserung** des ausgewählten Betrachtungsbereichs.

PDCA-Systematik

Die PDCA-Systematik nach DEMING beschreibt ein Vorgehen in **vier Phasen** zur kontinuierlichen **Prozessverbesserung**: *Plan*, *Do*, *Check* und *Act* [Dem86]. Die vier Phasen sind in Bild 3-12 dargestellt.

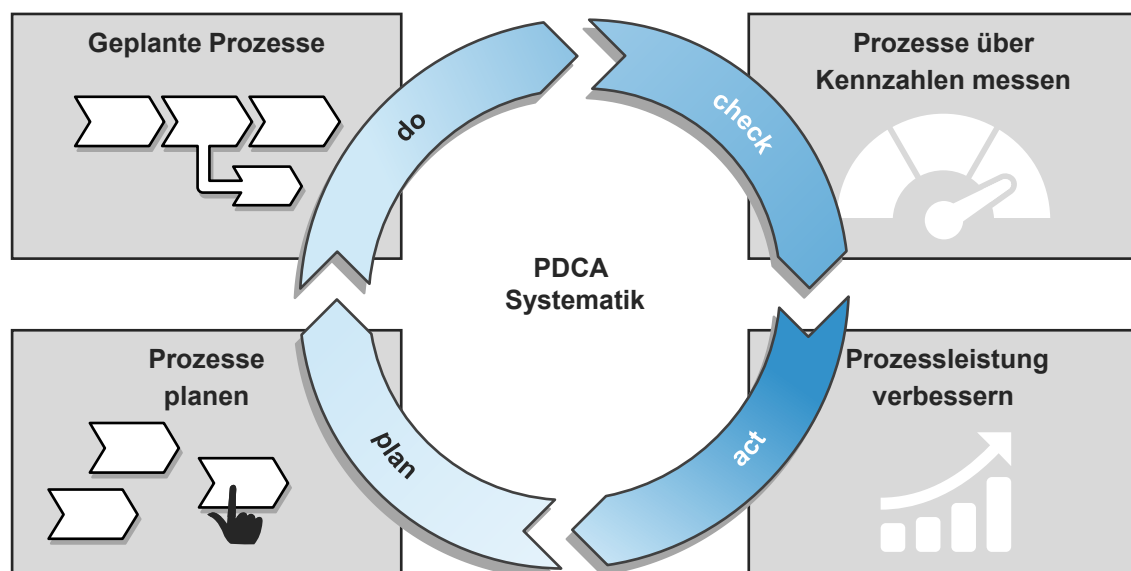


Bild 3-12: Vier Phasen der PDCA-Systematik nach DEMING [GP14, S. 304]

Ziel des Vorgehens ist es, Verbesserungspotenziale von Prozessen systematisch zu erschließen [GP14, S. 304]. Diese Vorgehensweise zur Leistungssteigerung kann auch auf Reifegradmodelle angewendet werden, wie die basierend auf der PDCA-Systematik entwickelte Methode IDEAL³⁹ zeigt. Diese dient der Einführung und Leistungssteigerung mittels Capability Maturity Model Integration (CMMI) [Kne03].

- **Plan:** In der Planungsphase des Vorgehens werden die Problemanalyse, die Abgrenzung und Formulierung des Verbesserungsgegenstandes, die Definition von Maßnahmen sowie die Planung des Vorgehens durchgeführt.
- **Do:** Innerhalb der Durchführungsphase werden die geplanten Maßnahmen umgesetzt. Diese sind den mit der Planung betrauten Mitarbeitern zuzuordnen.
- **Check:** Die Checkphase dient der Überprüfung der Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen. Hierbei werden die Prozessergebnisse gemessen und die Prozessleistungsfähigkeit bestimmt. Die Ergebnisse werden durch die beteiligten Personen reflektiert, um ein gemeinsames Verständnis über die Prozessfähigkeit sicherzustellen.
- **Act:** In der abschließenden Phase erfolgt eine Korrektur von den Abweichungen, die sich aus der Checkphase sowie der autonomen Optimierung des Prozesses durch die beteiligten Personen ergeben.

Kontinuierliches Verbesserungsmanagement mittels Reifegradmanagement

AHLEMANN, SCHROEDER und TEUTEBERG beschreiben ein Vorgehen für kontinuierliches Verbesserungsmanagement mittels Reifegradmanagement. Das Grundverständnis für das Verbesserungsmanagement ist hierbei ein **in Zyklen** ablaufender, kontinuierlicher Prozess über einen längeren Zeitraum [AST05, S. 41f.]. Die **vier grundlegenden Phasen** wiederholen sich zyklisch (s. Bild 3-13).

In der ersten Phase, der **Ausführungsphase**, werden die benötigten Daten erhoben. Auf Grundlage dieser werden in der **Analysephase** die betrachteten Prozesse hinsichtlich der Erreichung der Ziele analysiert und bewertet. Aus der Analysephase resultiert der Ist-Reifegrad. Innerhalb der **Ziel-Redefinitionsphase** werden die vereinbarten Ziele anhand der Analyse hinsichtlich ihrer Gültigkeit überprüft und ggf. angepasst. Die vierte Phase dient der Modellierung und Implementierung von Änderungen [AST05, S. 42].

³⁹ Eine ausführliche Beschreibung und Analyse von CMMI sowie der Einführung durch die Methode IDEAL finden sich bspw. in [Chr09, S. 40ff.] und [Wes17, S. 69f.].

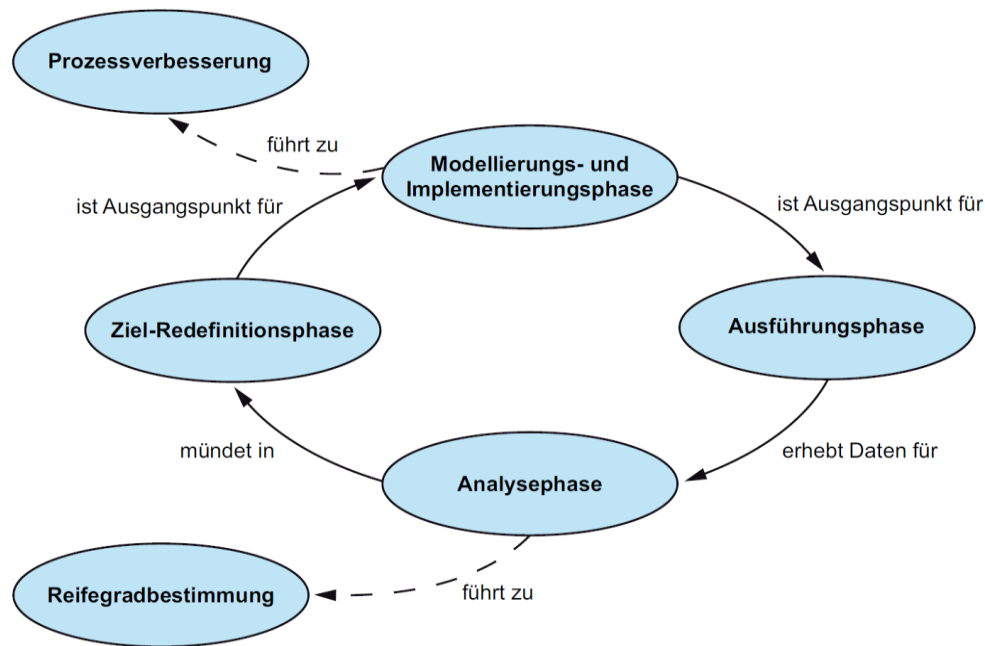


Bild 3-13: Phasen des Verbesserungsmanagements im Rahmen des Reifegradmanagements nach AHLEMAN, SCHROEDER und TEUTEBERG [AST05, S. 42]

Regelkreis für Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodelle

Laut CHRISTIANSEN basieren Modelle zur Leistungsbewertung und -steigerung auf einem ähnlichen Vorgehen, welches als **Regelkreis** beschrieben werden kann [Chr09, S. 92ff.]. Dieser weist die **drei zentralen Phasen** *Leistungsbewertung*, *Soll-Ist-Vergleich* und *Leistungssteigerung* auf (s. Bild 2-12).

Der Ausgangspunkt für die **Leistungsbewertung** bildet das zu untersuchende System (z. B. Organisationseinheit, Prozess). Die Zustandserfassung dient der Erhebung der erforderlichen Informationen. Diese werden in der Zustandsanalyse aufbereitet und in der Zustandssynthese zu einem plausiblen Abbild des Ist-Zustands entwickelt. Nach Abschluss der Leistungsbewertung wird der Soll-Zustand definiert. In diesem Schritt wird der Idealzustand ermittelt und anhand von Kriterien festgelegt. Dieser Idealzustand sollte sich an der Unternehmensstrategie und den -zielen orientieren. Aus dem anschließenden **Soll-Ist-Vergleich** werden notwendige Anpassungen abgeleitet. Diese werden in der Phase der **Leistungssteigerung** in Maßnahmen und ein Lösungskonzept zur strukturierter Transformation vom Ist- zum Soll-Zustand überführt. Abschließend werden die erarbeiteten Maßnahmen in die Umsetzung gebracht [Chr09, S. 94ff.].

Bewertung: Zyklische Leistungssteigerungsmodelle bieten abstrakte und allgemeingültige Vorgehensweisen zur Erreichung von Leistungssteigerungszielen. Durch die zyklische Vorgehensweise wird ein kontinuierlicher Transformations- bzw. Verbesserungsprozess von Unternehmensbereichen adressiert. Die allgemeingültige Beschreibung des Vorgehens ermöglicht eine gute Anpassbarkeit für den jeweiligen Betrachtungsbereich. Es mangelt jedoch an einer Konkretisierung für die TFA und an Hilfsmitteln für die einzelnen Schritte.

3.4 Rahmenwerke für die Technologiefrühaufklärung

Neben den bereits erläuterten Ansätzen des Stands der Technik, welche die Handlungsfelder und Anforderungen adressieren, finden sich in der Literatur auch allgemeine Rahmenwerke für die TFA. Diese liefern einen übergeordneten Beitrag zur Entwicklung der einzelnen Lösungselemente der vorliegenden Arbeit und werden nachfolgend erläutert.

3.4.1 Ordnungsrahmen Technologiemanagement nach SCHUH ET AL.

Mit dem *Ordnungsrahmen Technologiemanagement* liefern SCHUH ET AL. eine **Strukturierung des Technologiemanagements** sowie der zu berücksichtigenden Aspekte. Der Ordnungsrahmen vermittelt ein grundlegendes Verständnis für den Betrachtungsbereich, die Inhalte und die Aufgaben des Technologiemanagements [SKM11, S. 11]. Das Technologiemanagement wird als **Teilsystem im Unternehmen** beschrieben, das durch eine Vielzahl an Einflussfaktoren beeinflusst wird. Die Technologiefrüherkennung stellt hierin einen Prozess des Ganzen dar [SKM11, S. 11f.]. In Bild 3-14 wird der Ordnungsrahmen Technologiemanagement dargestellt.

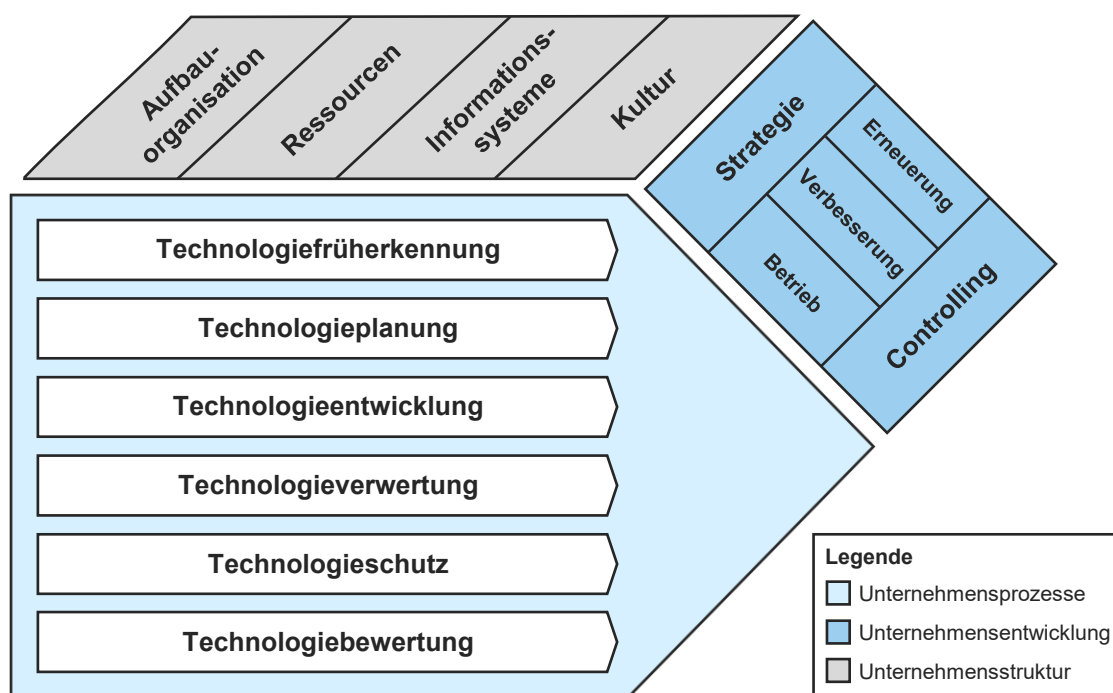


Bild 3-14: Ordnungsrahmen für das Technologiemanagement nach SCHUH ET AL. [SKM11, S. 17]

Innerhalb des Ordnungsrahmens werden neben den **Unternehmensprozessen** auch die Unternehmensstruktur sowie die Unternehmensentwicklung betrachtet. Die Prozesse beschreiben die sechs miteinander verknüpften Grundaktivitäten: *Technologiefrüherkennung*, *Technologieplanung*, *Technologieentwicklung*, *Technologieverwertung*, *Technologieschutz* und *Technologiebewertung* [SKM11, S. 15ff.]. Diese Unternehmensprozesse

betten sich in die **Unternehmensstruktur** ein. Diese beschreibt die konstituierenden Elemente wie die *Aufbauorganisation*, *Ressourcen*, *Informationssysteme* und die *Kultur*. Informationssysteme unterstützen hierbei die effiziente und effektive Abwicklung von Prozessen und Aufgaben [SKM11, S. 18]. Als Teil der **Unternehmensentwicklung** werden die Strategie mit den Handlungsfeldern in den Dimensionen *Erneuerung*, *Verbesserung* und *Betrieb* sowie das *Controlling* betrachtet, welches dem Soll-Ist-Vergleich der von der Strategie festgelegten Ziele dient. Neben den genannten Aspekten werden für den Ordnungsrahmen Technologiemanagement auch die internen und externen Anspruchsgruppen des Technologiemanagements, wie bspw. Wettbewerb, Kunden und interne Stakeholder, berücksichtigt [SKM11, S. 12f.].

Bewertung: Der Ordnungsrahmen stellt ein Modell des Technologiemanagements mit einem hohen Abstraktionsgrad dar. Er zeigt die komplexen Zusammenhänge der Bestandteile und die relevanten Einflussfaktoren des Technologiemanagements auf. Die Übersicht ermöglicht die Abstimmung und Gestaltung der organisationalen Umsetzung des Technologiemanagements. Für die TFA als Teilsystem des Technologiemanagements gilt es, diese Aspekte ebenso bei der organisationalen Umsetzung zu berücksichtigen.

3.4.2 Rahmenwerk für den Entwurf von Technologiscanning-Architekturen nach SCHUH ET AL.

Ziel des Rahmenwerks für den Entwurf von Technologiscanning-Architekturen nach SCHUH ET AL. ist die **Auswahl von Gestaltungsoptionen** für das Technologiscanning in Unternehmen. Diese werden in Abhängigkeit der unternehmensspezifischen Ziele und den notwendigen Fähigkeiten zur Reaktion auf disruptive Technologien abgeleitet. Bild 3-15 zeigt das Vorgehen. Hierdurch sollen Unternehmen befähigt werden marktrelevante technologische Veränderungen frühzeitig zu identifizieren.

In einem ersten Schritt werden die Unternehmensziele und Anforderungen sowie deren Abhängigkeiten identifiziert. Im Anschluss an die unternehmensindividuelle Gewichtung der Ziele (z. B. *Finden neuer Suchfelder*) und Anforderungen (z. B. *Vermeidung der Überbewertung nicht relevanter Entwicklungen im Technologiekontext*) erfolgt die Sichtung von **Gestaltungsoptionen** (organisatorischer, methodischer und prozessualer Aspekte) [SKD+15, S. 537f.]. Diese werden in einem morphologischen Kasten zusammengefasst. Die Kategorien des morphologischen Kastens werden durch das Rahmenwerk für das Technologiscanning festgelegt. Dieses basiert auf dem Ordnungsrahmen Technologiemanagement (vgl. Abschnitt 3.5.1) und stellt eine Adaption und Detaillierung des Ordnungsrahmens für das Technologiscanning dar. Die verschiedenen Gestaltungsoptionen erfüllen in unterschiedlichem Maße die Anforderungen eines Unternehmens [SKD+15, S. 540]. Die von SCHUH ET AL. bereitgestellte **Berechnungsgrundlage** ermöglicht die Ermittlung der **Relationen zwischen Zielen und Anforderungen** sowie die Bestellung des resultierenden Nutzens der Gestaltungsoptionen. Auf diese Weise lassen sich sowohl **generische Archetypen** von Technologiscanning-Architekturen ableiten als auch die

optimalen Archetypen für ein spezifisches Zielsystem eines Unternehmens identifizieren [SKD+15, S. 542].

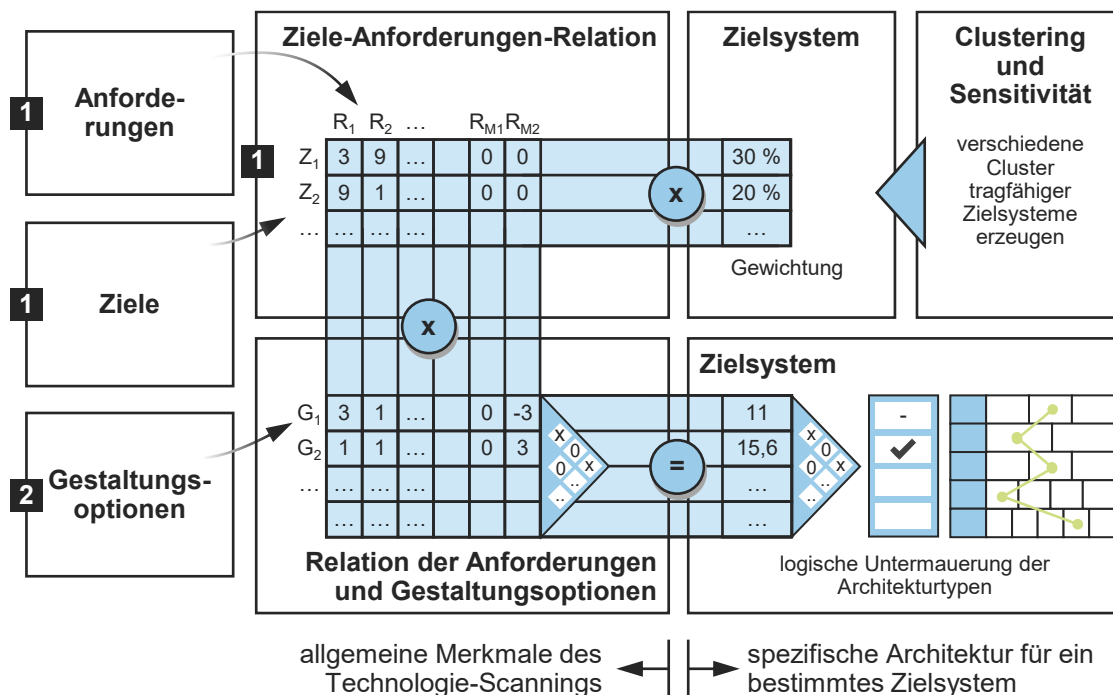


Bild 3-15: Vorgehen zur Auswahl von Gestaltungsoptionen nach SCHUH ET AL. [SKD+15, S. 542]

Bewertung: SCHUH ET AL. liefern mit dem Rahmenwerk für den Entwurf von Technologiscanning-Architekturen eine strukturierte Grundlage für die Gestaltung von Technologiefrühaufklärungssystemen und ein systematisches Vorgehen zur Auswahl von Gestaltungsoptionen. Basierend auf den Anforderungen und Zielen können so die optimalen Gestaltungsoptionen mittels eines morphologischen Kastens und der Überprüfung der Zielerreichung ausgewählt werden. Durch den morphologischen Kasten werden für viele der Aktivitäten Gestaltungsoptionen vorgeschlagen. Diese fokussieren die spezifischen Aspekte der ungerichteten Suche des Technologiscannings, ohne jedoch allgemeingültige Leistungsstufen der jeweiligen Gestaltungsoptionen zu berücksichtigen.

3.4.3 Unternehmensbezogenes Früherkennungsmodell nach ZIEHM

Das unternehmensbezogene Früherkennungsmodell nach ZIEHM stellt die Einbettung des Früherkennungsprozesses in das unternehmenseigene Technologiemanagement dar. Hierfür werden die **übergeordneten Ebenen** *Prozessebene* und *Strategieebene* sowie die Technologiefrüherkennung selbst betrachtet [Zie19, S. 68]. Das Modell zeigt Bild 3-16.

Die **Strategieebene** wird mit dem Durchlaufen der **Prozessschritte** der TFA synchronisiert. So können die im Verlauf des Prozesses erlangten Erkenntnisse eine Anpassung der Strategie erfordern. Weitere **Schnittstellen** der Technologiefrüherkennung sind Informationsquellen (z. B. Publikationen, Experten oder Think Tanks), die mittels selektierter

Methoden analysiert und bewertet werden. Kernziel der Technologiefrüherkennung in diesem Modell sind Technologiedatenblätter, die zusammen mit Mitarbeiterideen den Technologiebedarf darstellen [Zie19, S. 69].

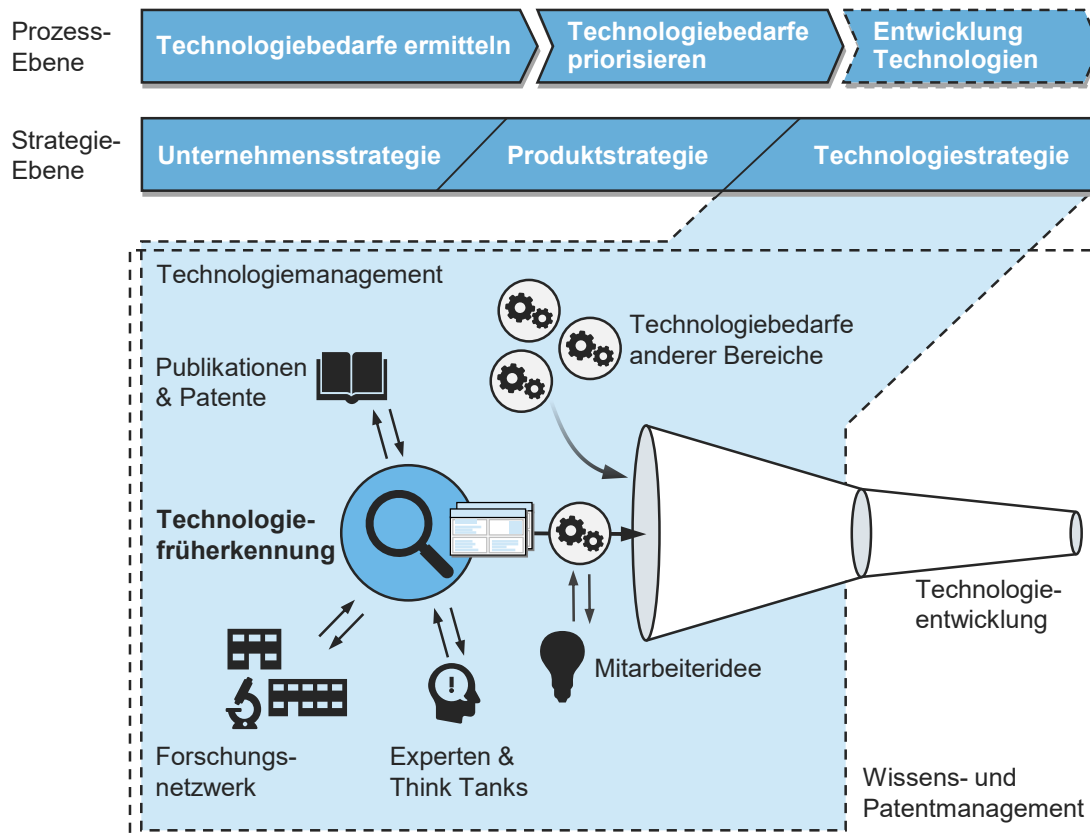


Bild 3-16: Unternehmensbezogenes Früherkennungsmodell nach ZIEHM [Zie19, S. 68]

Bewertung: ZIEHM liefert mit dem unternehmensbezogenen Früherkennungsmodell eine detaillierte Darstellung der Technologiefrüherkennung. Diese ist jedoch wenig strukturiert und durch den gewählten Detailgrad mangelt es an Übersichtlichkeit für den Anwender. Positiv hervorzuheben ist die Einbindung der Technologiefrüherkennung in das Gesamtsystem sowie die Berücksichtigung der Schnittstellen und strategischen Aspekte.

3.4.4 Technology Intelligence-System nach SAVIOZ

In seinem Technology Intelligence-System beschreibt SAVIOZ die **indirekten und direkten Wertschöpfungsaktivitäten** (siehe Bild 3-17). Es dient als übergeordneter Rahmen zur Strukturierung sämtlicher Aktivitäten und Prozessschritte eines Intelligence-Systems [Sav06, S. 337]. Als unterstützende Elemente dienen das Management, die übergeordnete Mission und verbundene Ziele, strukturelle Maßnahmen sowie Methoden und Infrastruktur [Sav04, S. 50ff.], [Sav06, S. 338].

- **TI-Management:** Das Management der Technology Intelligence umfasst die Gestaltung, Leitung und Entwicklung der Systemelemente. Es ist ein kontinuierlicher Prozess, der das System steuert und die direkten Aktivitäten ermöglicht.

- **TI-Mission und -Ziele:** Die Mission und Ziele beschreiben die unternehmensindividuelle Motivation zur Einführung eines solchen Systems oder die Durchführung sämtlicher Aktivitäten (z. B. rechtzeitiges Erkennen von langfristigen (substituierenden) Technologieentwicklungen oder gezielte Evaluation von Produkten und Technologien). Die übergeordneten Ziele stehen in direktem Zusammenhang mit der Strategie.
- **TI-Organisation:** Die Organisation der TI klärt die Verankerung der Aufgabe sowie die Koordination des Prozesses. Ihre Notwendigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass verschiedene Personen auf allen Unternehmensebenen involviert sind.
- **TI-Methoden und -Infrastruktur:** Um die Aktivitäten der Informationssammlung, Analyse und die Kommunikation zu unterstützen, werden Methoden zur Informationsstrukturierung (z. B. Publikationshäufigkeitsanalysen) und zur Förderung der Kommunikation (z. B. Technologie-Roadmaps) eingesetzt.

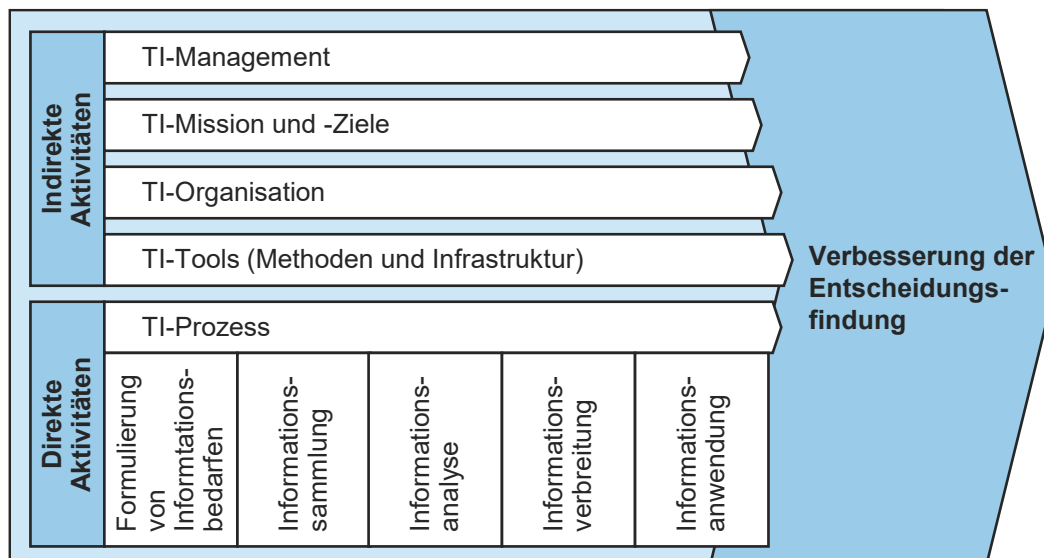


Bild 3-17: Direkte und indirekte Wertschöpfungselemente der Technology Intelligence nach SAVIOZ [Sav04, S. 50]

Die **direkten Aktivitäten** beschreiben die Aufgaben und Prozessschritte innerhalb des TI-Systems – von der Formulierung der Informationsbedürfnisse bis hin zur Anwendung der Informationen [Sav04, S. 64ff.]. Diese laufen in der Praxis zum Teil auch parallel ab und greifen mit den indirekten Aktivitäten ineinander [Sav06, S. 340f.].

Bewertung: Das Technology Intelligence-System nach SAVIOZ stellt eine in der Literatur etablierte Darstellung und Strukturierung der Technology Intelligence dar. Entscheidend darin ist die Anerkennung der Notwendigkeit indirekter Aktivitäten, die einen maßgeblichen Einfluss auf die TI haben und auf das ernannte Gesamtziel der Entscheidungsverbesserung einzahlen.

3.5 Handlungsbedarf

Der Vergleich der in Abschnitt 2.7 beschriebenen Anforderungen mit dem Stand der Technik führt zu folgender Bewertung, die in Bild 3-18 zusammenfassend dargestellt ist. Darauf folgend wird auf den verbleibenden Handlungsbedarf eingegangen.

Bewertung der untersuchten Ansätze hinsichtlich der gestellten Anforderungen Fragestellung: Wie gut erfüllen die untersuchten Ansätze (Zeile) die gestellten Anforderungen an eine Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung der Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung (Spalte)? Bewertungsskala  = nicht erfüllt  = teilweise erfüllt  = voll erfüllt		Strukturierung und Beschreibung KI-basierter Ansätze für die TFA	Transparenz über die Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze innerhalb der TFA	Systematische Herleitung und Erweiterbarkeit	Vollständige Beschreibung der relevanten Aspekte der TFA	Ableitung von Leistungsstufen und Reifegraden	Systematische, iterative Vorgehensweise	Unterstützung bei der Auswahl eines Zielreifegrads	Planungsunterstützung für Maßnahmen zur Leistungssteigerung
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Strukturierungs- rahmen und Klassifikationssch.	Strukturierung von Ansätzen zur Identifikation von Weak Signals nach MÜHLROTH und GROTKE								
	KI-Use Cases für die Szenario-basierte Vorausschau nach KÖDDING ET AL.								
	Klassifikationsschema für Data Analytics-Ansätze in Technological Forecasting nach LEE								
Reifegradmodelle	Corporate Foresight Maturity Model nach ROHRBECK								
	Technology Intelligence Maturity Modell nach NOH ET AL.								
	Foresight Maturity Model nach GRIM								
	Reifegradmodell zur Kontrolle des Innovationssystems nach BÜRGIN								
Plan- und Leistungs- steigerung	Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen								
	Modelle zur zyklischen Leistungsbewertung und -steigerung								
Rahmenwerke für die Technologie- frühaufklärung	Ordnungsrahmen Technologiemanagement nach SCHUH ET AL.								
	Rahmenwerk für den Entwurf von Technologie Scanning Architekturen nach SCHUH ET AL.								
	Unternehmensbezogenes Früherkennungsmodell nach ZIEHM								
	Technology Intelligence System nach SAVIOZ								

Bild 3-18: Bewertung des untersuchten Stands der Technik anhand der Anforderungen

Anforderungen an die Strukturierung der Einsatzpotenziale von KI für die TFA

A1) Strukturierung und Beschreibung KI-basierter Ansätze für die TFA: Die Strukturierung und Beschreibung KI-basierter Ansätze werden von drei Ansätzen in Teilen erfüllt. Die untersuchten Ansätze liefern lediglich eine Strukturierung für Teilfragestellungen der TFA (MÜHLROTH und GROTKE, LEE). Die in den Ansätzen vorgestellten Merkmale und Merkmalsausprägungen können als Grundlage genutzt und für die Betrachtung der TFA weiterentwickelt werden.

A2) Transparenz über die Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze innerhalb der TFA: Die Anforderung hinsichtlich der Transparenz über Anwendungsmöglichkeiten wird in den bestehenden Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas von keinem der vorgestellten Ansätze vollumfänglich erfüllt. Die Ansätze von MÜHLROTH und GROTKE sowie LEE bieten zwar eine Einordnung anhand definierter Merkmale und Merkmalsausprägungen, jedoch ist der Bezug zu praktischen Fragestellungen aufgrund der überwiegend wissenschaftlichen Auseinandersetzung schwierig herzustellen. Hervorzuheben ist die Zusammenfassung KI-basierter Ansätze von KÖDDING ET AL. zu Use Cases, die eine verständliche Aufbereitung zur Unterstützung des Anwenders liefern, sich jedoch auf den Szenario-Prozesses als Teil der Vorausschau beschränkt.

A3) Systematische Herleitung und Erweiterbarkeit: Für die einheitliche Beschreibung von KI-basierten Ansätzen werden Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas verwendet. Diese werden in allen drei vorgestellten Ansätzen systematisch durch ein literaturbasiertes Vorgehen hergeleitet. Auch wenn die Erweiterbarkeit nicht explizit beschrieben wird, ist diese prinzipiell durch das gewählte Vorgehen möglich. Die vollständige Erfüllung der Anforderung durch die drei untersuchten Ansätze unterstreicht deren Relevanz für die vorliegende Arbeit.

Anforderungen an das Reifegradmodell

A4) Vollständige Beschreibung der relevanten Aspekte der TFA: Eine vollständige Beschreibung der relevanten Aspekte der TFA findet sich in den untersuchten Ansätzen zum Stand der Technik nicht. Einige Ansätze liefern jedoch eine für ihre Domäne holistische Betrachtung, wie z. B. BÜRGIN, der zur Kontrolle des Innovationssystems verschiedene Ebenen von der Strategie bis hin zur Kultur betrachtet. Ebenso beschreibt ROHRBECK relevante Faktoren für die organisationale Umsetzung von Vorausschau als Ganzes, ohne jedoch Technologien als spezifische Impulse hierfür zu berücksichtigen. Aktuelle Entwicklungen wie die Bedeutung des Umgangs mit Daten sowie die für die TFA wichtige strukturierte Ausrichtung der Suche nach neuen Technologien wird hierbei nicht genügend Rechnung getragen. Die Rahmenwerke mit dem Fokus auf die TFA bleiben aufgrund ihres Modellcharakters zu abstrakt.

A5) Ableitung von Leistungsstufen und Reifegraden: Die unternehmensindividuelle Leistungssteigerung in Abhängigkeit der gegebenen Voraussetzungen und den verfügbaren Ressourcen wird in den fünf Ansätzen aus dem Bereich Reifegradmodelle gemäß der

Natur dieser berücksichtigt. Zu diesem Zweck werden verschiedene Leistungsstufen definiert und auch übergeordnete Reifegrade, wie bspw. die Best Practices von ROHRBECK für alle Handlungsfelder, angegeben. In Konsequenz ist auch für die TFA eine Strukturierung von Leistungsstufen für alle relevanten Aspekte erforderlich, welche glaubwürdige Aussagen in Bezug auf die Reife zulassen.

Anforderungen an das Vorgehensmodell und Hilfsmittel

A6) Systematische, iterative Vorgehensweise: Die Anforderung der systematischen, iterativen Vorgehensweise wird von fünf der vorgestellten Ansätze teilweise erfüllt. Lediglich die beschriebenen generischen Modelle zur zyklischen Leistungsbewertung und Leistungssteigerung liefern nicht nur ein systematisches Vorgehen, sondern zeigen die organisationale Umsetzung von Veränderungen als kontinuierlichen, transformativen Prozess. Dieses Prinzip ist auf den Kontext der TFA zu übertragen.

A7) Unterstützung bei der Auswahl eines Zielreifegrads: Die Auswahl geeigneter Zielreifegrade anhand der individuellen Gegebenheiten des Unternehmens wird durch drei Ansätze berücksichtigt. SCHUH ET AL. beschreiben eine Berechnungsgrundlage zur Auswahl von Gestaltungsoptionen, die eine abstrakte, jedoch gut nachvollziehbare Zuordnung zwischen Zielen, Anforderungen und zu wählenden Gestaltungsoptionen liefert. Einen vielversprechenden Ansatz liefert WESTERMANN, welcher mithilfe Verbesserungszielen eine Auswahlunterstützung für Gestaltungsoptionen zur Leistungssteigerung bereitstellt. Der Ansatz von Normstrategien bzw. Verbesserungszielen und deren nachvollziehbare Zuordnung zu den Handlungselementen als Grundlage für die Auswahl eines Zielreifegrads ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufzugreifen und für den Betrachtungsgegenstand weiterzuentwickeln.

A8) Planungsunterstützung für Maßnahmen zur Leistungssteigerung: Die für die Umsetzung der Leistungssteigerung notwendigen Maßnahmen zur Planungsunterstützung werden von mehreren der im Stand der Technik untersuchten Ansätze adressiert. Hervorzuheben sind hier die Vorgehensmodelle zur Anwendung von Reifegradmodellen, da diese die erarbeiteten Maßnahmen zur Planung der weiteren Umsetzung in einer Roadmap bündeln und somit eine konkrete Planungsunterstützung bieten. Für die vorliegende Arbeit dienen diese als grundlegendes Vorgehen zur Leistungssteigerung.

Fazit: Es lässt sich festhalten, dass keiner der untersuchten Ansätze alle Anforderungen aus Abschnitt 2.7 vollumfänglich erfüllt. Auch keine triviale Kombination einzelner Ansätze wird den Anforderungen vollständig gerecht. Die wesentlichen Defizite bestehen zum einen in der ganzheitlichen Betrachtung aller Aspekte zur organisationalen Gestaltung der TFA und in der durchgängigen methodischen Unterstützung der Planung der Leistungssteigerung sowie zum anderen in der transparenten und strukturierten Darstellung der Einsatzpotenziale von KI für die TFA. Es besteht somit Handlungsbedarf für eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologieförderung*.

4 Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung

Dieses Kapitel stellt die *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* vor. Sie bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Die Systematik hat den Anspruch, den aus der Problemanalyse abgeleiteten Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.7) sowie dem aus der Analyse des Stands der Technik resultierenden Handlungsbedarf (vgl. Abschnitt 3.5) gerecht zu werden. Die Systematik beschreibt alle entwickelten Lösungsbestandteile, die relevanten Schritte zur Leistungssteigerung der TFA und unterstützt den Anwender durch ein Vorgehensmodell und Hilfsmittel. Ziel ist es, Unternehmen zur systematischen Gestaltung einer wirksamen Technologiefrühaufklärung zu befähigen. Die Systematik besteht hierfür aus drei Bestandteilen, die in Abschnitt 4.1 kurz vorgestellt werden. In Abschnitt 4.2 wird ein Katalog aus KI-Anwendungsszenarien vorgestellt. Das zentrale Lösungselement der Systematik stellt das in Abschnitt 4.3 beschriebene Reifegradmodell für die TFA dar. Schließlich werden in Abschnitt 4.4 das Vorgehensmodell sowie die zugehörigen Hilfsmittel erläutert.

4.1 Die Systematik im Überblick

Die *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* setzt sich entsprechend der in Abschnitt 2.6 hergeleiteten Handlungsfelder aus **drei Bestandteilen** zusammen, die in Bild 4-1 dargestellt sind: KI-Anwendungsszenarien, Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung und Vorgehensmodell & Hilfsmittel für die Leistungssteigerung. Nachfolgend werden die Bestandteile der Systematik kurz vorgestellt.

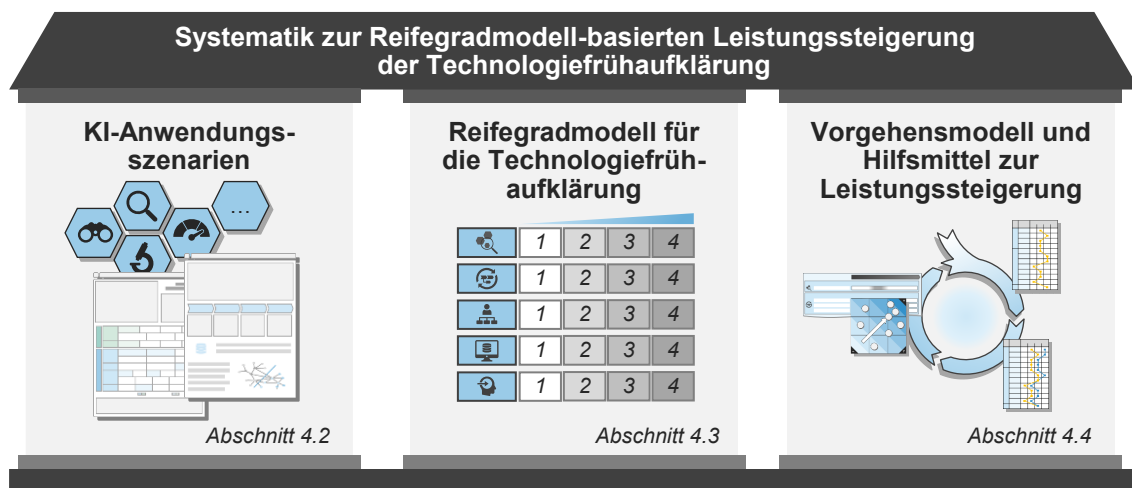


Bild 4-1: Bestandteile und Aufbau der Systematik

- **KI-Anwendungsszenarien:** Ausgangspunkt der Systematik bildet ein Katalog aus KI-Anwendungsszenarien. Dieser liefert eine strukturierte Übersicht der Einsatzmöglichkeiten von KI zur Unterstützung der einzelnen Phasen und Aufgaben der TFA. Die KI-Anwendungsszenarien sind integrierter Bestandteil des Reifegradmodells und sind jeweils den entsprechenden Handlungselementen als höchste Leistungsstufe zugeordnet. Die Herleitung erfolgte durch ein systematisches Vorgehen: Auf Grundlage eines Klassifikationsschemas wurden KI-Anwendungsbeispiele aus 210 wissenschaftlichen Publikationen eingeordnet und zu 12 Anwendungsszenarien verdichtet. Jedes Anwendungsszenario ist in einem Steckbrief dokumentiert und wird anhand eines Anwendungsbeispiels detailliert. Die beschriebenen KI-Anwendungsszenarien liefern Impulse für die Erweiterung der derzeitigen Möglichkeiten zur Analyse technologischer Entwicklungen zur Leistungssteigerung. Zur Erschließung dieser Potenziale dient das parallel erarbeitete Reifegradmodell.
- **Reifegradmodell:** Kern der Systematik ist das Reifegradmodell für die TFA. Es umfasst alle Handlungsfelder zur Gestaltung der TFA in Unternehmen, definiert die Ausprägungen der TFA für verschiedene Leistungsstufen und deren Entwicklung von geringer zu hoher Reife. Auf Basis des Reifegradmodells kann eine objektive Bewertung der aktuellen Leistungsfähigkeit vorgenommen werden, um darauf aufbauend eine individuelle Zielposition zu bestimmen und eine Leistungssteigerung systematisch zu planen. Das Reifegradmodell ermöglicht zudem aufgrund seiner Allgemeingültigkeit eine Vergleichbarkeit zwischen Unternehmen.
- **Vorgehensmodell & Hilfsmittel:** Das Vorgehensmodell zur Anwendung der Systematik beschreibt detailliert alle durchzuführenden Tätigkeiten zur Leistungssteigerung. Ausgehend von der Analyse der Ausgangssituation über die Zieldefinition bis hin zur Umsetzungsplanung. Innerhalb des Vorgehensmodells wird auf die entsprechenden Hilfsmittel zur Analyse des Unternehmenskontextes und zur Auswahl von Zielreifegraden zurückgegriffen. Die Umsetzungsplanung mündet in einer Umsetzungsroadmap, welche die Maßnahmen zur Leistungssteigerung enthält.

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Systematik im Detail erläutert. Ihre **Anwendung und Validierung** werden in Kapitel 5 vorgestellt. Dazu werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells mit Unternehmen durchlaufen und die Hilfsmittel angewandt.

4.2 KI-Anwendungsszenarien

Der nachfolgende Abschnitt zeigt die Einsatzmöglichkeiten von KI in der TFA⁴⁰ anhand von KI-Anwendungsszenarien und stellt dem Anwender der Systematik für die Leistungssteigerung erforderliches Lösungswissen zur Verfügung. Die zur Ermittlung der KI-

⁴⁰ Veröffentlichte Teilergebnisse zu den KI-Anwendungsszenarien für die TFA finden sich in [EMJ24].

Anwendungsszenarien angewandte Forschungsmethode und das entsprechende Vorgehen werden in Abschnitt 4.2.1 beschrieben. Die Merkmale zur Beschreibung zeigt Abschnitt 4.2.2. Das Ergebnis der Klassifikation und die Ableitung der KI-Anwendungsszenarien erfolgt im nachfolgenden Abschnitt 4.2.3. Schließlich stellt Abschnitt 4.2.4 den KI-Anwendungsszenarien-Katalog vor. Dieser hilft Anwendern die Potenziale von KI für die TFA zu überblicken.

Die Strukturierung der KI-Potenziale im Rahmen der vorliegenden Arbeit basiert auf den drei Ebenen aus Bild 4-2. Hierbei wird auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen zwischen einem generellen Nutzungsszenario, einem Anwendungsszenario und spezifischen Anwendungsbeispielen unterschieden.

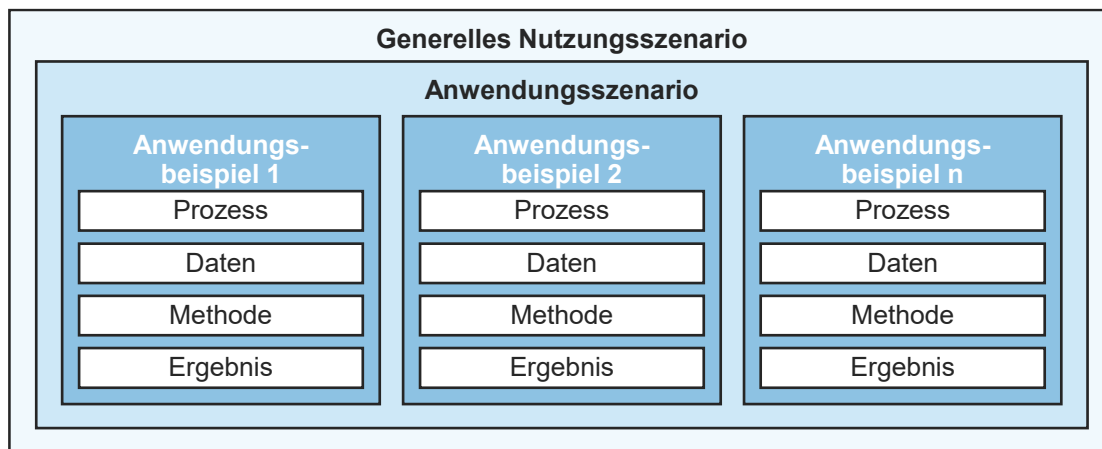


Bild 4-2: Strukturierung der KI-Potenziale für die TFA in Anlehnung an BROCK ET AL. [BEK+24, S. 272]

- **Generelles Nutzungsszenario:** Das generelle Nutzungsszenario beschreibt allgemein die Mehrwerte des KI-Einsatzes für die Domäne der TFA und gibt eine erste Übersicht grundlegender KI-Methoden (vgl. Abschnitt 2.3.6).
- **Anwendungsszenario:** Die Anwendungsszenarien fassen ähnliche Anwendungsbeispiele zusammen. Sie zeigen, welche Aufgaben und Tätigkeiten der TFA bereits heute KI-gestützt umgesetzt werden können. Abschnitt 4.2.3 beleuchtet verschiedene Anwendungsszenarien von KI in der TFA. Ein Beispiel für ein Anwendungsszenario ist die KI-gestützte Identifikation von emergenten Technologien (engl. *emerging technologies*).
- **Anwendungsbeispiel:** Die KI-Anwendungsbeispiele sind konkrete Umsetzungen von KI in wissenschaftlichen Arbeiten und Forschungskontexten. Sie ordnen sich in den Prozess der TFA ein, nutzen ausgewählte Methoden der KI, um auf Basis ausgewählter Daten ein konkretes Ergebnis zu liefern. Die spezifischen Anwendungsbeispiele zeigen somit die Instanziierung bzw. ein konkretes Lösungsbeispiel eines Anwendungsszenarios. Ein Anwendungsbeispiel sind die Untersuchungen von HAN und CHO zur Ermittlung emergenter Technologien durch den Einsatz von Structural Topic Modeling (STM) [HC22]. Mit dieser Methode werden unstrukturierte Textdaten

in Journalpublikationen sowie deren strukturierte Metadaten analysiert. Die so ermittelten Technologiethemen und die Portfoliomatrix zur Einordnung emergenter Technologien sind das Ergebnis einer exemplarischen KI-gestützten Analyse einer großen Anzahl von Publikationen und Technologien, z. B. mit dem übergeordneten Ziel der Entwicklung einer F&E-Strategie. Eine ausführliche Beschreibung des Anwendungsbeispiels findet sich in Abschnitt 4.2.3.

4.2.1 Vorgehen zur Identifikation und Strukturierung der KI-Anwendungsszenarien

Ziel ist die systematische Identifikation und Strukturierung von KI-Potenzialen zur Unterstützung der TFA. Hierfür wird ein **Systematic Literature Review (SLR)** nach WEBSTER und WATSON [WW02] durchgeführt. Die Anwendungsbeispiele aus den Publikationen werden anschließend analysiert, anhand von ausgewählten Merkmalen beschrieben und zu KI-Anwendungsszenarien verdichtet. Die einzelnen Schritte des Vorgehens werden nachfolgend beschrieben.

1) Entwicklung der Suchstrategie: Zur Identifikation der relevanten Forschung wird in einem ersten Schritt eine Suchstrategie für die Kombination der Forschungsfelder TFA und KI entwickelt. Im Verlauf der Suche wurde die Search Query iterativ weiterentwickelt. Hierfür wurden zunächst Schlagworte wie „Artificial Intelligence“ oder „Technology Foresight“ verwendet, um relevante Publikationen zu identifizieren. Die ursprüngliche Suche wurde durch die Verwendung von Schlüsselwörtern, Titeln und Abstracts aus der Literatur ergänzt und verfeinert. Die Suche wurde mithilfe der nachfolgenden Search Query ausgeführt:

Search Query 1 (TFA): TS=(*"Technolog* scout*" OR "Technolog* scanning" OR "Technolog* monitoring" OR "Technolog* foresight" OR "Technolog* forecast*" OR "Technolog* assessment" OR "Technolog* planning" OR "Technolog* intelligence" OR "Technolog* analysis" OR "Technolog* readiness" OR "Technolog* cooperation" OR "Technolog* convergence" OR "Technolog* roadmapping" OR "Technolog* radar" OR "Technolog* profiles" OR "Technolog* portfolio" OR "Technolog* life cycle" OR "Technolog* trend*" OR "weak signal" OR "strategic foresight" OR "emerging technolog*" OR "emerging trends" OR "emerging fields" OR "tech mining" OR "foresight stud*" OR "future-oriented technology analys*" OR "white spot analys*"*)

Search Query 2 (Künstliche Intelligenz): TS=(*"Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Natural Language Processing" OR "Semantic technolog*" OR "Cognitive model*" OR "Deep Learning" OR "Neural Network" OR "Topic model*" OR "Naive Bayes" OR "Latent Dirichlet Allocation" OR "LDA" OR "Knowledge Representation" OR "Data mining" OR "Text mining" OR "Web mining" OR "Image Processing" OR "Image recognition" OR "Support Vector Machine" OR "Ontology" OR "Clustering" OR "*supervised learn*" OR "reinforcement learning" OR "Pattern recognition" OR "LLM"*)

Datengrundlage für die Suche ist die WEB OF SCIENCE (WoS)-Datenbank. Sie bietet Zugang zu Artikeln, Reviews, Tagungsbänden und Journals mit einem Umfang von ca. 80 Millionen Datensätzen über 254 Kategorien und Disziplinen (Stand: Juni 2024) [Cla24-ol]. Die Suche wurde mit dem KATI-System⁴¹ (*Knowledge Analytics for Technology & Innovation*) des FRAUNHOFER FKIE umgesetzt.

2) Auswahlprozess der wissenschaftlichen Publikationen: Die Suche liefert 4.436 wissenschaftliche Publikationen ($n = \text{Anzahl}$) für den Kontext TFA und KI. Bild 4-3 zeigt den systematischen Auswahlprozess des SLR. Zusätzlich zur Search Query wurde die Suche durch die Auswahl von insgesamt 41 Journals weiter eingeschränkt. Für jedes Journal wurde eine Stichprobe von Publikationen auf ihre Relevanz für das Themenfeld der TFA hin überprüft. Die Übersicht der ausgewählten Journals findet sich im Anhang A1.1. Nach dem Ausschluss der Journals verbleiben 573 Publikationen.

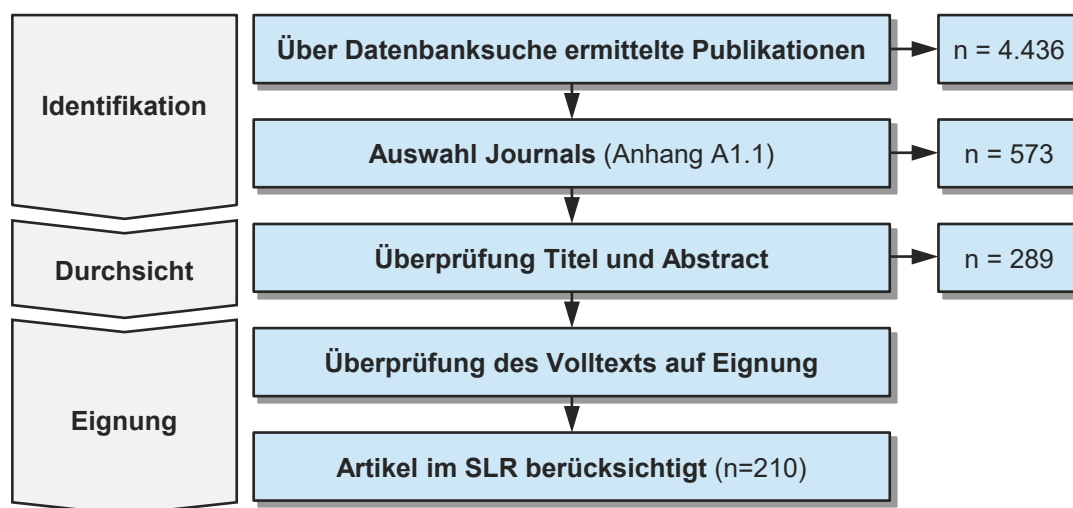


Bild 4-3: Auswahlprozess zur Identifikation relevanter Publikationen in Anlehnung an die PRISMA-Darstellung für SLR

Durch die Sichtung der Titel und Abstracts erfolgte der Ausschluss themenfremder Publikationen, welche bspw. den Einsatz von KI in weitere Disziplinen beschreiben. Dadurch verblieben 244 Publikationen zur weiteren Berücksichtigung. In einem abschließenden Schritt wurden die verbleibenden Publikationen anhand der Volltexte hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Für die vollständige Analyse und Bewertung anhand der Merkmale resultieren 210 Publikationen. Zur Erhöhung der Reliabilität wurden die Ergebnisse der manuellen Auswertung durch zwei weitere Wissenschaftler überprüft.

3) Strukturierung und Aufbereitung der KI-Anwendungsszenarien: Zur Strukturierung der identifizierten Anwendungsbeispiele werden diese anhand von sechs Merkmalen mit jeweils mehreren möglichen Merkmalsausprägungen klassifiziert. Die Herleitung der Merkmale ist im nachfolgenden Abschnitt 4.2.2 beschrieben. Die Merkmale umfassen

⁴¹ Mehr zum KATI-System unter: <https://www.fkie.fraunhofer.de/de/forschungsabteilungen/int/kati-lab.html>

solche, die den Kontext durch eine Einordnung in die Prozessphase der TFA beschreiben und die methodische Umsetzung konkretisieren. Ausgehend von der zugrunde liegenden Zielstellung werden die KI-Anwendungsbeispiele zu KI-Anwendungsszenarien zusammengefasst. Diese werden im Anschluss in Steckbriefen aufbereitet.

4) Konzept zur Erweiterbarkeit des Lösungswissens: Die rasante Weiterentwicklung im Bereich KI erfordert die Sicherstellung einer kontinuierlichen Erweiterbarkeit des Lösungswissens. Diese wird durch die systematische Herleitung durch ein SLR in Kombination mit der Verdichtung zu KI-Anwendungsszenarien und damit einer möglichen Erweiterung des Lösungswissens gewährleistet. Dabei sind zukünftige Erkenntnisse zu neuen KI-Methoden zu berücksichtigen, die im Laufe der Zeit von Wissenschaft und Praxis erarbeitet werden. Die in diesem Kapitel beschriebenen Schritte (s. Bild 4-4) sind dazu zu überprüfen und zu wiederholen.

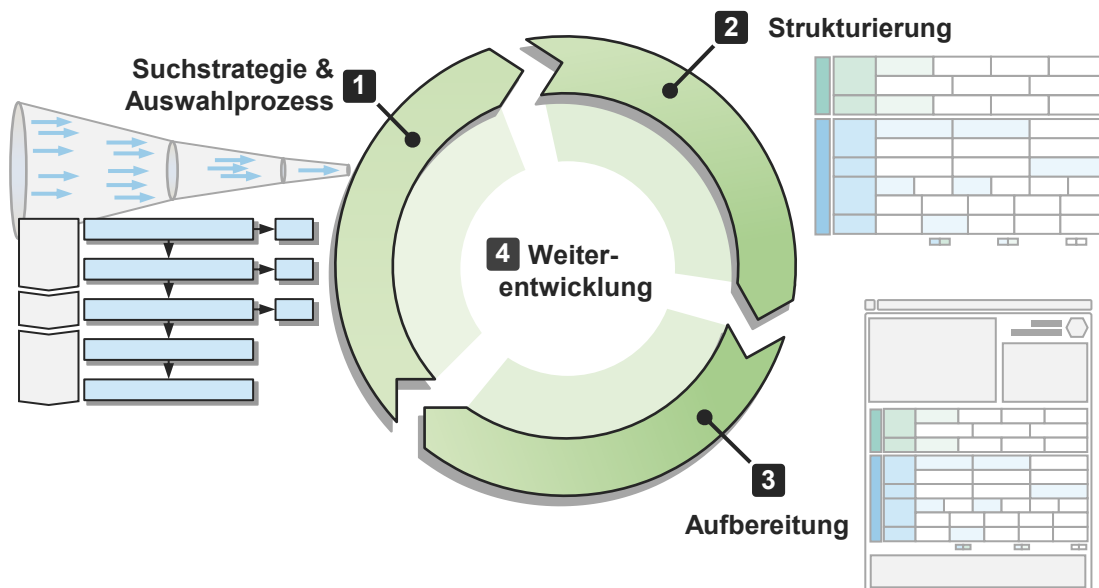


Bild 4-4: Vorgehen zur Identifikation und Erweiterung des Lösungswissens

Im Folgenden werden die zentralen **Resultate** aus dem Vorgehen vorgestellt. Hierzu zählen die Merkmale zur Beschreibung der KI-Anwendungsbeispiele (vgl. Abschnitt 4.2.2), die Charakterisierung der KI-Anwendungsszenarien (vgl. Abschnitt 4.2.3) sowie der KI-Anwendungsszenarien-Katalog in Form von Steckbriefen (vgl. Abschnitt 4.2.4).

4.2.2 Merkmale zur Beschreibung der KI-Anwendungsbeispiele

Für die strukturierte Analyse der Publikationen wurden Merkmale und zugehörige Merkmalsausprägungen definiert. Diese ermöglichen eine **einheitliche Beschreibung der KI-Anwendungsbeispiele aus der Wissenschaft** und eine Differenzierung anhand der charakteristischen Merkmalsausprägungen. Basierend auf den Merkmalsausprägungen lassen sich die Ähnlichkeiten zwischen den KI-Anwendungsbeispielen identifizieren und

die übergeordneten KI-Anwendungsszenarien ableiten. Die Merkmale und Ausprägungen wurden initial aus der *prozessorientierten morphologischen Matrix* nach LEE (vgl. Abschnitt 3.1.3) abgeleitet und im Verlauf des SLR weiter verfeinert. Wie in Bild 4-5 dargestellt, lassen sich diese in anwendungskontext- und umsetzungskontextbezogene Merkmale unterscheiden.

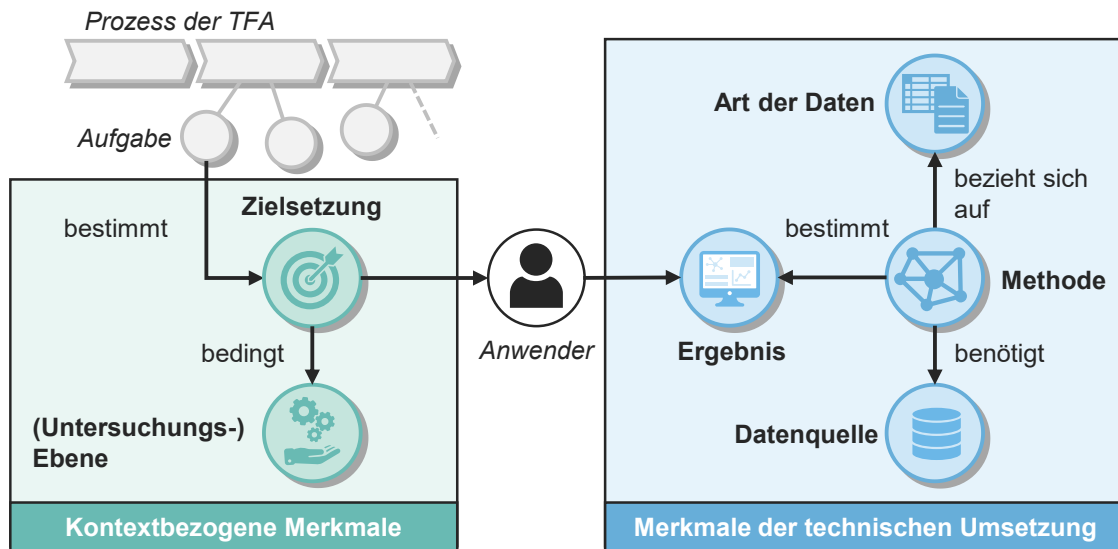


Bild 4-5: Zusammenhänge zwischen den Merkmalen

Kontextbezogene Merkmale beschreiben den Anwendungskontext, der durch KI unterstützt wird. Die *Zielsetzung* wird dabei durch die übergeordneten Prozessschritte und spezifische Aufgaben der TFA bestimmt. In Abhängigkeit der Zielsetzung bezieht sich die KI-gestützte Analyse der Daten auf eine bestimmte *(Untersuchungs-)Ebene* (z. B. Technologie oder Anwendung). Ausgehend von der Zielsetzung ergeben sich Anforderungen an die technische Umsetzung. Die Merkmale zur Beschreibung der **technischen Umsetzung** beziehen sich auf die Implementierung der mittels KI umgesetzten Anwendung. In Abhängigkeit der eingesetzten *Methoden* und des gewünschten *Ergebnisses* werden verschiedene *Datenquellen* benötigt. Die eingesetzte KI-Methode bezieht sich auf die unterschiedliche *Art der Daten* (z. B. strukturiert).

Jedem Merkmal sind mögliche Merkmalsausprägungen zugeordnet. Das Merkmalschema setzt sich aus sechs Merkmalen mit mehreren Merkmalsausprägungen zusammen. Die Anzahl der Ausprägungen variiert dabei je Merkmal. Die Merkmale stellen ausschließlich nominalskalierte Merkmale – also Merkmale mit gleichwertigen Ausprägungen dar. Die **Merkmale** und zugeordneten **Merkmalsausprägungen** (s. Bild 4-6) werden nachfolgend näher erläutert.

Klasse Merkmal		Merkmalsausprägung				
Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren	
		Bewerten		Planen		Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur	
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente		Social Media
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen		Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining		Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction		Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung	Visualisierung

Bild 4-6: Merkmale zur Klassifizierung der KI-basierten Ansätze für die TFA angelehnt an LEE [Lee21, S. 4]

Kontextbezogene Merkmale

- **Zielsetzung:** Das Merkmal definiert, welche Phasen des menschlichen Handelns – aus Sicht der Anwender – durch den Einsatz von Methoden der KI unterstützt werden. Die Merkmalsausprägungen orientieren sich an den grundlegenden Phasen und Aufgaben des Prozesses der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.2 und 2.3.3). Die Merkmalsausprägungen umfassen die Handlungsvorgänge *Identifizieren*, *Beobachten*, *Analysieren & Interpretieren*, *Antizipieren*, *Bewerten*, *Planen* und *Kommunizieren*.
- **(Untersuchungs-)Ebene:** Dieses Merkmal beschreibt die Ebene, auf die sich die Analyse bezieht. Das Merkmal adressiert damit die Tatsache, dass sich aus einer Vielzahl von Beobachtungen Erkenntnisse für die TFA ergeben können. Es werden vier Merkmalsausprägungen unterschieden: *Technologie*, *Anwendung*, *Auswirkung* und *Akteur*.

Merkmale der technischen Umsetzung

- **Datenquelle:** Das Merkmal Datenquelle gibt Auskunft über die digitalen Datenquellen (vgl. Abschnitt 2.3.5), die zur Erreichung der jeweiligen Zielsetzung verwendet werden. Die Ausprägungen des Merkmals sind *Publikationen* (z. B. WOS, DIMENSIONS, OPENALEX), *Patente* (z. B. USPTO), *Social Media* (z. B. X, LINKEDIN), *Internetquellen* (z. B. News-Websites und Blogs), *Start-up- & Finanzinformationen* (z. B. TRACXN, STARTUS INSIGHTS, CRUNCHBASE) und *Weitere* (z. B. WIKIPEDIA, Stellenausschreibungen).

- **Art der Daten:** Das Klassifikationsmerkmal beschreibt den Grad der Strukturierung der verwendeten Daten. Es gibt also Auskunft darüber, ob die KI-basierten Ansätze strukturierte Metadaten oder unstrukturierte Textinhalte nutzen. Es lassen sich die zwei Merkmalsausprägungen *strukturiert* und *unstrukturiert* unterscheiden.
- **Methode:** Das Merkmal dient der Einordnung der verwendeten KI-Methoden bzw. Algorithmen. Die insgesamt acht Merkmalsausprägungen klassifizieren die Methoden in z. B. *Clustering*-Verfahren (z. B. k-means, hierarchical clustering), *Klassifikation* (z. B. Named Entity Recognition), *NLP* (z. B. semantische Analyse, Sentiment-Analyse) oder *Topic Modeling* (LDA, STM, etc.).
- **Ergebnis:** Das letzte Merkmal Ergebnis gibt an, in welcher Form das Ergebnis zur Entscheidungsunterstützung vorliegt. Es wird differenziert zwischen *Konzept* (z. B. Roadmaps oder Portfolios), *Entität* (z. B. identifizierte Themen, Akteure oder Technologien), *Wahrscheinlichkeit* (z. B. für das Eintreten eines Events), *Beziehung* (z. B. zwischen zwei Entitäten) und *Visualisierung* (z. B. Netzgraph, Word Cloud).

4.2.3 Charakterisierung der KI-Anwendungsbeispiele

Zur Ermittlung der KI-Anwendungsszenarien wurden insgesamt **210 KI-Anwendungsbeispiele** aus wissenschaftlichen Publikationen mithilfe des Merkmalschemas bewertet. Die Auswahl der zutreffenden Merkmalsausprägungen erfolgte auf Basis des in den Publikationen beschriebenen Kontextes der TFA sowie der technischen Umsetzung. Jedem Merkmal wurde jeweils mindestens eine Merkmalsausprägung zugeordnet. Wenn in einer Publikation eine Kombination von mehreren Datenquellen oder Methoden erfolgt, sind Mehrfachzuordnungen möglich. Bild 4-7 zeigt exemplarisch die Merkmalsausprägungen für das KI-Anwendungsbeispiel „*Emerging industrial root technologies: a structural topic model- and topic matrix analysis-based approach*“. Ziel der Untersuchungen von HAN und CHO ist es, emergente Technologien zu bestimmen, um basierend auf den Erkenntnissen eine F&E-Strategie bzw. Technologiestrategie zu entwickeln [HC22].

In diesem **Anwendungsbeispiel** werden aus einer Vielzahl an industrierelevanten Basistechnologien (z. B. Prozess- und Materialtechnologien) emergente Technologien ermittelt, die in Fertigungsprozessen eingesetzt werden und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beeinflussen. Die Zielsetzung ist das *Identifizieren* dieser emergenten Technologien anhand ihrer zeitlichen Entwicklung. Da der Fokus ausschließlich auf Technologien liegt, wird die Untersuchungs- bzw. Analyseebene *Technologie* als Merkmalsausprägung gewählt. Basierend auf der Analyse von unstrukturierten Textdaten in koreanischen und internationalen Journalpublikationen aus den Jahren 2011 bis 2019 werden Technologiethemen mittels Structural Topic Modeling (STM) identifiziert. Im Vergleich mit Topic Modeling-Methoden wie LDA werden zusätzlich Metadaten berücksichtigt. Daher werden sowohl *strukturierte* als auch *unstrukturierte Daten* verwendet. Die ermittelten Technologiethemen werden auf Grundlage einer Themenportfolio-Matrix unter-

sucht. Dabei werden die Änderungsraten der Prävalenz – also die Veränderung der Verteilung eines Technologiethemas über alle Dokumente – ausgewertet und hinsichtlich der Unterschiede in den internationalen und koreanischen Journals eingeordnet. Als Ergebnis liegen mit der Matrix ein *Konzept* und mit den ermittelten emergenten Technologiethemas *Entitäten* vor.

Klasse Merkmal		Merkmalsausprägung				
Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren	
		Bewerten		Planen	Kommunizieren	
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur	
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente	Social Media	
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis	
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling	
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung	Visualisierung

Bild 4-7: Merkmalsausprägungen am Beispiel „Emerging industrial root technologies: a structural topic model- and topic matrix analysis-based approach“

Für die Zuordnung der KI-Anwendungsbeispiele zu übergeordneten **KI-Anwendungsszenarien** wurden diese manuell anhand der für Anwender primär relevanten Kontextmerkmale (*Zielsetzung* und *Untersuchungsebene*) gruppiert. Während die Bewertung der Merkmale zur technischen Umsetzung wertvolle Erkenntnisse zur möglichen Implementierung der Anwendungsbeispiele liefert, gibt sie Anwendern keinen Aufschluss darüber, weshalb diese KI-basierten Ansätze innerhalb der Prozesse und Aufgaben der TFA eingesetzt werden. Automatisierte Ansätze wie Clustering oder Topic Modeling zur Strukturierung der Anwendungsbeispiele – wie in vielen anderen Beispielen zur Strukturierung von Technologie-Anwendungsbeispielen eingesetzt – haben sich daher als nicht zielführend erwiesen.

Dies liegt zum einen daran, dass Methoden zur Identifikation von Mustern in Daten für unterschiedliche Zielstellungen gleichermaßen eingesetzt werden können. So kann Topic Modeling bspw. zur Identifikation von emergenten Technologien, aber auch zur grundlegenden Strukturierung technologischer Themen und deren Teilthemen im Rahmen der Technologie-Analyse genutzt werden. Zum anderen liegt dies an der uneinheitlichen Begriffsverwendung in der Wissenschaftscommunity (vgl. [MG18, S. 667]), die eine manuelle Verdichtung zu den Anwendungsszenarien erfordert.

In einem zweiten Schritt wurden die resultierenden **Gruppen bzw. Cluster** und die zugehörigen KI-Anwendungsbeispiele hinsichtlich ihrer konzeptionellen Ausrichtung und technischen Umsetzung detailliert untersucht. Anhand der Titel der jeweiligen Publikationen oder eingesetzten Methoden konnten verschiedene Konzepte differenziert und eigenständige Anwendungsszenarien abgeleitet werden. So sind die beiden KI-Anwendungsszenarien „Technologiemonitoring“ und „Beobachtung der Technologiekonvergenz“ zwar beide der Zielsetzung *Beobachten* zuzuordnen, unterscheiden sich jedoch in der konkreten Umsetzung. Die Umsetzung des Technologiemonitorings erfolgt in der Regel durch den Einsatz von Text Mining und Clustering auf Basis unstrukturierter Daten aus Publikationen und Patenten. Die Beobachtung der Technologiekonvergenz hingegen basiert auf Methoden wie Link Prediction oder Neuronale Netze. Bild 4-8 zeigt die insgesamt 12 identifizierten KI-Anwendungsszenarien in der Übersicht. Im Folgenden werden die KI-Anwendungsszenarien näher erläutert.

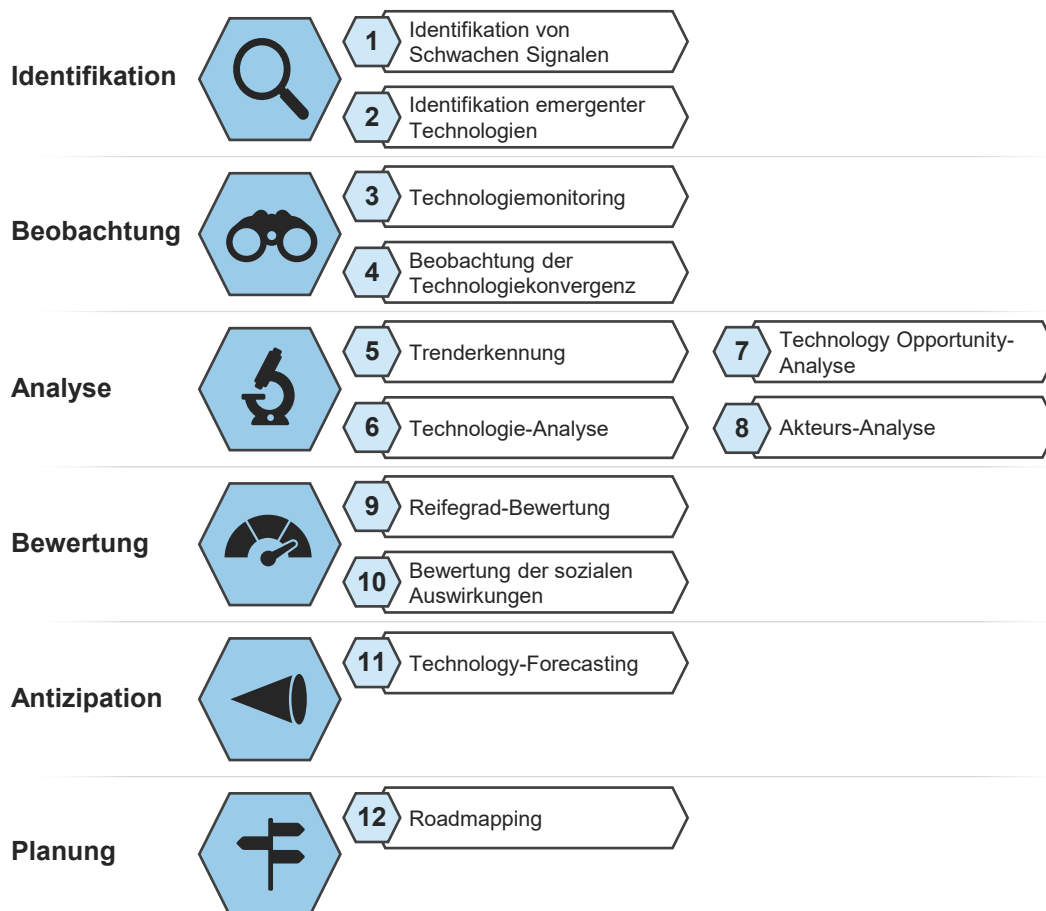


Bild 4-8: Übersicht der identifizierten KI-Anwendungsszenarien

Identifikation

Zur Kategorie *Identifikation* gehören Anwendungsbeispiele, die darauf abzielen neue, bisher unbekannte Technologien oder Akteure zu identifizieren. Die Erkenntnisse aus dem Einsatz KI-basierter Ansätze aus diesem Bereich lassen sich zumeist auch für die Bewertung (z. B. des Reifegrads von Technologien) heranziehen.

1) Identifikation von Schwachen Signalen: Die Identifikation von Weak Signals zielt darauf ab, neue Entwicklungen oder Veränderungen im gesamten Technologie- und Forschungsraum („Nadel im Heuhaufen“) möglichst frühzeitig zu identifizieren. Aufgrund ihrer Frühzeitigkeit sind schwache Signale mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Sie sind Indikatoren für sich anbahnende Entwicklungen.

2) Identifikation emergenter Technologien: Das Anwendungsszenario beschreibt den Einsatz KI-basierter Ansätze zur systematischen Identifikation und Einordnung aufstrebender Technologien, die bereits ein erhebliches Potenzial erkennen lassen. Diese sogenannten emergenten Technologien weisen einen oft vergleichsweise geringen Reifegrad auf, für die sich jedoch bereits Anwendungen und Entwicklungsrichtungen abzeichnen. Die Einordnung als emergente Technologie liefert zugleich Hinweise auf den Reifegrad und kann zur Bewertung einer Technologie herangezogen werden.

Beobachtung

Anwendungsszenarien in der Kategorie *Beobachtung* nutzen KI-basierte Ansätze zur Verfolgung der zeitlichen Entwicklung bzw. Evolution bereits bekannter Technologien.

3) Technologiemonitoring: Ziel des Technologiemonitorings ist es, die Entwicklung einer oder mehrerer Technologien im Zeitverlauf systematisch zu beobachten. Dabei werden aktuelle Fortschritte bzw. potenzielle Durchbrüche KI-gestützt beobachtet, die Neuartigkeit eines Themas entlang der zeitlichen Entwicklung beurteilt und so Veränderungen in verschiedenen Technologiefeldern wahrgenommen. Aus der Beobachtung der Entwicklung von Technologien ergeben sich Implikationen für die Bewertung und mögliche Maßnahmen zur Verwertung.

4) Beobachtung der Technologiekonvergenz: Die KI-basierten Ansätze dieses Anwendungsszenarios zielen – ähnlich wie das Technologiemonitoring – auf die Beobachtung der zeitlichen Entwicklung und damit des evolutionären Charakters von Technologien ab. Der Fokus liegt jedoch auf Bereichen, in denen verschiedene Technologien konvergieren, d.h. im Laufe der Zeit zu neuen Themenfeldern verschmelzen. Dadurch entstehen Synergien für neue, integrierte Technologien oder Anwendungen und damit verbundene Marktchancen. Diese Beobachtungen lassen Rückschlüsse auf zukünftig eintretende Entwicklungen von Technologien zu und unterstützen somit auch die Antizipation.

Analyse

KI-Anwendungsszenarien der Kategorie *Analyse* zielen darauf ab, eine bereits bekannte Technologie bzw. ihr Umfeld im Detail zu untersuchen. Hierfür werden Technologien, deren mögliche Anwendungen sowie die Aktivitäten relevanter Akteure analysiert.

5) Trenderkennung: Kern der Trenderkennung ist die Analyse von Patenten und Publikationen nach Mustern, die auf neue Entwicklungen und technologische Durchbrüche hindeuten. Anhand der Analyse lassen sich auch neue Anwendungsbereiche für Technologien identifizieren.

6) Technologie-Analyse: Dieses Anwendungsszenario dient der detaillierten Analyse der Entwicklung technologischer Themen sowie deren Strukturierung. Ziel ist es, einen umfassenden Überblick über eine bereits bekannte Technologie zu erhalten. Dazu wird bspw. versucht, Muster in den Daten zu erkennen, um zusammenhängende Technologien und Themen sowie relevante Akteure zu identifizieren. Über den Entwicklungsverlauf einer Technologie werden relevante Subthemen identifiziert, die die zukünftige Entwicklung der Technologie prägen können. Zum Teil geben diese Analysen auch eine Implikation für die Aktualität von zugehörigen Technologiethematen.

7) Technology Opportunity-Analyse: Das Anwendungsszenario zielt auf die Analyse der technologischen Möglichkeiten und damit der potenziellen Chancen einer Technologie oder eines Technologiefeldes ab. Dabei sollen die Informationen aus der Analyse Aufschluss über die Umsetzbarkeit, das Marktpotenzial oder mögliche Wettbewerbsvorteile geben, die strategische Entscheidungen bezüglich der Einführung oder Investition in diese Technologie unterstützen können. Die aus den Daten gewonnenen Erkenntnisse über die technische und wirtschaftliche Machbarkeit und den potenziellen Nutzen erlauben darüber hinaus Rückschlüsse für die Phase der Verwertung und Planung.

8) Akteurs-Analyse: Ziel ist es, die relevanten Akteure in einem ausgewählten Technologiefeld zu identifizieren und zu analysieren. Dabei können sowohl ganze Innovationsökosysteme auf Länderebene als auch einzelne Unternehmen analysiert werden, um bspw. Einblicke in die technologischen Aktivitäten von Wettbewerbern (z. B. anhand von Patenten) zu erhalten oder strategische Partnerschaften anzubahnen. Die Analyse der relevanten Akteure kann zudem auch als Grundlage für die *Bewertung* von Technologien (z. B. Bewertung der eigenen Technologieposition im Vergleich zum Wettbewerb) sowie für die *Verwertung & Planung* (z. B. Identifikation von Technologielieferanten oder Kooperationspartnern) dienen.

Bewertung

Die KI-Anwendungsszenarien der Kategorie *Bewertung* unterstützen den Anwender bei der Einordnung bereits identifizierter Technologien. Durch die Verwendung KI-gestützter Ansätze soll so eine möglichst objektive Bewertungsgrundlage bereitgestellt werden.

9) Reifegrad-Bewertung: Die Reifegrad-Bewertung dient der Bestimmung der verschiedenen Phasen und Entwicklungen, die Technologien in ihrem Lebenszyklus durchlaufen, und damit des derzeitigen Reifegrads. Anhand verschiedener Indikatoren (z. B. Anzahl von Patenten und die verbundene Wachstumsrate), die Rückschlüsse auf die Evolution einer Technologie zulassen, erfolgt bspw. die Einordnung der Position einer Technologie in die S-Kurve bzw. deren Lebenszyklus.

10) Bewertung der sozialen Auswirkungen: Die Analyse der sozialen Auswirkungen nutzt große Datenmengen, um die Auswirkungen von Technologien zu erfassen und zu bewerten. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung der potenziellen Auswirkungen auf gesellschaftliche Strukturen, Verhaltensweisen und Werte.

Antizipation

Die Kategorie *Antizipation* bezieht sich auf die Notwendigkeit, sich mit zukünftigen Entwicklungen auseinanderzusetzen und auf diese vorbereitet zu sein.

11) Technology-Forecasting: Forecasting zielt darauf ab, systematisch zukünftige Entwicklungen ausgewählter Technologien zu antizipieren und zu verstehen. Durch die Analyse von z. B. Patenten sollen Prognosen über Entwicklungsrichtungen, Entwicklungsgeschwindigkeit sowie deren Auswirkungen in einem Technologiefeld erstellt werden.

Planung

Innerhalb der Kategorie *Planung* werden KI-basierte Ansätze eingeordnet, welche Anwender bei der Ableitung von Handlungsoptionen aus den resultierenden Erkenntnissen zu neuen Technologien sowie deren Abstimmung mit weiteren Aktivitäten im Unternehmen unterstützen.

12) Roadmapping: Dieses Anwendungsszenario beschreibt die KI-gestützte Erstellung von Technologie-Roadmaps. Die Analyse umfangreicher Daten liefert hierfür Erkenntnisse zur Strukturierung von Technologien und Trends, zur Bestimmung relevanter Zeithorizonte sowie zur Verknüpfung der Einflussfaktoren Technologie, Produkt und Markt im Kontext der strategischen Planung.

4.2.4 Katalog mit KI-Anwendungsszenario-Steckbriefen

Jedes KI-Anwendungsszenario ist in einem **zweiseitigen Steckbrief** detailliert beschrieben. Bild 4-9 und Bild 4-10 zeigen einen solchen Steckbrief am Beispiel des KI-Anwendungsszenarios „Technologiemonitoring“. Alle weiteren Steckbriefe sind in Anhang A1.2 dargestellt.

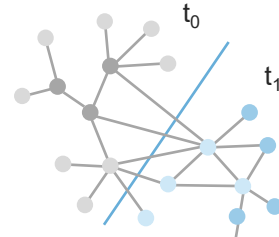
Die Steckbriefe geben den Anwendern eine kompakte Übersicht zur Umsetzung der KI-Anwendungsszenarien, bspw. hinsichtlich der anzuwendenden Methoden und der benötigten Daten. Jeder Steckbrief enthält zunächst eine *Kurzbeschreibung*, welche die Zielsetzung, die eingesetzten Methoden und die verwendeten Daten zusammenfasst sowie den daraus resultierenden Nutzen für den Anwender kurz erläutert. Darüber hinaus umfasst der Steckbrief eine einfache grafische Veranschaulichung des Anwendungsszenarios. Ausgehend von dem jeweiligen KI-Anwendungsszenario werden zudem die charakteristischen Ausprägungen des *Merkmalschemas* definiert. Da zur Erreichung der Zielsetzung verschiedene Methoden oder Daten eingesetzt werden können, sind mehrere Ausprägungen bei den Klassifikationsmerkmalen der *Technischen Umsetzung* möglich. Über eine Farbabstufung wird zwischen starken Ausprägungen (in ≥ 50 % der Publikationen enthalten), schwachen Ausprägungen (in > 10 % bis < 50 % der Publikationen enthalten) und vereinzelter Ausprägungen (in ≤ 10 % enthalten) unterschieden. Die *konkretisierenden Beispiele* im unteren Teil des Steckbriefs verweisen auf eine Auswahl der dem jeweiligen KI-Anwendungsszenario zugrunde liegenden KI-Anwendungsbeispiele.

3 KI-Anwendungsszenario: Technologiemonitoring

Kurzbeschreibung

Ziel des KI-gestützten Technologiemonitorings ist es, die **Entwicklung einer oder mehrerer Technologien im Zeitverlauf** systematisch zu beobachten. Durch den Einsatz von Text Mining-Ansätzen, semantischen Analysen oder Topic Modeling zur Analyse von bpsw. **Patenttexten** sollen Technologiefelder und Entwicklungspfade ermittelt werden, um sowohl **technologische Fortschritte** als auch frühzeitig **neue Entwicklungen** zu erfassen. Dabei werden aktuelle Fortschritte bzw. potenzielle Durchbrüche datengestützt beobachtet, die Neuartigkeit eines Themas im Zeitverlauf beurteilt und so Veränderungen in verschiedenen Technologiefeldern wahrgenommen. Ergebnis sind **Netzgraphen** zur Darstellung der zeitlichen Veränderung. Aus der Beobachtung der Entwicklung von Technologien ergeben sich Implikationen für die Bewertung und mögliche Maßnahmen zur Verwertung.

Cluster Beobachten



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente		Social Media
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen		Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in ≥ 50 % ausgeprägt in > 10 bis < 50 % ausgeprägt in ≤ 10 % ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis [KPY16]
- Monitoring Emerging Technologies for Technology Planning Using Technical Keyword Based Analysis from Patent Data [JK17]
- Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling [MR16]

Bild 4-9: Erste Seite des Steckbriefs für das KI-Anwendungsszenario „Technologiemonitoring“

Die zweite Seite des Steckbriefs zeigt ein konkretes KI-Anwendungsbeispiel für das Technologiemonitoring (s. Bild 4-10). Zunächst wird das Anwendungsbeispiel kurz charakterisiert. Kern der zweiten Steckbriefseite ist die Darstellung des **Vorgehens**: von der Datenvorbereitung bis zur Visualisierung des Ergebnisses werden die einzelnen Schritte sowie die verwendeten Methoden beschrieben. Anschließend werden die im Anwendungsbeispiel eingesetzten **Daten** erläutert, bevor das **Ergebnis** dargestellt wird.

3 KI-Anwendungsszenario: Technologiemonitoring

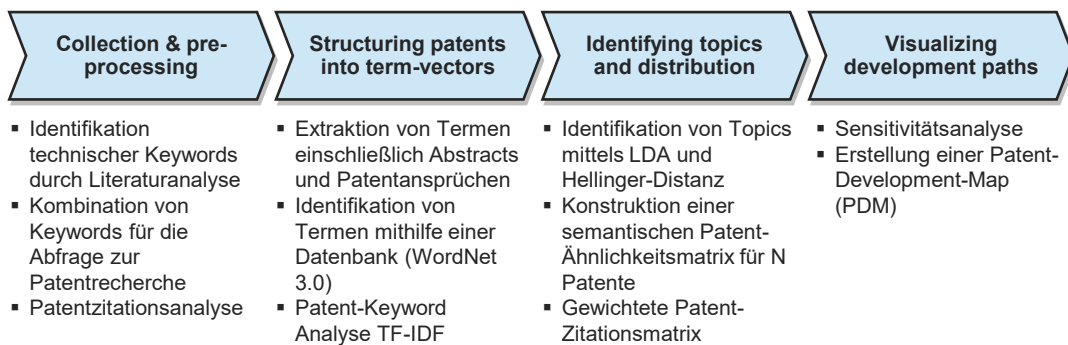
KI-Anwendungsbeispiel:

“Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis“

[KPY16]

Ziel des Ansatzes von KIM ET AL. sind **Patent Development Maps (PDMs)** zur Beobachtung technologischer Entwicklungen. Der methodische Ansatz besteht aus **vier Schritten**: Zunächst werden relevante Patente extrahiert und textuell analysiert, wobei Schlüsselbegriffe (z. B. aus den Abstracts) mittels TF-IDF gewichtet werden. Anschließend werden technologische Themen mittels LDA identifiziert, die als Grundlage für die Klassifikation der Patente dienen. Die semantische Ähnlichkeit zwischen Patenten wird über die Hellinger-Distanz bestimmt, um inhaltliche Nachfolgeverhältnisse zu bestimmen. Schließlich kombiniert die PDM Zitationsdaten und semantische Beziehungen, um **Entwicklungspfade in einer gewichteten Matrix** zu visualisieren, wobei eine Schwellenwertanalyse **zentrale Patente und Verknüpfungen** filtert. Der entwickelte Ansatz wird anhand von 3D-Druck-Patenten demonstriert.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Mittels der Suchanfrage werden Patente aus der Patentdatenbank des USPTO abgerufen und anschließend als Excel-Datei gespeichert.

Ergebnis

Ergebnis des Ansatzes sind die **identifizierten Technologiethemen** und eine **Patent Development Map**. Sie visualisiert die farbkodierten Kategorien und Subtechnologien sowie die **Entwicklungspfade** einer Technologie. Die Größe der Knoten spiegelt die festgestellte Relevanz wider.

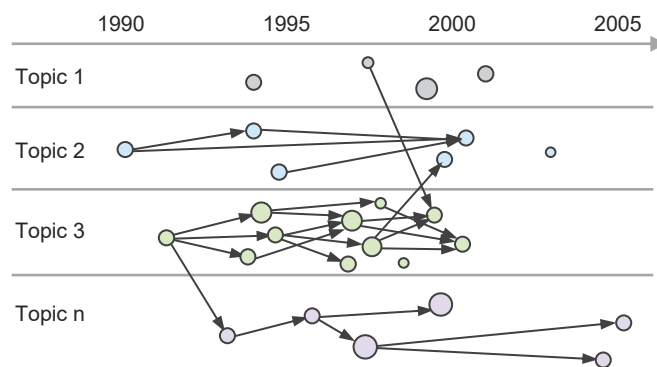


Bild 4-10: Zweite Seite des Steckbriefs für das KI-Anwendungsszenario „Technologiemonitoring“

Als Resultat liegt ein **Katalog bestehend aus 12 KI-Anwendungsszenarien** vor. Sie enthalten das für die Leistungssteigerung der TFA erforderliche Lösungswissen und sind integrierter Bestandteil des Reifegradmodells, das Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts ist.

4.3 Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung

Das Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung⁴² dient der objektiven Erfassung der aktuellen Leistungsfähigkeit, der Definition einer individuellen Zielposition und der systematischen Planung der Leistungssteigerung. Im Folgenden wird das Reifegradmodell vorgestellt. Die dem Reifegradmodell zugrunde liegende Entwicklungsmethodik und ihre Anwendung werden in Abschnitt 4.3.1 beschrieben. In Abschnitt 4.3.2 werden die Handlungsfelder der TFA beschrieben und die TFA als Teilsystem im Unternehmen sowie die Zusammenhänge dargestellt. Die Darstellung dient als Überblick und Verständnisgrundlage für die Anwender des Reifegradmodells. In Abschnitt 4.3.3 werden die Handlungselemente und Leistungsstufen erläutert. Die Reifegrade, welche sinnvolle Evolutionsschritte in der Praxis widerspiegeln, werden in Abschnitt 4.3.4 charakterisiert. Basierend auf Best Practices bieten sie eine Orientierung zur Auswahl geeigneter Reifegradstufen zur Zieldefinition.

4.3.1 Vorgehen zur Entwicklung des Reifegradmodells

Zur Entwicklung von Reifegradmodellen finden sich in der Literatur⁴³ unterschiedliche Vorgehensweisen. Diese folgen in der Regel einem ähnlichen **Grundaufbau**, der fünf generische Phasen umfasst: *Problemidentifikation*, *Zielsetzung & Eingrenzung*, *Modellgestaltung*, *Evaluation* und *Iterative Nutzung & Evolution* [LMM+11, S. 179]. Die Entwicklung des vorliegenden Reifegradmodells orientiert sich an der **Entwicklungsmethode** von BECKER ET AL. [BKP09]. Diese basiert auf den Design Science Research Guidelines von HEVNER ET AL. Die **Anwendung der Entwicklungsmethode** im Kontext dieser Arbeit ist in Bild 4-11 vereinfacht dargestellt und wird im Folgenden beschrieben:

- 1) **Problemdefinition:** Die Identifikation der Problemrelevanz sowie die Problemdefinition erfolgt im Rahmen der Problemanalyse und der Problemabgrenzung (vgl. Abschnitt 2). Der adressierte Untersuchungsbereich des Reifegradmodells ist die TFA. Zielgruppe sind Technologie- und Innovationsverantwortliche.
- 2) **Vergleich bestehender Reifegradmodelle:** Durch die Analyse des Stands der Technik wurde vor der Entwicklung ein Vergleich bestehender Modelle aus der Literatur durchgeführt (vgl. Abschnitt 3.2).
- 3) **Festlegung der Entwicklungsstrategie:** Basierend auf dem Vergleich wurde eine vollständige Neuentwicklung als Entwicklungsstrategie festgelegt.

⁴² Veröffentlichte Teilergebnisse zu dem Reifegradmodell finden sich in [EAD23].

⁴³ Vergleichende Übersichten zu Entwicklungsmethoden für Reifegradmodelle finden sich bspw. in [Chr09], [Ben13], [Met10] oder [Ege16].

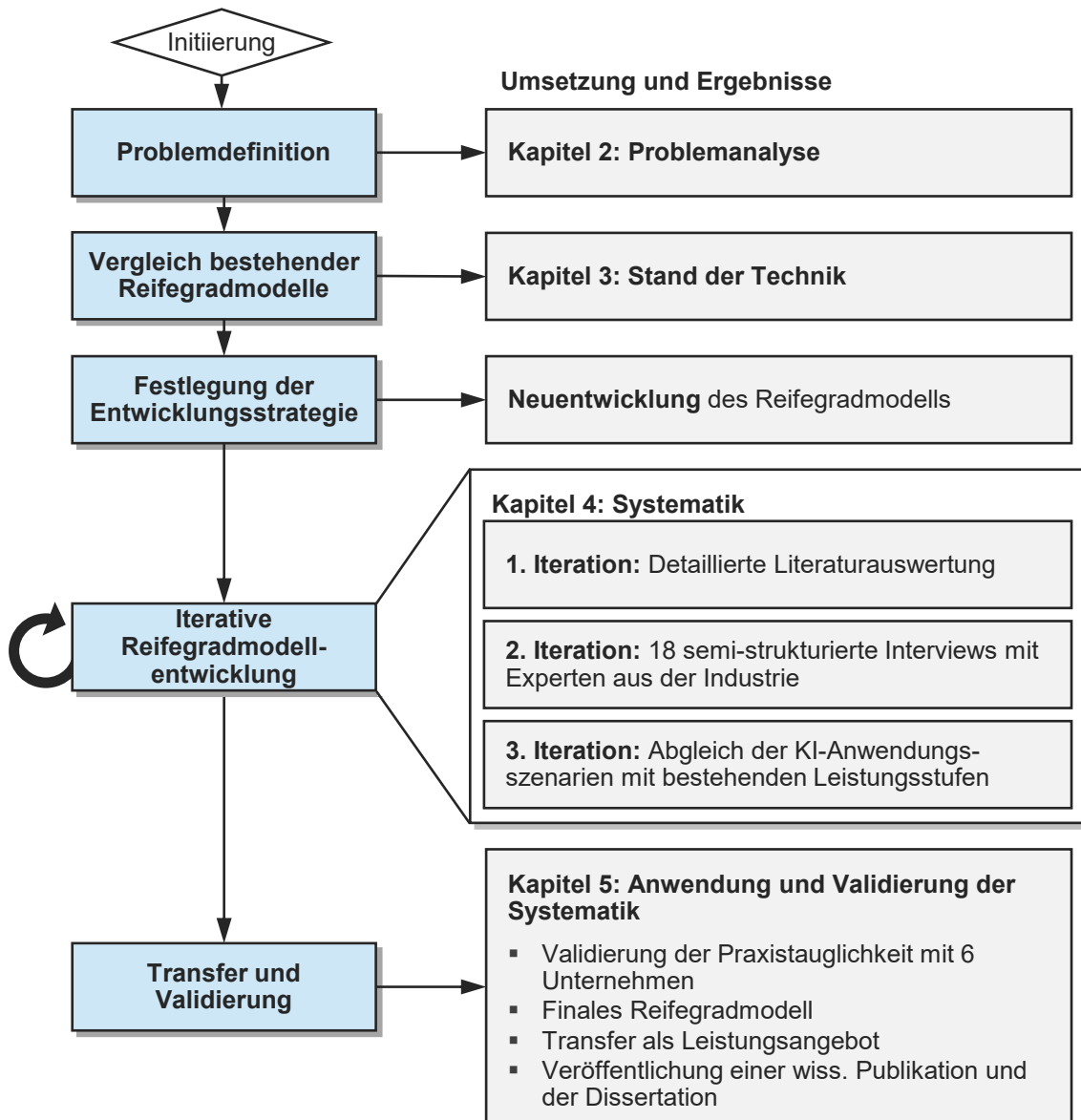


Bild 4-11: Anwendung der Entwicklungsmethode in Anlehnung an BECKER ET AL. im Kontext der vorliegenden Arbeit [BKP09, S. 254]

- 4) **Erste Iteration der Reifegradmodellentwicklung:** Im Rahmen der ersten Iteration zur Entwicklung des Reifegradmodells wurde eine umfassende **Literaturstudie** durchgeführt. Hierbei wurden Fachbücher und wissenschaftliche Publikationen zur Umsetzung der TFA in Unternehmen sowie angrenzende Themengebiete hinsichtlich der Beschreibung von grundlegenden Handlungsfeldern, Handlungselementen, Leistungsstufen, Erfolgsfaktoren und Best Practices untersucht. Das initial aus der Literaturstudie abgeleitete und strukturierte Reifegradmodell zeigt bereits viele relevante Handlungsfelder und Handlungselemente auf. Jedoch werden in der Literatur nur vereinzelt Aspekte und Praktiken beschrieben, die bereits konkreten Leistungsstufen zugeordnet werden können. Die Überprüfung der Ergebnisse der ersten Iteration hat daher gezeigt, dass viele der identifizierten Handlungselemente keine definierten

Leistungsstufen aufweisen und somit unvollständig sind. Hierfür sind in der Unternehmenspraxis gelebte Beispiele zu identifizieren, die als Grundlage zur Ableitung und Ergänzung fehlender Leistungsstufen im Reifegradmodell dienen.

- 5) **Zweite Iteration der Reifegradmodellentwicklung:** In der zweiten Iteration wurden basierend auf dem initialen Reifegradmodell semi-strukturierte **Interviews mit 18 Experten aus Industrieunternehmen** geführt und ausgewertet. Die Größe der teilnehmenden Unternehmen reicht von 750 bis über 150.000 Mitarbeitenden. Die Liste der befragten Experten und Unternehmen findet sich in Anhang A2.1. Der verwendete Interviewleitfaden zur Erhebung von Leistungsstufen und zur Diskussion von Best Practices ist im Anhang A2.2 dokumentiert. Die gewählten Fragen stellen eine Abdeckung der zentralen Themenbereiche sicher und lassen andererseits genug Raum zur Exploration der individuellen Erfahrungen. Durch die Erkenntnisse aus den Experteninterviews konnte das Reifegradmodell hinsichtlich der Handlungsfelder neu strukturiert sowie durch zusätzliche Handlungselemente und Leistungsstufen ergänzt werden. Gleichzeitig wurde deutlich, dass heute die Potenziale von KI (vgl. Abschnitt 2.3.6 und 4.2) in der Praxis bislang kaum genutzt werden und die TFA oftmals nicht auf quantitativen Daten basiert. Die Interviews lassen somit keine belastbaren Aussagen darüber zu, wie sich die TFA durch den Fortschritt im Bereich der Künstlichen Intelligenz zukünftig verändern wird und wie dies im Reifegradmodell berücksichtigt werden kann. Entsprechend bedarf es einer weiteren Iteration der Reifegradmodellentwicklung zur Integration der KI-Potenziale für die TFA, die auf den identifizierten KI-Anwendungsszenarien aufbaut.
- 6) **Dritte Iteration der Reifegradmodellentwicklung:** Ziel der dritten Iteration ist die Integration der KI-Potenziale in das Reifegradmodell und damit der Ausblick auf zukünftig relevante Leistungsstufen, die den Einsatz von KI im Kontext der TFA beschreiben. Hierzu erfolgt ein **Abgleich der Leistungsstufen der bisherigen Iterationen mit den KI-Anwendungsszenarien** aus Abschnitt 4.2. Dabei wird das Reifegradmodell auf neue Leistungsstufen überprüft, die sich aus den Möglichkeiten der identifizierten KI-Anwendungsszenarien ergeben. Hierfür wurden die beschriebenen Aufgaben der Handlungselemente mit den Potenzialen und erwarteten Erkenntnissen aus der Anwendung von KI in den Anwendungsszenarien abgeglichen. Bild 4-12 zeigt die Einordnung der KI-Anwendungsszenarien in das Reifegradmodell der Technologiefrühaufklärung. Nach der Freigabe des Reifegradmodells erfolgt schließlich der Transfer und die Validierung. Das finale Reifegradmodell nach dem Durchlauf der drei Iterationen zeigt dieses Kapitel (siehe Abschnitt 4.3.2 und 4.3.3).
- 7) **Transfer und Validierung:** Der Transfer des Reifegradmodells in die Theorie und Praxis erfolgt über eine wissenschaftliche Publikation sowie die Veröffentlichung der Dissertation. Der Transfer in die Praxis erfolgt durch ein Leistungsangebot sowie durch die Validierung des Problemlösungsbeitrags im Rahmend der workshopbasierten Anwendung der Systematik und der verbundenen Hilfsmittel mit sechs Industrieunternehmen. Die Durchführung der Validierung wird in Kapitel 5 erläutert.

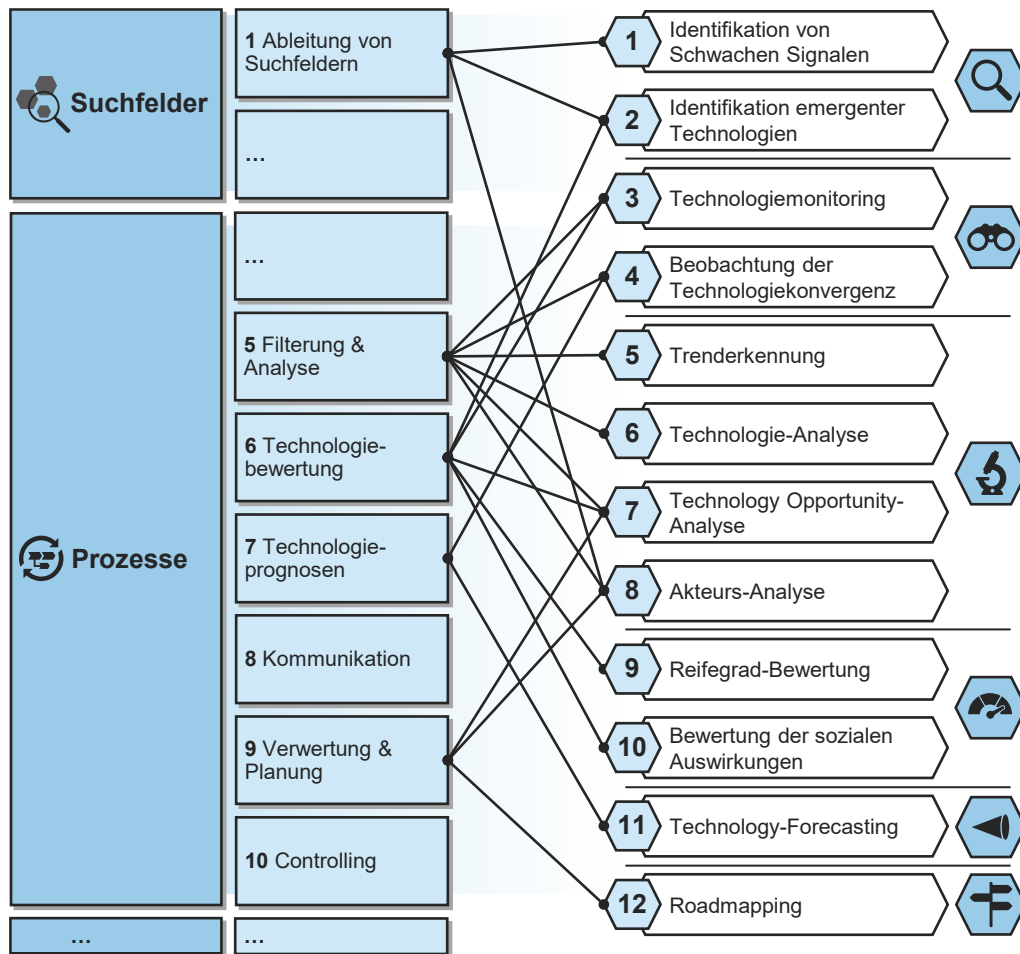


Bild 4-12: Einordnung der KI-Anwendungsszenarien in das Reifegradmodell der Technologiefrühaufklärung

4.3.2 Die Handlungsfelder der Technologiefrühaufklärung

Im vorliegenden Abschnitt werden die wesentlichen Aspekte der TFA durch **Handlungsfelder** definiert. Jedes Handlungsfeld umfasst zwischen drei und sieben **Handlungselemente**. Somit wird die Fähigkeit von Unternehmen zur TFA anhand von 22 Handlungselementen beurteilt. Bild 4-13 gibt einen Überblick über die Handlungsfelder und zugehörigen Handlungselemente.

Suchfelder: Das Handlungsfeld Suchfelder bestimmt die grundlegende Ausrichtung der TFA und spezifiziert den Informationsbedarf (vgl. Abschnitt 2.3.3). Suchfelder strukturieren durch eine systematische Ermittlung den Bedarf für neue Technologien und definieren den Aktionsbereich, in dem nach neuen Technologien für das Unternehmen gesucht wird. Sie bilden damit die Grundlage für eine effiziente Ermittlung des technologisch relevanten Umfelds und grenzen den Beobachtungsraum ein. Sie bedürfen einer regelmäßigen Überprüfung und Aktualisierung.

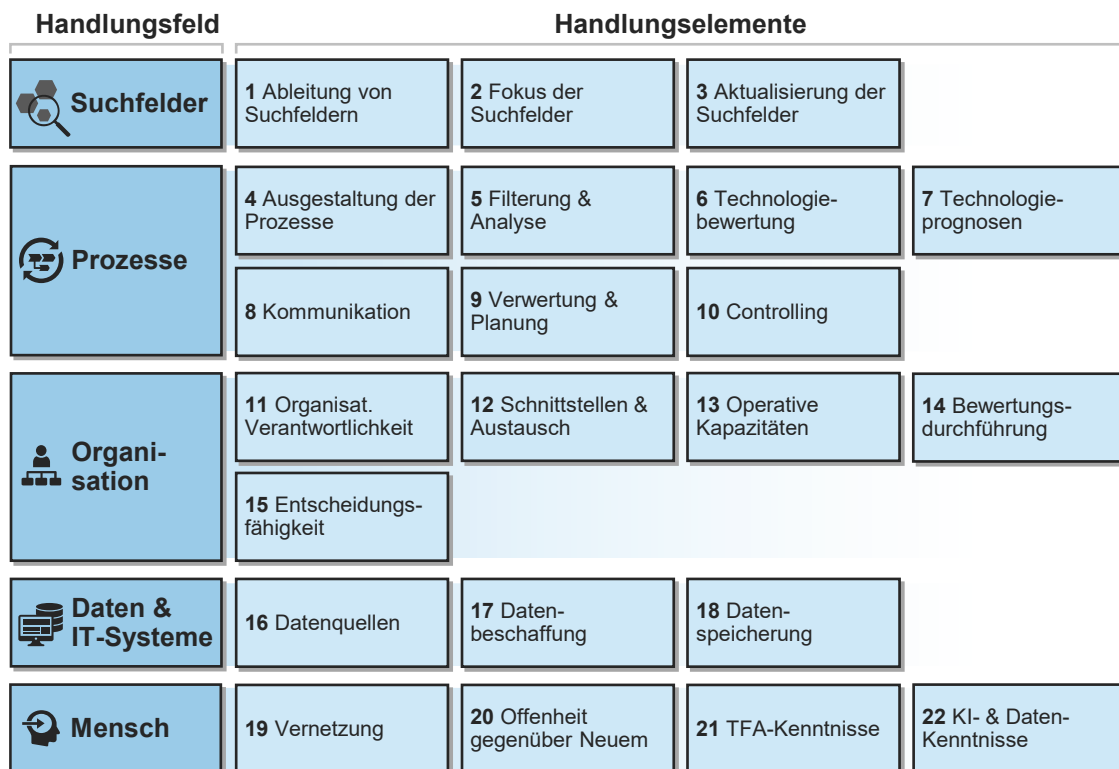


Bild 4-13: Handlungsfelder und zugehörige Handlungselemente der TFA im Überblick

Prozesse: Die Prozesse der TFA stellen die Grundlage für alle im Rahmen der TFA durchzuführenden Prozessschritte und Aktivitäten dar (z. B. Technologiebewertung, Kommunikation oder Planung). Das Vorhandensein eines Prozesses sowie die Qualität der Durchführung der einzelnen Prozessschritte beeinflussen das Ergebnis der TFA.

Organisation: Die Organisation bestimmt die Struktur und die Organisationsform zur Realisierung der TFA im Unternehmen. Darüber hinaus liefert sie Informationen über Schnittstellen zu weiteren Organisationseinheiten und dem Management.

Daten & IT-Systeme: Das Handlungsfeld Daten & IT-Systeme umfasst alle Aspekte der informationstechnischen Unterstützung der Prozessschritte und Aktivitäten. Dazu zählen bspw. die eingesetzten Datenquellen sowie die Art der Datenbeschaffung.

Mensch: Der Mensch als Teil des Systems TFA trägt die Verantwortung für die Durchführung und Umsetzung. Seine Fähigkeiten und Eigenschaften beeinflussen maßgeblich die Umsetzung der TFA im Unternehmen.

Neben den zuvor beschriebenen Handlungsfeldern, welche die unternehmensinterne Sichtweise auf die TFA widerspiegeln, haben auch **extrinsischen Faktoren** wie das Unternehmensumfeld, Umweltfaktoren und der spezifische Unternehmenskontext einen Einfluss auf die TFA (vgl. [Roh11, S. 72f.]). Das **Unternehmensumfeld** bzw. Umweltfaktoren wie bspw. Kunden, Wettbewerber, Technologien sowie Regularien und Gesetzgebungen beeinflussen, wonach in der TFA gesucht wird [SS19b, S. 4]. Der spezifische

Kontext des Unternehmens hingegen bestimmt den Bedarf der Unternehmen, also in welchem Umfang und in welcher Tiefe die TFA erforderlich ist.

Basierend auf diesen Faktoren können **Empfehlungen für die Gestaltung** des Systems TFA abgeleitet werden. Relevante Kontextfaktoren umfassen die Unternehmensgröße, die Komplexität des Unternehmensumfeldes (z. B. Anzahl der Wettbewerber oder Interdependenz des Marktes) und die Veränderungsgeschwindigkeit der Branche. Letztere beschreibt die Geschwindigkeit der Einführung von Innovationen (Produkte, Prozesse und Organisationsstrukturen) [Fin98], z. B. in der Softwarebranche im Vergleich zum Maschinen- und Anlagenbau. Aus diesen Überlegungen lässt sich ableiten, dass Unterschiede im Unternehmensumfeld und -kontext den Bedarf an TFA beeinflussen und die Bewertung der extrinsischen Faktoren bei der Gestaltung des Systems unterstützen kann [Roh11, S. 73]. Anhand der definierten Handlungsfelder und extrinsischen Faktoren lässt sich ein **Metamodell** für die TFA ableiten. Das Metamodell für die TFA ist in Bild 4-14 dargestellt.

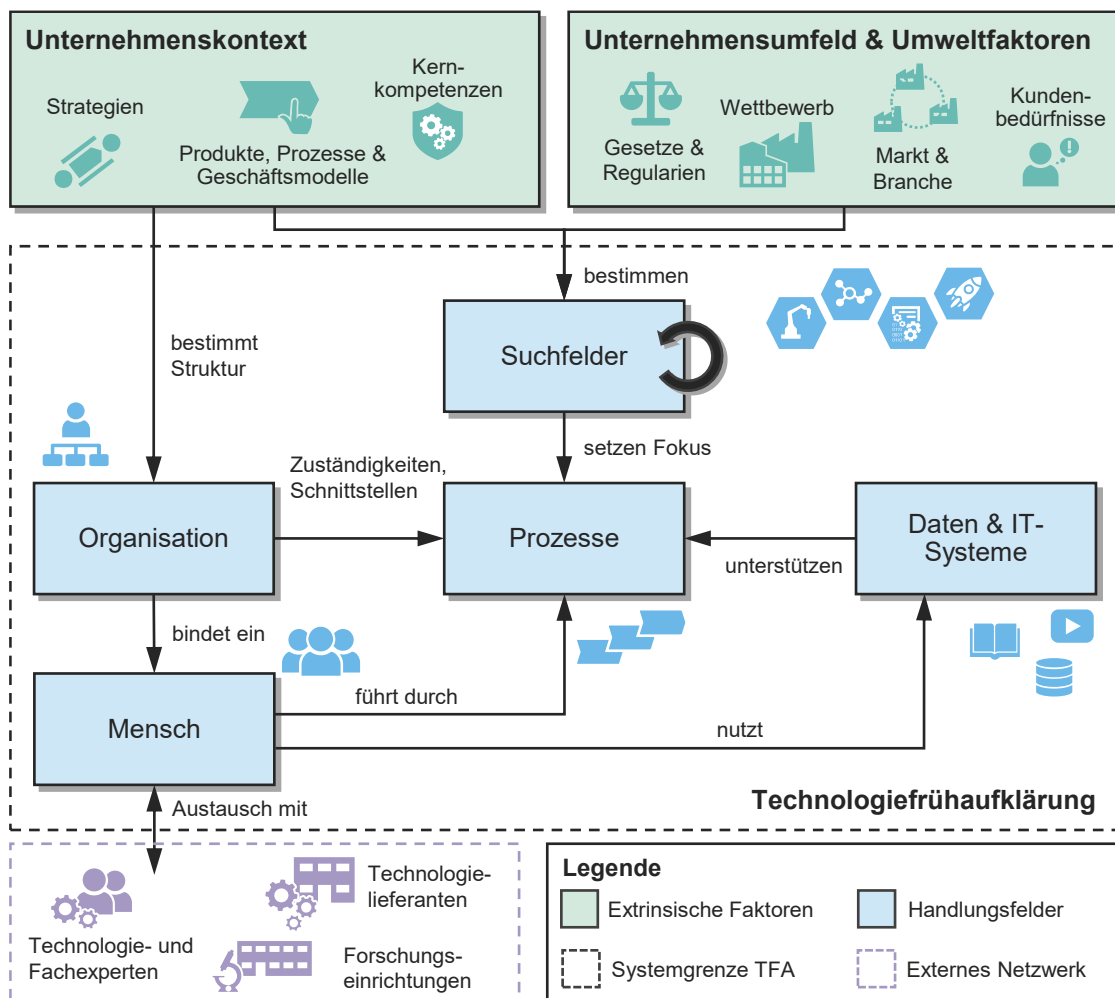


Bild 4-14: Metamodell der Technologiefrühaufklärung

Das Modell verdeutlicht den Aufbau der einzelnen Bestandteile sowie die grundlegenden Beziehungen und Wechselwirkungen innerhalb der TFA, mit dem gesamten Unternehmen sowie mit externen Faktoren, wie bspw. dem Unternehmensumfeld oder Technologielieferanten. Es dient zugleich der Abgrenzung des Untersuchungsbereichs des Reifegradmodells. Der Unternehmenskontext bestimmt bspw. durch die Unternehmensstrategie oder Kernkompetenzen, wie die Suchfelder im Rahmen der TFA auszugestalten sind (vgl. Abschnitt 2.3.3). Diese gilt es den Entwicklungen des Unternehmensumfelds (z. B. wandelnde Kundenbedürfnisse) entsprechend stetig zu überprüfen und zu aktualisieren. Darüber hinaus bestimmt der Unternehmenskontext durch die Branche, die Unternehmensstruktur und -größe die Organisation der TFA (vgl. Abschnitt 2.3.4). Die Suchfelder wiederum sind die Eingangsgröße für die verschiedenen Prozesse der TFA, wie bspw. die Technologiesuche und -analyse. Die Prozesse und Aufgaben werden durch den Menschen durchgeführt und durch geeignete Daten und IT-Systeme unterstützt. Zusätzlich erfolgt im Rahmen der TFA ein Austausch mit einem externen Netzwerk, das bspw. aus Technologie- und Fachexperten oder Forschungseinrichtungen besteht.

4.3.3 Handlungselemente und Leistungsstufen

Die Handlungsfelder des Reifegradmodells werden durch Handlungselemente und zugehörige Leistungsstufen detailliert. Diese ermöglichen es, den Grad der Beherrschung der einzelnen Elemente zu bewerten. Im vorliegenden Reifegradmodell werden **vier Leistungsstufen** beschrieben, welche die Fähigkeit bzw. die Reife von nicht vorhanden oder schlecht (Leistungsstufe 1), rudimentär oder bessere Praxis (Leistungsstufe 2), gute Praxis (Leistungsstufe 3) bis hin zu exzellenter Praxis (Leistungsstufe 4) angeben. Die einzelnen Leistungsstufen sind qualitativ beschrieben, sodass Unternehmen ihre eigene Leistungsfähigkeit anhand dieser Kurzbeschreibungen einschätzen können. Aus der Beschreibung der Leistungsstufen gehen ein oder mehrere **spezifische Ziele und Praktiken** hervor, welche für die Erreichung der jeweiligen Leistungsstufe relevant bzw. erforderlich sind. Das Reifegradmodell weist dabei eine stufenförmige Art der Leistungsstufen auf [WM16, S. 168]. Die stufenförmige Bewertung der Reife basiert auf der **kumulativen Erfüllung** der Leistungsstufen. Ordnet sich ein Unternehmen der Leistungsstufe 3 zu, erfüllt es in der Regel die Ziele und Praktiken der Leistungsstufen 1 und 2. Durch die stufenweise Erreichung neuer Fähigkeitsgrade ist der Entwicklungspfad klar vorgegeben. Im Folgenden werden die Handlungselemente und Leistungsstufen näher beschrieben.

4.3.3.1 Suchfelder

Das Handlungsfeld **Suchfelder** gliedert sich in die Handlungselemente Ableitung von Suchfeldern, Fokus der Suchfelder und Aktualisierung der Suchfelder. Tabelle 4-1 zeigt die Handlungselemente und Leistungsstufen.

Tabelle 4-1: Handlungselemente und Leistungsstufen „Suchfelder“

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
Das Handlungsfeld beschreibt den Grad der systematischen Herleitung von Suchfeldern anhand verschiedener Einflussfaktoren.	Es sind keine Suchfelder definiert und dokumentiert. Input aus dem Tagesgeschäft bestimmt die meist unsystematische Beobachtung von Technologien.	Verantwortliche für die TFA bestimmen intuitiv die Suchfelder anhand des Wissens über die vom Unternehmen angebotenen Marktleistungen oder durch Workshops mit Fachabteilungen. Hierbei sollen die Suchfelder aktuelle Probleme lösen.	Suchfelder werden aus der Unternehmens-, Technologie- oder Innovationsstrategie abgeleitet. Alternativ kann das Erstellen und Analysieren von Zukunftsbildern einen Einblick in zukünftige Kundenbedürfnisse liefern.	Neben dem problemorientierten und strategischen Ansatz zur Ableitung von Suchfeldern liefern Impulse aus Daten, z. B. durch die Identifikation schwacher Signale, einen Input für die Suchfelder.
Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
Der Fokus der Suchfelder bestimmt sowohl die inhaltliche Breite als auch die angestrebte Technologiereife der Suchfelder und damit auch die Fähigkeit des Unternehmens, die resultierende Anzahl an potenziell relevanten Technologien zu beobachten.	Da keine TFA-Aktivitäten durchgeführt werden, ist kein Fokus festgelegt.	Es werden die großen technologischen Entwicklungen sowie allgemein bekannte Trends (z. B. Industrie 4.0, KI) grob verfolgt. Der Fokus liegt auf marktreifen Technologien, die ohne viel Entwicklungsaufwand eine direkte Verbesserung der Marktleistungen ermöglichen.	Es werden die allgemeinen Entwicklungen im eigenen Unternehmensumfeld und der Branche beobachtet. Fokus liegt auf den Kernkompetenzen des Unternehmens und es müssen bereits passende Applikationen für den eigenen Kontext erkennbar sein.	Eine ausgewogene Beobachtung von Entwicklungen im eigenen Unternehmensumfeld und darüber hinaus ermöglicht die Entdeckung neuer Geschäftspotenziale. Die Technologien weisen einen hohen Neuheitsgrad auf, welcher ein hohes Disruptionspotenzial für die eigene Branche mit sich bringt.
Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Die Aktualisierung beschreibt das Zeitintervall, innerhalb dessen bisherige Entscheidungen bzgl. der Ausrichtung der Suchfelder und Aktivitäten überprüft und aktualisiert werden.	Es findet keine Aktualisierung der Suchfelder statt.	Generische und allumfassende Leitthemen der Suchfelder erfordern kaum Anpassung. Das Zeitintervall ist nicht festgelegt.	In Abhängigkeit von neuen Entwicklungen im Unternehmensumfeld und in der Branche werden reaktiv Technologiethemen mit hinzugenommen oder nicht mehr berücksichtigt. Es ist jedoch keine Regelmäßigkeit erkennbar.	Die Suchfelder werden in regelmäßigen Abständen (z. B. quartalsweise oder jährlich) auf den Prüfstand gestellt und bei Bedarf aktualisiert.

Das Handlungselement **Ableitung von Suchfeldern** beschreibt die systematische Herleitung des Informationsbedarfs zur Definition von Suchfeldern. Die Suchfelder unterliegen einer Vielzahl an unternehmensinternen (z. B. Kernkompetenzen) und externe Faktoren (z. B. wandelnde Kundenbedürfnisse) [WSH+11, S. 114f.]. Innerhalb der Leistungsstufe 2 „Intuitiv oder problemorientiert“ werden Suchfelder intuitiv und durch das Wissen über die eigenen Marktleistungen und/oder anhand aktueller Kundenbedürfnisse definiert (vgl. [WSH+11, S. 114], [Sav04, S. 36]). Eine weitere Herangehensweise in dieser Leistungsstufe ist die Integration der Fachabteilungen und deren Bedarfe im Rahmen von Workshops oder Interviews. Diese Synchronisation minimiert das Risiko, dass Technologien am Bedarf des Unternehmens vorbei gesucht werden [SLK+17, S. 143]. Die Suchfelder orientieren sich stets an aktuellen Problemstellungen und Kundenbedürfnissen. Für die

Leistungsstufe 3 „Strategisch“ wird das Suchfeld durch die Erstellung und Analyse von Szenarien zur Ermittlung zukünftiger Chancen und Kundenbedürfnisse sowie die Ableitung von Technologiebedarfen aus z. B. Kernkompetenzen, Unternehmens-, Technologie- oder Innovationsstrategie definiert (vgl. [Kob07, S. 33], [Lau13, S. 181], [SS19b, S. 4], [Lan16, S. 56]). In der höchsten Leistungsstufe 4 liefern KI-gestützte Ansätze Impulse für die Ableitung von Suchfeldern, z. B. durch die Identifikation neuer technologischer Entwicklungen oder schwacher Signale (vgl. Abschnitt 4.2.3).

Der **Fokus der Suchfelder** definiert sowohl die Breite der Suchfelder als auch die angestrebte Technologiereife und damit die Fähigkeit des Unternehmens, die daraus resultierende Anzahl an Technologien und schwachen Signalen zu beobachten. Aus den Zielen für die TFA (z. B. Produktverbesserung oder Erschließen neuer Geschäftsfelder) lassen sich Vorgaben für den Fokus der Suchfelder ableiten (vgl. [Kob07, S. 32]). Ausgehend von der Leistungsstufe 2 „Generelle Entwicklungen“, in der lediglich die großen technologischen Entwicklungen und Trends (wie z. B. KI oder Digitalisierung) verfolgt werden und marktreife Technologien im Vordergrund stehen (vgl. [Roh14, S. 61]), wird in der Leistungsstufe 4 innerhalb und außerhalb der eigenen Branchengrenzen nach disruptiven Technologien mit geringer Reife gesucht (vgl. [Reg01, S. 539]). Diese lassen durch den hohen Neuheitsgrad auf ein hohes Disruptionspotenzial für die eigene Branche oder Potenzial zur Erschließung eines vollkommen neuartigen Geschäftsfelds schließen. In der Literatur ist dies vergleichbar mit der Inside-Out- und der Outside-In-Beobachtungsperspektive⁴⁴. Schließlich kann ein zu enger Fokus dazu führen, dass Substitutionstechnologien nicht erkannt werden [WSH+11, S. 116], während ohne Fokus und bei begrenzten Ressourcen schnell ein „*information overload*“ erreicht wird [Reg01, S. 539].

Schließlich adressiert das Handlungselement **Aktualisierung der Suchfelder** die Notwendigkeit, alle Entscheidungen zur Ausrichtung der TFA zu überprüfen und zu aktualisieren [Lic07, S. 1125], [WSH+11, S. 109]. Die Leistungsstufen reichen dabei von Leistungsstufe 1 „Keine Aktualisierung“, Leistungsstufe 2 „Kaum Anpassung“ aufgrund eher generischer Suchfelder, über die Leistungsstufe 3 „Tempo der Branche“ bis hin zu Leistungsstufe 4 „Proaktiv & regelmäßig“. In der Leistungsstufe 4 werden die Suchfelder in regelmäßigen Abständen (z. B. in Austauschrunden mit dem Management oder ausgelöst durch einen Strategieprozess) auf den Prüfstand gestellt und bei Bedarf aktualisiert.

4.3.3.2 Prozesse

Das Handlungsfeld **Prozesse** lässt sich in die sieben Handlungselemente Ausgestaltung der Prozesse, Filterung & Analyse, Technologiebewertung, Technologie-Prognosen, Kommunikation, Verwertung & Planung und Controlling untergliedern (vgl. Tabelle 4-2

⁴⁴ Die **Inside-Out-Perspektive** ist eine gerichtete Suche innerhalb der eigenen Domäne, welche in für das Unternehmen relevanten Suchfeldern erfolgt. Die **Outside-In-Suche** hingegen zielt auf Potenziale außerhalb der eigenen Technologiedomäne ab [Lic02, S. 33], [Reg06, S. 315], [WSH+11, S. 106f.].

und Tabelle 4-3). Hierdurch werden die Güte der Prozessgestaltung sowie die Prozessphasen und Aufgaben (vgl. Abschnitt 2.3.2 und 2.3.3) aufgegriffen.

Tabelle 4-2: Handlungselemente und Leistungsstufen „Prozesse“ (1/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
Der Prozess liefert die Struktur zur Bewältigung der einzelnen Phasen und Herausforderungen der TFA.	Für die Durchführung der TFA-Aktivitäten gibt es keinen Prozess.	Aktivitäten zur Identifikation neuer Technologien erfolgen eher sporadisch und ohne formalisierte Prozessschritte. Lediglich der Innovationsprozess liefert vereinzelte Anknüpfungspunkte.	Einfacher und praxisorientierter Prozess zur Identifikation neuer Technologien, der zu mehr Effizienz führt oder strukturierter und formalisierter Prozess, der jedoch den Innovationsprozess hemmt.	Strukturierte Prozesse in Kombination mit flexiblen informellen Prozessen gewährleisten ein Gleichgewicht zwischen Systematisierung und notwendiger Flexibilität. Etablierte Feedbackmechanismen führen zur kontinuierlichen Verbesserung der Aktivitäten und Prozesse.
Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
Ziel der Technologie-Analyse ist die effiziente Auswertung und Aufbereitung von Informationen. In der Analyse werden bspw. Zusammenhänge und neue Entwicklungen untersucht.	Es werden keine Technologien analysiert.	Die Analyse findet durch die manuelle Auswertung einzelner Dokumente und Informationen bis hin zu großen Informationsmengen statt.	Die manuelle Analyse wird durch den Einsatz einfacher Algorithmen und bibliometrischer Analysen unterstützt. Visualisierungen durch Graphen etc. ergänzen die Analyse.	Zur inhaltlichen Analyse von komplexen technologischen Informationen und zur Identifikation von Mustern in Daten werden Methoden der KI (wie z. B. Topic Modeling oder Clustering) eingesetzt.
Technologiebewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
Die Technologie-Bewertung bezeichnet die systematische Bewertung von Technologien hinsichtlich des definierten Ziels der TFA.	Es erfolgt keine Bewertung von Technologien.	Die intuitive Bewertung durch die Mitarbeitenden ermöglicht eine ungefähre Einschätzung der Relevanz für die Marktleistungen und das Unternehmen.	Methodengestützte Bewertung anhand von SWOT-Analysen, Kosten-Nutzen-Analysen, des Reifegrads (TRL) oder projektspezifischer Key Performance Indicators (KPI).	Die Bewertung von Technologien erfolgt KI-gestützt, um bspw. anhand großer Datenmengen den Reifegrad einer Technologie oder deren Auswirkungen zu bestimmen.
Technologieprognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
Technologie-Prognosen bzw. Forecasting beschreiben die systematische Prognose über zukünftige technologische Entwicklungen basierend auf Daten und Erfahrung aus der Vergangenheit und Gegenwart.	Es werden keine Prognosen erstellt.	Intuitive Abschätzung zukünftiger Entwicklung basierend auf Erfahrungswissen. So kann bspw. die Diffusion von Technologien in die eigene Branche ein Indikator für die zukünftige Entwicklung bilden.	Durch den Einsatz von explorativen Methoden, wie z. B. der Szenariotechnik, werden neue Entwicklungsmöglichkeiten von Technologien und des technologischen Umfelds antizipiert.	Basierend auf dem Einsatz von KI (z. B. zur Analyse von Patenten) und Expertenwissen werden zukünftige technologische Entwicklungen antizipiert.

Das Handlungselement **Ausgestaltung der Prozesse** beschreibt die Güte des gelebten Prozesses, die den Aktivitäten der TFA zugrunde liegen. Der Prozess liefert die Struktur zur Bewältigung der Herausforderungen. Fehlende Prozesse führen häufig dazu, dass Aktivitäten wirkungslos bleiben, da sie zu keiner Verwertung im Unternehmen führen und

im Leeren verlaufen. Die Leistungsstufen umfassen die Ausprägungen von Leistungsstufe 1 „Kein Prozess“ bis hin zum Optimum der Leistungsstufe 4 „Kontinuierliche Verbesserung“, in der ein strukturierter Prozess in Kombination mit flexiblen informellen Prozessen für ein Gleichgewicht zwischen der Systematisierung von Aktivitäten und der notwendigen Freiheit für informelle Abläufe und Austausch sorgt [SA14, S. 129], [Tat09, S. 166f.]. Zudem trägt das Feedback der Stakeholder zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse bei. In der Realität zeigt sich jedoch häufig eine sporadische und nicht formalisierte Suche nach neuen Technologien [Sch19, S. 14], [Reg01, S. 537].

Die **Filterung & Analyse** als Handlungselement ist von zentraler Bedeutung für die Umsetzung der TFA. Ihr Ziel ist die effiziente Filterung, Analyse und Visualisierung von Informationen. Zur Verdichtung des Informationsgehalts werden Zusammenhänge, Wechselwirkungen und Auswirkungen technologischer Entwicklungen ergründet. Die manuelle Analyse einzelner Informationen bis hin zur Analyse großer Informationsmengen wird durch die Leistungsstufe 2 „Manuell“ beschrieben (vgl. [Reg01, S. 546], [KS12, S. 19f.]). Werden für die Technologie-Analyse einfache Verfahren bzw. Metriken, wie die Publikationshäufigkeits- oder Co-Wortanalyse eingesetzt, ist die Leistungsstufe 3 „Einfache Analysen“ zuzuordnen (vgl. [Zie19, S. 61f.], [Roh14, S. 61], [CSC18, S. 117f.], [Wal10, S. 30], [SLS11, S. 80], [CD13, S. 80]). In der höchsten Leistungsstufe 4 werden KI-basierte Ansätze (vgl. Abschnitt 4.2.3) zur inhaltlichen Analyse von technologischen Informationen und zur Identifikation von Mustern in den Daten eingesetzt (vgl. [SS19b, S. 9], [SA14, S. 129], [JMS+23, S. 37ff.], [GGW+22, S. 9]).

Das Handlungselement **Technologiebewertung** beschreibt den Einsatz von Methoden zur nachvollziehbaren, transparenten und systematischen Bewertung der identifizierten Technologien (vgl. [SHR16, S. 37]). Findet keine Bewertung statt, ist dies der Leistungsstufe 1 „Keine Bewertung“ zuzuordnen. Mit steigenden Leistungsstufen nimmt die Systematisierung der Bewertung zu: Leistungsstufe 2 umfasst die noch intuitive Bewertung durch Mitarbeitende (vgl. [Sch19, S. 21]), während die Leistungsstufe 3 eine methodengestützte Bewertung (z. B. Reifegradbewertung, SWOT-Analysen, STEEP oder PESTEL) bzw. allgemeine Bewertungskriterien (z. B. Strategy-fit oder vorhandenes Know-how), wirtschaftliche Kriterien und technologiespezifische KPIs in die Bewertung integriert. Die Bewertungskriterien sind für den spezifischen Unternehmenskontext individuell zu definieren [SHR16, S. 38]. Dabei ist eine klare Beschreibung erforderlich, da diese ein gemeinsames Verständnis über die Bedeutung der Kriterien fördert [RHA06, S. 982]. Leistungsstufe 4 beschreibt schließlich eine KI-gestützte Bewertung von Technologien (z. B. des Reifegrades) (vgl. Abschnitt 4.2.3).

Das dritte Handlungselement **Technologie-Prognosen** bzw. Forecasting beschreibt das Erstellen von Prognosen, d. h. die Gewinnung von Aussagen über zukünftige technologische Entwicklungen [Reg06, S. 305]. Werden keine Prognosen erstellt, erfolgt eine Einordnung in die Leistungsstufe 1. In der Leistungsstufe 2 „Intuitive Abschätzung“ wird eine Abschätzung zukünftiger Entwicklungen basierend auf Erfahrungswissen getätigt

(vgl. [CGM+16, S. 223]). Demgegenüber beschreibt die Leitungsstufe 3 „Kreativer Prozess“ den Einsatz explorativer Methoden zur Ergründung der Entwicklungspfade neuer Technologien. Die höchste Leistungsstufe 4 „KI-basiertes Forecasting“ beschreibt die Antizipation und Prognose zukünftiger Entwicklungen durch quantitative Methoden, wie z. B. der KI-gestützten Analysen (vgl. Abschnitt 4.2.3), die durch qualitative Methoden, wie z. B. Einbindung von Experten im Rahmen einer komplementären Delphi-Studie, ergänzt werden (vgl. [CGM+16, S. 242f.]).

Tabelle 4-3: Handlungselemente und Leistungsstufen „Prozesse“ (2/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
Die Kommunikation dient der zielgruppen-gerechten Aufbereitung und Verteilung von Informationen über entsprechende Formate aus der TFA in das Unternehmen.	Es erfolgt keine Kommunikation zur Verteilung der Erkenntnisse aus der TFA im Unternehmen.	Die Kommunikation ist nicht strukturiert. Absprachen erfolgen zumeist nur in Projektteams. Akteure, die organisatorisch getrennt sind und eine geringe Bereitschaft zeigen, Informationen der „Gegenseite“ zu nutzen, hemmen die gesamte Kommunikation.	Newsletter, Blog-Beiträge, Technologie-Radare, Technologie-Roadmaps und Technologie-Studien werden für eine sehr regelmäßige Kommunikation in das Unternehmen hinein genutzt. Diese werden durch physische Treffen (z. B. Arbeitstreffen) unterstützt.	Zentralisierte unternehmensweite Plattform, auf der alle gesammelten Erkenntnisse zusammengeführt und zum Abruf bereitgestellt werden. Hierdurch kann auch die Reichweite innerhalb des Unternehmens getrackt werden.
Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
Die Verwertung und Planung umfasst alle Aktivitäten zur Ableitung von Handlungsempfehlungen aus den Informationen sowie zur Planung von Maßnahmen, wie z. B. erste Pilotprojekte.	Es erfolgt keine Verwertung und Planung auf Grundlage der gewonnen Erkenntnisse. Die TFA bleibt wirkungslos.	Vereinzelte werden Projekte basierend auf den neuen technologischen Erkenntnissen angestoßen. Der gesamte Prozess ist jedoch nicht immer transparent.	Klare und transparente Strukturen zur Verwertung und Planung sowie unterstützende Formate, wie z. B. technologieorientierte Ideenworkshops, führen regelmäßig zur Definition neuer Projekte und einer guten Planungsübersicht.	Die KI-gestützte Erstellung von Roadmaps liefert Erkenntnisse zu dem relevanten Planungshorizont und der Verknüpfung der Einflussfaktoren Technologie, Produkt und Markt.
Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Das Controlling hat die Messung des Aufwands und Erfolgs sämtlicher Aktivitäten der TFA zum Ziel.	Kein Controlling der Aktivitäten.	Kein explizites Controlling, sondern subjektive Einschätzung des Erfolgs oder Bewertung der Aktivitäten anhand der strategischen Unternehmensziele und im Kontext der gesamten F&E.	Die Leistung der TFA wird durch die Erprobung erster quantitativer Kriterien gemessen, wie z. B. die Anzahl neuer Innovationsprojekte oder die Anzahl identifizierter Patente.	Etablierte Controlling-Mechanismen (definierte Kennzahlen und Reporting-Strukturen) schaffen Transparenz über alle Aktivitäten und führen so zu einem wahrgenommenen Mehrwert.

Das Handlungselement **Kommunikation** beschreibt, in welchem Maße die zielgruppenadäquate Aufbereitung und Verteilung von Informationen aus der TFA im Unternehmen erfolgt. Ohne Kommunikation ist die Leistungsstufe 1 „Keine Kommunikation“ zuzuordnen. Bei der Leistungsstufe 2 „Mangelnde Bereitschaft“ erfolgt die Kommunikation unstrukturiert. Häufig findet die Absprache lediglich in Projektteams statt, die Ergebnisse

erreichen nicht die richtigen Stakeholder und es besteht grundsätzlich eine geringe Bereitschaft, Informationen zu teilen bzw. diese zu nutzen (vgl. [SS19b, S. 7]). Die Leistungsstufe 3 „Newsletter & Meetings“ charakterisiert eine regelmäßige, bereitwillige, zielgruppengerechte und weitestgehend strukturierte Kommunikation (vgl. [Sav04, S. 72], [WSH+11, S. 135], [SA14, S. 129]). Informationen werden durch Newsletter, Blogbeiträge, Technologie-Radare oder -Studien für eine regelmäßige Kommunikation in das Unternehmen hinein (*Informations-Push*) genutzt (vgl. [SHR16, S. 40], [RHA06, S. 980]). Zusätzlich wird die Kommunikation durch physische Treffen (z. B. Arbeitstreffen oder Technologietage) unterstützt (vgl. [Lic03, S. 368], [WSH+11, S. 137]). Die Leistungsstufe 4 „Zentrale Plattform“ wird durch eine zentrale, unternehmensweite Plattform erreicht, die alle gesammelten Erkenntnisse der TFA zum Abruf (*Informations-Pull*) verfügbar macht (vgl. [Reg01, S. 543], [RG06, S. 11], [WSH+11, S. 137], [RHA06, S. 982]). Der Aufbau einer eigenen Marke im Unternehmen kann den Effekt des Informations-Pull unterstützen.

Sämtliche Aktivitäten zur Ableitung von Handlungsempfehlungen aus den technologiebezogenen Informationen sowie das Planen von Maßnahmen werden im Handlungsfeld **Verwertung & Planung** aufgegriffen. In der Leistungsstufe 1 findet keine Verwertung und Planung basierend auf den Erkenntnissen statt. In der Leistungsstufe 2 „Vereinzelte Projekte“ werden zwar noch keine langfristigen Planungsaktivitäten durchgeführt, jedoch vereinzelt Pilotprojekte angestoßen. Während hier die genauen Abläufe der *Verwertung & Planung* in der Leistungsstufe 2 nicht immer transparent sind, herrschen mit Erreichen der Leistungsstufe 3 klare und transparente Strukturen. Ergänzende Workshop-Formate und Ideation-Sessions führen zu regelmäßigen Proof-of-Concepts, neuen Marktleistungs-ideen und aktualisierten Technologie-Roadmaps, welche eine Übersicht über die langfristige Planung ermöglichen. Ist dies gegeben, erfolgt eine Einordnung in die Leistungsstufe 3 „Klare & transparente Strukturen“ (vgl. [Lau13, S. 188], [RHA06, S. 980f.], [RG06, S. 9], [Reg06, S. 311], [Kob06, S. 376], [Tho10, S. 64]). Die Ergebnisse der TFA resultieren häufig in direkten Verbesserungen von Produkten oder Investitionen in neue Technologien. In der Leistungsstufe 4 werden KI-gestützte Ansätze zur Erstellung von Roadmaps eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.2.3).

Das letzte Handlungselement im Bereich der Prozesse ist das **Controlling**, also die Messung des Aufwands und des Erfolgs sämtlicher Aktivitäten. Auch wenn der Erfolg der TFA nur schwer messbar ist – da das Ergebnis von Entscheidungen erst nach einem langen Zeitraum ersichtlich ist und diese Entscheidungen nicht ausschließlich auf den Informationen beruhen und von vielen Einflussfaktoren abhängig sind – gilt das Controlling als Erfolgsfaktor (vgl. [SLK+17, S. 143f.]). Die Umsetzung des Controllings erfolgt entweder gar nicht (Leistungsstufe 1), durch eine subjektive Einschätzung des eigenen Erfolgs (Leistungsstufe 2), über die Erprobung einfacher quantitativer Kriterien (Anzahl identifizierter Patente, Anzahl Innovationsprojekte, etc.) (Leistungsstufe 3) oder über etablierte quantitative und qualitative Kriterien, welche zu Transparenz über sämtliche Aktivitäten und einen wahrgenommenen Mehrwert führen (Leistungsstufe 4).

4.3.3.3 Organisation

Das Handlungsfeld **Organisation** wird in die Handlungselemente Organisatorische Verankerung, Schnittstellen & Austausch, Operative Kapazitäten, Kontinuität der Aktivitäten, Bewertungsdurchführung und Entscheidungsfähigkeit unterteilt. Eine Übersicht der gesamten Leistungsstufen je Handlungselement der Organisation ist in den Tabellen 4-4 und 4-5 dargestellt.

Tabelle 4-4: Handlungselemente und Leistungsstufen „Organisation“ (1/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
Beschreibt die Struktur, in der die TFA im Unternehmen organisiert ist.	Keine organisatorische Verankerung der TFA.	Die Aktivitäten der TFA sind in temporären Projektteams organisiert.	Dezentrale Verantwortlichkeit in den einzelnen Geschäftsbereichen oder Organisationseinheiten. Geschäftsbereichübergreifende Synergien werden meist nicht genutzt.	Aufgrund der hohen Bedeutung gibt es eine zentrale Verantwortlichkeit auf Gesamtunternehmensebene oder auch unternehmensübergreifende Organisationsformen in Technologienetzwerken.
Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
Das Handlungselement beschreibt den Grad der internen Vernetzung, des Austauschs von Informationen und der Nutzung des internen Know-hows.	Es gibt keine Schnittstellen und ein Austausch findet nicht statt.	Es findet ein sporadischer Austausch vor allem über das persönliche Netzwerk statt und es bestehen punktuelle Anknüpfungspunkte, z. B. zu der Vorentwicklung, Vertrieb, F&E und Produktmanagement.	Schnittstellen zu weiteren Unternehmensbereichen sind definiert. Diese werden auch zum Teil so gelebt. So erfolgt ein Austausch über den großen Rahmen.	Intensiver Austausch und regelmäßige Synchronisation (z. B. monatlich oder quartalsweise) mit allen relevanten Fachbereichen über neue Erkenntnisse und unter Einbindung höherer Managementebenen.
Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
Die operativen Kapazitäten beschreiben die zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen zur Durchführung der TFA-Aktivitäten.	Das Unternehmen verfügt über keine eigenen operativen Kapazitäten. Einzelne Aufgaben werden von externen Partnern, wie z. B. Beratungsunternehmen oder Forschungseinrichtungen durchgeführt und entsprechend eingekauft.	Die TFA wird durch Einzelpersonen aus der Geschäftsführung oder der technischen Leitung implizit durchgeführt. Diese werden ggf. durch Praktikanten oder Dienstleister unterstützt.	Ein kleines Team aus dem Bereich Technologie- und Innovationsmanagement oder aus dem allgemeinen Management widmet einen Teil seiner Zeit der TFA. Die regelmäßigen Projekte ermöglichen die Gewinnung neuer technologischer Erkenntnisse.	Eine eigenständige Organisationseinheit mit mehreren Technologie-Scouts beschäftigt sich ausschließlich mit der TFA und kollaboriert mit weiteren Stabsstellen im Unternehmen. Dabei werden die technologischen Entwicklungen kontinuierlich beobachtet und durch thematische Deep Dives ergänzt.

Das Handlungselement **Organisatorische Verankerung** beschreibt die Struktur, in der die TFA im Unternehmen organisiert ist. Für die Leistungsstufe 1 existiert keine organisatorische Verankerung in der TFA. Die Leistungsstufe 2 „Befristet“ bezieht sich auf den Zusammenschluss temporärer Projektteams (vgl. [Kob06, S. 380f.], [Sav04, S. 58], [SSL10, S. 14]). Eine Einordnung in die Leistungsstufe 3 „Dezentral“ erfolgt bei einer

dezentralen Verantwortlichkeit in den einzelnen Geschäftsbereichen bzw. Organisationseinheiten. Allerdings mangelt es hierbei an einer Erschließung der geschäftsbereichsübergreifenden Synergien sowie der Betrachtung langfristiger technologischer Entwicklungen (vgl. [WSH+11, S. 106], [Reg01, S. 537], [Reg06, S. 307], [Wol92, S. 11], [SSL10, S. 14]). Aufgrund der hohen Bedeutung der TFA in der Leistungsstufe 4 „Zentral / Hybrid“ liegt die Verantwortlichkeit auf Gesamtunternehmensebene oder die TFA wird in unternehmens-übergreifenden Technologiernetzwerken organisiert (vgl. [WSH+11, S. 105], [Reg06, S. 307], [SS19b, S. 4], [Tho, S. 61], [VMW+16, S. 14], [SSL10, S. 14]). Häufig sind auch Mischformen zu beobachten, in denen überwiegend strategische Aufgaben und Technologiethemen zentral organisiert sind und durch eine operative Umsetzung in den Geschäftsbereichen unterstützt werden (vgl. [SB14, S. 2], [WSH+11, S. 121]).

Durch das Handlungselement **Schnittstellen & Austausch** wird der interne Austausch sowie die Einbindung interner Know-how-Träger und Stakeholder beschrieben (vgl. [SKM11, S. 20]). In der ersten Leistungsstufe findet kein Austausch statt. Erfolgt der Austausch sporadisch mit weiteren Bereichen wie z. B. der Vorentwicklung oder dem Produktmanagement, wird dies der Leistungsstufe 2 zugeordnet. Die Leistungsstufe 3 „Definierte Schnittstellen“ beschreibt das Vorhandensein definierter Schnittstellen innerhalb des TFA-Prozesses zu weiteren Unternehmensbereichen, die zum Teil auch so gelebt werden. Die höchste Leistungsstufe 4 „Regelmäßige Synchronisation“ liegt vor, wenn ein intensiver Austausch und eine regelmäßige Synchronisation mit allen relevanten Fachbereichen sowie unter Einbindung höherer Managementebenen stattfindet (vgl. [RHA06, S. 980f.], [SKM11, S. 18], [Lan16, S. 57]). Die Partizipation als Erfolgsfaktor wird gelebt (vgl. [SLK+17, S. 144], [Lic07, S. 1124]).

Die zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen zur Durchführung der TFA werden in dem Handlungselement **Operative Kapazitäten** aufgegriffen (vgl. [SKM11, S. 19], [Lan16, S. 57], [Sch19, S. 12]). Die Kapazitäten bestimmen, ob die TFA im Rahmen einzelner Projekte oder als fortlaufende Aktivität im Unternehmen umgesetzt wird. Die Leistungsstufen reichen von 1 „Outsourcing einzelner Aufgaben“ bis hin zu 4 „TFA-Organisationseinheit“. Dazwischen beschreibt die Leistungsstufe 2 die Durchführung der TFA durch Einzelpersonen, z. B. aus der Geschäftsführung oder der technischen Leitung im Rahmen zeitlich befristeter Projekte (vgl. [VMW+16, S. 14], [Lan16, S. 57], [SKD+15, S. 534f.]). Diese werden bspw. in der Recherche und Informationsaufbereitung durch Studierende oder Dienstleister unterstützt. In der Leistungsstufe 3 erfolgt der Aufbau eines kleinen Teams, bspw. aus dem Bereich Technologie- und Innovationsmanagement oder der F&E, das der TFA einen gewissen Teil seiner Zeit widmet (vgl. [RAH07, S. 5]). In der Leistungsstufe 4 existiert eine eigenständige Organisationseinheit, die aus mehreren Technologie-Scouts in Vollzeit besteht (vgl. [VMW+16, S. 15], [Wol92, S. 11f.]). Hier wird die Beobachtung technologischer Entwicklungen als kontinuierliche Aktivität im Unternehmen verstanden (vgl. [Reg06, S. 10], [Lic07, S. 1126], [Lan16, S. 39]).

Tabelle 4-5: Handlungselemente und Leistungsstufen „Organisation“ (2/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Bewertungsdurchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
Die Verantwortlichkeit für die Bewertung von Technologien beschreibt den Personenkreis der für die Bewertung hinzugezogen wird.	Keine klare Verantwortlichkeit und Einbindung weiterer Stakeholder in die Bewertung.	Bewertung durch einzelne Personen aus der Geschäftsführung oder dem Management.	Bewertung durch die Community und/oder mehrere interne und externe Technologie-Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen (z. B. F&E, Produktmanagement).	Die im Unternehmen vorhandene Expertise wird durch eine KI-gestützte Bewertung ergänzt, die einer möglichen Dominanz einzelner Entscheider entgegenwirkt.
Entscheidungsfähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungskompetenz
Beschreibt die Fähigkeit der Organisation die Erkenntnisse der Technologiefrühaufklärung zur Weiterentwicklung des Unternehmens zu nutzen. Dies betrifft sowohl die Entscheidungskompetenz als auch -akzeptanz.	Erkenntnisse aus der TFA werden, wenn überhaupt, nur zufällig für die Weiterentwicklung genutzt.	Gewinnbringende Entscheidungen werden oft nicht getroffen, da es an Entscheidungskompetenz und auch an Akzeptanz mangelt. Fehlende Überzeugungskraft und das "Not invented here"-Syndrom sind prägend.	Commitment auf Management Ebene und überzeugende Informationen führen in der Regel zu zielführenden Entscheidungen, auch wenn diese schneller und radikaler umgesetzt werden könnten.	Durch gegebene Entscheidungskompetenz, transparente Prozesse und Vertrauen können die Ergebnisse auch tatsächlich in die Weiterentwicklung des Unternehmens umgesetzt werden.

Neben der Anwendung von Methoden zur systematischen Technologiebewertung gilt die Partizipation in der Bewertung als Erfolgsfaktor. Dieser wird im Handlungsfeld **Bewertungsdurchführung** adressiert. In der Leistungsstufe 1 „Keine klare Verantwortlichkeit“ erfolgt keine Einbindung in der Bewertung. Für die Leistungsstufe 2 „Management“ werden einzelne Personen der Management-Ebene in die Durchführung der Bewertung involviert (vgl. [Sch19, S. 19]). Innerhalb der Leistungsstufe 3 „Experteneinbindung“ erfolgt die Technologiebewertung aus mehreren Blickwinkeln durch interne und externe Experten aus verschiedenen Fachbereichen, z. B. in gemeinsamen Bewertungsworkshops (vgl. [RAH07, S. 7], [WSH+11, S. 133], [Roh14, S. 66], [Sch19, S. 19], [SHR16, S. 37], [SS19b, S. 7]). In der Leistungsstufe 4 „KI-gestützte Bewertung“ wird die vorhandene Expertise um eine Bewertung mittels KI ergänzt, welche eine objektive und auf Daten basierende Bewertung ermöglicht und einer möglichen Dominanz einzelner Entscheider entgegenwirkt (vgl. [WSH+11, S. 134]).

Das Handlungselement **Entscheidungsfähigkeit** beschreibt die Fähigkeit der Organisation, die Erkenntnisse der TFA effektiv und effizient für die eigene Weiterentwicklung des Unternehmens zu nutzen (vgl. [Reg06, S. 327], [SKM11, S. 21]). Findet keine Weiterentwicklung statt, ist eine Einordnung in die Leistungsstufe 1 vorzunehmen. Die Leistungsstufe 2 „Not invented here“ beschreibt einen Zustand, in dem aufgrund mangelnder Entscheidungskompetenz und -akzeptanz in der Regel keine gewinnbringenden Entscheidungen getroffen werden. Es fehlt an Überzeugung. Das Commitment auf Management-

Ebene sowie überzeugende Informationen ermöglichen in Leistungsstufe 3 meist zielführende Entscheidungen (vgl. [Lau13, S. 174]). Diese könnten jedoch deutlich schneller und radikaler umgesetzt werden. In der Leistungsstufe 4 „Entscheidungskompetenz“ werden die Ergebnisse durch Entscheidungskompetenz, transparente Prozesse und Vertrauen im Unternehmen umgesetzt (vgl. [SDB+11, S. 275], [SKD+16, S. 899]). Hierbei hat auch das Team der TFA Entscheidungskompetenz, was sich positiv auf die Informationsbeschaffung und deren Zielorientierung auswirkt [SLK+17, S. 143].

4.3.3.4 Daten & IT-Systeme

Die Handlungselemente von **Daten & IT-Systeme** sind Datenquellen, Datenbeschaffung und Datenspeicherung. Tabelle 4-6 beinhaltet alle Leistungsstufen je Handlungselement für Daten & IT-Systeme.

Durch das Handlungsfeld **Datenquellen** werden die zur Beschaffung der benötigten Informationen genutzten Datenquellen beschrieben. Deren Eignung ist von der inhaltlichen Ausrichtung der TFA und den Informationszielen abhängig. Leistungsstufe 1 „Keine Nutzung externer Daten“ beschreibt den Zustand, dass Wissen über neue Technologien aus internen Quellen ohne aktive Suche aus dem täglichen Projektgeschäft resultiert. Die zweite Leistungsstufe „Öffentlich zugänglich“ beschreibt die Nutzung von Messen, Konferenzen, Vorträgen, Forschungsprojekten, öffentlichen Programmen, Suchmaschinen (z. B. GOOGLE), fachspezifischen Blogs und Websites als wesentliche Zugänge zu technologischen Informationen (vgl. [Lau13, S. 174], [CSC18, S. 114], [Reg01, S. 546]). Werden Datenbanken (z. B. Patent- oder Publikationsdatenbanken (vgl. Abschnitt 2.3.5)) genutzt, erfolgt eine Einordnung in die Leistungsstufe 3 (vgl. [WSH+11, S. 149f.], [Pla18, S. 97ff.]). Die Leistungsstufe 4 „Scout-Netzwerk“ beschreibt den Aufbau eines Netzwerks von Technologie-Scouts (vgl. Abschnitt 2.3.5), welche als direkte und frühzeitige Informationsquelle an verschiedenen Innovationshotspots fungieren (vgl. [RG06, S. 9], [Reg06, S. 312f.], [WSH+11, S. 122], [Roh14, S. 63f.]).

Das Handlungsfeld **Datenbeschaffung** umfasst die Art und Weise der Beschaffung sowie den damit verbundenen Aufwand. Während in der Leistungsstufe 1 keine Datenbeschaffung stattfindet, erfolgt diese in der Leistungsstufe 2 „Manuell“ durch einzelne Abfragen, Telefonate oder Besuche – also händisch und mit großem Zeitaufwand (vgl. [SS19b, S. 9], [WSH+11, S. 128ff.]). In der Leistungsstufe 3 „Unterstützt“ wird durch den Einsatz von Alert-Systemen, die Konfiguration von RSS-Feeds sowie die intelligente Ergänzung von Suchanfragen die Datenbeschaffung unterstützt (vgl. [Roh11, S. 146], [KS12, S. 20], [SS19b, S. 9]). Die Leistungsstufe 4 „(Teil-)automatisiert“ ist erreicht, wenn z. B. Webcrawler, KI-Agenten oder Data mining-Ansätze eingesetzt werden, um eine zumindest teilweise automatisierte Datenbeschaffung umzusetzen (vgl. [Roh14, S. 61], [SLK+17, S. 142ff.]).

Tabelle 4-6: Handlungselemente und Leistungsstufen „Daten & IT-Systeme“

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
Beschreibt die Art der Datenquellen, die zur Informationsbeschaffung für die TFA genutzt werden. Diese sind je nach Informationsziel und inhaltlicher Ausrichtung in unterschiedlichem Maße geeignet.	Es werden keine externen Datenquellen zur Sammlung von technologischen Informationen genutzt. Informationen resultieren aus dem internen Wissen aus Projekten etc.	Expertennetzwerke, Messen, Konferenzen, Vorträge, Forschungsprojekte, Suchmaschinen, Social Media oder fachspezifische Blogs und Websites stellen den hauptsächlichen Zugang zu Informationen dar.	Als Datenquellen werden Datenbanken (z. B. Publikations- oder Patentedatenbanken) eingesetzt oder Studien eingekauft.	Neben den digital zugänglichen Datenquellen wird ein (Offline-)Netzwerk (z. B. von Technologie-Scouts) an verschiedenen Innovations-Hotspots als Zugang zu direkten und frühzeitigen Informationen genutzt.
Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-)Automatisiert
Art und Weise der Datenbeschaffung für die TFA, welche sich insbesondere im Aufwand widerspiegelt, der mit der Beschaffung der Daten verbunden ist.	Es erfolgt keine Datenbeschaffung.	Manuelle, aufwändige Datenbeschaffung durch individuelle Recherchen, einzelne Abfragen, Telefonate oder Besuche bei Forschungseinrichtungen.	Die Datenbeschaffung wird durch den Einsatz von Alert-Systemen, die Konfiguration von RSS-Feeds oder die intelligente Ergänzung von Suchanfragen unterstützt.	Durch (Teil-)Automatisierung können große Datenmengen beschafft werden, z. B. durch den Einsatz von Webcrawlern, KI-Agenten oder Data Mining-Ansätze.
Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Die Speicherung der Daten soll einen einfachen Zugang zu den Erkenntnissen aus der TFA ermöglichen.	Im Zusammenhang mit der TFA erfolgt keine Speicherung von Daten. Informationen werden, falls überhaupt, informell oder situativ festgehalten.	PowerPoint-Präsentationen und Excel-Listen dienen der lokalen Speicherung von aufbereiteten Daten.	Es werden einfache Datenbanksysteme (z. B. SharePoint, Wiki-Systeme oder MS Teams) eingesetzt. Diese stellen jedoch zumeist Insellösungen.	Gemeinsame bzw. verknüpfte Plattform mit einfachem Zugang für die unterschiedlichen Geschäftsbereiche. So sind auch Auswertungen über alle Informationen möglich.

Zuletzt erfolgt die Speicherung der innerhalb der Prozesse generierten Informationen. Das Handlungsfeld **Datenspeicherung** adressiert die strukturierte Ablage und die Zugänglichkeit dieser Daten. In der Leistungsstufe 1 erfolgt keine Speicherung. Die Leistungsstufe 2 „Lokal“ beschreibt die lokale Ablage von Informationen durch Speicherung von PowerPoint-Dateien oder Excel-Listen. In der nächsthöheren Leistungsstufe 3 werden erste einfache Datenbanksysteme (z. B. SharePoint, Wiki-Systeme oder MS Teams) eingesetzt, wobei diese meist Insellösungen darstellen (vgl. [Reg01, S. 537], [WSH+11, S. 140]). Die Leistungsstufe 4 „Verknüpfte Plattform“ beschreibt das Ziel einer gemeinsamen bzw. verknüpften Plattform mit einfachem Zugriff für die verschiedenen Unternehmensbereiche und Stakeholder. Dies ermöglicht auch eine Auswertung über alle gespeicherten Daten (vgl. [Reg01, S. 545], [WSH+11, S. 139f.]).

4.3.3.5 Mensch

Das Handlungsfeld **Mensch** umfasst alle Handlungselemente, welche die Charakteristika und das Wissen der an der TFA beteiligten Personen beschreiben. Laut REGER ist eine

erfolgreiche TFA sehr personenorientiert und abhängig von den Fähigkeiten und dem Netzwerk der Personen [Reg01, S. 536]. Darüber hinaus sind auch kulturelle Aspekte zu beachten. Das Handlungsfeld Mensch ist folglich in die Handlungselemente Vernetzung, Offenheit gegenüber Neuem, TFA-Kenntnisse und KI- & Datenkenntnisse unterteilt. Die Tabellen 4-7 und 4-8 zeigen die Handlungselemente und zugehörigen Leistungsstufen.

Tabelle 4-7: Handlungselemente und Leistungsstufen „Mensch“ (1/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
Beschreibt den Grad der Vernetzung der an der TFA beteiligten Personen, sowohl intern als auch mit externen Akteuren.	Es besteht keine Vernetzung im Kontext der Aktivitäten der TFA.	Eine Vernetzung ist nur mit internen Stakeholdern des Unternehmens gegeben.	Es besteht eine lose Vernetzung mit Unternehmen der gleichen Branche, die einen Austausch über neue Themen und Entwicklungen ermöglicht. Eine Vernetzung mit Hochschulen ist eher die Ausnahme.	Eine starke (internationale) Vernetzung bietet den Zugang zu einem Ökosystem aus Start-ups, Trendforschern, Technologie-Experten und Forschungsinstituten.
Offenheit gegenüber Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
Die Unternehmenskultur beschreibt den Umgang bzw. die Offenheit gegenüber neuen Technologien. Dies umfasst sowohl die Akzeptanz von Neuerungen als auch den Umgang mit Veränderungen innerhalb des Unternehmens.	Die an den Aktivitäten beteiligten Personen sind verschlossen gegenüber Neuem. Die Aktivitäten führen zu keinen Veränderungen.	Eine große Skepsis gegenüber neuen Technologien und Themen sowie ein ausgeprägtes Sicherheitsbedürfnis hemmen das Innovationsstreben stark.	Auch wenn die Technologie-Scouts begeisterungsfähig und offen sind, bremsen andere Fachbereiche die Einführung neuer Themen.	Es herrscht eine große Offenheit für neue Themen und der Wandel ist zentraler Bestandteil der Unternehmenskultur und wird strukturell gefördert.

Das erste Handlungselement ist die **Vernetzung**. Es beschreibt den Grad der internen und externen Vernetzung der Personen in der TFA (vgl. [Roh11, S. 77f.], [RHA06, S. 979], [WSH+11, S. 113]). Ab der Leistungsstufe 2 „Nur intern“ ist lediglich eine interne Vernetzung mit Stakeholdern des Unternehmens gegeben (vgl. [Wol92, S. 11], [Lan16, S. 57]). Leistungsstufe 3 „Mit Branche“ ist bei einer losen Vernetzung mit Unternehmen der gleichen Branche gegeben (vgl. [SHR16, S. 41f.]). Eine Vernetzung mit Hochschulen oder Forschungsinstituten ist selten der Fall. Die höchste Leistungsstufe 4 „Starkes Netzwerk“ ist erfüllt, wenn eine starke Vernetzung mit Trendforschern, Technologie-Experten sowie Hochschulen und Forschungsinstituten besteht. Darüber hinaus erfolgt die Vernetzung auch auf internationaler Ebene (vgl. [Reg06, S. 311], [Bul94, S. 179], [Roh14, S. 61], [WL15, S. 118]). Hierbei sind die Experten oder Institutionen auch bereits in vertraglich geregelten Kooperationen und Zusammenarbeitsformen eingebunden (vgl. [WSH+11, S. 146]).

Das Handlungselement **Offenheit gegenüber Neuem** spiegelt die Unternehmenskultur hinsichtlich des Umgangs mit neuen, unbekannten Technologien wider. Dies umfasst so-

wohl die Akzeptanz von Neuerungen als auch den Umgang mit Veränderung im Unternehmen (vgl. [SHR16, S. 41], [Lic07, S. 1124], [Dre06, S. 245]). Die Leistungsstufe 2 „Skeptisch“ ist durch eine große Skepsis gegenüber neuen Technologien sowie ein hohes Sicherheitsbedürfnis im Unternehmen geprägt, welche das Innovationstreiben deutlich hemmen. Versuchen die Technologie-Scouts oder Innovationsverantwortliche neue Technologien und Ideen im Unternehmen voranzutreiben, werden aber von allen anderen Fachbereichen ausgebremst, so ist dies der Leistungsstufe 3 zuzuordnen (vgl. [Sav04, S. 61]). Innerhalb der Leistungsstufe 4 „Kern der Unternehmenskultur“ herrscht eine große Offenheit und der Wandel ist ein zentraler Bestandteil der Unternehmenskultur. Veränderungen werden hier strukturell gefördert (vgl. [WSH+11, S. 113], [SS19b, S. 8]).

Tabelle 4-8: Handlungselemente und Leistungsstufen „Mensch“ (2/2)

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
Das Handlungselement beschreibt den Umfang des vorhandenen Methoden- und Erfahrungswissens im Kontext der TFA.	Es liegen keine Methodenkenntnisse und Erfahrungen vor.	Grundkenntnisse im Bereich Innovationsmanagement sind vorhanden. Das Wissen über Radare und Methoden der TFA ist nicht sehr verbreitet.	Auch wenn Vorkenntnisse im Bereich TFA vorhanden sind, erfolgt keine systematische Anwendung des Methodenwissens. Es gilt zu reflektieren, welche Methoden im Unternehmen funktionieren und welche nicht.	Langjähriges Erfahrungswissen und absolvierte Schulungen liegen bei den Rechtespezialisten vor. Hohe Methodenakzeptanz und der systematische Einsatz prägen das Bewusstsein.
KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungswissen	Implementierungswissen
Umfasst das Wissen rund um den Einsatz von Methoden der KI und die notwendige Kompetenz im Umgang mit Daten.	Es liegen keine Kenntnisse für diesen Bereich vor.	Grundlegende theoretische Kenntnisse über die generellen Möglichkeiten von KI und das Potenzial von Daten sind vorhanden.	Grundlagenwissen zur Anwendung ist vorhanden. Es wird mit einfachen Datensätzen gearbeitet und einfache Anwendungen werden bereits umgesetzt (z. B. Clustering von Technologien).	Es besteht ein umfassendes Verständnis, aus welchen Daten welche Erkenntnisse im Kontext der TFA durch KI-basierte Ansätze gewonnen werden können. Dies ermöglicht die Umsetzung eigener KI-Anwendungen.

Das dritte Handlungselement **TFA-Kenntnisse** beschreibt das Methoden- und Erfahrungswissen der beteiligten Akteure im Bereich der TFA (vgl. [Sav04, S. 73]). In der Leistungsstufe 1 „Keine Kenntnisse“ fehlt es vollständig an Methoden- und Erfahrungswissen. Die Leistungsstufe 2 „Grundlegende Innovationskenntnisse“ beschreibt den Umstand, dass die Mitarbeitenden grundlegende Kenntnisse aus dem Innovationsmanagement oder technologisches Fachwissen für die Recherche mitbringen. Spezifisches Wissen, etwa zu Technologie-Radaren, ist in dieser Stufe vergleichsweise gering ausgeprägt. Bei Vorwissen und ersten Erfahrungen im Bereich TFA, jedoch ohne systematische Anwendung von Methoden bzw. Wissen über den richtigen Methodeneinsatz im Unternehmen, ist die Leistungsstufe 3 „Keine systematische Anwendung“ erfüllt (vgl. [Reg06,

S. 318], [Kob07, S. 36]). Bei Erreichen der Leistungsstufe 4 ist eine hohe Methodenorientierung und -akzeptanz gegeben. Die Mitarbeiter verfügen über langjähriges Erfahrungswissen, haben gezielt Schulungen durchlaufen und setzen Methoden systematisch ein (vgl. [RHA06, S. 982], [Roh14, S. 61], [SSL10, S. 13f.]).

Im Handlungselement **KI- & Daten-Kenntnisse** wird das Wissen für den Einsatz von Methoden der KI und die Datenkompetenz betrachtet. Sind grundlegende theoretische Kenntnisse über die allgemeinen Einsatzmöglichkeiten von KI vorhanden, ist die Leistungsstufe 2 „Theoretisches Basiswissen“ auszuwählen (vgl. [Hub18, S. 20]). Innerhalb der Leistungsstufe 3 „Anwendungswissen“ liegen erste Erfahrungen in der Anwendung von Methoden, wie z. B. Clustering, sowie einfachen Datensätzen vor. Die höchste Leistungsstufe 4 „Implementierungswissen“ ist erfüllt, wenn ein umfassendes Verständnis über die Potenziale KI-basierter Ansätze und die benötigten Daten vorliegt und eigene KI-Anwendungen implementiert werden können.

4.3.4 Reifegrade für das Gesamtsystem Technologiefrühaufklärung

Die Reifegrade auf Ebene des Gesamtsystems beschreiben praxisnahe Ausbaustufen der TFA. Ein Reifegrad ergibt sich dabei aus einer typischen, konsistenten **Kombination** bestehend aus einer Leistungsstufe für jedes Handlungselement. Da es sich im Kontext der Organisationsentwicklung überwiegend um z. B. organisatorische und prozessuale Gestaltungsaspekte handelt, sind grundsätzlich keine deterministischen Abhängigkeiten zwischen den Leistungsstufen der Handlungselemente zu unterstellen. Ziel der Reifegrade ist die Definition praxisnaher, unterscheidbarer Ausbaustufen, die eine nützliche Orientierung für den Anwender des Reifegradmodells liefern. Hierbei bilden nicht zwingend alle Handlungselemente auf einer gleichen Leistungsstufe (z. B. Leistungsstufe 2) einen aus Gesamtsicht erkennbaren Reifegrad bzw. Zielzustand für die TFA.

Zur Plausibilitätssicherung dieser Kombinationen bzw. der Reifegradstufen wird eine **Konsistenzanalyse**⁴⁵ durchgeführt. Hierbei wird die Konsistenz, also die Verträglichkeit der Leistungsstufen aller Handlungselemente, mithilfe einer Konsistenzmatrix paarweise bewertet. Für die Bewertung ist die Frage leitend: *„Kann die Leistungsstufe i (Zeile) gemeinsam mit der Leistungsstufe j (Spalte) auftreten?“*. Die Frage wird mit „0 = Leistungsstufen treten i. d. R. nicht gemeinsam auf“, „1 = Leistungsstufen können gemeinsam auftreten“ oder „2 = Kombination der Leistungsstufen ist sinnvoll“ beantwortet. Beispielsweise ist es nicht sinnvoll das Handlungselement „Analyse & Filterung“ auf Leistungsstufe 4 „KI-gestützte Analysen“ zu entwickeln, wenn gleichzeitig viele andere Handlungselemente in den Bereichen Prozesse und Organisation niedrigere Leistungsstufen aufweisen. In diesem Fall werden die gewonnenen Erkenntnisse häufig nicht in konkreten Projekten zur Verwertung münden und aus Gesamtsicht würden die Aktivitäten der TFA so wirkungslos bleiben. Diese zueinander inkonsistenten Leistungsstufen werden daher

⁴⁵ Zu Konsistenzanalyse siehe GAUSEMEIER und PLASS [GP14, S. 62].

ausgeschlossen. Die Bewertung erfolgt basierend auf den Erkenntnissen der durchgeführten Interviews zur Entwicklung des Reifegradmodells (vgl. Abschnitt 4.3.1), in denen wiederkehrende Abhängigkeiten zwischen den Leistungsstufen verschiedener Handlungselemente in der Praxis deutlich wurden. Einen Ausschnitt der Konsistenzmatrix zeigt Bild 4-15.

Konsistenzmatrix			Leistungsstufen												
Fragestellung: "Kann die Leistungsstufe i (Zeile) gemeinsam mit der Leistungsstufe j (Spalte) auftreten?"															
Bewertungsskala:															
0 = Leistungsstufen treten i.d.R. nicht gemeinsam auf															
1 = Leistungsstufen können gemeinsam auftreten															
2 = Kombination der Leistungsstufen ist sinnvoll															
Handlungsfeld	Handlungselement	Leistungsstufen	ID	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	...			
Suchfelder	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	1A												
		Intuitiv oder problemorientiert	1B												
		Strategisch	1C												
		KI-basierte Impulse	1D												
	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	2A	1	0	0	0								
		Generelle Entwicklungen	2B	2	1	0	0								
		Marktumfeld	2C	0	1	2	1								
		Innerhalb und außerhalb	2D	0	1	1	2								
	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	3A	1	0	0	0	1	0	0	0				
		Kaum Anpassung	3B	0	1	1	0	0	1	1	1				
		Tempo der Branche	3C	0	2	1	1	0	1	2	1				
		Proaktiv und regelmäßig	3D	0	1	2	2	0	0	1	2				
...	...	...	...								...				

Bild 4-15: Konsistenzmatrix, paarweise Bewertung der Konsistenz von Leistungsstufen (Auszug)

Das Resultat sind fünf Reifegrade für die TFA (s. Bild 4-16). Sie beschreiben unterschiedliche Leistungsfähigkeiten und dienen als Orientierungshilfe für sinnvolle Ausbaustufen sowie für die Auswahl eines Ziel-Reifegrades durch Anwender in der Praxis.

Es gilt: Je höher der Reifegrad, desto höher die Leistungsfähigkeit der TFA und damit verbunden auch die organisationale Fähigkeit des Unternehmens zur TFA. Die Reifegrade werden nachfolgend detailliert beschrieben. Steckbriefe zur Dokumentation der Reifegrade und der zugehörigen Leistungsstufen je Handlungselement finden sich im Anhang A2.3.

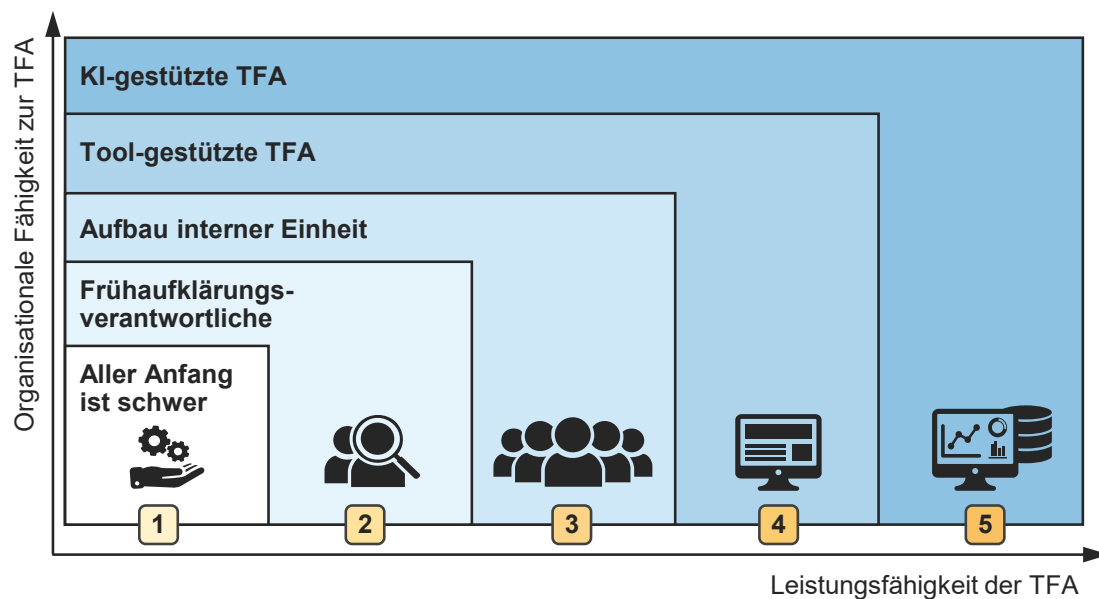


Bild 4-16: Reifegrade für die Technologiefrühaufklärung

Reifegrad 1 – Aller Anfang ist schwer: Der geringste Reifegrad beschreibt eine TFA, die aufgrund des fehlenden Erfahrungswissens durch intuitives und pragmatisches Handeln geprägt ist. Die Durchführung erfolgt durch einzelne Personen und wird als Nebentätigkeit zu den grundlegenden F&E-Tätigkeiten verstanden. Technologische Impulse werden dabei eher zufällig als systematisch wahrgenommen. Aufgrund unzureichender personeller und finanzieller Ressourcen basiert die Informationsbeschaffung entweder auf zugekauften Studien und Beratungsdienstleistungen oder öffentlich zugänglichen Datenquellen. Aufgrund des nicht definierten Fokus führt die Technologierecherche schnell zu einer Informationsüberflutung. Fehlende Prozesse lassen viele Unklarheiten entlang der Aktivitäten zu und eine zielgerichtete Verwertung der Ergebnisse findet nicht statt. Dieser Reifegrad beschreibt eine TFA, in der zwar erste Aktivitäten durchgeführt werden, diese jedoch weitgehend unsystematisch ablaufen und somit wirkungslos bleiben.

Reifegrad 2 – Frühaufklärungsverantwortliche: Der zweite Reifegrad kennzeichnet eine TFA, die stark von einzelnen Frühaufklärungsverantwortlichen abhängig ist. Auch hier erfolgt die Ableitung des Suchbedarfs noch nach bestem Wissen über die eigenen Marktleistungen. Jedoch ist die Zielsetzung bereits etwas klarer, da ausschließlich marktreife Technologien im Fokus stehen, die einen direkten Mehrwert zur Verbesserung und einfachen Weiterentwicklung der bestehenden Marktleistungen bieten. Die beschriebenen Suchfelder sind dabei so allgemein, dass kaum Anpassung erforderlich ist. Da die Verantwortung bei Einzelpersonen liegt, sind die Prozesse noch nicht formalisiert. Die Bewertung erfolgt jedoch bereits methodengestützt und weitere Stakeholder werden in die Bewertung eingebunden. Als Einzelkämpfer stoßen die Verantwortlichen jedoch häufig auf Barrieren, wenn es um die Verwendung des Wissens über neue Technologien durch weitere Fachbereiche geht. Aufgrund der aufwendigen manuellen Beschaffung und Analyse von Daten werden sie bspw. durch Praktikanten unterstützt und fokussieren sich

auf die Überwindung der internen Hürden bei der Verwertung. Aufgrund ihrer Rolle als Frühaufklärungsverantwortliche sind diese Personen in den Belangen der TFA intern vernetzt und wenden erste Methoden an, wenn auch nicht systematisch. Zusammenfassend beschreibt dieser Reifegrad eine von einzelnen Personen getragene TFA, die erste Schritte zur Weiterentwicklung unternimmt, jedoch aufgrund begrenzter Zeit und Ressourcen nicht alle Herausforderungen umfassend angehen kann.

Reifegrad 3 – Aufbau interne Einheit: Aufgrund des steigenden Betrachtungsumfangs und der wachsenden Komplexität kann die TFA nicht mehr von einzelnen Personen realisiert werden. In Reifegrad 3 wird die TFA erstmals durch ein dediziertes Team umgesetzt. Mit dem Aufbau operativer Kapazitäten wird auch die Suche nach relevanten Technologien weiter systematisiert, professionalisiert und zudem auf mehrere Geschäftsbereiche ausgeweitet. Ausgehend von den Bedarfen bzw. konkreten Problemstellungen der Fachabteilungen werden Suchfelder definiert. Die Suche berücksichtigt nun zunehmend Technologien, deren Nutzenbezug zum Kerngeschäft noch nicht unmittelbar erkennbar ist. Grundlage aller Aktivitäten ist ein einfacher und praxisorientierter Prozess. Erste Abschätzungen zukünftiger Technologieentwicklungen erfolgen überwiegend erfahrungsbaasiert und intuitiv. Zur Synchronisation, Bewertung und Verwertung finden regelmäßige Workshops mit Fachbereichen statt. So werden aufgrund der Breite der Themen immer wieder Experten aus dem Unternehmen bedarfsorientiert hinzugezogen. Um Synergien zu nutzen und eine unkoordinierte Arbeitsteilung der Aktivitäten zu vermeiden, wird für die organisatorische Verankerung eine zentrale bzw. hybride Form gewählt und Schnittstellen zu anderen Fachbereichen definiert. Mit den vorhandenen Ressourcen kommen erste Datenbanken und einfache Tools zur Unterstützung der Datenbeschaffung und -analyse zum Einsatz. Durch die verstetigte Zusammenarbeit sind neue Lösungen zur Speicherung der Daten notwendig. Zudem ist eine stärkere Vernetzung innerhalb der Branche erkennbar und Erfahrungswissen wird durch das Team aufgebaut.

Reifegrad 4 – Tool-gestützte TFA: Die vierte Reifegradstufe ist durch eine zunehmend strategische Ausrichtung, den verstärkten Einsatz von Tools (z. B. zur unternehmensweiten Kommunikation) und den Aufbau eines Netzwerks von Scouts geprägt. Suchfelder basieren sowohl auf strategischen als auch operativen Bedarfen und umfassen dementsprechend auch relevante Technologien außerhalb des Kerngeschäfts. Die Reife einer Technologie stellt hierbei keine Einschränkung des Suchfelds dar. In Konsequenz dessen ist eine proaktive und regelmäßige Überprüfung der Suchfelder erforderlich. Mit zunehmender Größe und Komplexität der TFA sind neue Prozesse erforderlich, die zwar die gesamten Abläufe strukturieren, jedoch auch eine gewisse Flexibilität zulassen. Durch kontinuierliches Feedback wird eine Prozessverbesserung angestrebt. Die eingesetzten Tools dienen insbesondere der einfacheren Beschaffung von Informationen und stärken darüber hinaus die unternehmensweite Kommunikation. Ab diesem Reifegrad wird erstmalig eine zentrale Kommunikationsplattform eingesetzt, die Transparenz über alle Aktivitäten schafft und zugleich der Datenspeicherung dient. Aufgrund der Relevanz der TFA für das Unternehmen erfolgt eine regelmäßige Synchronisation mit allen internen

Stakeholdern. Die gegebene Entscheidungskompetenz sowie das Vertrauen ermöglichen die tatsächliche Umsetzung der Erkenntnisse in die Weiterentwicklung des Unternehmens. Zur Identifikation von frühzeitigen Entwicklungen und zur Erweiterung der Informationsgrundlage wird ein Scout-Netzwerk etabliert. Hierdurch wird auch das gesamte externe Netzwerk gestärkt. Der derzeitige Tool-Einsatz führt zu einem Bewusstsein für die Relevanz datengetriebener Ansätze und erste Ansätze werden erprobt.

Reifegrad 5 – KI-gestützte TFA: Der Reifegrad „KI-gestützte TFA“ stellt den höchsten Reifegrad und eine nahezu ideale TFA dar. Im Vergleich zu den vorherigen Reifegraden ist der große Stellenwert von Daten und der Einsatz von KI für viele Aktivitäten hervorzuheben. So wird bspw. das Forecasting erstmals durch quantitative und qualitative Daten gestützt. In dem Moment, in dem durch die Verarbeitung umfänglicher Daten durch KI-basierte Ansätze eine Vielzahl neuer Impulse für die TFA geschaffen wird, bedarf es entsprechender klarer und transparenter Strukturen zur Verwertung des Technologiewissens. Darüber hinaus wird auch die Planung in Form von Technologie-Roadmaps oder die Bewertung von Technologien durch KI unterstützt. Durch ein vertieftes Datenverständnis aller Beteiligten gewinnen KI-basierte Erkenntnisse deutlich an Einfluss auf die Entscheidungsfindung. KI-basierte Technologieanalysen und (teil-)automatisierte Informationsbeschaffung steigern die Effizienz und Effektivität der TFA. Die Unternehmenskultur ist durch eine große Offenheit gegenüber Neuem geprägt. Abschließend zeichnet sich dieser Reifegrad durch das Implementierungswissen im Bereich KI- und Datenkenntnisse aus.

Die Reifegrade für das Gesamtsystem TFA liefern in der Praxis beobachtbare und plausible Entwicklungsstufen. Sie bieten den Anwendern bei der Einordnung des eigenen Unternehmens eine **Vergleichsmöglichkeit** des Status quo und geben darüber hinaus eine Orientierung hinsichtlich anzustrebender **Zielpositionen innerhalb des Reifegradmodells**. Diese Zielposition ist jedoch immer unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten zu bewerten. Das Vorgehensmodell und der Einsatz der Hilfsmittel zur Leistungssteigerung werden im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

4.4 Vorgehensmodell und Hilfsmittel zur Leistungssteigerung

Ziel des vorliegenden Abschnitts ist eine Roadmap mit **Maßnahmen zur Leistungssteigerung** der TFA. Die systematische Leistungssteigerung wird durch ein Vorgehensmodell und zugehörige Hilfsmittel methodisch unterstützt. Das Vorgehensmodell beschreibt detailliert die durchzuführenden Tätigkeiten, wobei die verschiedenen Hilfsmittel bei der Durchführung der Tätigkeiten unterstützen. In Anlehnung an die von BENSIEK identifizierten Basiselemente *Leistungsbewertung*, *Zieldefinition* und *Leistungssteigerung* [Ben13] und den von CHRISTIANSEN beschriebenen Regelkreis zur Leistungsbewertung und -steigerung [Chr09] (vgl. Abschnitt 3.3.2) umfasst das Vorgehensmodell drei Phasen, die in Bild 4-17 dargestellt sind. Diese beschreiben die Anwendung des in Abschnitt 4.3 vorgestellten Reifegradmodells.

In der ersten Phase erfolgt die **Leistungsbewertung**. Ausgehend von der Analyse der aktuellen Durchführung von Aufgaben und der Strukturen erfolgt eine initiale Einordnung in das Reifegradmodell. Im Anschluss erfolgt in der zweiten Phase die **Zieldefinition**. Die Analyse der Branche bzw. des Unternehmensumfeldes, die Reifegrade für das Gesamtsystem (vgl. Abschnitt 4.3.4), ein Katalog von Verbesserungszielen und die KI-Anwendungsszenarien (vgl. Abschnitt 4.2.4) liefern eine Orientierung für die Auswahl einer Zielposition im Reifegradmodell. Diese wird als Ergebnis der Phase definiert.

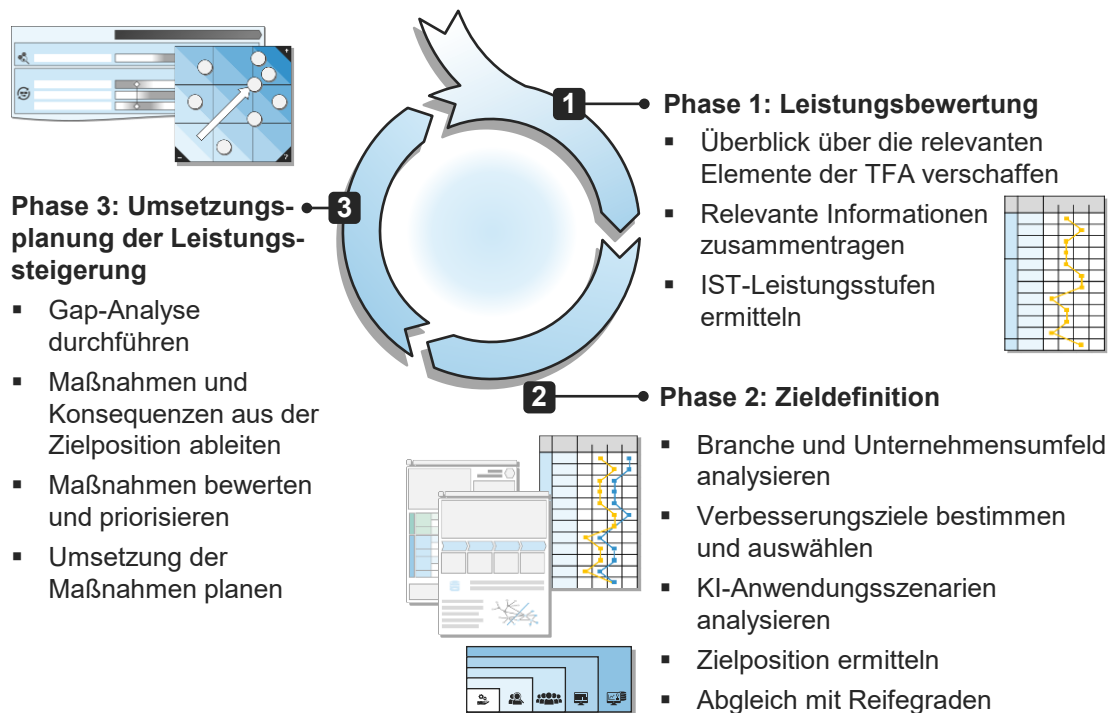


Bild 4-17: Vorgehen zur Leistungssteigerung

In der dritten Phase erfolgt die **Planung der Leistungssteigerung**. In dieser Phase werden auf Basis der ermittelten Zielposition bzw. des Soll-Zustands im Reifegradmodell und der resultierenden Lücke zum Ist-Zustand geeignete Maßnahmen zur Leistungssteigerung definiert, priorisiert und in eine Maßnahmen-Roadmap überführt. Für eine kontinuierliche Weiterentwicklung ist das zyklische Vorgehensmodell entlang der beschriebenen Phasen erneut zu durchlaufen. So kann die Umsetzung der Maßnahmen überprüft und neue Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Die Methode zielt darauf ab, eine einfache Anwendung durch Interviews und Workshops zu ermöglichen.

4.4.1 Phase 1: Leistungsbewertung

Ziel der ersten Phase des Vorgehensmodells ist die Erfassung und objektive Bewertung der **Ausgangssituation** im Unternehmen hinsichtlich der Fähigkeit zur TFA. Hierfür wird das in Kapitel 4.2 entwickelte Reifegradmodell angewendet. Anhand des Metamodells (Abschnitt 4.3.2) erfolgt die Vorstellung der Handlungsfelder und Zusammenhänge so-

wie das zugrunde liegende Verständnis der TFA. Anschließend sind die notwendigen Informationen über den IST-Zustand bzw. die Ausgangssituation zu ermitteln. Je nach aktueller Verantwortlichkeit für den Themenbereich kann die Bewertung der Ausgangssituation mit Einzelpersonen oder in einer Gruppe durchgeführt werden. Methodisch erfolgt die Erhebung der Informationen durch ein Interview oder im Rahmen eines modellierten Workshops. Hierbei wird schrittweise die aktuelle Erfüllung der Handlungselemente gemeinsam analysiert, diskutiert und entsprechend der Leistungsstufen (vgl. Abschnitt 4.3.3) bewertet. Bild 4-18 zeigt das Ergebnis der Leistungsbewertung.

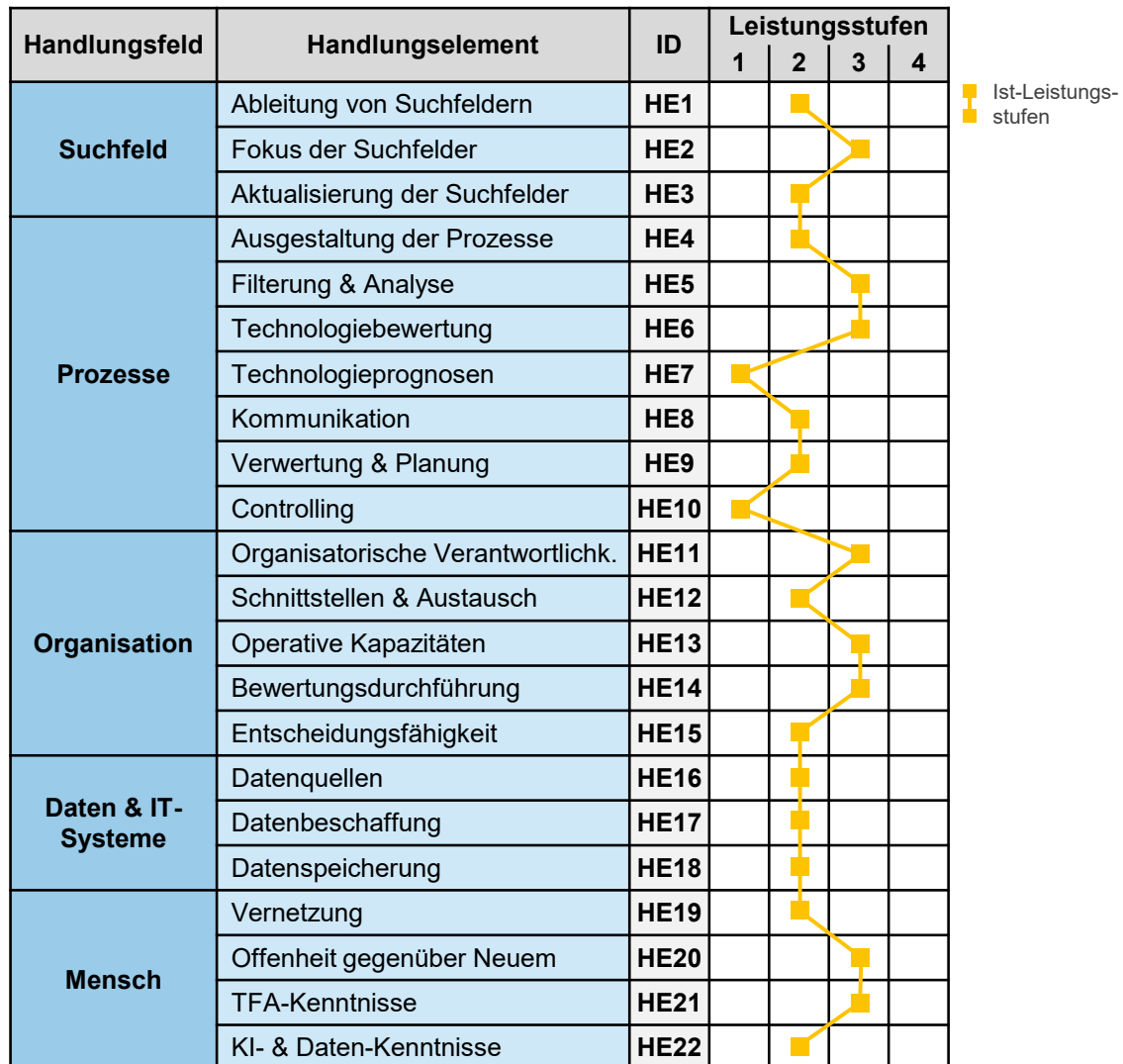


Bild 4-18: Übersicht der Ist-Leistungsstufen aus der Leistungsbewertung

Als **Resultat** der ersten Phase *Leistungsbewertung* liegt eine plausible Bewertung der derzeitigen Leistungsfähigkeit über alle Handlungselemente des Reifegradmodells vor.

4.4.2 Phase 2: Zieldefinition

Die Phase der *Zieldefinition* hat zum Ziel, den idealen Zustand für die TFA zu identifizieren und anhand definierter Kriterien, also der Handlungselemente und Leistungsstufen, eindeutig festzulegen. Die TFA ist derart zu gestalten, dass sie einen größtmöglichen Beitrag zu den Unternehmenszielen leistet. Der Idealzustand hängt von einer Vielzahl an Einflussfaktoren ab. Daher ist es wichtig zu verstehen, dass nicht für jedes Unternehmen die höchste Leistungsstufe gleichzeitig auch die ideale Leistungsstufe darstellt. Das Ziel sollte es vielmehr sein, den für den Kontext des Unternehmens idealen Zustand anzustreben und eine Zielleistungsstufe je Handlungselement festzulegen. Daher wird zur Zieldefinition in einem ersten Schritt der Unternehmenskontext analysiert. Weitere Randbedingungen ergeben sich aus den finanziellen und personellen Ressourcen. Bild 4-19 gibt einen Überblick über die Hilfsmittel zur Zieldefinition. Die einzelnen Schritte werden im Folgenden beschrieben.

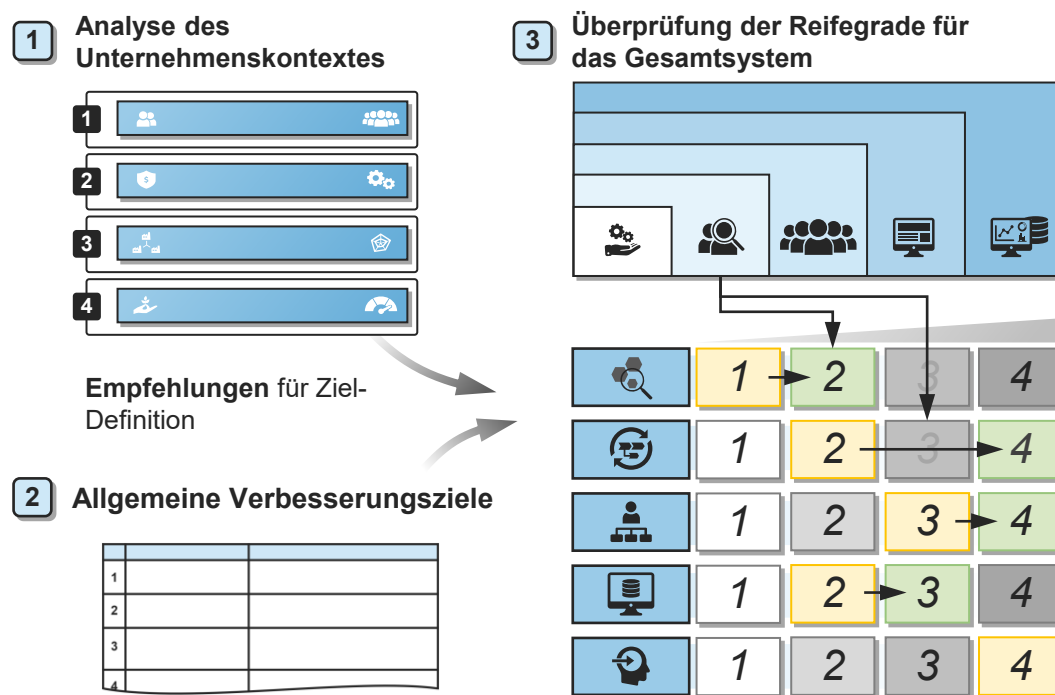


Bild 4-19: Zieldefinition zur Findung des idealen Zustands für die TFA

Analyse und Charakterisierung des Unternehmenskontextes

Die Analyse und Charakterisierung des Unternehmenskontextes dient der Kurzdiagnose des Unternehmens in seinem Umfeld und damit der Schaffung eines Verständnisses der Anwender für die potenziellen Einflussfaktoren. Zu diesem Zweck kann der in Bild 4-20 dargestellte Steckbrief zur Charakterisierung des Unternehmenskontextes herangezogen werden. In Anlehnung an die von REGER identifizierten Kontextfaktoren für die Vorausschau [Roh11, S. 117], enthält der Steckbrief die folgenden Faktoren: *Unternehmensgröße*, *Unternehmensstrategie*, *Komplexität des Unternehmensumfelds* und *Veränderungsgeschwindigkeit*.

1	Unternehmensgröße Die Bewertung der Unternehmensgröße basiert auf dem Umsatz des Unternehmens und der Anzahl der Mitarbeitenden.	  klein (bis 250 MA) mittel bis groß (~20.000 MA) sehr groß (ab 50.000 MA)
2	Unternehmensstrategie Die Einordnung der Unternehmensstrategie erfolgt anhand der beiden Ausrichtungen Kostenführerschaft und Technologie- bzw. Innovationsführerschaft.	  Kostenführerschaft Technologieführerschaft
3	Komplexität Unternehmensumfeld Zur Bewertung sind die Wettbewerbsstruktur und -intensität, die Markteintrittsbarrieren, die regulatorischen und globalen Abhängigkeiten und die daraus resultierenden Unsicherheiten zu berücksichtigen.	  Geringe Komplexität Hohe Komplexität
4	Veränderungsgeschwindigkeit Die Veränderungsgeschwindigkeit der Branche beschreibt die Geschwindigkeit, in der neue Marktleistungen und Geschäftsmodelle eingeführt werden und neue Technologien in die eigene Branche dringen.	  Geringe Geschwindigkeit Hohe Geschwindigkeit

Bild 4-20: Steckbriefvorlage zur Charakterisierung des Unternehmenskontextes

Die *Unternehmensgröße* bezieht sich auf den Umsatz und die Anzahl der Mitarbeitenden. Hinsichtlich der Art der *Unternehmensstrategie* wird zwischen den beiden Ausrichtungen Kostenführerschaft und Technologie- bzw. Innovationsführerschaft unterschieden. Insbesondere die Differenzierung von anderen Wettbewerbern mit der Strategie der Technologie- und Innovationsführerschaft erfordert große Anstrengungen bei der Suche nach neuen Technologien und Anwendungen. Die *Komplexität des Unternehmensumfelds* wird anhand der Wettbewerbsstruktur und -intensität, der Markteintrittsbarrieren, der regulatorischen und globalen Abhängigkeiten und der daraus resultierenden Unsicherheit beurteilt. Schließlich beschreibt die *Veränderungsgeschwindigkeit* der Branche die Geschwindigkeit der Einführung neuer Marktleistungen und Geschäftsmodelle sowie der Diffusion von Technologien in die eigene Branche.

Entsprechend des Unternehmenskontextes lassen sich grobe **Empfehlungen für den zu wählenden Ziel-Reifegrad** ableiten. So zeigen verschiedene Studien aus dem Kontext der technologieorientierten Vorausschau die Korrelation z. B. der Branche mit der Geschwindigkeit technologischer Veränderungen [Lic07, S. 1126], der Veränderungsgeschwindigkeit mit der Breite der zu beobachtenden Suchfelder [Roh14, S. 61], der Dynamik des Unternehmensumfeldes mit der Ausgestaltung der Prozesse [SB14, S. 29] und der Dynamik des Unternehmensumfeldes mit der notwendigen Intensität der Informationsbeschaffung [SK11, S. 108]. Hierbei lässt sich grundsätzlich sagen, dass je größer das Unternehmen, je komplexer das Unternehmensumfeld und je höher die Veränderungsgeschwindigkeit der Branche, desto größer ist der Bedarf neue und potenziell disruptive Technologien zu identifizieren und diese hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Unternehmen zu bewerten. Für diese Unternehmen ist daher ein hoher Reifegrad zu empfehlen.

Für Unternehmen mittlerer Größe mit z. B. vergleichsweise langen Innovationszyklen sowie einer geringen Diffusionsrate neuer Technologien in die eigene Branche und folglich einer geringeren Branchengeschwindigkeit kann ein mittlerer Reifegrad als angemessen angenommen werden.

Auswahl von Verbesserungszielen für die TFA

Ziel ist die Auswahl von Verbesserungszielen, die mit der Leistungssteigerung erreicht werden sollen. Sie beschreiben konkrete Absichten, zu welchem Zweck die Leistungssteigerung dienen soll, und ermöglichen im Vergleich zu den *Reifegraden für das Gesamtsystem TFA* (vgl. Abschnitt 4.3.4) eine detaillierte Diskussion der individuellen Zielsetzung der Anwendung des Reifegradmodells. Um die Identifikation von Verbesserungszielen für den Anwender zu erleichtern, stellt das Reifegradmodell einen **Katalog von 14 Verbesserungszielen** bereit. Die Verbesserungsziele wurden im Rahmen der Interviews zum Reifegradmodell erhoben und durch Verbesserungsziele aus der Literatur ergänzt. Der Katalog der Verbesserungsziele (Bild 4-21) stellt ein Hilfsmittel bei der Anwendung des Reifegradmodells dar. Der Katalog ist in Anhang A3.1 vollständig abgebildet. Anhand des Katalogs werden im Workshop Verbesserungsziele ausgewählt und ggf. eigene Verbesserungsziele formuliert. Eine bestimmte Anzahl von auszuwählenden Verbesserungszielen ist nicht vorgegeben. Ist das Ziel der Anwendung des Reifegradmodells, dass z. B. die Relevanz der Suchergebnisse oder die Transparenz über alle Aktivitäten erhöht werden sollen, so sind bestimmte Handlungselemente und Leistungsstufen des Reifegradmodells zu berücksichtigen.

Nr.	Verbesserungsziel	Beschreibung
1	Relevanz der Suchergebnisse erhöhen	Durch einen höheren Strukturierungsgrad, der durch die Ableitung und die Suche anhand von Suchfeldern erreicht wird, steigt die Relevanz der Suchergebnisse für neue Technologien deutlich.
2	Effizienz der Analyse und Filterung erhöhen	Verringerung des manuellen (Zeit-)Aufwands für die Analyse und Filterung von Informationen über neue Technologien, z. B. durch den Einsatz von Analyse-Tools.
3	Partizipation der Bewertung erhöhen	Die Einbindung der verschiedenen Stakeholder gewährleistet eine Bewertung der Technologien aus unterschiedlichen Perspektiven sowie einen transparenten Bewertungsprozess.
	Objektivität bei der Bewertung	Erhöhung der Objektivität durch Anwendung von

Bild 4-21: Katalog der Verbesserungsziele (Auszug)

Durch konkrete Vorschläge unterstützt der Katalog den Anwender bei der Formulierung individueller Verbesserungsziele. Die Anwendung des Reifegradmodells ist jedoch nicht auf die aufgeführten Ziele beschränkt. Diese können je nach Bedarf des Unternehmens

individuell ergänzt werden. So können unter Zuhilfenahme des Katalogs Ziele zur Leistungssteigerung und damit eine Fokussierung der Verbesserung des Systems TFA identifiziert werden.

Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente und Leistungsstufen

Mit Hilfe der Zielbeitragsmatrix werden die Verbesserungsziele schließlich den Handlungselementen und den Leistungsstufen des Reifegradmodells zugeordnet. Dies erfolgt in Anlehnung an die von BALÁZOVÁ [Bal04] erarbeitete *Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung*. Ziel ist es, diejenigen Handlungselemente zu identifizieren, die zur Erfüllung der Verbesserungsziele besonders relevant sind. Zur Identifikation dient die **Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente**. Mit Hilfe dieser wird die Wirkbeziehung der Handlungselemente zu den Verbesserungszielen untersucht. Die zu beantwortende Frage lautet: „Wie stark ist der Beitrag von Handlungselement i (Zeile) zum Verbesserungsziel j (Spalte)?“ Die Bewertung erfolgt anhand der Zahlen von 0 bis 3, wobei „0 = kein Beitrag“ und „3 = starker Beitrag“ bedeutet. Die Bewertung der Wirkbeziehungen erfolgt normativ, kann jedoch auch im Rahmen konkreter Anwendungen durch empirische Einschätzungen angepasst werden. Die Bewertung der Handlungselemente hinsichtlich ihres Beitrags zu den Verbesserungszielen zeigt Bild 4-22.

Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente Fragestellung: "Wie stark trägt das Handlungselement i (Zeile) zum Verbesserungsziel (Spalte) bei?" Bewertungsskala: 0 = kein Beitrag 1 = schwacher Beitrag 2 = mittlerer Beitrag 3 = starker Beitrag		Verbesserungsziele							Breitenwirkung	Tiefenwirkung	Zielbeitragsindex
		ID	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5	...			
Handlungsfeld	Handlungselement										
Suchfelder	Ableitung von Suchfeldern	HE1	3	2	1	0	0		65	2,4	1,6
	Fokus der Suchfelder	HE2	3	2	0	0	0		30	2,0	0,6
	Aktualisierung der Suchfelder	HE4	2	2	0	0	0		60	1,9	1,2
Prozesse	Ausgestaltung der Prozesse								Breitenwirkung: Auswirkungen eines Handlungselements auf die Gesamtheit der Verbesserungsziele Tiefenwirkung: Durchschnittlicher Einfluss eines Handlungselements auf die von ihm beeinflussten Verbesserungsziele Zielbeitragsindex: Gesamter Beitrag eines Handlungselements zu den Verbesserungszielen		
	Filterung & Analyse										
	Technologiebewertung										
	Technologieprognosen										
	Kommunikation										
	Verwertung & Planung										
...	...										

Bild 4-22: Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente (Auszug)

Es ist zu erkennen, dass z. B. die Handlungselemente *Ableitung von Suchfeldern*, *Fokus der Suchfelder* und *Reife der Suchfelder* einen jeweils starken Beitrag zum Verbesserungsziel „Strukturierungsgrad der Suche erhöhen“ haben. Aus der Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente lassen sich die drei Werte *Breitenwirkung*, *Tiefenwirkung* und der *Zielbeitragsindex* bestimmen. Die **Breitenwirkung** eines Handlungselements gibt Aufschluss, wie viel Prozent aller Verbesserungsziele beeinflusst werden. Zur Berechnung wird für jedes Handlungselement die Anzahl der Verbesserungsziele mit einer Bewertung größer 0 durch die Gesamtzahl der Verbesserungsziele dividiert und mit 100 % multipliziert. Die **Tiefenwirkung** gibt an, wie stark die Handlungselemente durchschnittlich auf die jeweiligen Verbesserungsziele wirken. Dazu wird die Summe aller Bewertungen eines Handlungselements durch die Anzahl der Verbesserungsziele mit einer Bewertung größer 0 dividiert. Der **Zielbeitragsindex** gibt schließlich an, wie groß der Beitrag eines Handlungselements zu den Verbesserungszielen ist. Hierfür wird die Breitenwirkung mit der Tiefenwirkung multipliziert und durch 100 % dividiert. Der Zielbeitragsindex stellt somit einen Indikator für die Relevanz der Handlungselemente dar.

Im Anschluss an die Identifikation relevanter Handlungselemente für jedes Verbesserungsziel wird mithilfe der **Zielbeitragsmatrix der Leistungsstufen** der Beitrag einer Leistungsstufe zu den Verbesserungszielen bewertet (s. Bild 4-23).

Zielbeitragsmatrix der Leistungsstufen			Verbesserungsziele					
Fragestellung: "Wie stark trägt die Leistungsstufe i (Zeile) zum Verbesserungsziel j (Spalte) bei?"								
Bewertungsskala: 0 = kein Beitrag 1 = schwacher Beitrag 2 = mittlerer Beitrag								
Handlungsfeld	Handlungselement	Leistungsstufen	ID	VZ1	VZ2	VZ3	VZ4	VZ5
Suchfelder	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	1A	0	0	0	0	0
		Intuitiv oder problemorientiert	1B	1	2	2	0	0
		Strategisch	1C	3	2	2	0	0
		KI-basierte Impulse	1D	3	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Prozesse	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	5A	0	0	0	0	0
		Sporadisch, nicht formalisiert	5B	1	0	1	0	0
		Einfach und praxisorientiert	5C	2	2	2	0	3
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Wenn mehrere Leistungsstufen je Handlungselement einen gleichstarken Zielbeitrag je Verbesserungsziel haben, ist jeweils der Zielbeitrag der geringeren Leistungsstufe

Bild 4-23: Zielbeitragsmatrix der Leistungsstufen

Analog zur vorangegangenen Zielbeitragsmatrix der Handlungselemente können auch hier für die Frage je Leistungsstufe die Zahlen „0 = kein Beitrag“ bis hin zu „3 = starker Beitrag“ ausgewählt werden. Hierdurch gilt es die Leistungsstufe eines Handlungselements zu identifizieren, welche den höchsten Beitrag zu dem Verbesserungsziel leistet.

In der Zielbeitragsmatrix hat die Leistungsstufe 2 „Einfach und praxisorientiert“ des Handlungselements *Ausgestaltung der Prozesse* einen mittleren Beitrag zum Verbesserungsziel „Strukturierungsgrad der Suche erhöhen“. Der Zielbeitrag der Leistungsstufe 3 ist höher als bei Leistungsstufe 2, jedoch steigt dieser nicht bei der Leistungsstufe 4. Folglich ist für eine isolierte Betrachtung des Verbesserungsziels „Strukturierungsgrad der Suche erhöhen“ die Leistungsstufe 4 für die *Ausgestaltung der Prozesse* anzustreben. Pro Handlungselement wird somit die niedrigste Leistungsstufe mit dem höchsten Zielbeitrag berücksichtigt. Als Ergebnis liegt eine Übersicht der Verbesserungsziele und der mindestens zu erfüllenden Leistungsstufe je Handlungselement vor. Die hinreichende Erfüllung der Leistungsstufen ist vom Anwender bei der Definition der Zieldefinition in Abhängigkeit der ausgewählten Verbesserungsziele zu überprüfen. Abschließend erfolgt die Ableitung des Leistungssteigerungsbedarfes.

KI-Potenziale analysieren

In Abhängigkeit der ausgewählten Verbesserungsziele dienen die KI-Anwendungsszenarien zur Unterstützung der Auswahl von Zielleistungsstufen (s. Bild 4-24).

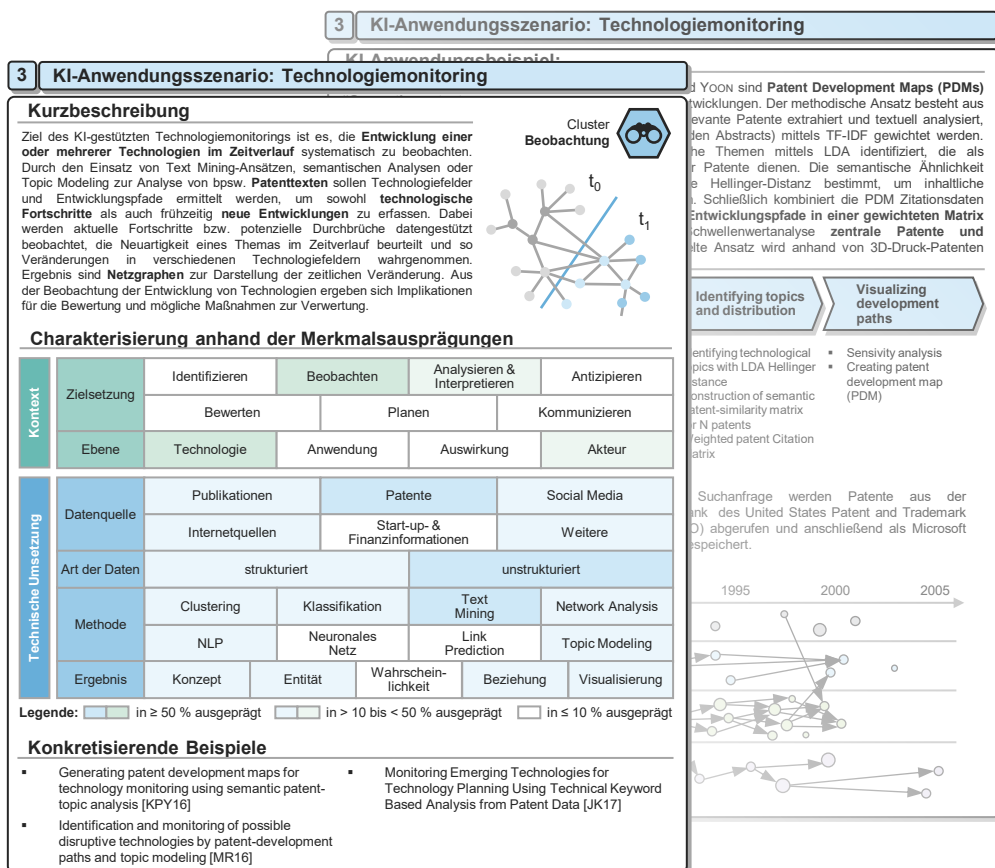


Bild 4-24: Betrachtung der KI-Anwendungsszenarien zur Analyse der KI-Potenziale

Die Anwendungsszenarien bieten dem Anwender Inspiration, einen Überblick und detailliertere Informationen über die KI-Potenziale zur Umsetzung der Handlungselemente. Darüber hinaus lassen sich erste Abschätzungen treffen, welche sich potenziell im Unternehmen umsetzen lassen – beispielsweise anhand der bereits genutzten Datenquellen.

Ableitung des Leistungssteigerungsbedarfes

Nach der Definition der Zielposition erfolgt der Abgleich der Zielleistungsstufen mit den Reifegraden für das Gesamtsystem (vgl. Anhang A2.3). Sie geben dem Anwender die Möglichkeit die für das individuell für die Unternehmen definierte Zielposition mit den Best Practices der Reifegrade abzugleichen und somit Hinweise auf inkonsistente Leistungsstufen und sinnvolle Anpassung zu identifizieren. Nach dem Abgleich ist der Bereich der Zieldefinition abgeschlossen. Wesentliches Resultat ist das Profil, in dem der Vergleich der Ist- und Zielleistungsstufe dargestellt ist (s. Bild 4-25). Aus diesem Vergleich resultiert der Leistungssteigerungsbedarf, der für die nachfolgende Ableitung von Maßnahmen zur Leistungssteigerung relevant ist.

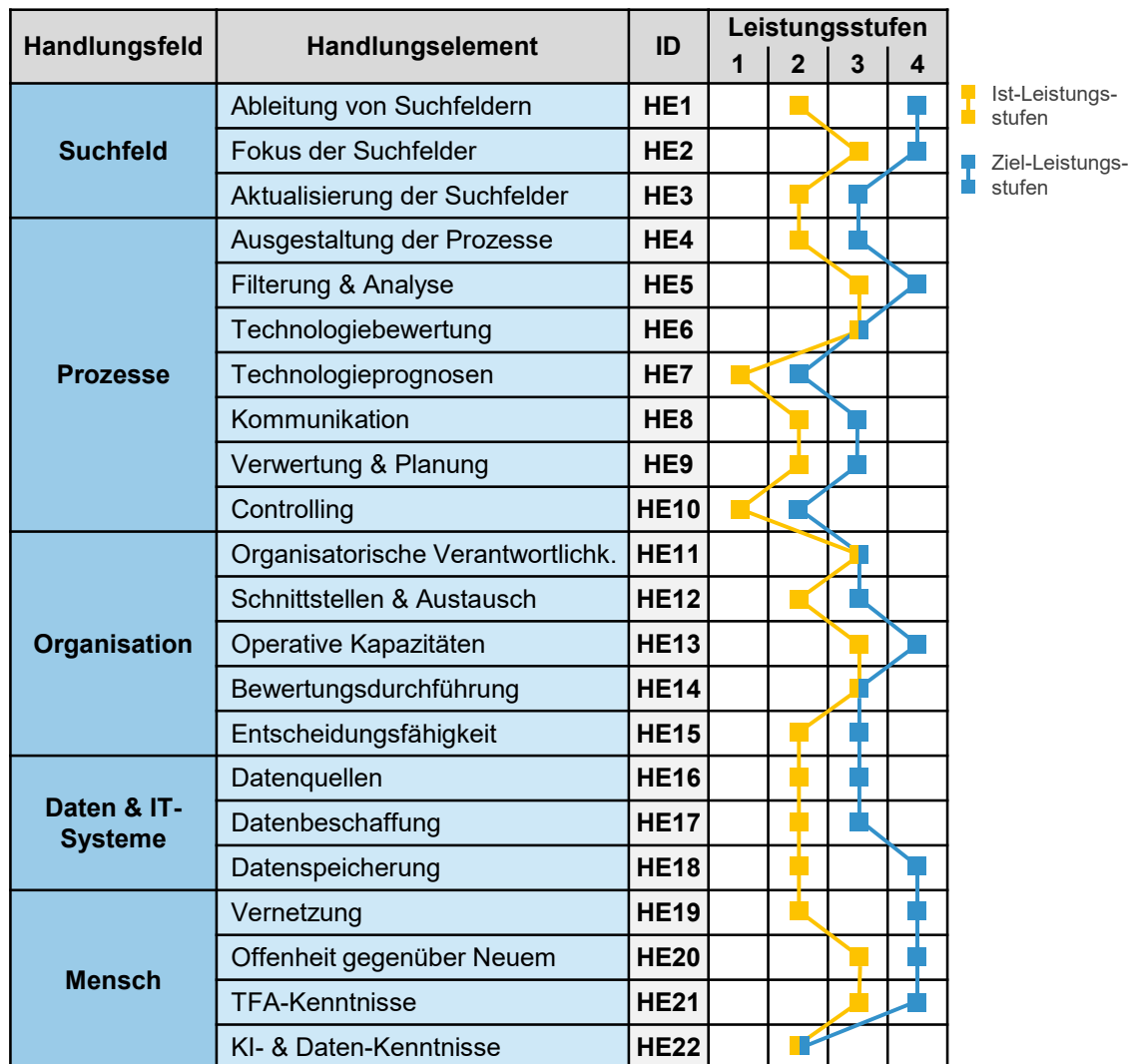


Bild 4-25: Übersicht der Ist- und Zielleistungsstufen

Als **Resultat** der zweiten Phase *Zieldefinition* liegt eine individuelle Zielposition im Reifegradmodell vor. Diese beschreibt für jedes Handlungselement die anzustrebende Leistungsstufe, die eine Leistungssteigerung der TFA darstellt.

4.4.3 Phase 3: Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung

Ziel der dritten und letzten Phase des Vorgehensmodells ist die *Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung*. Zur Schließung der Lücke zwischen der derzeitigen Leistungsfähigkeit und dem Zielreifegrad, sind entsprechende Maßnahmen zur Umsetzung der Leistungssteigerung für einen ausgewählten Zeithorizont zu definieren. Bei der Definition der Maßnahmen müssen Aufwand und Nutzen in einem sinnvollen Verhältnis stehen.

Identifikation und Beschreibung von Maßnahmen

Ausgehend von den Beschreibungen der anvisierten Leistungsstufe sind unternehmensindividuelle Maßnahmen zur Erreichung der Zielleistungsstufe zu definieren. Hierzu kann die in Bild 4-26 dargestellte Vorlage eines Maßnahmensteckbriefs verwendet werden.

Etablierung eines Synchronisations-Formats		M1								
Beschreibung Ziel der Maßnahme ist die Definition eines neuen Synchronisations-Formats mit weiteren Abteilungen. Das Format soll einen Mehrwert für alle Beteiligten bieten und kann zukünftig neben dem Informationsaustausch auch für die Aktualisierung der Suchfelder genutzt werden. To-dos - Identifikation von relevanten Abteilungen mit Schnittstellen zur TFA - Festlegen des Formats - Pilotierung und Feedback zum Format einholen	Handlungsfeld  Organisation Bewertung <table> <tr> <td> Zeitaufwand</td> <td> niedrig hoch</td> </tr> <tr> <td> Investitionskosten</td> <td> niedrig hoch</td> </tr> <tr> <td> Beitrag Leistungssteigerung</td> <td> niedrig hoch</td> </tr> <tr> <td> Qualitätssteigerung</td> <td> niedrig hoch</td> </tr> </table>		 Zeitaufwand	 niedrig hoch	 Investitionskosten	 niedrig hoch	 Beitrag Leistungssteigerung	 niedrig hoch	 Qualitätssteigerung	 niedrig hoch
 Zeitaufwand	 niedrig hoch									
 Investitionskosten	 niedrig hoch									
 Beitrag Leistungssteigerung	 niedrig hoch									
 Qualitätssteigerung	 niedrig hoch									
 Verantwortlichkeit: ... Beteiligte: Produktmanagement, F&E und Marketing										

Bild 4-26: Beispiel eines Maßnahmen-Steckbriefs zur Leistungssteigerung

Zur **Dokumentation** der Maßnahmen enthält der Steckbrief die Abschnitte: Titel der Maßnahme, Beschreibung, To-dos, Bewertung, Verantwortlichkeit sowie Beteiligte. Der Titel der Maßnahme sollte so gewählt werden, dass dieser für alle Beteiligten eindeutig und selbsterklärend ist. In den Abschnitten der Kurzbeschreibung und To-dos wird die Maßnahme detailliert, wobei die To-dos die Maßnahme stichpunktartig in einzelne handhabbare Arbeitsschritte gliedern. Über den Verantwortlichen und die notwendigen Beteiligten werden die Maßnahmen direkt mit konkreten Mitarbeitenden oder auch Fachbereichen des Unternehmens verknüpft. Die Abschätzung des Aufwands und des benötigten Zeithorizonts für die Umsetzung der Maßnahmen geben einen ersten Ausblick für die nachfolgende Priorisierung der Maßnahmen.

Zur Konkretisierung einzelner Maßnahmen zur Erschließung der Potenziale von KI können die KI-Anwendungsbeispiele aus den Steckbriefen als Hilfsmittel herangezogen werden. Sie können dabei als Referenzlösungen fungieren, anhand derer sich Anforderungen und Rahmenbedingungen einer Umsetzung konkretisieren lassen (z. B. benötigte Daten, IT-Infrastruktur und Schnittstellen, Data Science-Kompetenzen). Der Abgleich dieser Anforderungen mit den im Unternehmen vorhandenen Ressourcen und Fähigkeiten unterstützt die Entscheidung, ob eine externe Umsetzung (z. B. Tool- oder Dienstleisterlösung) zweckmäßig ist oder ob der Aufbau eigener KI-Fähigkeiten strategisch sinnvoll erscheint. Auf dieser Grundlage lassen sich aus den relevanten Anwendungsszenarien und der zugehörigen Anwendungsbeispiele auf der zweiten Steckbriefseite (s. Bild 4-27) gezielt Maßnahmen ableiten und formulieren.

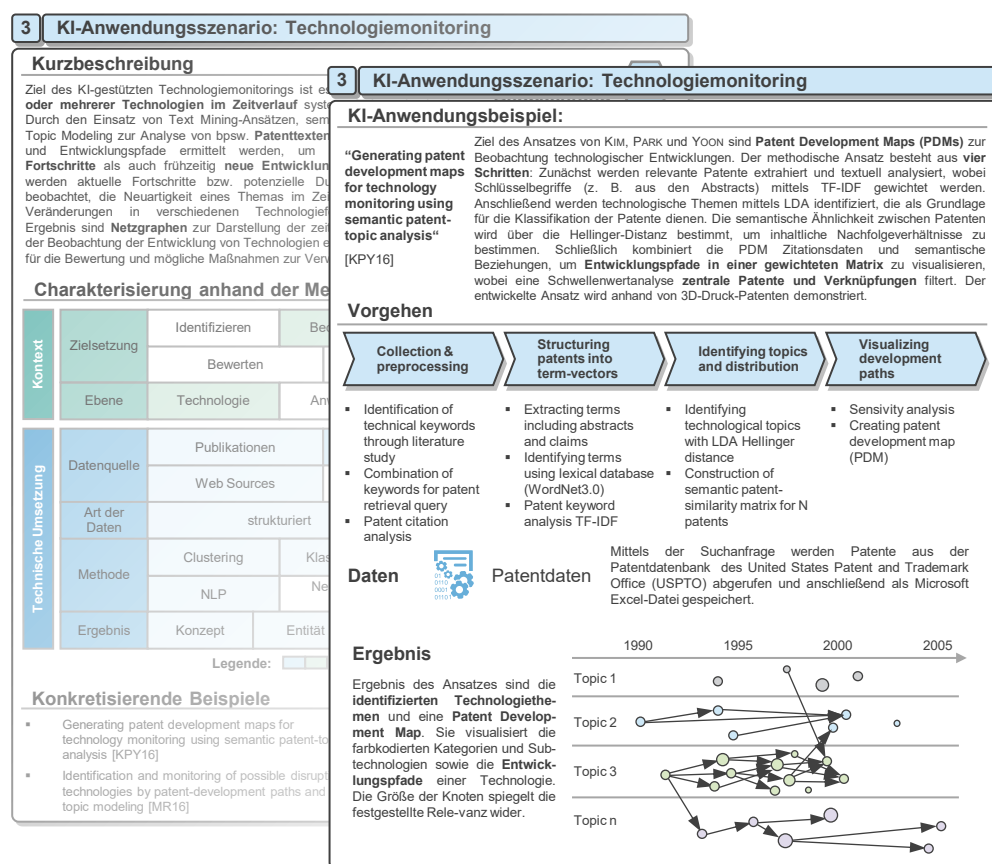


Bild 4-27: Betrachtung der KI-Anwendungsbeispiele zur Definition und Konkretisierung von Maßnahmen

Priorisierung der Maßnahmen

Je nach Ausgangssituation liefert die geplante Leistungssteigerung eine Vielzahl von Maßnahmen. Eine gleichzeitige Umsetzung aller identifizierten Maßnahmen ist in der Regel nicht möglich und daher eine Priorisierung erforderlich. Sofern eine realistische Umsetzung aller Maßnahmen möglich ist, kann dieser Schritt übersprungen und die Leistungssteigerung in der Roadmap geplant werden.

Zur Priorisierung kann das Aufwand-Nutzen-Portfolio in Bild 4-28 verwendet werden. Für die Einordnung in das Portfolio ist jede identifizierte Maßnahme hinsichtlich ihres geschätzten Aufwands und Nutzens zu bewerten. Die Aufwandsabschätzung aus dem Maßnahmensteckbrief liefert einen Anhaltspunkt für die Einordnung hinsichtlich der notwendigen Ressourcen, bspw. der Investitionskosten für ein Tool-Anschaffung oder der Personalkosten für den Zeitaufwand der Beteiligten. Der Nutzen der Maßnahme sollte eine Einschätzung des Beitrags der Maßnahme zur Erreichung der jeweiligen Leistungsstufe und des Verbesserungsziels widerspiegeln.

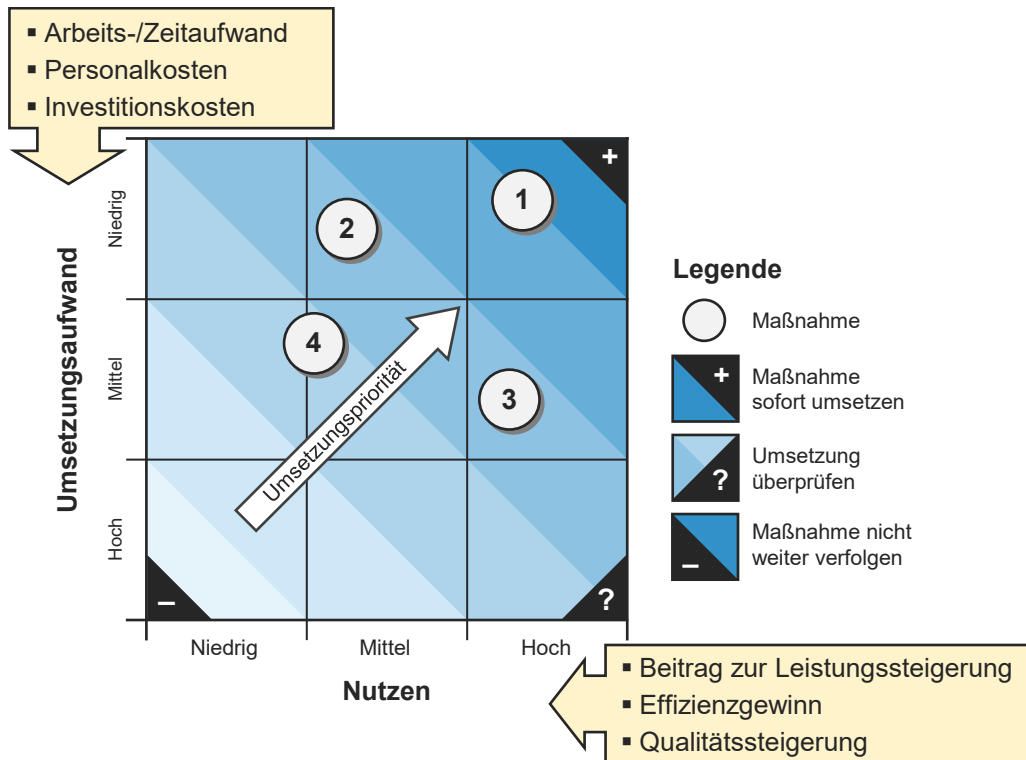


Bild 4-28: Aufwand-Nutzen-Portfolio zur Priorisierung der Maßnahmen

Je weiter rechts eine Maßnahme in dem Portfolio angeordnet ist, desto höher ist ihr Nutzen. Je höher die Maßnahme platziert ist, desto niedriger ist der mit der Umsetzung verbundene Aufwand. Maßnahmen mit einem hohen Nutzen und einem geringen Aufwand sind sofort anzugehen. Bei hohem Aufwand und hohem Nutzen ist die Umsetzung der Maßnahme zu überprüfen. Maßnahmen, die lediglich einen geringen Nutzen bei gleichzeitig hohem Aufwand aufweisen, sollten hingegen nicht weiterverfolgt werden. Im Anschluss an die Priorisierung erfolgt die zeitliche Planung der Maßnahmen zur Leistungssteigerung.

Erarbeitung einer Umsetzungsroadmap

Die Umsetzung der Maßnahmen zur Leistungssteigerung wird mithilfe einer Leistungssteigerungs-Roadmap geplant. Aus ihr geht hervor, wann welche Maßnahmen zur Leistungssteigerung umgesetzt werden sollen und welche Abhängigkeiten für die Planung resultieren. In Anlehnung an das in der Praxis verbreitete Werkzeug zur Technologie-

planung, der Technologie-Roadmap⁴⁶, stellt die Leistungssteigerungs-Roadmap in vertikaler Richtung die Handlungselemente dar. Planungsobjekte sind die identifizierten Maßnahmen, die entlang der horizontalen Zeitachse entsprechend der geplanten Bearbeitungszeit in Balkenform dargestellt werden. Zudem werden Abhängigkeiten zwischen den Maßnahmen, sofern vorhanden, durch vertikal verlaufende Linien gekennzeichnet. Bild 4-29 veranschaulicht den Aufbau der Leistungssteigerungs-Roadmap an einem Beispiel.

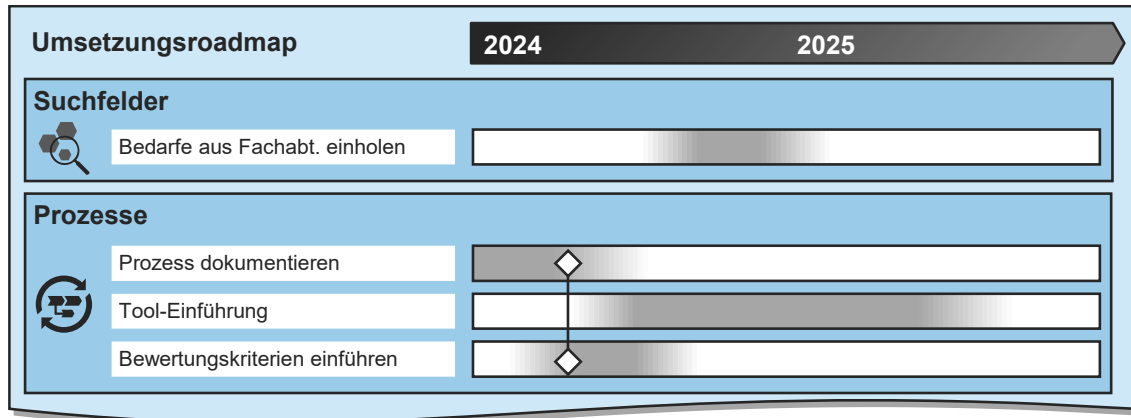


Bild 4-29: Beispiel einer Leistungssteigerungs-Roadmap als Übersicht aller definierten Maßnahmen (Auszug)

Bei der zeitlichen Planung der Leistungssteigerung sind die Abhängigkeiten der Maßnahmen untereinander zu berücksichtigen. So kann in einigen Fällen eine gleichzeitige Bearbeitung möglich sein, während andere Maßnahmen erst nach der Umsetzung weiterer Maßnahmen angegangen werden können. Es resultieren die Möglichkeiten der *sequenziellen*, *parallelen* oder *iterativen Bearbeitung* (vgl. [Ech18, S. 133]). Diese sind für alle Maßnahmen zu prüfen. Sind bei einer Vielzahl von ermittelten Maßnahmen diese Abhängigkeiten nicht direkt ersichtlich, können diese unter Einbeziehung der *Netzplantechnik*⁴⁷ in eine zeitliche und logische Reihenfolge gebracht werden.

Resultat der abschließenden Phase der *Planung der Leistungssteigerung* ist die Leistungssteigerungs-Roadmap. Diese gibt Aufschluss darüber, welche Maßnahmen zu den Handlungselementen des Reifegradmodells wann umgesetzt werden sollen, um die Lücke zwischen der derzeitigen Leistungsfähigkeit und dem Zielreifegrad zu schließen. Sie gibt somit einen konkreten Plan für die Leistungssteigerung der TFA vor. Durch ein erneutes Durchlaufen der Systematik kann überprüft werden, wie wirkungsvoll die Maßnahmen umgesetzt wurden und ob die geplante Leistungssteigerung erreicht wurde.

⁴⁶ Vgl. [GP14, S. 166], [SK11, S. 207], [MI08, S.3ff.].

⁴⁷ Die Netzplantechnik als Instrument des Projektmanagements dient der Planung und Überwachung von Abläufen unter Berücksichtigung von Zeit, Kosten und Ressourcen. Entsprechend ihrer Abhängigkeiten werden Abläufe miteinander verkettet und in einem Netzplan graphisch dargestellt [DIN69900].

5 Anwendung und Validierung der Systematik

Das vorliegende Kapitel beschreibt die Anwendung und Validierung der *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung*. In Abschnitt 5.1 wird zusammenfassend gezeigt, wie die Bestandteile der Systematik in der Anwendung funktionieren. Im Anschluss wird die Anwendung in Abschnitt 5.2 validiert. Durch Abschnitt 5.1 und 5.2 erfolgt somit die Untersuchung der Tauglichkeit für die Praxis. Das Kapitel endet mit Abschnitt 5.3, in dem die Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen aus der Problemanalyse durchgeführt wird. Hierdurch wird die Erfüllung der theoretischen Anforderungen der wissenschaftlichen Arbeit an die Systematik belegt.

5.1 Praktische Anwendung der Systematik

Für die Validierung der Praxistauglichkeit der vorgestellten Systematik wurde diese in einer Workshopreihe mit sechs ausgewählten Unternehmen aus der Interviewstudie angewendet und validiert. Die Anwendung erfolgte dabei jeweils im Rahmen von zwei moderierten Workshops. Hierbei wurde das Reifegradmodell anhand des Vorgehensmodells (vgl. Abschnitt 4.4) durchlaufen und die entsprechenden Hilfsmittel eingesetzt. Ziel der praktischen Anwendung der Systematik ist die Überprüfung der Anwendbarkeit und des Nutzens. Die Workshops wurden mit Einzelpersonen oder ganzen Teams von bis zu drei Personen durchlaufen. Darüber hinaus war von Unternehmensseite in der Regel ein zentraler Ansprechpartner an der Vorbereitung und Durchführung der Aktivitäten beteiligt. Mit jedem der sechs Unternehmen werden die Phasen *Leistungsbewertung*, *Zieldefinition* und *Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung* durchlaufen. Da das grundsätzliche Vorgehen in den Workshops für alle Unternehmen identisch ist, erfolgt die Beschreibung in einer Zusammenfassung. Aus Gründen der Geheimhaltung sensibler Informationen wird im Nachfolgenden kein durchgängiges Beispiel beschrieben, sondern es werden anonymisierte Teilausschnitte aus einzelnen Workshops gezeigt und die Erfahrungen aus dem Querschnitt aller Workshops resümiert.

5.1.1 Phase 1: Leistungsbewertung

Gegenstand der ersten Phase der praktischen Anwendung der Systematik ist die Leistungsbewertung. Im Vordergrund hierbei steht die **Analyse der Ausgangssituation** im Unternehmen. Ausgehend von der Diskussion der Handlungselemente und den zugehörigen Leistungsstufen erfolgt die Leistungsbewertung. Grundlage der Leistungsbewertung ist die vom Unternehmen individuelle Erfüllung der Leistungsstufen. Hierfür wurden die 22 Handlungselemente im Detail vorgestellt und anschließend Beispiele durch das Unternehmen benannt, welche Praxis bereits hinsichtlich der Umsetzung des Handlungselements im Unternehmen gelebt wird. Anschließend wurde jede einzelne Leistungsstufe und deren Erfüllung anhand der Aussagen „trifft zu“ oder „trifft nicht zu“

durch die Anwender bewertet. Bild 5-1 zeigt das beispielhafte Ergebnis einer Leistungsbewertung aus den Workshops.

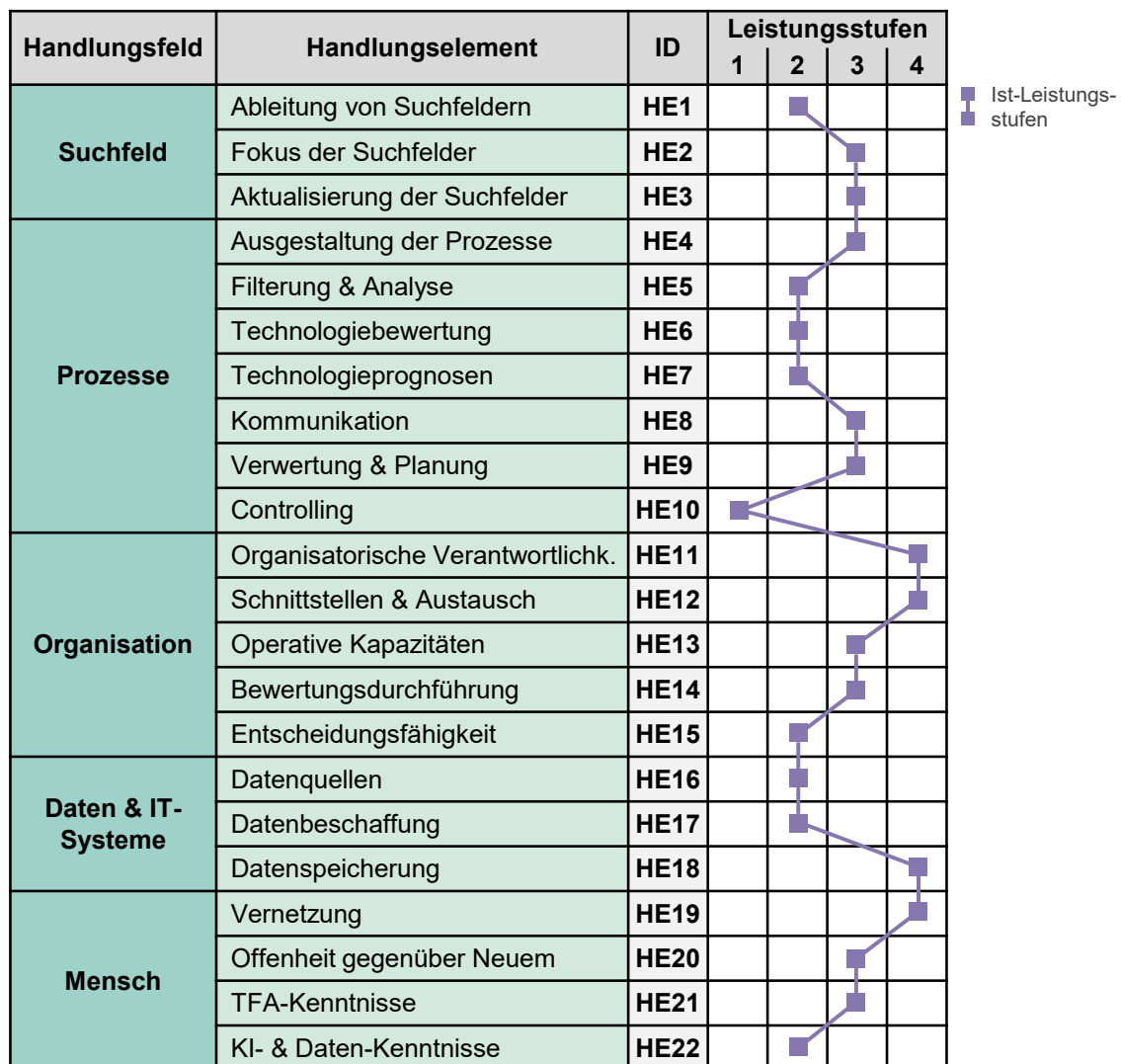


Bild 5-1: Leistungsbewertung eines ausgewählten Unternehmens

Die Ausgangssituation des hier exemplarisch erläuterten Unternehmens ist geprägt durch einen Wechsel in der Geschäftsführung und einer damit einhergehenden Verschiebung von Prioritäten und Ressourcen für den im zentralen Innovationsmanagement angesiedelten Aufgabenbereich der TFA. Dies zeigt sich beispielsweise in der Ableitung der Suchfelder. Auch wenn diese in der Vergangenheit deutlich strategischer ausgerichtet waren, sollen diese sich aufgrund der aktuellen Marktsituation nun auf die Lösung heutiger Kundenprobleme beziehen. Diese kurz- bis mittelfristigen Kundenbedürfnisse könnten laut der Teilnehmenden jedoch systematischer erfasst und dokumentiert werden. Auch ist der Fokus der Suchfelder aktuell nur auf das allgemeine Marktumfeld gerichtet. Die anvisierte Technologiereife ist dabei jedoch nicht eingeschränkt. Die Aktualisierung der Suchfelder wird derzeit nicht durch einen zentralen Prozess gesteuert und erfolgt daher

in der Regel in den einzelnen Geschäftseinheiten, die ihre Suchfelder bei sich ändernden Anforderungen aktualisieren. Dies entspricht der Leistungsstufe 3 „Tempo der Branche“.

Bei der Diskussion der derzeitigen Vorgehensweise in der TFA ist ersichtlich, dass die Aktivitäten einem einfachen und praxisorientierten Prozess folgen (s. Bild 5-2). Weitere Ideen zur Einbringung von mehr Struktur und Flexibilität würden hier eine Trennung von anderen Kernprozessen und ein eigenes Budget erfordern. Auch wenn im Rahmen des Innovationsmanagements bereits ein Tool eingesetzt wird, erfolgt Filterung und Analyse von technologischen Informationen manuell. Die Technologiebewertung erfolgt in Abhängigkeit des Punkts innerhalb des Entscheidungsprozesses mal intuitiv, mal methodengestützt. Da es aktuell noch an einem durchgängigen Einsatz von Bewertungsmethoden mangelt, haben sich die Workshop-Teilnehmer dazu entschlossen diesen Prozess mit der Leistungsstufe 2 zu bewerten. Hinsichtlich der Verwertung sind klare und transparente Strukturen vorhanden, die jedoch durch eine Stabilisierung des Budgets für Folgeprojekte noch zu optimieren sind. Eine Plattform zur Speicherung der Ergebnisse ist zwar bereits im Einsatz, wird aber noch nicht von allen Unternehmensbereichen in ihren Möglichkeiten zur umfassenden Kommunikation genutzt. Ein Controlling erfolgt über Budgets für Vorentwicklungsprojekte, jedoch nicht für die Aktivitäten der TFA.

Handlungselement	Leistungsstufen			
	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
Der Prozess liefert die Struktur zur Bewältigung der einzelnen Phasen und Herausforderungen der TFA.	 ▪ <i>Drei Prozessphasen beschrieben, die sich am Innovationsprozess („Innovationstrichter“) orientieren</i> ▪ <i>Prozess ist in PPT dokumentiert</i> ▪ <i>Prozessabbildung demnächst auch in Microsoft-Teams zugänglich</i> ▪ <i>Schritte zur Verwertung bisher noch nicht ausreichend adressiert</i>			

Bild 5-2: Auszug aus der Diskussion der Handlungselemente und Einordnung in die Leistungsstufen am Beispiel „Ausgestaltung der Prozesse“

Aufgrund der Größe des Unternehmens erfolgt die TFA auf zentraler Ebene mit Unterstützung der einzelnen Geschäftsbereiche. Im Rahmen eines Innovation-Committees erfolgt ein regelmäßiger Austausch über die Aktivitäten, wobei aus Sicht der Beteiligten eine stärkere Einbindung des Managements wünschenswert wäre. Da die meisten Verantwortlichen für das Scouting neuer Technologien diese Aufgabe nur in Teilzeit erfüllen, wurde für die *Operativen Kapazitäten* die Leistungsstufe 3 eingeordnet. Diese Personen und Experten werden auch in die Bewertung von neuen Technologien mit einbezogen. Eine große Herausforderung für das Unternehmen ist derzeit die Entscheidungsfähigkeit. Hier stoßen die Verantwortlichen oft auf Hürden bei der Umsetzung bzw. Fortführung von Projekten mit innovativem Technologieeinsatz.

Für das Unternehmen stellen öffentlich zugängliche Informationen die hauptsächlichsten *Datenquellen* dar. Die Beschaffung wird aktuell dementsprechend manuell durchgeführt. Auch wenn das Unternehmen aktiv neue Entwicklungen der am Markt verfügbaren Tools beobachtet, wird deren Nutzen aktuell als zu gering erachtet. Das aktuell genutzte Tool dient somit nicht der Filterung, Analyse und teilautomatisierten *Datenbeschaffung*, sondern mehr der Kollaboration im Rahmen einzelner Schritte des Innovationsprozesses inkl. verknüpfter Plattform für die *Datenspeicherung*.

Für das Handlungselement der *Vernetzung* wurde die Leistungsstufe 4 ausgewählt, da eine dedizierte Rolle zur Verknüpfung des Unternehmens mit Forschungsinstituten und Hochschulen innerhalb des Innovationsteams verankert ist. Die Offenheit für neue Technologien im Unternehmen wird jedoch als ausbaufähig beschrieben. Da es sich bei der Mehrzahl der an der TFA beteiligten Personen um Fachexperten handelt, erfolgt die Anwendung von Methoden häufig nicht systematisch und die Kenntnisse sind dementsprechend mit Leistungsstufe 3 zu bewerten. Durch die Verfolgung aktueller Potenziale von KI und Daten für die TFA ist zudem theoretisches Basiswissen vorhanden. Für diesen Teilbereich soll die Zusammenarbeit mit den Data Scientists im Unternehmen künftig weiter ausgebaut werden.

Die Diskussionen mit den Unternehmensvertretern im Rahmen des Workshops zur Leistungsbewertung zeigen, dass das Wissen zur Verbesserung der eigenen Aktivitäten häufig bereits vorhanden ist bzw. in der Vergangenheit bereits Dinge besser gemacht wurden, die nun aufgrund der eingangs erläuterten strategischen Entscheidungen und der aktuellen Marktsituation deutlich pragmatischer umgesetzt werden. Die 22 Handlungselemente unterstützen hier jedoch nach Aussage der Teilnehmenden die strukturierte Diskussion. Hinsichtlich der erfolgreichen Durchführung der ersten Phase zeigt sich, dass eine detaillierte Erläuterung der Handlungselemente in der Moderation sehr hilfreich für das Verständnis und das effiziente Durchlaufen dieser ersten Phase ist. Durch die Abstraktion von Reifegradmodellen und ihrer idealtypischen Abbildung von Leistungsstufen zeigte sich in der Diskussion, dass sich Unternehmen in der Praxis auch teilweise zwischen zwei Stufen verorten bzw. die Leistungsstufen für sich zu einem gewissen Teil erfüllt sehen. In diesem Fall empfiehlt es sich in der Regel, die niedrige Leistungsstufe zu wählen, um dann im Folgenden ergänzende Maßnahmen zur vollständigen Erfüllung der nächsten Leistungsstufe zu formulieren.

5.1.2 Phase 2: Zieldefinition

In der zweiten Phase der Anwendung erfolgt die **Zieldefinition**, in der die unternehmensindividuelle Zielposition innerhalb des Reifegradmodells bestimmt wird. Dies erfolgt unter Berücksichtigung des Unternehmenskontextes und der gewählten Verbesserungsziele (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die Erläuterung der Durchführung dieser zweiten Phase erfolgt anhand eines weiteren Beispiels aus den Workshops mit den Unternehmen und baut nicht auf dem vorherigen Beispiel des Abschnitts Leistungsbewertung auf.

Zu Beginn des Workshops zur Zieldefinition werden die beiden in Abschnitt 4.4.2 beschriebenen Hilfsmittel eingesetzt. Die exakte Unternehmensgröße wird in der folgenden Beschreibung der **Analyse des Unternehmenskontextes** nicht angegeben, da diese zusammen mit der Liste der Interviewpartner direkte Rückschlüsse auf das Unternehmen zulässt. Die Charakterisierung des Unternehmenskontextes zeigt Bild 5-3. Bei der Diskussion der strategischen Ausrichtung zeigte sich, dass je nach Geschäftsbereich durchaus unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit der konkreten Marktleistungen verfolgt werden. Das Gesamtunternehmen orientiert sich jedoch tendenziell an der Strategie der Technologieführerschaft. Als Anbieter von Lösungen im Bereich der Antriebstechnik für die Automobilindustrie weist das Unternehmensumfeld mit seiner Wettbewerbsstruktur, den Lieferantenbeziehungen, etc. eine vergleichsweise hohe Komplexität auf. Auch wenn die Veränderungsgeschwindigkeit von den Workshopteilnehmern aufgrund der anhaltenden Transformation der Branche als zunehmend hoch empfunden wird, ist diese im Vergleich zu anderen Branchen, wie z. B. der Softwareindustrie, eher im oberen Mittelfeld anzusiedeln. Die Analyse des Unternehmenskontextes sowie der bisherige Leistungsstand des Unternehmens lassen darauf schließen, dass neue Technologien eine hohe Relevanz für das Unternehmen haben.

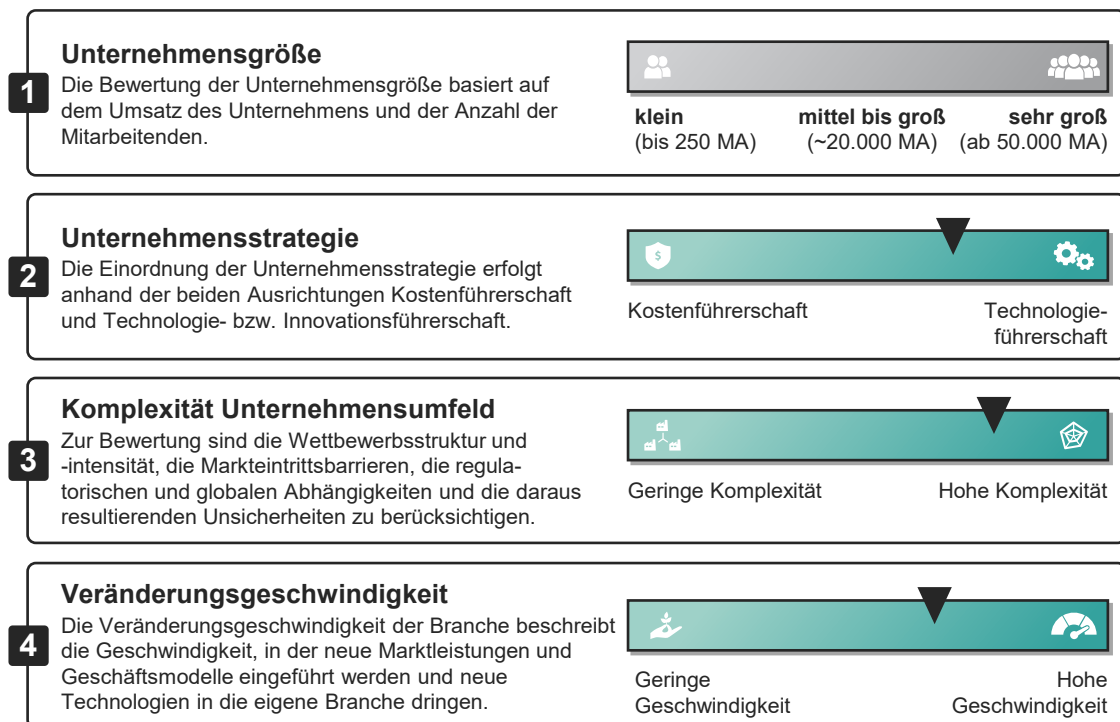


Bild 5-3: Beispiel einer Charakterisierung des Unternehmenskontextes

Im Anschluss erfolgen die Priorisierung und **Auswahl der Verbesserungsziele**. Im Rahmen der verbundenen Diskussion sowie in der Rekapitulation der Leistungsbewertung aus Phase 1 zeigte sich, dass das Unternehmen, insbesondere im Vergleich zu den weiteren Unternehmen der Interviewstudie, bereits eine effektive Umsetzung der Erkenntnisse aus der TFA im Unternehmen erreicht hat und das Bewusstsein für Innovation und neue

Technologien integrativer Bestandteil der Unternehmenskultur und -identität ist. Aus diesem Grund wurden von den Teilnehmenden die folgenden Verbesserungsziele als besonders relevant erachtet: *Effizienz und Analyse der Filterung erhöhen, Objektivität der Bewertung und Entscheidungsfindung erhöhen, KI-Potenziale besser nutzen sowie Perspektive erweitern*. Aus der Betrachtung der mindestens zu erreichenden Leistungsstufen aus dem Katalog der Verbesserungsziele resultiert ein initialer Vorschlag für eine Zielposition im Reifegradmodell. Diese wurde anschließend im Detail diskutiert und die Lücke zwischen Ist- und Soll-Position analysiert. Bild 5-4 zeigt das ermittelte Profil der Ist- und Zielleistungsstufen als Ergebnis der Phasen der Leistungsbewertung und Zieldefinition.

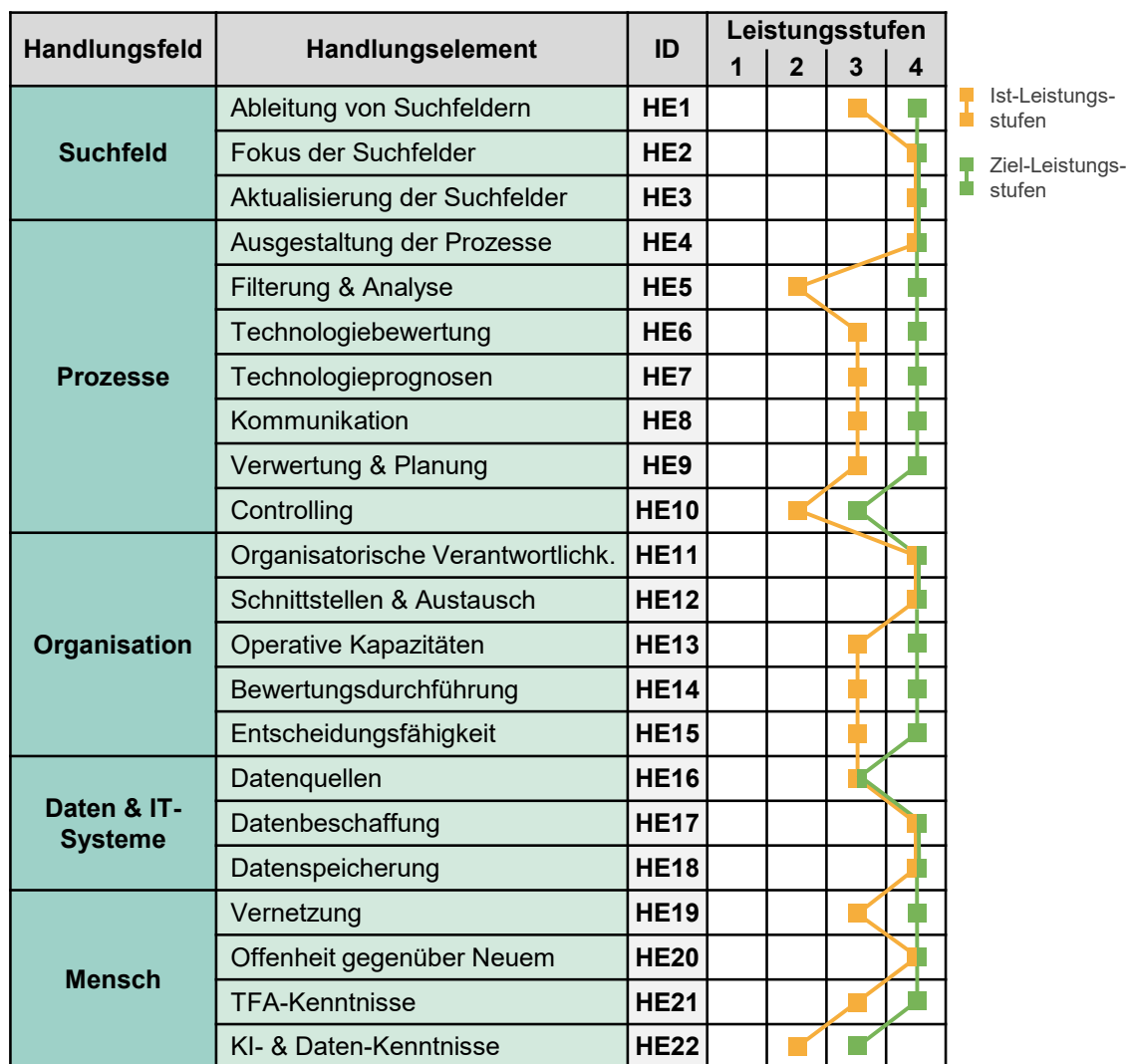


Bild 5-4: Resultierendes Profil der Ist- und Zielleistungsstufen eines Unternehmens

Die durchgeführte Leistungsbewertung hat ergeben, dass das Unternehmen bereits gegenwärtig eine im Vergleich hohe Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Umsetzung der TFA erkennen lässt. In der Konsequenz werden bei der **Ableitung des Leistungssteigerungsbedarfes** daher einige Handlungselemente ausgewählt, um diese gezielt weiterzuentwickeln. Dies betrifft insbesondere die Erschließung der KI-Potenziale. So sollen zu-

künftig die Ableitung von Suchfeldern sowie die Filterung & Analyse bis hin zur Verwertung & Planung stärker durch Daten bzw. KI-gestützt umgesetzt werden. Hierbei unterstützt die Sichtung des Katalogs von KI-Anwendungsszenarien und den Anwendungsbeispielen (vgl. Abschnitt 4.2.4) die spätere Diskussion konkreter Maßnahmen. Kurzfristig werden die aus der Anwendung des Reifegradmodells und des KI-Anwendungsszenarien-Katalogs resultierenden Erkenntnisse als Anforderungen an ein neues Tool mit aufgenommen sowie der Markt kontinuierlich beobachtet. Mittelfristig sollen darüber hinaus eigene KI-Kompetenzen für den Bereich der TFA ausgebaut werden. Zudem soll die Nutzbarkeit von KI für die TFA für die gesamte Organisation aufgezeigt werden, um so durch diese Qualifizierung der an der TFA beteiligten Mitarbeiter gemeinsam neue unternehmensindividuelle Anwendungsfälle ableiten zu können. Ein weiteres Beispiel für ein diskutiertes Handlungselement ist die Kommunikation, die bereits heute als interne Stärke identifiziert wurde. Ziel ist es, zur kontinuierlichen Verbesserung der Kommunikation das Bewusstsein für die Nutzung der Plattform bei allen an den Prozessen beteiligten Stakeholdern zu stärken. Die Nutzung der Plattform soll langfristig eine Analyse der internen Projekte und Dokumentationen ermöglichen.

Die Erfahrungen aus der zweiten Phase legen nahe, dass eine Analyse des Unternehmenskontextes bei mehreren Workshopteilnehmern für die Bildung eines gemeinsamen Verständnisses der Ausgangssituation des Unternehmens hilfreich ist, auch wenn sich hieraus lediglich sehr grobe Aussagen bzw. Rückschlüsse auf die zu wählenden Zielleistungstufen ableiten lassen. Die Auswahl der Verbesserungsziele sorgt aufgrund ihrer geringen Anzahl im Vergleich zu den Handlungselementen für eine von den Workshopteilnehmern wahrgenommene Komplexitätsreduktion. Die vorgeschlagenen Leistungsstufen zur Erreichung der Verbesserungsziele dienen als Diskussionsgrundlage und unterstützen die spätere Begründung der erforderlichen Leistungsstufe in einem bestimmten Handlungselement. Abschließend erfolgt die Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung.

5.1.3 Phase 3: Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung

Anknüpfend an die Zieldefinition erfolgt in der dritten und letzten Phase die **Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung**. Ziel ist die Erstellung einer Umsetzungsroadmap, welche die erforderlichen Maßnahmen zur Leistungssteigerung in eine zeitliche Reihenfolge ordnet. Entsprechend des Vorgehens aus Abschnitt 4.4.3 werden auf Basis der zuvor durchgeführten Zieldefinition Maßnahmen abgeleitet. Wie auch in den vorherigen Abschnitten wird das Durchlaufen dieser Phase anhand eines ausgewählten Beispiels aus den Validierungsworkshops beschrieben, welches nicht auf den vorherigen Phasen aufbaut.

Das Unternehmen verfolgt bei der Umsetzung der TFA einen pragmatischen Ansatz, der sich auf die wesentlichen Aspekte konzentriert. Die Aktivitäten sind aufgrund der relativ geringen Veränderungsgeschwindigkeit der Branche stark am Markt bzw. der Entwicklung der Branche orientiert. In der Vergangenheit wurden die Aktivitäten im Rahmen der

Entwicklung des Technologiemanagements kontinuierlich ausgebaut und strukturiert, so dass eine solide Grundlage für eine Leistungssteigerung geschaffen wurde. Im Rahmen des Workshops wurden auf Grundlage des Abgleichs der Leistungsbewertung mit der Zieldefinition bzw. der resultierenden Lücke insgesamt 15 Maßnahmen abgeleitet, die das Bestehende in kleinen Schritten optimieren sollen. Dazu wurden die qualitativen Beschreibungen der Zielleistungsstufe analysiert und durch Übertrag auf den Unternehmenskontext in geeignete Maßnahmen unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen im Unternehmen übersetzt.

Die Bewertung und **Priorisierung der Maßnahmen** durch die Workshopteilnehmer erfolgt mittels einer Punktebewertung im Hinblick auf die Dimensionen *Aufwand* und *Nutzen* (vgl. Abschnitt 4.4.3). Zur Interpretation werden die Ergebnisse in ein Aufwand-Nutzen-Portfolio übertragen, welches in Bild 5-5 dargestellt ist. Das Portfolio zeigt einen Auszug der anonymisierten Maßnahmen aus dem Workshop.

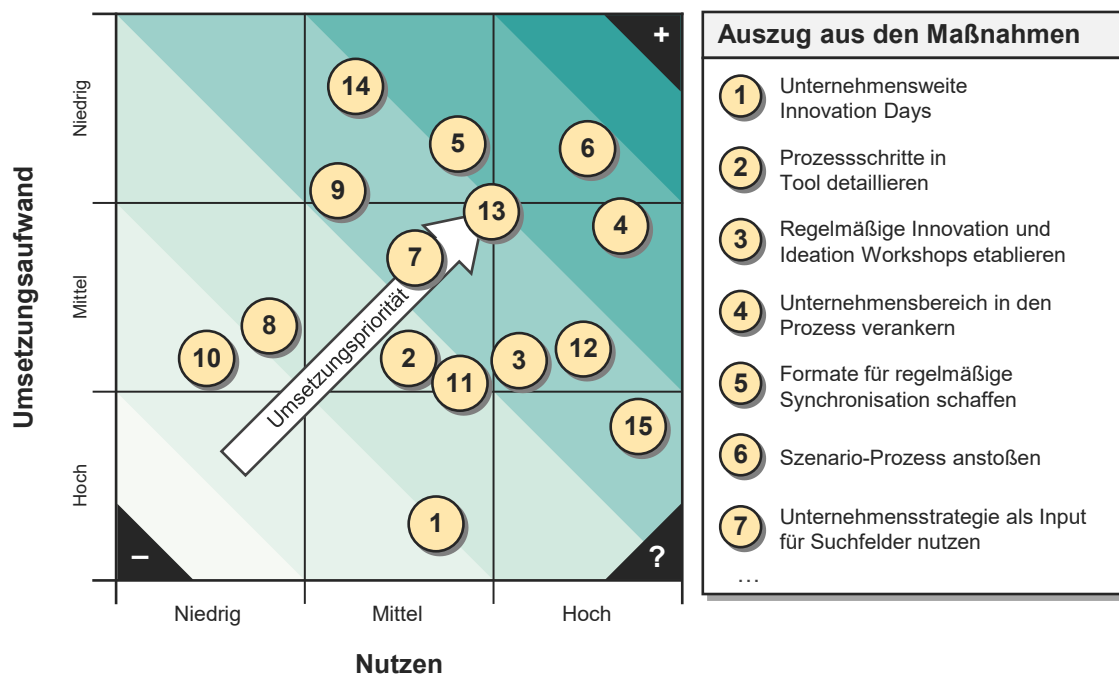


Bild 5-5: Auszug eines beispielhaften Aufwand-Nutzen-Portfolios aus den Workshops

Die Maßnahmen zur Erreichung der Zielleistungsstufen lassen erkennen, dass zum einen die Suchfelder strategischer als bisher hergeleitet werden sollen, z. B. durch die Entwicklung einer Unternehmensstrategie bis auf Technologieebene, und zum anderen die interne Synchronisation und Vernetzung durch die TFA gestärkt werden sollen. Hierauf zielen bspw. die Maßnahmen „Verankerung der Unternehmensbereiche im Prozess“ und „Formate für regelmäßige Synchronisation schaffen“ ab. Aus der Priorisierung der Maßnahmen geht hervor, dass die Maßnahmen „Einführung eines Roadmapping-Tools“, „Verankerung der Unternehmensbereiche im Prozess“ und „Szenario-Prozess anstoßen“ als besonders nutzenstiftend bewertet werden. Der hohe Nutzen der Einführung eines Road-

mapping-Tools ist durch die Möglichkeit der Synchronisation sämtlicher Entwicklungsaktivitäten mit den Erkenntnissen der TFA begründet. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Umsetzung dieser Maßnahme mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist. Die Maßnahme „Etablierung erster Kennzahlen für das Controlling“ wird zwar ebenfalls als relevant erachtet, in der aktuellen Unternehmenssituation bringt diese Maßnahme jedoch im Vergleich einen relativ geringen Nutzen.

Im Anschluss erfolgt die **Erarbeitung der Umsetzungsroadmap**. Diese überführt die priorisierten Maßnahmen in eine zeitliche Reihenfolge. Bild 5-6 zeigt das Beispiel einer Umsetzungsroadmap aus den Workshops.

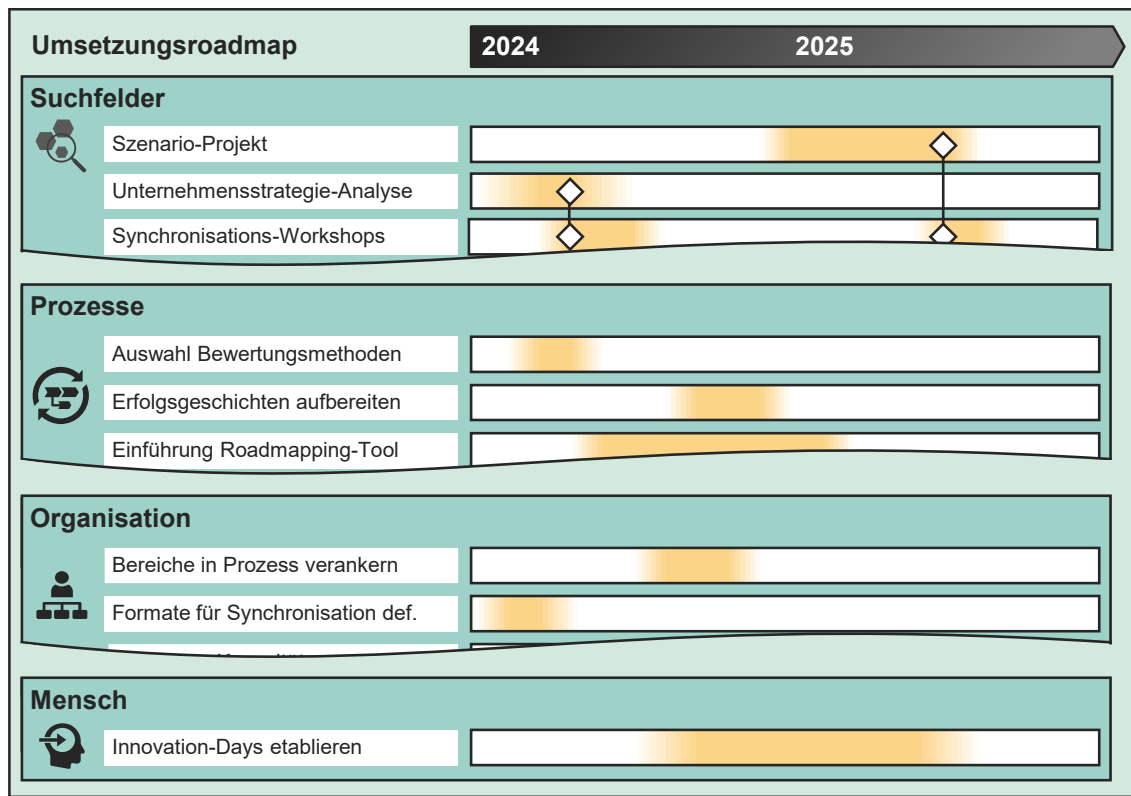


Bild 5-6: Beispiel einer Umsetzungsroadmap aus den Workshops (Auszug)

Abschließendes **Resultat** der Anwendung der Systematik bzw. des Durchlaufens des Vorgehensmodells für die Reifegradmodell-basierte Leistungssteigerung der TFA ist die Umsetzungsroadmap. Mit ihr liegt ein konkreter Plan für die Leistungssteigerung vor, aus der hervorgeht, wann welche Maßnahme umgesetzt werden soll.

5.2 Validierung der Anwendung

Für die Validierung wurde die entwickelte Systematik von sechs Unternehmen angewendet und so hinsichtlich der Anwendbarkeit in der Praxis, also ihrer Nützlichkeit, Plausibilität und Effektivität überprüft. Im Folgenden werden die Planung und Durchführung der Validierung sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse beschrieben.

5.2.1 Planung und Durchführung der Validierung

Im Anschluss an die Durchführung der Workshops haben die Teilnehmenden einen Online-Fragebogen zur Validierung der Anwendbarkeit der Systematik ausgefüllt. Bild 5-7 zeigt einen Auszug aus dem Fragebogen. Der vollständige Fragebogen findet sich in Anhang A4. Die Validierung der Anwendbarkeit ergibt sich aus der Überprüfung der Nützlichkeit, Plausibilität und Effektivität. Die **Nützlichkeit** beschreibt den Grad der praktischen Anwendbarkeit und Zielerreichung sowie den Wert, der aus der Anwendung der Systematik resultiert. Die **Plausibilität** bezieht sich auf die logische Kohärenz und Glaubwürdigkeit der Inhalte. Schließlich beschreibt die **Effektivität**, ob durch die Anwendung der Systematik die beabsichtigten Ergebnisse und Verbesserungen zuverlässig erzielt werden. Zur Bewertung der Zustimmung der Aussagen zur Nützlichkeit, Plausibilität und Effektivität wurde eine vierstufige Ordinalskala (sogenannte LIKERT-Skala bzw. LIKERT-Test) verwendet. Nach Abschluss der Workshop-Reihe wurden die Anwender gebeten den entsprechenden Fragebogen auszufüllen. Nachfolgend werden die Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse der Validierung vorgestellt.

Das Reifegradmodell...		Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
R1	...hat einen angemessenen Detaillierungsgrad.	☐	☐	☐	☐
R2	...ist meiner Meinung nach durch die Handlungselemente und Handlungsfelder verständlich und sinnvoll strukturiert.	☐	☐	☐	☐
R3	...ist meiner Meinung nach vollständig.	☐	☐	☐	☐
R4	...zeigt logisch konsistente und nachvollziehbare Leistungsstufen.	☐	☐	☐	☐
R5	...zeigt die heutigen Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze für die Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R6	...adressiert die aktuellen Herausforderungen der Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R7	... ist leicht auf die individuelle Unternehmenssituation übertragbar.	☐	☐	☐	☐
R8	...erleichtert die Diskussion und Erfassung latenter Optimierungspotenziale für die eigene Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R9	...hilft bessere Entscheidungen zu treffen und verbessert hierdurch die Planung der Leistungssteigerung.	☐	☐	☐	☐

Bild 5-7: Fragebogen zur Validierung der Systematik (Auszug)

5.2.2 Erkenntnisse aus der Validierung für die Systematik

Die Validierung erlaubt die Systematik basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen anzupassen und weiterzuentwickeln. Die verschiedenen Hintergründe und Branchen der beteiligten Unternehmen liefern dabei Einblicke in die Probleme und Anforderungen an die Systematik aus der Praxis und aus unterschiedlichen Kontexten. Die für die Validierungs-

Workshops vergleichsweise geringe Anzahl ausgewählter Unternehmen ermöglicht eine tiefgreifende Analyse. Gleichzeitig erlaubt sie einen wirklichen Vergleich und das Finden von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Anwendung. Hierfür werden zunächst die Validierungsergebnisse zur **Anwendbarkeit der Systematik** vorgestellt und anschließend die Erkenntnisse aus den Workshops diskutiert. Die Online-Umfrage zur Anwendung der Systematik wurde im Anschluss an die jeweiligen Workshops von insgesamt neun Unternehmensvertretern aus sechs Unternehmen vollständig beantwortet. Der erste Fragebogenteil enthält Fragen zum **Reifegradmodell**. Bild 5-8 zeigt die Validierungsergebnisse zum Reifegradmodell.

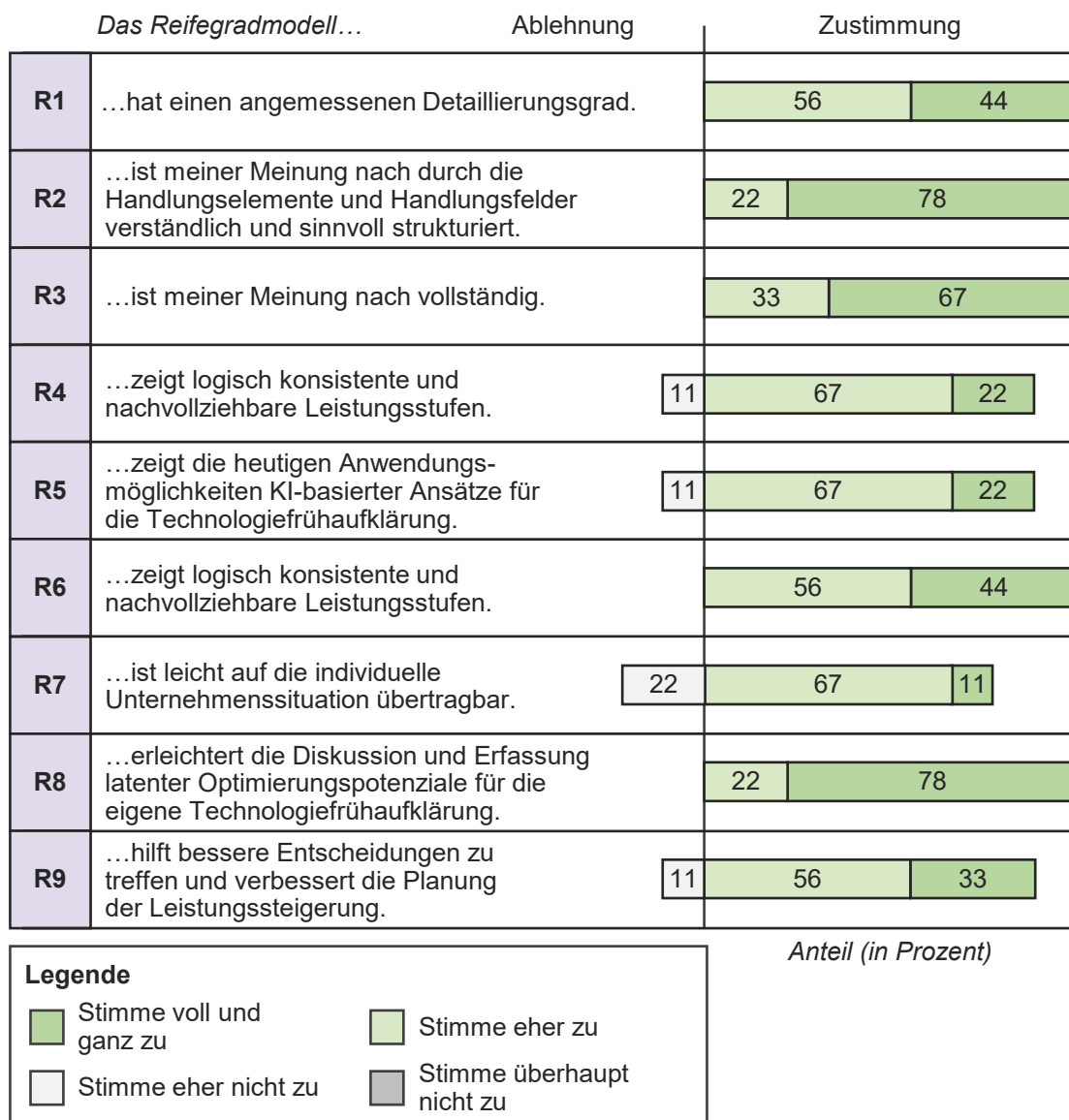


Bild 5-8: Validierungsergebnisse zum Reifegradmodell (n=9)

Die Ergebnisse zeigen eine positive Validierung des Reifegradmodells. So stimmen 100 % der Befragten voll und ganz oder eher zu, dass das Reifegradmodell einen ange-

messen Detaillierungsgrad aufweist. Ebenso ausgeprägt ist die Zustimmung zur Strukturierung des Reifegradmodells sowie zur Vollständigkeit. Auch wenn die Thesen R4 und R5 eine große Zustimmung erfahren, zeigt sich hier, dass die Einordnung in die Leistungsstufen nicht immer intuitiv gelingt und auch die Potenziale zum Einsatz von KI durch die Anwendungsszenarien noch zu abstrakt für einen kleinen Teil der Anwender ist. Auch einer einfachen Übertragbarkeit auf die individuelle Unternehmenssituation (R7) stimmen 22 % der Anwender der Systematik eher nicht zu. Hier haben die Erfahrungen aus den Workshops gezeigt, dass die zum Teil kurzgefassten Beschreibungen der Handlungselemente und Leistungsstufen in Abhängigkeit des Vorwissens im Bereich der TFA nicht immer einfach auf die individuelle Unternehmenssituation übertragbar sind. Einen großen Mehrwert sahen die Anwender (78 %) in der strukturierten Diskussion von Optimierungspotenzialen entlang der Handlungsfelder und Handlungselemente (R8).

Der zweite Teil der Online-Umfrage dient der Validierung des **Vorgehensmodells**. Bild 5-9 zeigt die Validierungsergebnisse zum Vorgehensmodell.

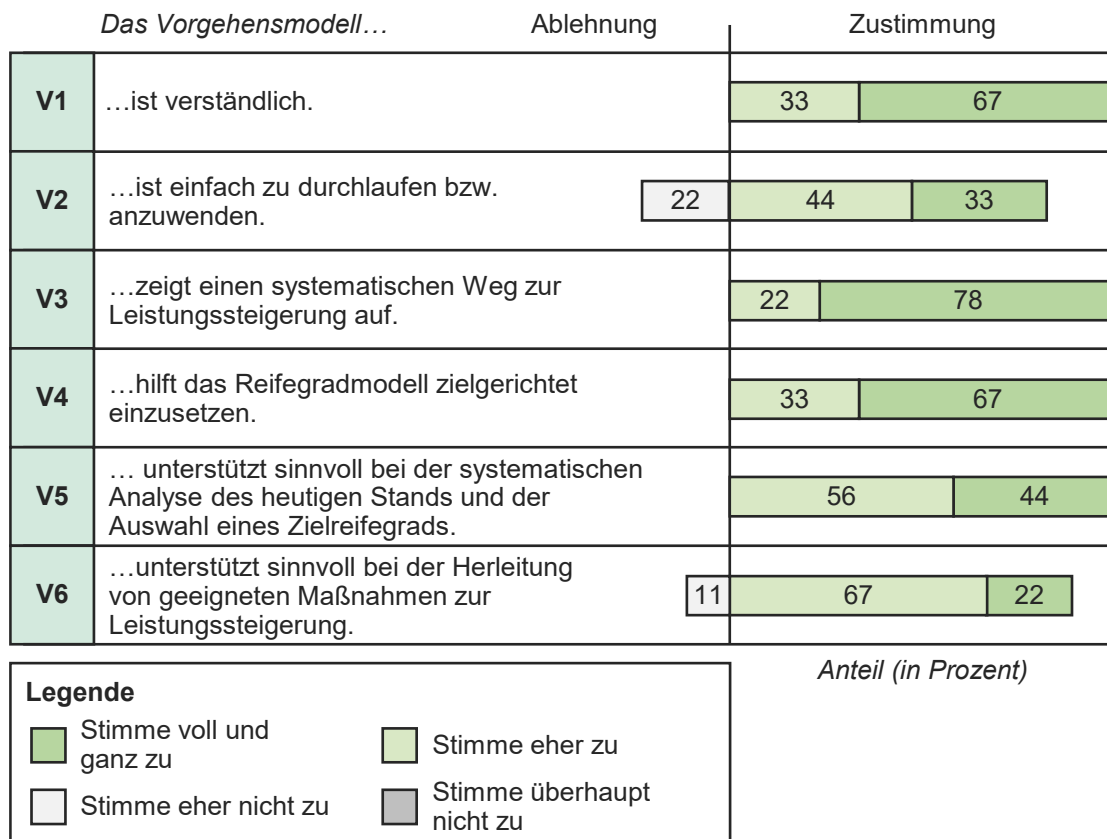


Bild 5-9: Validierungsergebnisse zum Vorgehensmodell (n=9)

Insgesamt ist das Ergebnis der Validierung des Vorgehensmodells positiv. So stimmten 67 % der Verständlichkeit des grundlegenden Vorgehens voll und ganz zu. Demgegenüber stimmten 22% der Anwender der einfachen Anwendbarkeit (V2) eher nicht zu. Dies deckt sich mit dem direkten Feedback aus den Validierungs-Workshops, in denen ein Großteil der Anwender eine Moderation als sehr hilfreich empfand. Des Weiteren sahen

die Anwender in dem Vorgehensmodell eine zielgerichtete Unterstützung bei der Anwendung des Reifegradmodells sowie bei der Auswahl eines Zielreifegrads (V4 und V5). Lediglich bei der Unterstützung der Herleitung geeigneter Maßnahmen zur Leistungssteigerung stimmten 67 % eher zu und 11 % eher nicht zu. Hier zeigte sich in den Gesprächen der Validierung, dass sich die Anwender zukünftig einen umfassenden Katalog an Praktiken für jede Leistungsstufe des Reifegradmodells wünschen. Dies lässt darauf schließen, dass in Abhängigkeit des Erfahrungswissens nicht immer konkrete Maßnahmen aus den beschriebenen Leistungsstufen formuliert werden können.

Neben der konkreten Bewertung der einzelnen Thesen zur Systematik wurde im Rahmen des Online-Fragebogens auch ein **allgemeines Feedback** von den Anwendern eingeholt. Hierbei wurde durchweg das systematische Vorgehen sowie die gute Strukturierung des Betrachtungsbereichs durch das Reifegradmodell hervorgehoben. Der hohe Detailgrad durch die Vielzahl der Handlungselemente steht zwar entgegen einer schnellen und möglichst einfachen Anwendung, ermöglicht jedoch auch eine tiefgehende Reflexion der TFA. Aus diesem Grund werden laut den Anwendern Vorkenntnisse zwar nicht zwingend vorausgesetzt, aber als hilfreich erachtet. Durchaus selbstkritisch reflektierten die Workshop-Teilnehmer die eigene Einordnung in das Reifegradmodell. Aufgrund der Subjektivität der Selbsteinschätzung des eigenen Tätigkeitsbereichs sehen einige Teilnehmer die Möglichkeit der Bewertung durch weitere Stakeholder bzw. interne Kunden der TFA als Lösung, um den aktuellen Leistungsstand möglichst objektiv zu erfassen. Darüber hinaus gibt es derzeit keine Handlungselement-übergreifende Vergleichbarkeit der Leistungsstufen. So sind diese mal mehr oder weniger schwer zu erreichen (z. B. Einkauf eines Tools im Vergleich zu kulturellen Veränderungen im Unternehmen) und eine Abwägung des unterschiedlichen Beitrags der Handlungselemente zur resultierenden Leistungssteigerung findet nicht statt. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Einsatz von Reifegradmodellen immer eine Abwägung zwischen einer möglichst vollständigen Abbildung des Betrachtungsbereichs und der möglichst einfachen Anwendbarkeit in der Praxis ist.

Fazit: Die Validierungsergebnisse des Reifegradmodells und des Vorgehensmodells lassen einen ähnlichen Schluss zu. Die grundsätzlich hohe Zustimmung der befragten Anwender zeigt die Anwendbarkeit der Systematik in der Praxis. Gleichzeitig sind die entwickelten Inhalte der Systematik plausibel und durch deren Anwendung werden die beabsichtigten Ergebnisse und Verbesserungen zuverlässig erzielt.

5.3 Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

In diesem Abschnitt wird die erarbeitete Systematik den in Abschnitt 2.7 aufgestellten Anforderungen gegenübergestellt. Dieser Teil stellt die **theoretische Verifikation** der Erfüllung der Anforderungen dar. Im Folgenden wird beschrieben, inwiefern die Anforderungen durch die in dieser Arbeit entwickelte Systematik erfüllt werden. Der Bezug der Anforderungen zur Systematik ist in Bild 5-10 dargestellt.

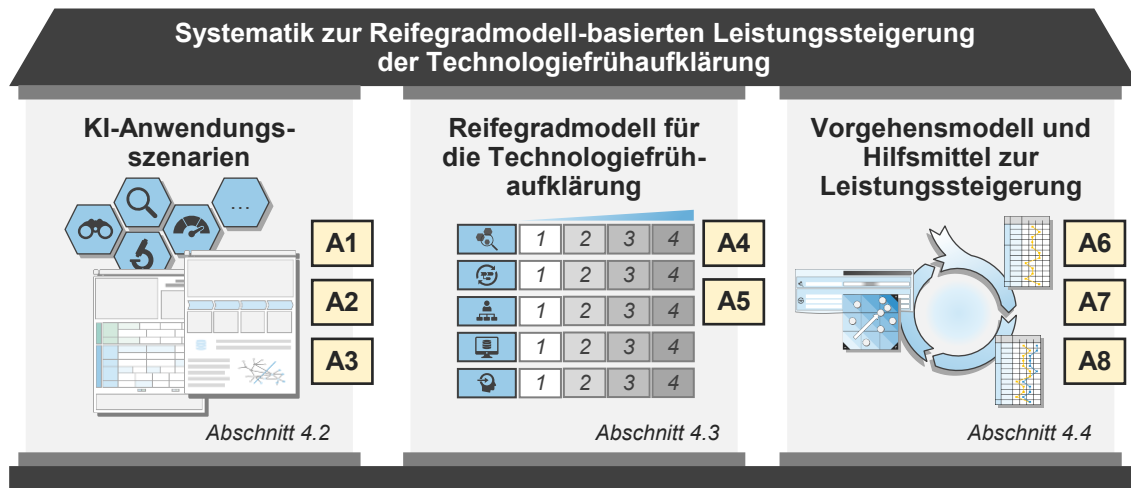


Bild 5-10: Erfüllung der Anforderungen durch die Systematik

Anforderungen an die Strukturierung der Einsatzpotenziale von KI für die TFA

A1) Strukturierung und Beschreibung KI-basierter Ansätze für die TFA: Die in Steckbriefen dokumentierten KI-Anwendungsszenarien bieten eine strukturierte und allgemein verständliche Darstellung der KI-Potenziale im Kontext der TFA (vgl. Abschnitt 4.2.2 und 4.2.3). Hierbei liefern die kontext- und umsetzungsbezogenen Merkmale sowie die ihnen zugeordneten Merkmalsausprägungen eine einheitliche Strukturierungsmöglichkeit für KI-basierte Ansätze. Sie zeigen nicht nur deren Anwendungsmöglichkeiten auf, sondern liefern auch Implikationen hinsichtlich der technischen Umsetzung bzw. Implementierung.

A2) Transparenz über die Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze innerhalb der TFA: Die Systematik stellt einen Katalog aus 12 KI-Anwendungsszenarien bereit, der eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze im Rahmen der Aufgaben der TFA gibt (vgl. Abschnitt 4.2.4). Das Merkmalsschema stellt für den Anwender relevante Kontextfaktoren zur Beschreibung der Anwendungsszenarien bereit, die eine Einordnung in die heutigen Aufgaben der TFA bieten. Die dritte Iteration der Entwicklung des Reifegradmodells zeigt zudem diejenigen Handlungselemente der TFA auf, die bereits heute durch KI unterstützt werden können. Die konkretisierenden Beispiele zeigen weiterführende Informationen zur praktischen Umsetzung auf.

A3) Systematische Herleitung und Erweiterbarkeit: Die Ermittlung der KI-Anwendungsszenarien beruht auf einem systematischen Vorgehen (vgl. Abschnitt 4.2.1). Ausgehend von der Entwicklung einer Search Query wurden 210 Publikationen identifiziert, anhand eines Merkmalsschemas beschrieben und schließlich in 12 resultierenden KI-Anwendungsszenarien in Steckbriefen zusammengefasst. Durch das beschriebene Vorgehen zur Erweiterbarkeit sind die Ergebnisse reproduzierbar. Eine fortlaufende Aktualisierung und Erweiterung des Lösungswissens im Zeitverlauf ist somit gegeben und der hohen Dynamik von KI wird Rechnung getragen.

Anforderungen an das Reifegradmodell

A4) Vollständige Beschreibung der relevanten Aspekte der TFA: Das entwickelte Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung (vgl. Abschnitt 4.3) mit seinen strukturierenden Handlungsfeldern und den 22 Handlungselementen bildet einen zentralen Bestandteil der Systematik und beschreibt alle relevanten Aspekte umfassend. Durch die drei Iterationen der Reifegradmodellentwicklung wurden die unterschiedlichen Perspektiven aus Literatur, Praxis und den KI-Potenzialen im Reifegradmodell zusammengeführt. Das Metamodell der Technologiefrühaufklärung (vgl. Abschnitt 4.3.2) zeigt darüber hinaus die Zusammenhänge zwischen den Handlungsfeldern der TFA auf. Das Vorgehen zur Entwicklung des Modells sowie die Validierung des Modells (vgl. Abschnitt 5.2) belegen die Vollständigkeit der Beschreibung.

A5) Ableitung von Leistungsstufen und Reifegraden: Das Reifegradmodell liefert für jedes Handlungselement vier Leistungsstufen (vgl. Abschnitt 4.3.3). Die qualitative Beschreibung der Leistungsstufen liefert glaubwürdige Aussagen in Bezug auf eine zunehmende Reife und bietet damit die Möglichkeit einer Leistungssteigerung basierend auf den individuellen Voraussetzungen der Anwenderunternehmen. Die Reifegrade für das Gesamtsystem TFA (vgl. Abschnitt 4.3.4) zeigen logisch konsistente und in der Praxis beobachtbare Ausbaustufen der TFA.

Anforderungen an das Vorgehensmodell und Hilfsmittel

A6) Systematische, iterative Vorgehensweise: Das entwickelte Vorgehensmodell ermöglicht ein systematisches, iteratives Vorgehen (vgl. Abschnitt 4.4). Es schlägt einzusetzende Hilfsmittel vor und beschreibt die Aufgaben in drei Phasen. Diese werden iterativ durchlaufen, um eine stetige Überprüfung der Zielerreichung und eventuelle Anpassungen umzusetzen. Das Reifegradmodell als Grundlage ermöglicht eine objektive Bestimmung der derzeitigen Leistungsfähigkeit und die Festlegung eines unternehmensindividuellen Zielreifegrades.

A7) Unterstützung bei der Auswahl eines Zielreifegrads: Die Auswahl eines Zielreifegrads wird durch das Vorgehensmodell und entsprechende Hilfsmittel im Rahmen der *Zieldefinition* unterstützt (vgl. Abschnitt 4.4.2). Durch die Bereitstellung einer Kurzdiagnose zur Analyse und Charakterisierung des Unternehmenskontextes, eines Katalogs allgemeiner Verbesserungsziele und einer Orientierung durch die Reifegrade für das Gesamtsystem wird der Anwender befähigt, mithilfe des Reifegradmodells den optimalen Zustand für die TFA zu identifizieren.

A8) Planungsunterstützung für Maßnahmen zur Leistungssteigerung: Ausgehend von der zu schließenden Lücke aus der Leistungsbewertung und der Zieldefinition werden in der Systematik Maßnahmen zur Umsetzung geplant und in einer Roadmap zur Leistungssteigerung gebündelt (vgl. Abschnitt 4.4.3). Damit unterstützt das Vorgehensmodell den Anwender bei der Planung von Maßnahmen zur Leistungssteigerung.

Fazit: Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorgestellte *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* die gestellten Anforderungen in vollem Umfang erfüllt. Die Systematik zeigt alle relevanten Aspekte zur erfolgreichen organisationalen Gestaltung der TFA im Unternehmen auf, berücksichtigt hierbei die Einsatzpotenziale KI-basierter Ansätze für die TFA und liefert eine durchgängige methodische Hilfestellung zur systematischen Planung der individuellen Leistungssteigerung. Anhand der praktischen Anwendung der Systematik durch sechs Unternehmen wurde die Anwendbarkeit der Systematik erfolgreich validiert.

6 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Die der Arbeit zugrunde liegende Zielsetzung (vgl. Abschnitt 1.2) wurde erreicht. Es konnte eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung* entwickelt werden, die theoretisch fundiert ist, die an sie gestellten Anforderungen umfassend erfüllt und praktisch anwendbar ist. Folglich kann der Schluss gezogen werden, dass die Systematik gleichermaßen den theoretischen Anforderungen einer wissenschaftlichen Arbeit als auch den Anforderungen der Praxis gerecht wird und dadurch einen positiven Nutzen generiert. Gleichwohl weist die vorgestellte Systematik Grenzen auf. Diese betreffen sowohl die einzelnen Lösungsbestandteile als auch das gewählte Untersuchungsdesign. Im Folgenden werden die wesentlichen Implikationen und Limitationen kurz zusammengefasst.

KI-Anwendungsszenarien: Um Transparenz über die Einsatzmöglichkeiten KI-basierter Ansätze in der TFA zu schaffen, wurde ein *Systematic Literature Review* durchgeführt. Obwohl die vergleichsweise weit zurückreichende Historie der Nutzung von Daten für die TFA zahlreiche Erkenntnisse liefert, stellt sich die Frage, inwieweit sich ein dynamisches und schnelllebiges Feld wie die Künstlichen Intelligenz durch einen **Blick in die Vergangenheit** adäquat abbilden lässt. Diese Entwicklungsgeschwindigkeit zeigt sich insbesondere im Bereich der Sprachmodelle, den sogenannten Large Language Models (LLMs). Trotz des aktuellen Hypes liegen im wissenschaftlichen Kontext der TFA in den untersuchten Journals (vgl. Abschnitt A2.2) zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Veröffentlichungen vor, die den Einsatz dieser Modelle in der TFA beschreiben. Dies lässt darauf schließen, dass LLMs aufgrund ihrer einfachen Anwendbarkeit bereits von Unternehmen erprobt und praktisch eingesetzt werden, jedoch bislang noch nicht systematisch wissenschaftlich untersucht sind. Die vorliegenden Untersuchungen beleuchten daher derzeit nur einen **Teilbereich der heute verfügbaren Methoden**. Vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen sind neue Anwendungsszenarien (vgl. [ESA+25]) in vergleichsweise kurzer Zeit zu erwarten. Zugleich zeigen die Entwicklungen der jüngsten Vergangenheit, dass die Fortschritte nur begrenzt zu prognostizieren sind.

Zudem geben die identifizierten KI-Anwendungsszenarien in Verbindung mit den eingesetzten Methoden keinen Aufschluss darüber, welche Methoden für die Umsetzung der jeweiligen Aufgabe am besten geeignet sind. Derzeit mangelt es an einer Vergleichbarkeit der Ergebnislage der unterschiedlichen Methoden. Trotz der Strukturierung und Beschreibung der KI-basierten Ansätze verbleiben **Herausforderungen bei der Implementierung**, da keine detaillierte Planungsgrundlage zur Implementierung geliefert wird. Auch wenn durch die konkretisierenden Beispiele bzw. ausgewählten Anwendungsbeispiele Hinweise zur Umsetzung aus den Publikationen entnommen werden können, so liefern diese in den seltensten Fällen einen verfügbaren Code. Auch wie die wichtige Voraussetzung der **Schaffung der notwendigen Datengrundlage** umgesetzt werden kann, wird nicht im Detail diskutiert. Insbesondere wenn keine Kompetenzen in diesen Bereichen vorliegen, sind die Anwenderunternehmen an den aktuellen Leistungsstand der am

Markt verfügbaren Software-Tools für die TFA gebunden. Schließlich bleibt festzuhalten, dass die Übersicht nur den aktuellen Stand der Forschung und damit in den meisten Fällen lediglich eine **prototypische Umsetzung** dieser Ansätze beschreibt. Der Weg zu einem produktiven Einsatz von KI in der TFA bleibt daher herausfordernd.

Reifegradmodell: Der Einsatz von Reifegradmodellen ist im wissenschaftlichen Kontext viel diskutiert. Aufgrund ihres **Abstraktionsgrades** und der Einteilung in Leistungsstufen und Reifegrade stellen diese eine starke Vereinfachung der Realität dar. Reifegradmodelle sind stets das Ergebnis eines Kompromisses zwischen einer möglichst einfachen Darstellung des Betrachtungsbereichs, einer praktikablen Anwendung und der Komplexität, die sich aus der Notwendigkeit einer vollständigen Beschreibung der zu gestalten- den Aspekte ergibt, die den Betrachtungsbereich hinreichend abbilden (vgl. [LVA15], [PR11], [BRF+05]). Dies zeigte sich auch in den Diskussionen der Workshops zur Anwendung des Reifegradmodells. Des Weiteren wurde bei der Bewertung der Erfüllung der Leistungsstufen (vgl. Abschnitt 5.1.1) immer wieder eine teilweise Erfüllung der Leistungsstufen bzw. von Aspekten einer Leistungsstufe beschrieben. Zwar gibt es in der Literatur durchaus Reifegradmodelle, die einen Erfüllungsgrad messen (vgl. Abschnitt 3.3.5), diese fokussieren sich jedoch nur auf einige wenige Handlungsfelder bzw. Handlungselemente und bleiben daher abstrakt.

Grundsätzlich streben Reifegradmodelle einen **vordefinierten Zielzustand** höchster Reife an (vgl. [KK84], [RPB12]). In dieser Hinsicht erfahren Reifegradmodelle jedoch häufig Kritik, da unternehmensindividuelle Einflüsse meist nicht ausreichend berücksichtigt werden. Um diesem Sachverhalt entgegenzuwirken, wurde innerhalb der Systematik versucht, den Kontext des Unternehmens in die Zieldefinition mit einzubeziehen (vgl. Abschnitt 4.4.2). Ein weiterer Kritikpunkt ist die Beurteilung der **Güte der Leistungsstufen** und damit der Aussagekraft des Reifegradmodells aufgrund unzureichender Dokumentation und Nachvollziehbarkeit (vgl. [BKP09], [RPB12]). Hierfür wurde die Instanziierung der Entwicklungsmethode nach BECKER ET AL. (vgl. Abschnitt 4.3.1) beschrieben und eine Transparenz zum Vorgehen der Entwicklung sichergestellt. Das konstruierte Reifegradmodell baut durch die Untersuchung der theoretischen und konzeptionellen Grundlagen in der Literatur auf einer **akzeptierten Wissensbasis** verschiedener Disziplinen auf.

Vorgehensmodell: Das entwickelte Vorgehensmodell hat den Anspruch, die Anwendung des Reifegradmodells im Unternehmenskontext zu operationalisieren und die Anwender schrittweise von der Leistungsbewertung bis zur Planung der Maßnahmen zur Leistungssteigerung zu führen. Auch wenn die Validierungsergebnisse (vgl. Abschnitt 5.2.2) auf eine hohe Akzeptanz und wahrgenommene Unterstützung hindeuten, stellt sich die Frage, inwiefern sich die Anwendung von Reifegradmodellen für den unmoderierten Einsatz im Unternehmen eignen. Aufgrund des zum Teil fehlenden Kontext- und Erfahrungswissens ist zu hinterfragen, ob bei einem eigenständigen Durchlaufen der Systematik die gleiche **Ergebnisqualität** erreicht werden kann. Zudem erfolgt die **Leistungsbe-**

wertung aufgrund von unterschiedlichen, subjektiven Interpretationen der Leistungsstufen der Beteiligten. Auch wenn die Moderation die Qualität der Durchführung erhöht, wirkt diese jedoch verzerrend und verhindert einen tatsächlich objektiven Test. Insofern bleibt die Frage offen, ob die Anwenderunternehmen das in dieser Arbeit entwickelte Vorgehensmodell ohne externe Unterstützung hätten erfolgreich anwenden können. Derzeit berücksichtigt das Vorgehen auch keine Gewichtungslogik hinsichtlich einer handlungselementübergreifenden Vergleichbarkeit von Leistungsstufen sowie eine Abwägung des Beitrags einzelner Handlungselemente zur resultierenden Leistungssteigerung.

Allgemeines Untersuchungsdesign: Die Grenzen der praktischen Anwendung liegen vor allem in der vergleichsweise kleinen Anzahl **der durchgeführten Anwendungsbeispiele** sowie der intensiven Unterstützung während der Methodennutzung. Die Anwendung der entwickelten Systematik ist in weiteren Unternehmen durchzuführen, um bessere Aussagen über die Eignung in verschiedenen Branchen und Unternehmensgrößen zu gewinnen. Der Umfang der Anwendungsbeispiele bleibt damit zu gering, um eine allgemeingültige Validität der Systematik zu proklamieren. Die Validierung liefert daher eher glaubwürdige Hinweise auf die erfolgreiche Befähigung verschiedener Unternehmen zur Leistungssteigerung der TFA durch die Systematik. Zudem entzieht sich die **Langzeitbetrachtung** der Weiterentwicklung der TFA im Sinne eines kontinuierlichen Prozesses durch Anwendung des Reifegradmodells einer abschließenden Bewertung, da deren Realisierungszeitraum den Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit übersteigt. Ähnlich der Erfolgsmessung von Innovationsaktivitäten lässt sich auch der Erfolg der organisationalen Gestaltung von Frühaufklärungsaktivitäten erst einige Jahre später erfassen, wenn sich die strategischen Entscheidungen hinsichtlich des Technologieeinsatzes des Unternehmens als erfolgreich erwiesen haben. Diese Grenzen des Untersuchungsdesigns stellen ein **gängiges Problem gestaltungsorientierter Forschung** dar.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Um in der zunehmend **dynamischen und technologiegetriebenen Unternehmensumwelt** wettbewerbsfähig zu sein, sehen sich Unternehmen der Herausforderung gegenübergestellt, den technologischen Wandel kontinuierlich zu beobachten und **aufkommende Technologien** für die eigenen Zwecke zu bewerten. Diese Herausforderung ist nicht neu, aber vor dem Hintergrund der Digitalisierung und des Aufstiegs von Künstlicher Intelligenz hochaktuell. Trotz dieser Entwicklungen und diverser Beispiele von verpassten technologischen Entwicklungen durch Unternehmen, erfolgt die Technologiefrühaufklärung in der Praxis meist implizit und wenig systematisch.

Unternehmen stehen vor der Frage, wie eine wirksame – also eine zugleich effiziente und effektive – **Technologiefrühaufklärung** umgesetzt werden kann. Bei der Umsetzung sehen sich Unternehmen mit vielfältigen **Herausforderungen** konfrontiert: Neben der Gestaltung unternehmensinterner Aspekte, wie z. B. der Prozesse oder der Organisation, ist die digitale Verfügbarkeit großer Datenmengen und die Einbindung dieser in die Aktivitäten der Technologiefrühaufklärung eine zentrale Herausforderung der heutigen Zeit – bei gleichzeitig hohem Nutzenpotenzial. Methoden der Künstlichen Intelligenz versprechen, die Möglichkeiten zur Analyse und Interpretation von technologischen Entwicklungen zu erweitern und weitreichend zu verändern. Zur Erschließung dieser Potenziale und der Umsetzung des Technologiewissens in Erfolg versprechende Handlungen bedarf es entsprechender Abläufe und Strukturen. Voraussetzung hierfür ist eine ganzheitliche Betrachtung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen.

Die **organisationale Umsetzung der Technologiefrühaufklärung** wurde bislang jedoch lediglich in Teilausschnitten und in ihrer Gesamtheit unzureichend beleuchtet. Die bisherigen Forschungsaktivitäten beschränken sich beispielsweise auf die Prozessperspektive oder den Einsatz einzelner Methoden. Gleichzeitig hat die Forschung zum Einsatz von Daten und Algorithmen für die Technologiefrühaufklärung sowie der rasante Fortschritt der jüngsten Vergangenheit zu einer Vielzahl KI-gestützter Methoden geführt. Unternehmen fällt es daher häufig schwer, die Einsatzpotenziale von KI für die Technologiefrühaufklärung zu überblicken.

Es besteht Bedarf an einer **methodischen Unterstützung**: Es werden ein systematisches Vorgehen und dedizierte Hilfsmittel zur Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung benötigt. Hierbei sind der Unternehmenskontext, die entsprechenden Voraussetzungen im Unternehmen sowie der aktuelle Leistungsstand zu berücksichtigen. Zur objektiven Erfassung des Leistungsstands sind die Erfolgsfaktoren zur Gestaltung der Technologiefrühaufklärung aufzuzeigen und für die Leistungssteigerung plausible Entwicklungsstufen als Pfad zu einer höheren Reife des Systems zu beschreiben. Ein besonderes Augenmerk muss zudem auf einer transparenten Darstellung der Einsatzmöglichkeiten KI-basierter Ansätze liegen.

Im **Stand der Technik** wurden bestehende Ansätze und Arbeiten untersucht, die für die organisationale Gestaltung der Technologiefrühaufklärung relevant sind.

- Die Untersuchung der **Strukturierungsrahmen und Klassifikationsschemas** für KI-basierte Ansätze der Technologiefrühaufklärung zeigt, dass bestehende Ansätze bzw. Strukturierungsrahmen lediglich Teilaspekte der Vorausschau abdecken. Zudem erfolgt keine Zusammenführung und verständliche Aufbereitung der Erkenntnisse zu übergeordneten Anwendungsszenarien. Die dargestellten Merkmale lassen sich als Grundlage für die Weiterentwicklung des Betrachtungsgegenstands der Technologiefrühaufklärung nutzen.
- Existierende **Reifegradmodelle** beschränken sich auf die Betrachtung angrenzender Domänen oder einzelner Teilaspekte der Technologiefrühaufklärung, z. B. Innovationsmanagement oder Vorausschau. Diese Modelle berücksichtigen jedoch technologische Entwicklungen als wesentlichen Innovationsimpuls nur unzureichend und liefern keine ganzheitliche Betrachtung zur Gestaltung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen.
- Die **Ansätze zur Planung und Leistungssteigerung** umfassen auf Reifegradmodelle abgestimmte Vorgehensmodelle sowie generische Modelle zur zyklischen Leistungsbewertung und -steigerung. Das Prinzip dieser Modelle lässt sich auf die Technologiefrühaufklärung übertragen und durch geeignete Hilfsmittel unterstützen.
- Die untersuchten **Rahmenwerke für die Technologiefrühaufklärung** beschreiben eher abstrakt die Funktionsweise der Technologiefrühaufklärung aus verschiedenen Perspektiven (z. B. Prozessperspektive). Es wird ersichtlich, dass eine Vielzahl von Faktoren für die erfolgreiche Gestaltung der Technologiefrühaufklärung zu berücksichtigen ist, insbesondere die Betrachtung der TFA als Bestandteil des Gesamtunternehmens mit den verschiedenen Schnittstellen und organisatorischen Aufgaben.

Die Untersuchung des Stands der Technik zeigt, dass die organisationale Gestaltung der Technologiefrühaufklärung nur partiell unterstützt wird und bisher keine durchgängige methodische Hilfestellung zur systematischen Planung der individuellen Leistungssteigerung existiert. Einige Ansätze können als Lösungsansatz oder -inspiration für einzelne Anforderungen dienen. Es existiert jedoch kein Ansatz, der allen Anforderungen vollumfänglich gerecht wird. Vor diesem Hintergrund besteht Handlungsbedarf für eine *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung*.

Die erarbeitete **Systematik** setzt sich aus drei übergeordneten Bestandteilen zusammen:

- Ein **Katalog von 12 KI-Anwendungsszenarien** für die Technologiefrühaufklärung schafft Transparenz über die Einsatzpotenziale KI-basierter Ansätze. Die beschriebenen Anwendungsszenarien bieten eine Orientierung für die technische Umsetzung und liefern somit Impulse für die KI-basierte Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung. Grundlage hierfür bildet ein Merkmalsschema, mit dessen Hilfe die Anwendungsszenarien charakterisiert wurden.

- Ein **Reifegradmodell**, bestehend aus fünf Handlungsfeldern, welche durch die 22 Handlungselemente und zugehörigen Leistungsstufen detailliert werden. Das Reifegradmodell ermöglicht es, den Grad der Beherrschung der einzelnen Aspekte zu bewerten und damit eine systematische Bestimmung des Leistungsstands der Technologiefrühaufklärung vorzunehmen. Es werden für jedes Handlungselement vier Leistungsstufen unterschieden.
- Ein **Vorgehensmodell und zugehörige Hilfsmittel** dienen als Leitfaden zur Anwendung der Systematik. Unternehmen durchlaufen hierbei die notwendigen Schritte für eine systematische Leistungssteigerung der Technologiefrühaufklärung – von der Analyse der Ausgangssituation bis hin zur Definition unternehmensindividueller Maßnahmen. Eine Roadmap bündelt die für die Umsetzungsplanung relevanten Informationen und Maßnahmen zur Leistungssteigerung.

Die praktische **Anwendung der Systematik** wurde von sechs Unternehmen im Rahmen von Workshops durchgeführt. Hierbei wurde die Systematik mit dem Ziel der Umsetzungsplanung der Leistungssteigerung vollständig durchlaufen, die Hilfsmittel angewendet und die so erzielten Resultate vorgestellt. Die Validierung zeigt die Praxistauglichkeit und Industrierelevanz der Systematik. Die theoretische Verifikation zeigt zusammenfassend, dass die Systematik die an sie gestellten Anforderungen erfüllt.

Anknüpfend an die vorliegende Arbeit und die Erkenntnisse zur Umsetzung der Technologiefrühaufklärung in Unternehmen besteht **weiterer Forschungsbedarf**.

- **Erweiterung der KI-Anwendungsszenarien:** Als aufstrebende Technologie unterliegt KI einer hohen Dynamik und ist mit großen Erwartungen verbunden. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Methoden und die steigende Effizienz bei der Berechnung dieser Modelle schaffen fortlaufend neue Einsatzmöglichkeiten und Nutzenpotenziale für die Technologiefrühaufklärung. Insbesondere die Potenziale von Large Language Models (LLMs) gilt es zu untersuchen (vgl. [ESA+25]).
- **Messbarkeit der Ergebnisgüte KI-basierter Ansätze:** Die Untersuchungen im Rahmen der KI-Anwendungsszenarien haben gezeigt, dass eine Vielzahl von Methoden zur Extraktion von Erkenntnissen aus den unterschiedlichen Daten zum Einsatz kommt. Obgleich der Vielzahl an Ansätzen fehlt bislang ein geeigneter Rahmen für die Vergleichbarkeit bzw. Messbarkeit der Ergebnisse. Weitere Forschung ist notwendig, um die Methoden und die Ergebnisse schließlich auch nachvollziehbarer zu machen. Dies ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für den flächendeckenden Durchbruch von KI in der Technologiefrühaufklärung.
- **Auswirkungen von KI auf die Prozesse und Zusammenarbeit:** Die Erforschung der Auswirkungen des KI-Einsatzes auf zukünftige Prozesse und die Zusammenarbeit mit dem Menschen stellt einen weiteren Forschungsstrang dar. Dabei gilt es zu untersuchen, welche Prozessabläufe durch KI lediglich unterstützt und welche künf-

tig sogar autonom umgesetzt werden können. Ein zentraler Schritt hierfür ist die Beleuchtung des Konzepts von Explainable AI, um die Transparenz und Akzeptanz KI-gestützter Prozesse zu fördern.

- **Erfolgsfaktoren und Best Practices:** Obwohl durch das Reifegradmodell bereits die relevanten Aspekte zur Gestaltung der Technologiefrühaufklärung identifiziert wurden, bleibt der spezifische Nutzenbeitrag der einzelnen Handlungselemente zur Leistungssteigerung unklar. Um diesen zu messen und Best Practices entlang der Handlungselemente zu identifizieren, sind vertiefende Studien mit einer größeren Anzahl von Unternehmen notwendig.
- **Integration neuer Technologien in Unternehmen:** Im Hinblick auf die sich an die Technologiefrühaufklärung anschließende Phase der Umsetzung der Erkenntnisse hinsichtlich neuer Technologien und deren Integration in das Unternehmen besteht weiterer Forschungsbedarf. Neue Erfolg versprechende Ansätze wie Venture Clienting zeigen, wie neue Technologien durch die Kollaboration mit Start-ups in das Unternehmen integriert werden können.

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
engl.	Englisch
et al.	et alii
etc.	et cetera
F&E	Forschung & Entwicklung
HF	Handlungsfeld
i.d.R.	in der Regel
KI	Künstliche Intelligenz
KNN	Künstliche Neuronale Netze
LDA	Latent Dirichlet Allocation
LLM	Large Language Model
ML	Maschinelles Lernen
NLP	Natural Language Processing
RSS	Really Simply Syndication
SLR	Systematic Literature Review
SQL	Structured Query Language
STM	Structural Topic Modeling
TF	Technological Forecasting
TFA	Technologiefrühaufklärung
TI	Technology Intelligence
u. a.	unter anderem
USPTO	United States Patent and Trademark Office
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

Literaturverzeichnis

- [AAB+23] AGRAWAL, C.; ARPUTHARAJ, A. R.; BEERAKA, K. C.; BALANI, S.: Big Data: A Strategic Tool for Enlightening Business Decision Making: 2023 International Conference on Communication, Security and Artificial Intelligence (ICCSAI). 2023 International Conference on Communication, Security and Artificial Intelligence (ICCSAI), 23.11.2023 - 25.11.2023, Greater Noida, India, IEEE, 2023, S. 229–232
- [AB13] AMMON, T.; BREM, A.: Digitale Ökosysteme und deren Geschäftsmodelle: Analyse und Implikationen für klassische Buchverlage. In: Keuper, F.; Hamidian, K.; Verwaayen, E.; Kalinowski, T.; Kraijo, C. (Hrsg.): Digitalisierung und Innovation. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013, S. 91–121
- [AED20] ALTUNTAS, S.; ERDOGAN, Z.; DERELI, T.: A clustering-based approach for the evaluation of candidate emerging technologies. *Scientometrics*, (124)2, 2020, S. 1157–1177
- [AEK+19] ALBERS, A. A.; ELLERMANN, K.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.; LAUDENBERG, S.; SCHMOHL, B.: Entwicklung einer Suchstrategie für ein medienbasiertes Technologiescanning am Beispiel der Antriebstechnik. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 390, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2019, S. 277–291
- [AG05] ALBERS, S.; GASSMANN, O.: Technologie- und Innovationsmanagement. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie - Umsetzung - Controlling. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005, S. 3–21
- [AGC+20] ANTONS, D.; GRÜNWARD, E.; CICHY, P.; SALGE, T. O.: The application of text mining methods in innovation research: current state, evolution patterns, and development priorities. *R&D Management*, (50)3, 2020, S. 329–351
- [Ana15] ANACKER, H.: Instrumentarium für einen lösungsmusterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme. Dissertation, Universität Paderborn, 2015
- [Ans76] ANSOFF, H. I.: Die Bewältigung von Überraschungen – Strategische Reaktionen auf schwache Signale. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 2, 1976, S. 129–152
- [AS21] ALHARBI, A.; SOHAIB, O.: Technology Readiness and Cryptocurrency Adoption: PLS-SEM and Deep Learning Neural Network Analysis. *IEEE Access*, (9), 2021, S. 21388–21394
- [AS95] ASHTON, W. B.; STACEY, G. S.: Technical intelligence in business – Understanding technology threats and opportunities. *International Journal of Technology Management*, (Vol. 10)No. 1, 1995, S. 79–104
- [ASB22-ol] ARNU, D.; SHIBATA, M.-L.; BRÄKLING, A.: Trends finden und überblicken für KMU – Teil 2. Unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/trends-finden-und-ueberblicken-fuer-kmu-teil-2-a-962127/>, 31. Oktober 2024
- [AST05] AHLEMANN, F.; SCHROEDER, C.; TEUTEBERG, F.: Kompetenz- und Reifegradmodelle für das Projektmanagement – Grundlagen, Vergleich und Einsatz. ISPRI-Arbeitsbericht 01/2005, Univ. FB Wirtschaftswiss. Organisation u. Wirtschaftsinformatik, Osnabrück, 2005
- [BAL+17] BLACKBURN, M.; ALEXANDER, J.; LEGAN, J. D.; KLABJAN, D.: Big Data and the Future of R&D Management. *Research-Technology Management*, (60)5, 2017, S. 43–51
- [Bal04] BALÁŽOVÁ, M.: Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung. Dissertation, Universität Paderborn, 2004
- [BDR18] BERGER, S.; DENNER, M.-S.; RÖGLINGER, M.: The Nature of Digital Technologies – Development of a Multi-layer Taxonomy. *European Conference on Information Systems ECIS*, (26), 2018, 1-18

- [BEK+24] BROCK, J.; ENZBERG, S. VON; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Towards business use cases of process mining in product development and manufacturing: Deriving and classifying 18 application scenarios in industry. *Procedia CIRP*, (128), 2024, S. 268–273
- [Ben13] BENSIEK, T.: Systematik zur reifegradbasierten Leistungsbewertung und -steigerung von Geschäftsprozessen im Mittelstand. Dissertation, Universität Paderborn, 2013
- [BEP+13] BHARADWAJ, A.; EL SAWY, O. A.; PAVLOU, P. A.; VENKATRAMAN, N.: Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, (37)2, 2013, S. 471–482
- [Bie87] BIERICH, M.: Die Bedeutung von Produkt-Innovationen für die Wettbewerbsfähigkeit eines Industrieunternehmens. In: Henn, R. (Hrsg.): *Technologie, Wachstum und Beschäftigung – Festschrift für Lothar Späth*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1987, S. 366–374
- [Bit23-ol] BITKOM: ChatGPT & Co.: Jedes sechste Unternehmen plant KI-Einsatz zur Textgenerierung. Unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/ChatGPT-Jedes-sechste-Unternehmen-plant-KI-Einsatz-Textgenerierung>, 31.10.24
- [BK96] BINDER, V. A.; KANTOWSKY, J.: *Technologiepotentiale – Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des Strategischen Technologiemanagements*. Springer eBook Collection Business and Economics, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1996
- [BKP09] BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUß, J.: Entwicklung von Reifegradmodellen für das IT-Management. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, (51)3, 2009, S. 249–260
- [BM21] BRANDTNER, P.; MATES, M.: Artificial Intelligence in Strategic Foresight – Current Practices and Future Application Potentials: The 2021 12th International Conference on E-business, Management and Economics. ICEME 2021: The 2021 12th International Conference on E-business, Management and Economics, 17 07 2021 19 07 2021, Beijing China, ACM, New York, NY, USA, 2021, S. 75–81
- [BMR+20] BROWN, T. B.; MANN, B.; RYDER, N.; SUBBIAH, M.; KAPLAN, J.; 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. M.; 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, <http://arxiv.org/pdf/2005.14165>, 2020
- [BNJ03] BLEI, D. M.; NG, A. Y.; JORDAN, M. I. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 2003, S. 993–1022
- [BR05] BULLINGER, H.-J.; RENZ, K.-C.: Forschungs- und Entwicklungsstrategien. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie - Umsetzung - Controlling*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005, S. 83–100
- [BRF+05] BRUIN, T. DE; ROSEMAN, M.; FREEZE, R.; KAULKARNI, U.: Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. In: Bunker, D.; Campbell, B.; Underwood, J. (Hrsg.): *Proceedings of the 16th Australasian Conference on Information Systems*. Australasian Conference on Information Systems (ACIS), 29.11.-2.12.05, Sidney, 2005, S. 1–10
- [Bri10] BRINK, V.: *Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien*. HNI-Verlagsschriftenreihe Band 280, Heinz-Nixdorf-Inst, Paderborn, 2010
- [Bro05] BROCKHOFF, K.: Management des Wissens als Hauptaufgabe des Technologie- und Innovationsmanagements. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie - Umsetzung - Controlling*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005, S. 61–80
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: *Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Praxisbeispiele*. Springer eBook Collection Computer Science and Engineering, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 1994

- [Bür07] BÜRGIN, C.: Reifegradmodell zur Kontrolle des Innovationssystems von Unternehmen, ETH Zurich, 2007
- [Car04] CARLSON, L. W.: Using Technology Foresight To Create Business Value. *Research-Technology Management*, (47)5, 2004, S. 51–60
- [CD13] CHO, Y.; DAIM, T.: Technology Forecasting Methods. In: Daim, T.; Oliver, T.; Kim, J. (Eds.): *Research and Technology Management in the Electricity Industry – Methods, Tools and Case Studies*. SpringerLink Bücher, Springer, London, 2013, pp. 67–112
- [CG10] CHRISTIANSEN, S.-K.; GAUSEMEIER, J.: Klassifikation von Reifegradmodellen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, (105)4, 2010, S. 344–349
- [CGM+16] CORSTEN, H.; GÖSSINGER, R.; MÜLLER-SEITZ, G.; SCHNEIDER, H.: *Grundlagen des Technologie- und Innovationsmanagements*. 2. Auflage, Vahlen eLibrary Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, München, 2016
- [Che03] CHESBROUGH, H.: *Open innovation – The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press, Boston, Mass., 2003
- [Chr09] CHRISTIANSEN, S.-K.: *Methode zur Klassifikation und Entwicklung reifegradbasierter Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodelle*. Dissertation, Universität Paderborn, 2009
- [Chr97] CHRISTENSEN, C. M.: *The innovator's dilemma – When new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business Review Press, Boston, Massachusetts, 1997
- [CHS18] COCKBURN, I.; HENDERSON, R.; STERN, S.: *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation*. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 2018
- [CKM12] CARALLI, R.; KNIGHT, M.; MONTGOMERY, A.: Maturity models 101 – A primer for applying maturity models to smart grid security, resilience, and interoperability. https://insights.sei.cmu.edu/documents/361/2012_019_001_58920.pdf, 2012
- [CKY+13] CHOI, S.; KIM, H.; YOON, J.; KIM, K.; LEE, J. Y.: An SAO -based text-mining approach for technology roadmapping using patent information. *R&D Management*, (43)1, 2013, S. 52–74
- [CL90] COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A.: Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, (35)1, 1990, S. 128
- [Cla24-ol] CLARIVATE: Web of Science Core Collection – Power your programs with the world's most trusted citation database. Unter: <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/web-of-science-core-collection/>, 18. November 2024
- [CLS21] CHO, J. H.; LEE, J.; SOHN, S. Y.: Predicting future technological convergence patterns based on machine learning using link prediction. *Scientometrics*, (126)7, 2021, S. 5413–5429
- [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
- [CSC18] CARBONELL, J.; SÁNCHEZ-ESGUEVILLAS, A.; CARRO, B.: Easing the assessment of emerging technologies in technology observatories. Findings about patterns of dissemination of emerging technologies on the internet. *Technology Analysis & Strategic Management*, (30)1, 2018, S. 113–129
- [CTW21] CHAO, M.-H.; TRAPPEY, A. J. C.; WU, C.-T.: Emerging Technologies of Natural Language-Enabled Chatbots: A Review and Trend Forecast Using Intelligent Ontology Extraction and Patent Analytics. *Complexity*, (2021)1, 2021
- [DD16] DURST, C.; DURST, M.: Integriertes Innovationsmanagement – Vom Umfeldscanning zur Roadmap. In: Abele, T. (Hrsg.): *Die frühe Phase des Innovationsprozesses*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016, S. 217–233

- [Dem18] DEMIR, F.: A Strategic Management Maturity Model for Innovation. *Technology Innovation Management Review*, (8)11, 2018, S. 13–21
- [Dem86] DEMING, W. E.: *Out of the crisis*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1986
- [Dey23-ol] DEY, S.: A Quick Summary of Research Papers regarding Generative AI. Unter: <https://www.linkedin.com/pulse/quick-summary-research-papers-regarding-generative-ai-soumava-dey/>
- [DFH+19] DORST, W.; FALK, S.; HOFFMANN, W. M.; LEHMANN-BRAUNS, S.; LÖWEN, U.; PLASS, C.; POLENZ, C.; POSSELT, T.; RIPPERDA, C.; SCHMIDT, F.; UNKELHÄUSER, L.: *Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0. Plattform Industrie 4.0*, 2019
- [DOK22] DEHLER-HOLLAND, J.; OKOH, M.; KELES, D.: Assessing technology legitimacy with topic models and sentiment analysis – The case of wind power in Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, (175), 2022, S. 121354
- [Don19] DONG, J. Q.: Moving a mountain with a teaspoon: Toward a theory of digital entrepreneurship in the regulatory environment. *Technological Forecasting and Social Change*, (146), 2019, S. 923–930
- [Dör18] DÖRN, S.: *Programmieren für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [DPR18] DENNER, M.-S.; PÜSCHEL, L. C.; RÖGLINGER, M.: How to Exploit the Digitalization Potential of Business Processes. *Business & Information Systems Engineering*, (60)4, 2018, S. 331–349
- [Dre06] DREW, S. A.: Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation. *European Journal of Innovation Management*, (9)3, 2006, S. 241–257
- [Dum10] DUMITRESCU, R.: *Entwicklungssystematik zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme*. Dissertation, Universität Paderborn, 2010
- [EAD23] ELLERMANN, K.; ASMAR, L.; DUMITRESCU, R.: A Technology Foresight Maturity Model: ISPIM Conference Proceedings. *ISPIM Innovation Conference*, 4.-7. Juni 2023, Ljubljana, 2023
- [Ech18] ECHTERHOFF, B.: *Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen*. Dissertation, Universität Paderborn, 2018
- [Ege16] EGELI, M.: *Erfolgsfaktoren von Mobile Business – Ein Reifegradmodell zur digitalen Transformation von Unternehmen durch Mobile IT*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016
- [EMJ24] ELLERMANN, K.; MARTINI, M.; JOHN, M.: Use Cases for AI in Technology Foresight – A Systematic Literature Review. *Vorgelegt auf der R&D Management Conference*, 17.-19. Juni, Stockholm, 2024
- [EMP20] ELIA, G.; MARGHERITA, A.; PASSIANTE, G.: Digital entrepreneurship ecosystem: How digital technologies and collective intelligence are reshaping the entrepreneurial process. *Technological Forecasting and Social Change*, (150), 2020
- [ESA+25] ELLERMANN, K.; SEIDENBERG, T.; ASMAR, L.; KNEPLER, J.; DUMITRESCU, R.: Leveraging GenAI for technology foresight. *Proceedings of the Design Society*, (5), 2025, S. 2221–2230
- [Ess09] ESSMANN, H. E.: *Toward innovation capability maturity*. Dissertation, University of Stellenbosch, 2009
- [Euc21] EUCHNER, J.: The Speed of New Product Development. *Research-Technology Management*, (64)5, 2021, S. 9–10

- [FB19] FÜLLER, J.; BILGRAM, V.: Wie Künstliche Intelligenz und Algorithmen das Innovieren revolutionieren – Wissenschaftliche Studie zum Einfluss von KI auf das Innovationsmanagement, 2019
- [FDZ14] FICHMAN, R. G.; DOS SANTOS, B. L.; ZHENG, Z.: Digital Innovation as a Fundamental and Powerful Concept in the Information Systems Curriculum. *MIS Quarterly*, (38)2, 2014, S. 329–343
- [Fel05] FELDMANN, C.: Strategisches Technologiemanagement – Eine empirische Untersuchung am Beispiel des deutschen Pharma-Marktes 1990 - 2010. Dissertation, Technische Universität Chemnitz, 2005
- [Fin98] FINE, C. H.: Clockspeed – Winning industry control in the age of temporary advantage. Basic Books, New York, NY, 1998
- [Gab24-ol] MARKGRAF, D.: RSS-Feed. Unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/rss-feed-53722>, 27. Oktober 2024
- [Gas06] GASSMANN, O.: Innovation und Risiko – Zwei Seiten einer Medaille. In: Gassmann, O.; Kobe, C. (Hrsg.): *Management von Innovation und Risiko*. Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 3–24
- [GD15] G. CAO; DUAN, Y.: The Affordances of Business Analytics for Strategic Decision-Making and Their Impact on Organisational Performance. *Pacific Asia Conference on Information Systems*, 2015
- [GD19] GARCIA-NUNES, P. I.; DA SILVA, A. E. A.: Using a conceptual system for weak signals classification to detect threats and opportunities from web. *Futures*, (107), 2019, S. 1–16
- [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
- [Gen19] GENTSCH, P.: *Künstliche Intelligenz für Sales, Marketing und Service*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019
- [Ger05] GERPOTT, T. J.: *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*. 2. Auflage, Sammlung Poeschel Band 162, Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2005
- [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
- [Git24-ol] GIT: Erstellen und Verwalten von Repositories. Unter: <https://docs.github.com/de/repositories/creating-and-managing-repositories/about-repositories>, 28. September 2024
- [GMC+20] GRIOL-BARRES, I.; MILLA, S.; CEBRIÁN, A.; FAN, H.; MILLET, J.: Detecting Weak Signals of the Future: A System Implementation Based on Text Mining and Natural Language Processing. *Sustainability*, (12)19, 2020, S. 7848
- [Goc20] GOCHERMANN, J.: *Technologiemanagement – Technologien erkennen, bewerten und erfolgreich einsetzen*. essentials, Springer Gabler, Wiesbaden, 2020
- [Gom07] GOMERINGER, A.: Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte. Dissertation, Universität Stuttgart, 2007
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. 2. Auflage, Hanser, München, 2014
- [GPW+13] GAO, L.; PORTER, A. L.; WANG, J.; FANG, S.; ZHANG, X.; MA, T.; WANG, W.; HUANG, L.: Technology life cycle analysis method based on patent documents. *Technological Forecasting and Social Change*, (80)3, 2013, S. 398–407

- [GRB+19] GARECHANA, G.; RÍO-BELVER, R.; BILDOSOLA, I.; CILLERUELO-CARRASCO, E.: A method for the detection and characterization of technology fronts: Analysis of the dynamics of technological change in 3D printing technology. *PloS one*, (14)1, 2019, e0210441
- [Gri09] GRIM, T.: Foresight Maturity Model (FMM) – Achieving Best Practices in the Foresight Field. *Journal of Futures Studies*, (13)4, 2009, S. 69–80
- [GS14] GASSMANN, O.; SCHWEITZER, F.: Fuzzy Front End of Innovation: Quo Vadis? In: Gassmann, O.; Schweitzer, F. (Eds.): *Management of the fuzzy front end of innovation*. Springer, Cham, 2014, pp. 301–310
- [GSO23] GOZUACIK, N.; SAKAR, C. O.; OZCAN, S.: Technological forecasting based on estimation of word embedding matrix using LSTM networks. *Technological Forecasting and Social Change*, (191), 2023, S. 122520
- [GTC+08] GORDON, S.; TARAFDAR, M.; COOK, R.; MAKSIMOSKI, R.; ROGOWITZ, B.: Improving the Front End of Innovation with Information Technology. *Research-Technology Management*, (51)3, 2008, S. 50–58
- [GX21] GUI, M.; XU, X.: Technology Forecasting Using Deep Learning Neural Network: Taking the Case of Robotics. *IEEE Access*, (9), 2021, S. 53306–53316
- [Här02] HÄRTEL, W.: Issueorientierte Frühaufklärung. Dissertation, Universität Paderborn, 2002
- [HBB+23] HAAN, P.; BERBIG, M.; BLUM, R.; RÖRDEN, J.; SCHIRRMEISTER, E.; ZIMMERMANN, R.: Mehrstufige strategische Frühaufklärung durch iterative automatisierte Themenerkennung und Fusion von Nachrichten-, Journalund Patenttexten mittels Natural Language Processing (NLP). In: Dumitrescu, R.; Hölzle, K. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 17. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 413, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2023, S. 51–72
- [HC22] HAN, J.; CHO, K.: Emerging industrial root technologies: a structural topic model- and topic matrix analysis-based approach. *Asian Journal of Technology Innovation*, (30)1, 2022, S. 178–197
- [HEH21] HUTSCHEK, U.; ELLERMANN, K.; HAARMANN, L.: Ein Framework für Smart-Data-Tools in den frühen Phasen des Technologie- und Innovationsmanagements. In: Gausemeier, J.; Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, 2. - 3. Dezember 2021, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 400, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021, S. 303–324
- [HEH22-ol] HUTSCHEK, U.; ELLERMANN, K.; HAARMANN, L.: Software-Studie KI – Künstliche Intelligenz im Technologie- und Innovationsmanagement. Unter: <https://www.iem.fraunhofer.de/de/newsroom/studien/software-studie-ki.html>
- [HHF+23] HUANG, L.; HOU, Z.; FANG, Y.; LIU, J.; SHI, T.: Evolution of CCUS Technologies Using LDA Topic Model and Derwent Patent Data. *Energies*, (16)6, 2023, S. 2556
- [HHH+07] HULL, C. E.; HUNG, Y. T. C.; HAIR, N.; PEROTTI, V.; DEMARTINO, R.: Taking advantage of digital opportunities: a typology of digital entrepreneurship. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, (4)3, 2007, S. 290
- [HL06] HERSTATT, C.; LETTL, C.: Marktorientierte Erfolgsfaktoren technologiegetriebener Entwicklungsprojekte. In: Gassmann, O.; Kobe, C. (Hrsg.): *Management von Innovation und Risiko*. Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 145–169
- [HM15] HIRSCHBERG, J.; MANNING, C. D.: Advances in natural language processing. *Science* (New York, N.Y.), (349)6245, 2015, S. 261–266
- [HMP+04] HEVNER; MARCH; PARK; RAM: Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, (28)1, 2004, S. 75

- [HPB+13] HAUSTEIN, S.; PETERS, I.; BAR-ILAN, J.; PRIEM, J.; SHEMA, H.; TERLIESNER, J.: Coverage and adoption of altmetrics sources in the bibliometric community, 2013
- [HSK+11] HAAG, C.; SCHUH, G.; KREYSA, J.; SCHMELTER, K.: Technologiebewertung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 309–366
- [Hub18] HUBER, W.: Industrie 4.0 kompakt - wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändern – Transformation und Veränderung des gesamten Unternehmens. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2018
- [Hut21] HUTCHINSON, P.: Reinventing Innovation Management: The Impact of Self-Innovating Artificial Intelligence. IEEE Transactions on Engineering Management, (68)2, 2021, S. 628–639
- [HWP+21] HAEFNER, N.; WINCENT, J.; PARIDA, V.; GASSMANN, O.: Artificial intelligence and innovation management – A review, framework, and research agenda. Technological Forecasting and Social Change, (162), 2021, S. 1–10
- [HYP24-ol] HYPE INNOVATION: Startup Engagement – Identifizieren Sie Startups und managen Sie die Zusammenarbeit. Unter: <https://www.hypeinnovation.de/loesungen/startup-engagement>, 26. Oktober 2024
- [Ihm10] IHMELS, S.: Verfahren zur integrierten informationstechnischen Unterstützung des Innovationsmanagements. Dissertation, 2010
- [Ito24-ol] ITONICS: Innovation OS. Unter: <https://www.itonics-innovation.com/>, 28. September 2024
- [JB06] JOKIĆ, M.; BALL, R.: Qualität und Quantität wissenschaftlicher Veröffentlichungen – Bibliometrische Aspekte der Wissenschaftskommunikation. 50 Jahre Zukunft / Forschungszentrum Jülich in der Helmholtz-Gemeinschaft Band 15, Forschungszentrum Jülich, Jülich, 2006
- [JB19] JÄCKLE, S.; BRÜGGEMANN, U.: Digitale Transformationsexzellenz – Wettbewerbsvorteile Sichern Mit der Customer Company Excellence Matrix. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2019
- [JCD+10] JOSHI, K. D.; CHI, L.; DATTA, A.; HAN, S.: Changing the Competitive Landscape: Continuous Innovation Through IT-Enabled Knowledge Capabilities. Information Systems Research, (21)3, 2010, S. 472–495
- [JK17] JOUNG, J.; KIM, K.: Monitoring emerging technologies for technology planning using technical keyword based analysis from patent data. Technological Forecasting and Social Change, (114), 2017, S. 281–292
- [JM15] JORDAN, M. I.; MITCHELL, T. M.: Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science (New York, N.Y.), (349)6245, 2015, S. 255–260
- [Joh18] JOHN, M.: Data Driven Foresight – Technologiefrühaufklärung im Zeitalter von Big und Linked Data. Ein Werkstattbericht. In: Bauer, W.; Dumitrescu, R. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8. und 9. November 2018, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, HNI Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2018, S. 409–421
- [JPS21] JANG, W.; PARK, Y.; SEOL, H.: Identifying emerging technologies using expert opinions on the future: A topic modeling and fuzzy clustering approach. Scientometrics, (126)8, 2021, S. 6505–6532
- [JSM23] JOHN, M.; SCHIMPF, S.; MARTINI, M.: Zukunft der Innovation – Eine Spurensuche in Daten. In: Dumitrescu, R.; Hölzle, K. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 17. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 413, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2023, S. 29–50
- [JY17] JEONG, B.; YOON, J.: Competitive Intelligence Analysis of Augmented Reality Technology Using Patent Information. Sustainability, (9)4, 2017, S. 497

- [KBF20] KAKATKAR, C.; BILGRAM, V.; FÜLLER, J.: Innovation analytics: Leveraging artificial intelligence in the innovation process. *Business Horizons*, (63)2, 2020, S. 171–181
- [KBG13] KÜHN, A.; BENSIEK, T.; GAUSEMEIER, J.: Framework for the development of maturity based self-assessments for process improvement: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design. *International Conference on Engineering Design (ICED)*, 19.-22.08.13, Seoul, Design Processes, Volume 1, Design Society, 2013, pp. 119–128
- [KCH+17] KYEBAMBE, M. N.; CHENG, G.; HUANG, Y.; HE, C.; ZHANG, Z.: Forecasting emerging technologies: A supervised learning approach through patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, (125), 2017, S. 236–244
- [KCR+12] KLEIS, L.; CHWELOS, P.; RAMIREZ, R. V.; COCKBURN, I.: Information Technology and Intangible Output: The Impact of IT Investment on Innovation Productivity. *Information Systems Research*, (23)1, 2012, S. 42–59
- [KEK+23] KÖDDING, P.; ELLERMANN, K.; KOLDEWEY, C.; DUMITRESCU, R.: Scenario-based Foresight in the Age of Digitalization and Artificial Intelligence – Identification and Analysis of Existing Use Cases. *Procedia CIRP*, (119), 2023, S. 740–745
- [KG14] KELLER, J.; GRACHT, H. A. VON DER: The influence of information and communication technology (ICT) on future foresight processes – Results from a Delphi survey. *Technological Forecasting and Social Change*, (85), 2014, S. 81–92
- [KG21] KIM, J.; GEUM, Y.: How to develop data-driven technology roadmaps: The integration of topic modeling and link prediction. *Technological Forecasting and Social Change*, (171), 2021, S. 120972
- [KGF+18] KAKATKAR, C.; GROOTE, J. K. DE; FUELLER, J.; SPANN, M.: The DNA of Winning Ideas: A Network Perspective of Success in New Product Development. *Academy of Management Proceedings*, (2018)1, 2018, S. 11047
- [Kha15] KHAN, A.: Innovationsmanagement in der Energiewirtschaft. Dissertation. Research, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2015
- [Kic24-ol] KICKSTARTER: Was ist Kickstarter? Unter: <https://www.kickstarter.com/learn?lang=de>, 28. September 2024
- [KK84] KING, J. L.; KRAEMER, K. L.: Evolution and organizational information systems. *Communications of the ACM*, (27)5, 1984, S. 466–475
- [KKP17] KWON, H.; KIM, J.; PARK, Y.: Applying LSA text mining technique in envisioning social impacts of emerging technologies: The case of drone technology. *Technovation*, (60-61), 2017, S. 15–28
- [KL17a] KIM, J.; LEE, C.: Novelty-focused weak signal detection in futuristic data: Assessing the rarity and paradigm unrelatedness of signals. *Technological Forecasting and Social Change*, (120), 2017, S. 59–76
- [KL17b] KREUTZER, R. T.; LAND, K.-H.: Eco-Systems – Ein Kokon um den Kunden. In: Kreutzer, R. T.; Land, K.-H. (Hrsg.): *Digitale Markenführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017, S. 231–243
- [KM06] KRYSTEK, U.; MÜLLER-STEWENS, G.: Strategische Frühaufklärung. In: Taylor, B.; Hahn, D. (Hrsg.): *Strategische Unternehmensplanung – Strategische Unternehmensführung: Stand und Entwicklungstendenzen*. 9. Auflage, Springer-Verlag, s.l., 2006, S. 175–193
- [KM93] KRYSTEK, U.; MÜLLER-STEWENS, G.: Frühaufklärung für Unternehmen – Identifikation und Handhabung zukünftiger Chancen und Bedrohungen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1993
- [KMP+06] KERR, C.; MORTARA, L.; PHAAL, R.; PROBERT, D. R.: A conceptual model for technology intelligence. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, (2)1, 2006, S. 73

- [KMW+19] KÖBL, L.; MÜHLROTH, C.; WISER, F.; GROTTKE, M.; DURST, C.: Big Data im Innovationsmanagement: Wie Machine Learning die Suche nach Trends und Technologien revolutioniert. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, (56)5, 2019, S. 900–913
- [Kne03] KNEUPER, R.: CMMI – Verbesserung von Softwareprozessen mit Capability Maturity Model Integration. dpunkt-Verl., Heidelberg, 2003
- [Kob06] KOBE, C.: Technologiebeobachtung in der Entwicklung. In: Gassmann, O.; Kobe, C. (Hrsg.): Management von Innovation und Risiko. Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 373–391
- [Kob07] KOBE, C.: Technologiebeobachtung. In: Herstatt, C.; Verworn, B. (Hrsg.): Management der frühen Innovationsphasen – Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden, 2007, S. 23–37
- [KP19] KUJAWA, K. A.; PAETZOLD, K.: External Technology Searching Methods - A Literature Review. Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, (1)1, 2019, S. 2259–2268
- [KPL20] KIM, S.; PARK, H.; LEE, J.: Word2vec-based latent semantic analysis (W2V-LSA) for topic modeling: A study on blockchain technology trend analysis. Expert Systems with Applications, (152), 2020, S. 113401
- [KPY16] KIM, M.; PARK, Y.; YOON, J.: Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis. Computers & Industrial Engineering, (98), 2016, S. 289–299
- [Kri10] KRIEWEL, S.: Unterstützung beim Finden und Durchführen von Suchstrategien in Digitalen Bibliotheken. Dissertationsschrift, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Angewandte Kognitionswissenschaft, Informatik, Informationssysteme, Universität Duisburg-Essen, 2010
- [KS12] KORELL, M.; SCHLOEN, T.: Werkzeuge für die Technologieentwicklung – Softwaretechnische Unterstützung und Technologieentwicklungsportal. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Hanser, München, 2012, S. 13–36
- [KSA11] KLAPPERT, S.; SCHUH, G.; AGHASSI, S.: Einleitung und Abgrenzung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 5–10
- [KSS+17] KRAUSE, T.; STRAUß, O.; SCHEFFLER, G.; KETT, H.; LEHMANN, K.; RENNER, T.: IT-Plattformen für das Internet der Dinge (IoT) – Basis intelligenter Produkte und Services. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2017
- [KVT12] KLINTONG, N.; VADHANASINDHU, P.; THAWESAENGSKULTHAI, N.: Artificial Intelligence and Successful Factors for Selecting Product Innovation Development. In: Al-Dabass, D. (Ed.): International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS). 2012 3rd International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), 2/8/2012 - 2/10/2012, Kota Kinabalu, Malaysia, IEEE, Piscataway, NJ, 2012, pp. 397–402
- [LAA+02] LUSTHAUS, C.; ADRIEN, M.-H.; ANDERSON, G.; CARDEN, F.; MONTALVÁN, G. P.: Organizational Assessment – A Framework for Improving Performance. Inter-American Development Bank, Washington, D.C., 2002
- [Lan16] LANG-KOETZ, C.: Neue Technologien als Befähiger für ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen. In: Abele, T. (Hrsg.): Die frühe Phase des Innovationsprozesses. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016, S. 51–73
- [Lau09] LAUBE, T.: Methodik des interorganisationalen Technologietransfers – Ein Technologie-Roadmap-basiertes Verfahren für kleine und mittlere technologieorientierte Unternehmen. Dissertation, Universität Stuttgart, 2009

- [Lau13] LAUBE, T.: Mit Technologietransfermanagement Innovationen vorbereiten. In: Abele, T. (Hrsg.): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013, S. 169–195
- [LBR+18] LIPSMEIER, A.; BANSMANN, M.; ROELTGEN, D.; CHRISTIAN, K.: Framework for the identification and demand-orientated classification of digital technologies. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.): 2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD). 2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD), 11/21/2018 - 11/23/2018, Marrakech, Morocco, IEEE, Piscataway, NJ, 2018, pp. 31–36
- [LCB12] LAU, J. H.; COLLIER, N.; BALDWIN, T.: On-line Trend Analysis with Topic Models. Proceedings of the 24th international conference on computational linguistics, 2012, S. 1519–1534
- [Lee21] LEE, C.: A review of data analytics in technological forecasting. Technological Forecasting and Social Change, (166), 2021
- [LH23] LIU, Y.; HE, H.: Scientometrics of Scientometrics Based on Web of Science Core Collection Data between 1992 and 2020. Information, (14)12, 2023, S. 637
- [Lic02] LICHTENTHALER, E.: Organisation der Technology Intelligence – Eine empirische Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven Großunternehmen. Technology, innovation and management Band 5, Verl. Industrielle Organisation, Zürich, 2002
- [Lic03] LICHTENTHALER, E.: Third generation management of technology intelligence processes. R&D Management, (33)4, 2003, S. 361–375
- [Lic05] LICHTENTHALER, E.: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 2. Auflage, Springer, Berlin, 2005, S. 55–80
- [Lic07] LICHTENTHALER, E.: Managing technology intelligence processes in situations of radical technological change. Technological Forecasting and Social Change, (74)8, 2007, S. 1109–1136
- [Lie05] LIEBL, F.: Technologie-Frühaufklärung. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie - Umsetzung - Controlling. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005, S. 119–136
- [LKK+18] LEE, C.; KWON, O.; KIM, M.; KWON, D.: Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators. Technological Forecasting and Social Change, (127), 2018, S. 291–303
- [LKK+22] LEE, M.; KIM, S.; KIM, H.; LEE, J.: Technology Opportunity Discovery using Deep Learning-based Text Mining and a Knowledge Graph. Technological Forecasting and Social Change, (180), 2022, S. 121718
- [LMM+11] LAHRMANN, G.; MARX, F.; METTLER, T.; WINTER, R.; WORTMANN, F.: Inductive Design of Maturity Models: Applying the Rasch Algorithm for Design Science Research. In: Jain, H.; Sinha, A. P.; Vitharana, P. (Hrsg.): Service-Oriented Perspectives in Design Science Research. Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 176–191
- [Loe06] LOEBBECKE, C.: Digitalisierung – Technologien und Unternehmensstrategien. In: Scholz, C. (Hrsg.): Handbuch Medienmanagement. Springer, Berlin, 2006, S. 357–373
- [LPL22] LEE, J.; PARK, S.; LEE, J.: Study on the Technology Trend Screening Framework Using Unsupervised Learning. Applied Sciences, (12)17, 2022, S. 8920
- [LS06] LAURSEN, K.; SALTER, A.: Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. Strategic Management Journal, (27)2, 2006, S. 131–150

- [LSC10] LEE, P.-C.; SU, H.-N.; CHAN, T.-Y.: Assessment of ontology-based knowledge network formation by Vector-Space Model. *Scientometrics*, (85)3, 2010, S. 689–703
- [LT20] LUDWIG, T.; THIEMANN, H.: Datenkompetenz – Data Literacy. *Informatik Spektrum*, (43)6, 2020, S. 436–439
- [LTY10] LAU, A. K. W.; TANG, E.; YAM, R. C. M.: Effects of Supplier and Customer Integration on Product Innovation and Performance: Empirical Evidence in Hong Kong Manufacturers. *Journal of Product Innovation Management*, (27)5, 2010, S. 761–777
- [LVA15] LASRADO, L. A.; VATRAPU, R.; ANDERSEN, K. N.: Maturity Models Development in IS Research – A Literature Review. *Selected Papers of the IRIS*, 6, 2015
- [LWC+23] LI, X.; WU, Y.; CHENG, H.; XIE, Q.; DAIM, T.: Identifying technology opportunity using SAO semantic mining and outlier detection method: A case of triboelectric nanogenerator technology. *Technological Forecasting and Social Change*, (189), 2023, S. 122353
- [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
- [LYP09] LEE, S.; YOON, B.; PARK, Y.: An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach. *Technovation*, (29)6-7, 2009, S. 481–497
- [MAP+17] MUMTAZ, S.; ALSOHAILY, A.; PANG, Z.; RAYES, A.; TSANG, K. F.; RODRIGUEZ, J.: Massive Internet of Things for Industrial Applications: Addressing Wireless IIoT Connectivity Challenges and Ecosystem Fragmentation. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, (11)1, 2017, S. 28–33
- [Mar20] MARCHESI, C.: Daten als Treiber der digitalen Transformation. In: Gatzju Grivas, S. (Hrsg.): *Digital business development – Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Geschäftsmodelle und Märkte*. Digital Business Development, Springer Gabler, Berlin, 2020, S. 111–130
- [MCB+13] MANYIKA, J.; CHUI, M.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; BISSON, P.; MARRS, A.: *Disruptive technologies – Advances that will transform life, business, and the global economy*, 2013
- [MDM19] MAGISTRETTI, S.; DELL’ERA, C.; MESSENI PETRUZZELLI, A.: How intelligent is Watson? Enabling digital transformation through artificial intelligence. *Business Horizons*, (62)6, 2019, S. 819–829
- [Met09] METTLER, T.: A Design Science Research Perspective on Maturity Models in Information Systems. *Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, 2009
- [Met10] METTLER, T.: *Supply-Management im Krankenhaus – Konstruktion und Evaluation eines konfigurierbaren Reifegradmodells zur zielgerichteten Gestaltung*. Dissertation, Universität St. Gallen, 2010
- [Mey15] MEYER, J.-U.: *Die Innovationsfähigkeit von Unternehmen – Messen, analysieren und steigern*. BusinessVillage, Göttingen, 2015
- [Mey24] MEYER, M.: *Systematik zur Planung und Verwertung von Betriebsdaten-Analysen in der strategischen Produktplanung*. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2024
- [MG18] MÜHLROTH, C.; GROTTKE, M.: A systematic literature review of mining weak signals and trends for corporate foresight. *Journal of Business Economics*, (88)5, 2018, S. 643–687
- [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
- [MI08] MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R.: Grundlagen des Technologie-Roadmapping. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): *Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien Für Technologie-unternehmen*. VDI-Buch, Springer Berlin, Heidelberg, 2008, S. 1–15

- [Mid24-ol] DANTHREE STUDIO: What is AI Midjourney and how does it work? Unter: <https://www.danthree.studio/en/blog-cgi/what-is-ai-midjourney-and-how-does-it-work>, 31.10.24
- [Mie06] MIEKE, C.: Kooperative Technologiefrühaufklärung mittels szenariobasiertem Technologie-Roadmapping. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2006
- [Mie13] MIECZNIK, B.: Ideenmanagement. In: Abele, T. (Hrsg.): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013, S. 143–168
- [Mie22-ol] MIELE & CIE. KG: Miele bringt mit Künstlicher Intelligenz mehr Genussvielfalt und Kreativität in die Küche. Unter: <https://www.miele.de/de/m/miele-bringt-mit-kuenstlicher-intelligenz-mehr-genussvielfalt-und-kreativitaet-in-die-kueche-6138.htm>, 28. Februar 2025
- [Mir19] MIRTİ, C.: Artificial Intelligence und der Einfluss auf das Business. In: Gatzıu Grıvas, S. (Hrsg.): Digital Business Development – Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Geschäftsmodelle und Märkte. Springer Gabler, Berlin, Germany, 2019, S. 131–142
- [MK13] MADANI, F.; KHORMAEI, R.: Overview of evolution in study of external technology search. 2013 Proceedings of PICMET '13: Technology Management for Emerging Technologies., 2013, S. 2058–2060
- [MK17] MEJIA, C.; KAJIKAWA, Y.: Assessing the Sentiment of Social Expectations of Robotic Technologies: 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 09.07.2017 - 13.07.2017, Portland, OR, IEEE, 2017, S. 1–7
- [MR16] MOMENI, A.; ROST, K.: Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling. Technological Forecasting and Social Change, (104), 2016, S. 16–29
- [MS19] MIKOVA, N.; SOKOLOVA, A.: Comparing data sources for identifying technology trends. Technology Analysis & Strategic Management, (31)11, 2019, S. 1353–1367
- [MS21] MANCHA, R.; SHANKARANARAYANAN, G.: Making a digital innovator: antecedents of innovativeness with digital technologies. Information Technology & People, (34)1, 2021, S. 318–335
- [MS95] MARCH, S. T.; SMITH, G. F.: Design and natural science research on information technology. Decision Support Systems, (15)4, 1995, S. 251–266
- [NH15] NYLÉN, D.; HOLMSTRÖM, J.: Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. Business Horizons, (58)1, 2015, S. 57–67
- [Nic08] NICK, A.: Wirksamkeit strategischer Frühaufklärung – Eine empirische Untersuchung. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2008. Gabler-Edition Wissenschaft, Gabler, Wiesbaden, 2008
- [Nie24] NIEWÖHNER, N.: Systematik zur Gestaltung eines ambidextren Innovationsmanagements. Dissertation, Universität Paderborn, 2024
- [NLM+17] NAMBIAN, S.; LYYTINEN, K.; MAJCHRZAK, A.; SONG, M.: Digital innovation management: reinventing innovation management research in a digital world. undefined, 2017
- [NML23] NOH, H.; MORTARA, L.; LEE, S.: Development of a maturity model for technology intelligence. Technological Forecasting and Social Change, (192), 2023
- [Ope22-ol] OPENAI: Introducing ChatGPT. Unter: <https://openai.com/index/chatgpt/>, 31.10.24
- [Ope24-ol] OPENSACK: What is OpenStack? Unter: <https://ubuntu.com/openstack/what-is-openstack>, 29. September 2024
- [PC05] PORTER, A. L.; CUNNINGHAM, S. W.: Tech mining – Exploiting new technologies for competitive advantage. John Wiley, New York, 2005

- [Pei92] PEIFFER, S.: Technologie-Frühaufklärung – Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung. Zugl.: Duisburg, Univ., Diss., 1991. Duisburger betriebswirtschaftliche Schriften Band 3, Steuer- und Wirtschaftsverl., Hamburg, 1992
- [PGT+22] PORA, U.; GERDSRI, N.; THAWESAENGSKULTHAI, N.; TRIUKOSE, S.: Data-Driven Roadmapping (DDRM): Approach and Case Demonstration. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (69)1, 2022, S. 209–227
- [Phi19] PHILLIPS, F.: 50 years of TF&SC. *Technological Forecasting and Social Change*, (143), 2019, S. 125–131
- [Pla18] PLACZEK, M.: Systematik zur geschäftsmodellorientierten Technologiefrühaufklärung. Dissertation, 2018
- [Por19] PORTER, A. L.: Data Analytics for Better Informed Technology & Engineering Management. *IEEE Engineering Management Review*, (47)3, 2019, S. 29–32
- [Por83] PORTER, M. E.: The technological dimension of competitive strategy. *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, 1983, S. 1–33
- [PR11] PÖPPELBUß, J.; RÖGLINGER, M.: What makes a useful maturity model? – A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. In: Tuunainen, V. K.; Rossi, M.; Nandhakumar, J. (Hrsg.): *ECIS 2011 Proceedings*. 19th European Conference on Information Systems ECIS, 9-11 June, Helsinki, Finland, 2011
- [Pri69] PRITCHARD, A.: Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, (25)4, 1969, S. 348–359
- [PTR+07] PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, (24)3, 2007, S. 45–77
- [Rab19] RABE, M.: Systematik zur Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme, Universität Paderborn, 2019
- [RAH07] ROHRBECK, R.; ARNOLD, H.; HEUER, J.: Strategic Foresight in multinational enterprises – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories. *ISPIM-Asia Conference*, 9.-12. Januar 2004, New Delhi, 2007
- [RBL+22] ROMBACH, R.; BLATTMANN, A.; LORENZ, D.; ESSER, P.; OMMER, B.: High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models: 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 18.06.2022 - 24.06.2022, New Orleans, LA, USA, IEEE, 2022, S. 10674–10685
- [RD20] RÖLTGEN, D.; DUMITRESCU, R.: Classification of industrial Augmented Reality use cases. *Procedia CIRP*, (91), 2020, S. 93–100
- [RDN+22] RAMESH, A.; DHARIWAL, P.; NICHOL, A.; CHU, C.; CHEN, M.: Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents, 2022
- [Reg01] REGER, G.: Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective. *Technology Analysis & Strategic Management*, (13)4, 2001, S. 533–553
- [Reg06] REGER, G.: Technologie-Früherkennung: Organisation und Prozess. In: Gassmann, O.; Kobe, C. (Hrsg.): *Management von Innovation und Risiko*. Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 303–329
- [RG06] ROHRBECK, R.; GEMÜNDEN, H. G.: Strategische Frühaufklärung – Modell zur Integration von markt- und technologie-seitiger Frühaufklärung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung – 2. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, Heinz-

- Nixdorf-Institut ; 9. und 10. November 2006, Schloss Neuhausen. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 198, HNI Heinz Nixdorf Institut Univ. Paderborn, Paderborn, 2006
- [RHA06] ROHRBECK, R.; HEUER, J.; ARNOLD, H.: The Technology Radar - an Instrument of Technology Intelligence and Innovation Strategy. In: Chai, K. H. (Ed.): Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology. 21.-23.06.2006, Singapore, China, 2006, pp. 978–983
- [RK12] RÖGLINGER, M.; KAMPRATH, N.: Prozessverbesserung mit Reifegradmodellen. Journal of Business Economics, (82)5, 2012, S. 509–538
- [RNS+18] RADFORD, A.; NARASIMHAN, K.; SALIMANS, T.; SUTSKEVER, I.: Improving Language Understanding by Generative Pre-Training, 2018
- [Rod17] RODIG, J.: Erfolgreiche IoT-Geschäftsmodelle – Chancen im Internet der Dinge und der Industrie 4.0 nutzen. Vogel Business Media, Würzburg, 2017
- [Roh07] ROHRBECK, R.: Technology Scouting – A case study on the Deutsche Telekom Laboratories: Proceedings of the ISPIM-Asia Conference. ISPIM-Asia Conference, 09.-12.01.2007, New Delhi, India, ISPIM, 2007, S. 1–14
- [Roh11] ROHRBECK, R.: Corporate foresight – Towards a maturity model for the future orientation of a firm. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2010. Physika-Verl., Heidelberg, 2011
- [Roh14] ROHRBECK, R.: Trend Scanning, Scouting and Foresight Techniques. In: Gassmann, O.; Schweitzer, F. (Eds.): Management of the fuzzy front end of innovation. Springer, Cham, 2014, pp. 59–73
- [Röl21] RÖLTGEN, D.: Systematik zur strategischen Planung von Augmented Reality für das Produkt-Service-Geschäft. Dissertation, Universität Paderborn, 2021
- [Rot20] ROTH, A.: Design Thinking – Ein Buzzword, oder steckt doch mehr dahinter? In: Gatzia Grivas, S. (Hrsg.): Digital business development – Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Geschäftsmodelle und Märkte. Digital Business Development, Springer Gabler, Berlin, 2020
- [RPB12] RÖGLINGER, M.; PÖPPELBUß, J.; BECKER, J.: Maturity models in business process management. Business Process Management Journal, (18)2, 2012, S. 328–346
- [RRS+15] RIDSDALE, C.; ROTHWELL, J.; SMIT, M.; BLIEMEL, M.; IRVINE, D.; KELLEY, D.; MATWIN, S.; WUETHERICK, B.; ALI-HASSAN, H.: Strategies and Best Practices for Data Literacy Education Knowledge Synthesis Report. SSHRC, 2015
- [RTA15] ROHRBECK, R.; THOM, N.; ARNOLD, H.: IT tools for foresight: The integrated insight and response system of Deutsche Telekom Innovation Laboratories. Technological Forecasting and Social Change, (97), 2015, S. 115–126
- [SA14] SCHUH, G.; APFEL, K.: Hype cycle of technology intelligence. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), (2)12, 2014, S. 126–130
- [Sav04] SAVIOZ, P.: Technology Intelligence – Concept Design and Implementation in Technology-based SMEs. Palgrave Macmillan UK, London, 2004
- [Sav06] SAVIOZ, P.: Entscheidungen in risikoreichen Projekten unterstützen. In: Gassmann, O.; Kobe, C. (Hrsg.): Management von Innovation und Risiko. Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 331–355
- [SB14] STELZER, B.; BRECHT, L.: Technologiemanagement: eine Bestandsaufnahme der organisationalen Umsetzung in Unternehmen. ITOP-Schriftenreihe, Universität Ulm, Ulm, 2014
- [SBW+18] SEIFERT, I.; BÜRGER, M.; WANGLER, L.; CHRISTMANN-BUDIAN, S.; ROHDE, M.; GABRIEL, P.; ZINKE, G.: Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin, 2018

- [Sch08] SCHWARZ, J. O.: Assessing the future of futures studies in management. *Futures*, (40)3, 2008, S. 237–246
- [Sch10] SCHIMPF, S.: Social software supported technology monitoring for custom built products. Dissertation, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Universität Stuttgart, 2010
- [Sch15] SCHMITZ, M.: Erstellung der Suchstrategie. In: Warschat, J.; Schimpf, S.; Korell, M. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten – Methoden, Organisation, Semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung: Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes syncTech - Synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. Fraunhofer Verl., Stuttgart, 2015, S. 14–23
- [Sch17] SCHMITZ, M.: Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien. Dissertation, Universität Stuttgart, 2017
- [Sch19] SCHIMPF, S.: Praxisstudie Disruption. Fraunhofer-Gesellschaft, 2019
- [SDB+11] SCHUH, G.; DRESCHER, T.; BECKERMANN, S.; SCHMELTER, K.: Technologieverwertung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 241–282
- [SHR16] SCHIMPF, S.; HEUBACH, D.; RUMMEL, S.: Technologieentwicklung als Innovationstreiber in bestehenden und disruptiven Märkten – Von der Beobachtung zur Umsetzung. In: Abele, T. (Hrsg.): Die frühe Phase des Innovationsprozesses. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016, S. 31–49
- [Sim96] SIMON, H. A.: The sciences of the artificial. 3rd Edition, MIT Press, Cambridge, Mass., 1996
- [Sin20] SINSEL, A.: Das Internet der Dinge in der Produktion. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2020
- [Siw12] SIWCZYK, Y.: White-Spot-Analyse – Ungenutzte Potenziale in der Patentlandschaft aufdecken. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Hanser, München, 2012, S. 111–126
- [SKD+15] SCHUH, G.; KABASCI, P.; DRESCHER, T.; MANGOLDT, J. VON: Model to design technology scanning architectures for reaction to disruptive technologies: Conceptual research design: Management of Engineering and Technology (PICMET), 2015 Portland International Conference on. 2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 8/2/2015 - 8/6/2015, Portland, OR, USA, IEEE, 2015 - 2015, S. 532–544
- [SKD+16] SCHUH, G.; KABASCI, P.; DRESCHER, T.; RYSCHKA, S.; WETTERNEY, T.: Identifying and evaluating disruptive technologies using technology scanning: 25th International Conference of the International Association for Management of Technology (IAMOT 2016) – Technology - Future Thinking. 25. Auflage, IAMOT Conference, 15-19 May, Orlando, Florida, 2016, S. 888–907
- [SKK20] SON, C.; KIM, J.; KIM, Y.: Developing scenario-based technology roadmap in the big data era: an utilisation of fuzzy cognitive map and text mining techniques. *Technology Analysis & Strategic Management*, (32)3, 2020, S. 272–291
- [SKM07] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; MOLL, T.: Technologiemanagement – Ein Kernprozess für Unternehmen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, (102)4, 2007, S. 186–189
- [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
- [SKO11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; ORILSKI, S.: Technologieplanung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 171–222

- [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
- [SLK+17] SCHUH, G.; LAU, F.; KABASCI, P.; BACHMANN, H.: Towards new success factors in technology intelligence evidence from a european benchmarking study. *International Journal of Engineering Research & Technology IJERT*, (6)12, 2017, S. 137–149
- [SLS11] SPATH, D.; LINDER, C.; SEIDENSTRICKER, S.: Technologiemanagement. Grundlagen, Konzepte, Methoden. Fraunhofer Verlag, 2011
- [SLS23] SCHÖNMANN, A.; LODES, L.; SCHIENDORFER, A.: KI-Augmentation der Reifegradbewertung von Technologien – Können KI-Sprachmodelle Expertenwissen ersetzen? In: Dumitrescu, R.; Hölzle, K. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 17. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 413, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2023, S. 371–387
- [SM21] SESTINO, A.; MAURO, A.: Leveraging Artificial Intelligence in Business: Implications, Applications and Methods. *Technology Analysis & Strategic Management*, (34)1, 2021, S. 16–29
- [SP12] SCHÄFER, A.; PAAß, G.: Mit "Smart Semantics" mehr aus unstrukturierten Daten machen. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Hanser, München, 2012, S. 201–224
- [SPW+23] SCHIMPF, S.; PHAAL, R.; WECK, O. L. DE; ABELE, T.: Praxisstudie Roadmapping Update 2023 – Wie kommen Roadmaps in der Praxis tatsächlich zum Einsatz? Fraunhofer-Gesellschaft, 2023
- [SR05] SPATH, D.; RENZ, K.-C.: Technologiemanagement. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie - Umsetzung - Controlling. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2005, S. 229–246
- [SS19a] SCHUH, G.; SCHEUER, T.: Technologiefrüherkennung gestalten - Acht Erfolgsfaktoren. Fraunhofer-Gesellschaft, 2019
- [SS19b] SONG, B.; SUH, Y.: Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, (138), 2019, S. 115–126
- [SSL10] SPATH, D.; SCHIMPF, S.; LANG-KOETZ, C. (Hrsg.): Technologiemonitoring – Technologien identifizieren, beobachten und bewerten. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2010
- [Sta24-ol a] STARTUPDETECTOR: Entdecken Sie unsere umfassende Startup-Datenbank. Unter: <https://www.startupdetector.de/datenbank/>, 26. Oktober 2024
- [Sta24-ol b] STARTUS INSIGHTS: Discover the Startups Shaping Tomorrow, Today – Your Gateway to the Most Innovative Startups, Scaleups & Tech Companies. Unter: <https://www.startus-insights.com/startup-scouting/>, 12. November 2024
- [STS17] SUOMINEN, A.; TOIVANEN, H.; SEPPÄNEN, M.: Firms' knowledge profiles: Mapping patent data with unsupervised learning. *Technological Forecasting and Social Change*, (115), 2017, S. 131–142
- [Stü24-ol] STÜCKLER, M.: Was ist eigentlich GitHub? Unter: <https://t3n.de/news/eigentlich-github-erklaerung-472886/>, 28. September 2024
- [Tat09] TATARCZYK, B.: Organisatorische Gestaltung der frühen Phase des Innovationsprozesses. Gabler, Wiesbaden, 2009
- [TB18] TRABUCCHI, D.; BUGANZA, T.: Data-driven innovation: switching the perspective on Big Data. *European Journal of Innovation Management*, (22)1, 2018, S. 23–40

- [TBC+21] TAMKIN, A.; BRUNDAGE, M.; CLARK, J.; GANGULI, D.: Understanding the Capabilities, Limitations, and Societal Impact of Large Language Models. <http://arxiv.org/pdf/2102.02503>, 2021
- [TCK19] TEKIC, Z.; COSIC, I.; KATALINIC, B.: Manufacturing and the Rise of Artificial Intelligence: Innovation Challenges. In: Katalinic, B.; Katalinic, B. (Hrsg.): Proceedings of the 30th International DAAAM Symposium 2019. DAAAM Proceedings, DAAAM International Vienna, 2019, S. 192–196
- [TDY22] TU, M.; DALL'ERBA, S.; YE, M.: Spatial and Temporal Evolution of the Chinese Artificial Intelligence Innovation Network. *Sustainability*, (14)9, 2022, S. 5448
- [THB12] TAMBE, P.; HITT, L. M.; BRYNJOLFSSON, E.: The Extroverted Firm: How External Information Practices Affect Innovation and Productivity. *Management Science*, (58)5, 2012, S. 843–859
- [THF03] THO, Q. T.; HUI, S. C.; FONG, A.: Web Mining for Identifying Research Trends. In: Sembok, T. M. T. (Hrsg.): Digital libraries – Technology and management of indigenous knowledge for global access; 6th International Conference on Asian Digital Libraries, ICADL 2003, Kuala Lumpur, Malaysia, December 8 - 12, 2003 ; proceedings. Lecture Notes in Computer Science, Band 2911, Springer, Berlin, 2003, S. 290–301
- [THL+13] THELWALL, M.; HAUSTEIN, S.; LARIVIÈRE, V.; SUGIMOTO, C. R.: Do altmetrics work? Twitter and ten other social web services. *PloS one*, (8)5, 2013, e64841
- [Tho10] THOM, N.: Methods and tools of corporate technology foresight. *Journal of Machine Construction and Maintenance*, (3), 2010, S. 57–68
- [Thö20] THÖNNESSEN, F.: Start-ups und Unternehmen zu Zeiten der digitalen Disruption. In: Gatzia Grivas, S. (Hrsg.): Digital business development – Die Auswirkungen der Digitalisierung auf Geschäftsmodelle und Märkte. Digital Business Development, Springer Gabler, Berlin, 2020, S. 27–52
- [TRA24-ol] TRACXN: Offerings. Unter: <https://w.tracxn.com/offerings>, 26. Oktober 2024
- [TTL17] TRAPPEY, A. J. C.; TRAPPEY, C. V.; LEE, K. L. C.: Tracing the Evolution of Biomedical 3D Printing Technology Using Ontology-Based Patent Concept Analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, (29)4, 2017, S. 339–352
- [TWW22] TUNSTALL, L.; WERRA, L. VON; WOLF, T.: Natural language processing with Transformers – Building language applications with Hugging Face. O'Reilly, Beijing, 2022
- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement – Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015
- [VCB+14] VEIT, D.; CLEMONS, E.; BENLIAN, A.; BUXMANN, P.; HESS, T.; KUNDISCH, D.; LEIMEISTER, J. M.; LOOS, P.; SPANN, M.: Business Models. *Business & Information Systems Engineering*, (6)1, 2014, S. 45–53
- [VK21-ol] VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.: Design Science Research in Information Systems. Zuletzt aktualisiert: 24. November 2021. Unter: <https://www.desrist.org/design-research-in-information-systems/>, 28. Februar 2025
- [VMW+16] VORBACH, S.; MÜLLER, C.; WIPFLER, H.; HÖLLER, H.: Technologiemanagement - Herausforderungen für Strategie und Management. *WING-Business*, (49)3, 2016, S. 10–15
- [VSP+17] VASWANI, A.; SHAZEER, N.; PARMAR, N.; USZKOREIT, J.; JONES, L.; GOMEZ, A. N.; KAISER, L.; POLOSUKHIN, I.: Attention Is All You Need. Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 2017
- [Wal10] WALDE, P.: Digital Intelligence – Möglichkeiten und Umsetzung einer informatikgestützten Frühaufklärung. Dissertation, Universität Leipzig, 2010

- [Wal16] WALL, M.: Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung. HNI-Verlagsschriftenreihe Band 352, Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2016
- [Wes17] WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Universität Paderborn, 2017
- [WH18] WIESBÖCK, F.; HESS, T.: Understanding the capabilities for digital innovations from a digital technology perspective. Arbeitsbericht 1/2018 Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien (WIM), München, 2018
- [WHB+21] WEIGAND, J.; HOFFMANN, S.; BRANTNER, Y.; MÜLLER, S.; EBNER, R.; KLENK, C.; RUZICIC, N.; GLÜCK, F.; ZYTHKE, P.: Smart Innovation. Künstliche Intelligenz im Innovationsmanagement. Fraunhofer-Gesellschaft, 2021
- [WKK20] WAGNER, F.; KAYSER, M.; KEßELRING, M.: Future R&D: Erfolgreich in die Zukunft – Trends und Erfolgsfaktoren in der industriellen Forschung und Entwicklung. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2020
- [WL15] WICHERT, P.; LANG-KOETZ, C.: Eisenmann – Technologiemonitoring als wichtiger Baustein zur frühzeitigen Adaption neuer Technologien und Verfahren im Anlagenbau. In: Warschat, J.; Schimpf, S.; Korell, M. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten – Methoden, Organisation, Semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung: Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes syncTech - Synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. Fraunhofer Verl., Stuttgart, 2015, S. 115–133
- [WM16] WINTER, R.; METTLER, T.: Kontinuierliche Business Innovation: Systematische Weiterentwicklung komplexer Geschäftslösungen durch Reifegradmodell-basiertes Management. In: Hoffmann, C.; Lennerts, S.; Schmitz, C.; Stölzle, W.; Uebersnickel, F. (Eds.): Business Innovation – Das St. Galler Modell. Business Innovation Universität St. Gallen, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016, pp. 163–183
- [WMK10] WOCHINGER, T.; MÜNZBERG, B.; KENNEMANN, M.: Die Güte der Produktionslogistik reifegradorientiert bewerten. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, (105)3, 2010, S. 222–226
- [Wol20] WOLAN, M.: Next Generation Digital Transformation – 50 Prinzipien für erfolgreichen Unternehmenswandel im Zeitalter der Künstlichen Intelligenz. Springer Gabler, Wiesbaden, 2020
- [Wol91] WOLFRUM, B.: Strategisches Technologiemanagement. Zugl.: Bayreuth, Univ., Diss, 1990, Gabler, Wiesbaden, 1991
- [Wol92] WOLFF, M. F.: Managers at Work: Scouting for Technology. Research-Technology Management, (35)2, 1992, S. 10–12
- [WRK22] WANKHADE, M.; RAO, A. C. S.; KULKARNI, C.: A survey on sentiment analysis methods, applications, and challenges. Artificial Intelligence Review, (55)7, 2022, S. 5731–5780
- [WSH+11] WELLENSIEK, M.; SCHUH, G.; HACKER, P. A.; SAXLER, J.: Technologiefrüherkennung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 89–169
- [WW02] WEBSTER, J.; WATSON, R. T.: Analyzing the Past to Prepare for the Future – Writing a Literature Review. MIS Quarterly, (26)2, 2002, S. xiii–xxiii
- [XHY+21] XU, S.; HAO, L.; YANG, G.; LU, K.; AN, X.: A topic models based framework for detecting and forecasting emerging technologies. Technological Forecasting and Social Change, (162), 2021, S. 120366
- [YBL+12] YOO, Y.; BOLAND, R. J.; LYYTINEN, K.; MAJCHRAK, A.: Organizing for Innovation in the Digitized World. Organization Science, (23)5, 2012, S. 1398–1408

- [YHC10] YUAN, B. J.; HSIEH, C. H.; CHANG, C. C.: National technology foresight research: a literature review from 1984 to 2005. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, (6)1/2/3, 2010, S. 5
- [YHL10] YOO, Y.; HENFRIDSSON, O.; LYYTINEN, K.: The New Organizing Logic of Digital Innovation – An Agenda for Information Systems Research. *Information Systems Research*, (21)4, 2010, S. 724–735
- [YK11] YOON, J.; KIM, K.: An automated method for identifying TRIZ evolution trends from patents. *Expert Systems with Applications*, (38)12, 2011, S. 15540–15548
- [Yoo12] YOON, J.: Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of Web news. *Expert Systems with Applications*, (39)16, 2012, S. 12543–12550
- [YPS+15] YOON, J.; PARK, H.; SEO, W.; LEE, J.-M.; COH, B.; KIM, J.: Technology opportunity discovery (TOD) from existing technologies and products: A function-based TOD framework. *Technological Forecasting and Social Change*, (100), 2015, S. 153–167
- [YS14] YOON, B.; SONG, B.: A systematic approach of partner selection for open innovation. *Industrial Management & Data Systems*, (114)7, 2014, S. 1068–1093
- [YY20] YANG, X.; YU, X.: Preventing Patent Risks in Artificial Intelligence Industry for Sustainable Development: A Multi-Level Network Analysis. *Sustainability*, (12)20, 2020, S. 8667
- [ZB12] ZOGAJ, S.; BRETSCHNEIDER, U.: Customer Integration in New Product Development: A Literature Review Concerning the Appropriateness of Different Customer Integration Methods to Attain Customer Knowledge. *Proceedings of the 20th European Conference on Information Systems (ECIS)*, 2012
- [ZDK+19] ZHOU, Y.; DONG, F.; KONG, D.; LIU, Y.: Unfolding the convergence process of scientific knowledge for the early identification of emerging technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, (144), 2019, S. 205–220
- [ZDL+20] ZHOU, Y.; DONG, F.; LIU, Y.; LI, Z.; DU, J.; ZHANG, L.: Forecasting emerging technologies using data augmentation and deep learning. *Scientometrics*, (123)1, 2020, S. 1–29
- [Zel03] ZELLER, A.: Technologiefrühaufklärung mit Data Mining – Informationsprozessorientierter Ansatz zur Identifikation schwacher Signale. *Dissertation, Universität Stuttgart*, 2003
- [Zie19] ZIEHM, S.: Analyse geeigneter Methoden zur Technologiefrüherkennung und Implementierung in den Technologieentwicklungsprozess. In: Muchna, C. (Hrsg.): *Aspekte des Innovations- und Changemanagements*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019, S. 37–80
- [ZM22] ZHU, C.; MOTOHASHI, K.: Identifying the technology convergence using patent text information: A graph convolutional networks (GCN)-based approach. *Technological Forecasting and Social Change*, (176), 2022, S. 121477
- [Zwe09] ZWECK, A.: Foresight, Technologiefrüherkennung und Technikfolgenabschätzung. In: Popp, R.; Schüll, E. (Hrsg.): *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung – Beiträge aus Wissenschaft und Praxis*. Wissenschaftliche Schriftenreihe "Zukunft und Forschung" des Zentrums für Zukunftsstudien Salzburg, Band 1, Springer, Berlin, 2009, S. 195–206
- [ZYZ24] ZHANG, B.; YU, X.; ZHANG, R.: Emerging technology identification based on a dynamic framework: a lifecycle evolution perspective. *Technology Analysis & Strategic Management*, (36)2, 2024, S. 378–392

Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
A1 Ergänzungen zu den KI-Anwendungsszenarien	A-1
A1.1 Übersicht der Journals	A-1
A1.2 Steckbriefe zu den KI-Anwendungsszenarien	A-3
A2 Ergänzungen zum Reifegradmodell	A-27
A2.1 Übersicht der Interviewpartner und Unternehmen	A-27
A2.2 Interviewleitfaden	A-28
A2.3 Steckbriefe zu den Reifegraden	A-31
A3 Ergänzung zum Vorgehensmodell	A-36
A3.1 Katalog der Verbesserungsziele	A-36
A4 Validierungsfragebogen	A-37

A1 Ergänzungen zu den KI-Anwendungsszenarien

A1.1 Übersicht der Journals

Tabelle A-1: Übersicht der ausgewählten Journals des SLR (Teil 1)

Nr.	Titel des Journals	Anzahl Publikationen
1	Technological Forecasting and Social Change	52
2	Scientometrics	32
3	Sustainability	24
4	IEEE Transactions on Engineering Management	18
5	Expert Systems with Applications	12
6	Technology Analysis & Strategic Management	12
7	IEEE Access	10
8	Technovation	6
9	Futures	5
10	Computers & Industrial Engineering	4
11	R&D Management	4
12	Advanced Engineering Informatics	4
13	Journal of Cleaner Production	3
14	Applied Sciences-Basel	3
15	Energies	2
16	Journal of Engineering and Technology Management	2
17	European Journal of Futures Research	2
18	Industrial Management & Data Systems	2
19	Journal of Manufacturing Technology Management	2
20	Multimedia Tools and Applications	1
21	Asian Journal of Technology Innovation	1
22	Complexity	1
23	Data Technologies and Applications	1
24	International Journal of Information Management	1
25	International Journal of Production Research	1
26	PLOS ONE	1
27	Soft Computing	1

Tabelle A-2: Übersicht der ausgewählten Journals des SLR (Teil 2)

Nr.	Titel des Journals	Anzahl Publikationen
28	Strategic Management Journal	1
29	Technology in Society	1
30	Wiley Interdisciplinary Reviews-Data Mining and Knowl. Discovery	1
31	Annals of Operations Research	0
32	Aslib Journal of Information Management	0
33	Computational Intelligence and Neuroscience	0
34	EPJ Data Science	0
35	Future Generation Computer Systems	0
36	IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	0
37	Information Processing & Management	0
38	Information Technology & Management	0
39	International Journal of Information Technology & Decision Making	0
40	International Journal of Technology Management	0
41	Knowledge Management Research & Practice	0

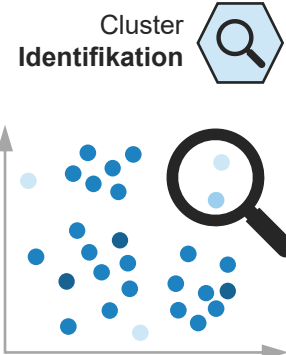
A1.2 Steckbriefe zu den KI-Anwendungsszenarien

1

KI-Anwendungsszenario: Identifikation von Weak Signals

Kurzbeschreibung

Die Identifikation von „Weak Signals“ zielt darauf ab, neue Entwicklungen oder Veränderungen im gesamten Technologie- und Forschungsraum („Nadel im Heuhaufen“) **möglichst frühzeitig** systematisch zu identifizieren. Aufgrund ihrer Frühzeitigkeit sind diese **schwachen Signale mit einer hohen Unsicherheit behaftet**. Sie sind Indikatoren für sich anbahnende Entwicklungen, bevor diese als Trend ersichtlich werden. Ausgangspunkt für die Identifikation dieser Signale sind in den meisten Fällen **Internetquellen** (wie z. B. News-Artikel) oder **Publikationen**. Hierbei werden insbesondere **unstrukturierten Daten analysiert**. Als Methode wird in der Regel **Text Mining** eingesetzt, welches u. a. auch durch Klassifikations- oder Topic Modeling-Ansätze ergänzt wird. Ergebnisse der verwendeten Ansätze sind bspw. Keyword-Listen oder Portfolio-Maps.



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente		Social Media
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen		Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in ≥ 50 % ausgeprägt in > 10 bis < 50 % ausgeprägt in ≤ 10 % ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of Web news [Yoo12]
- Novelty-focused weak signal detection in futuristic data [KL17a]
- Detecting Weak Signals of the Future: A System Implementation Based on Text Mining and Natural Language Processing [GMC+20]
- Using a conceptual system for weak signals classification to detect threats and opportunities [AS19]

Bild A-1: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Identifikation von Weak Signals“ (Seite 1 von 2)

1 KI-Anwendungsszenario: Identifikation von Weak Signals

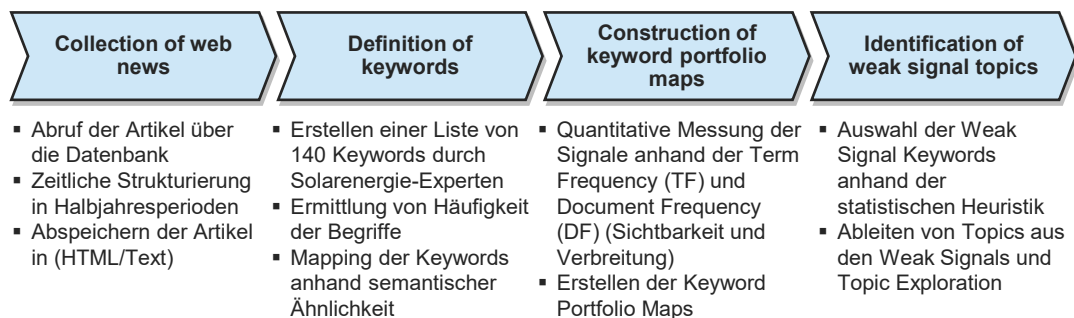
KI-Anwendungsbeispiel:

“Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of Web news“

[Yoo12]

Ziel des Ansatzes von Yoo ist es, mittels **Text Mining** schwache Signale in der Peripherie zu identifizieren, um daraus **langfristige Geschäftschancen** ableiten zu können. Hierbei werden die **Indikatoren Sichtbarkeit (Term Frequency) und Diffusion (Document Frequency) für die quantitative Bewertung** der Weak Signals verwendet. Als Anwendungsbeispiel werden News-Artikel, die in Beziehung zu Solarzellen stehen, untersucht. Ein experten-basiertes Keyword Set wird erstellt, bereinigt und durch Synonym-Gruppierung normalisiert sowie in **thematische Layer** (Umweltfaktoren, Business Needs, Technologie-/Produktkomponenten) strukturiert. Auf dieser Basis werden zwei Portfolio-Darstellungen erstellt: die Keyword Emergence Map und die Keyword Issue Map. Weak Signals werden als Keywords identifiziert, die bei niedriger absoluter Häufigkeit eine überproportionale Zunahme zeigen.

Vorgehen



Daten



Internetquellen

Als Datengrundlage dient die PROQUEST-Datenbank, welche rund 28.270 englischsprachige **News-Artikel** umfasst. Es werden sowohl die Indexfelder (Titel, Datum und Publisher) als auch die Volltexte berücksichtigt.

Ergebnis

Ergebnis des beschriebenen Ansatzes sind eine Keyword Emergence Map und eine Keyword Issue Map. Die rechte Darstellung zeigt die **Keyword Issue Map**, welche die durchschnittliche Dokumentenhäufigkeit von Begriffen und deren Bedeutungszunahme, darstellt. Die als Weak Signals identifizierten Keywords werden durch eine inhaltliche Exploration der zugehörigen Artikel zu Weak Signal-Themen verdichtet.

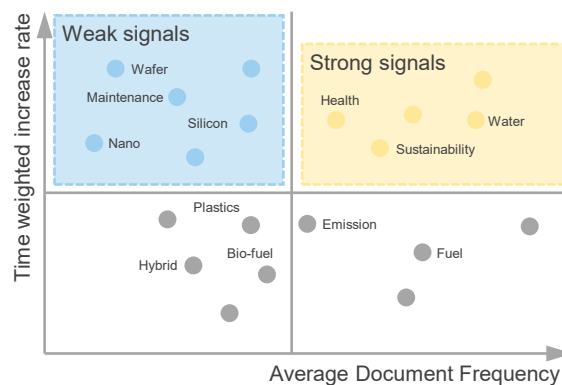


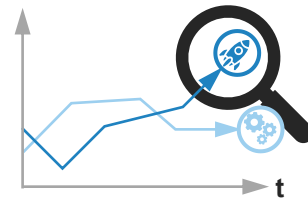
Bild A-2: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Identifikation von Weak Signals“ (Seite 2 von 2)

2

KI-Anwendungsszenario: Identifikation emergenter Technologien

Kurzbeschreibung

Das Anwendungsszenario beschreibt den Einsatz datengetriebener Ansätze zur **systematischen Identifikation und Einordnung von aufstrebenden Technologien**, die bereits ein erhebliches Potenzial erkennen lassen. Diese sogenannten **emergenten Technologien** weisen einen **vergleichsweise geringen Reifegrad** auf, jedoch zeichnen sich bereits konkrete Anwendungen und Entwicklungsrichtungen ab. Die Einordnung einer Technologie als emergente Technologie kann neben der Identifikation auch **Hinweise auf den Reifegrad** geben und zur Bewertung einer Technologie herangezogen werden. Je nach Ansatz werden Themen-Strukturen, Outlier-Signale oder auch Indikatoren-basierte Machine Learning-Prognosen verwendet. Ergebnis sind in der Regel **Kurzlisten oder Cluster** von Technologien.

Cluster
Identifikation

Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente		Social Media		
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen		Weitere		
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert			
	Methode	Clustering		Klassifikation		Text Mining		Network Analysis
		NLP		Neuronales Netz		Link Prediction		Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität		Wahrscheinlichkeit		Beziehung	Visualisierung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- A Topic Models Based Framework for Detecting and Forecasting Emerging Technologies [XHY+21]
- Early Identification of Emerging Technologies: A Machine Learning Approach Using Multiple Patent Indicators [LKK+18]
- A clustering-based approach for the evaluation of candidate emerging technologies [AED20]
- Identifying emerging technologies using expert opinions on the future – A topic modeling and fuzzy clustering approach [JPS21]

Bild A-3: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Identifikation emergenter Technologien“ (Seite 1 von 2)

2 KI-Anwendungsszenario: Identifikation emergenter Technologien

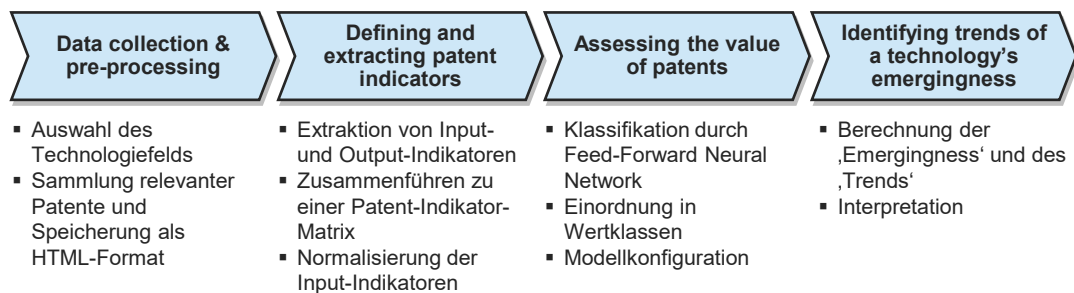
KI-Anwendungsbeispiel:

“Early Identification of Emerging Technologies: A Machine Learning Approach Using Multiple Patent Indicators”

[LKK+18]

Der von LEE ET AL. beschriebene Ansatz zeigt, wie **emergente Technologien** bereits **unmittelbar nach der Patentveröffentlichung** identifiziert werden können, obwohl klassische Indikatoren zu diesem frühen Zeitpunkt nicht verfügbar sind. Hierfür kommt überwacht **Machine Learning** zum Einsatz, wodurch aus ableitbaren Patent-indikatoren die **zukünftige Patentwirkung** approximiert wird. Als Anwendungsbeispiel werden 35.356 Patente aus dem Themenbereich Pharma untersucht. Durch die erarbeiteten Indikatoren werden für die Patent-Subklassen steigende bzw. sinkende technologische Dynamiken sichtbar gemacht. Schließlich werden alternative Modelle (Random Forest, SVM) mit dem Ansatz von LEE ET AL. verglichen.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Als Datenbasis werden Patente des USPTO verwendet. Hierbei wurden 35.356 Patente aus der USPC Class 424 (Bereich Pharma) analysiert.

Ergebnis

Das Ergebnis ist eine **Listenansicht** der Indikatoren ‚Emergingness‘ und ‚Trend‘. Emergingness ist die gewichtete Summe der in Periode *t* erteilten Patente. Der Trend quantifiziert hingegen, in welchem Ausmaß die Emergingness dieser Technologie zu- oder abnimmt. Technologien mit hoher ‚Emergingness‘ und positivem Trend gelten als stärker emergent bzw. mit zunehmender Dynamik.

a) Emergingness

Patent sub-class	2005	2006	2007	...	2014
424/1.11	0.071	0.062	0.041		0.036
424/130.1	0.099	0.095	0.104		0.236
424/178.1	0.016	0.012	0.014		0.014

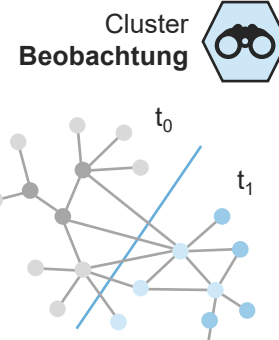
...

Bild A-4: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Identifikation emergenter Technologien“ (Seite 2 von 2)

3 KI-Anwendungsszenario: Technologiemonitoring

Kurzbeschreibung

Ziel des KI-gestützten Technologiemonitorings ist es, die **Entwicklung einer oder mehrerer Technologien im Zeitverlauf** systematisch zu beobachten. Durch den Einsatz von Text Mining-Ansätzen, semantischen Analysen oder Topic Modeling zur Analyse von bspw. **Patenttexten** sollen Technologiefelder und Entwicklungspfade ermittelt werden, um sowohl **technologische Fortschritte** als auch frühzeitig **neue Entwicklungen** zu erfassen. Dabei werden aktuelle Fortschritte bzw. potenzielle Durchbrüche datengestützt beobachtet, die Neuartigkeit eines Themas im Zeitverlauf beurteilt und so Veränderungen in verschiedenen Technologiefeldern wahrgenommen. Ergebnis sind **Netzgraphen** zur Darstellung der zeitlichen Veränderung. Aus der Beobachtung der Entwicklung von Technologien ergeben sich Implikationen für die Bewertung und mögliche Maßnahmen zur Verwertung.



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente	Social Media
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen	Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis [KPY16]
- Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling [MR16]
- Monitoring Emerging Technologies for Technology Planning Using Technical Keyword Based Analysis from Patent Data [JK17]

Bild A-5: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technologiemonitoring“ (Seite 1 von 2)

3 KI-Anwendungsszenario: Technologiemonitoring

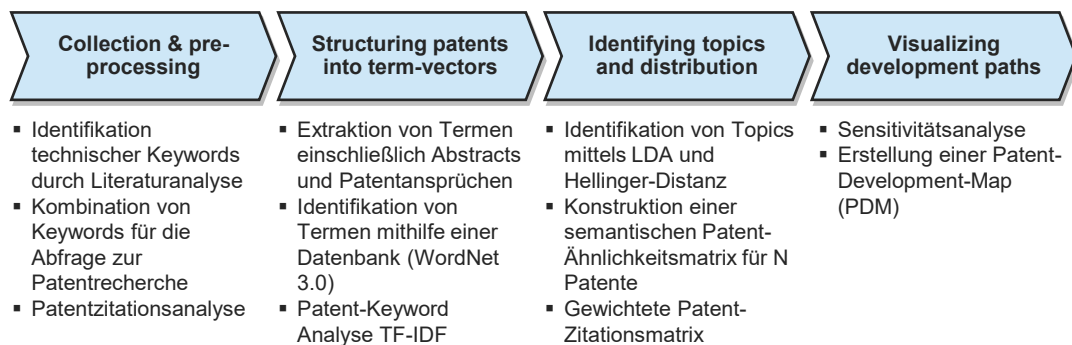
KI-Anwendungsbeispiel:

“Generating patent development maps for technology monitoring using semantic patent-topic analysis“

[KPY16]

Ziel des Ansatzes von KIM ET AL. sind **Patent Development Maps (PDMs)** zur Beobachtung technologischer Entwicklungen. Der methodische Ansatz besteht aus **vier Schritten**: Zunächst werden relevante Patente extrahiert und textuell analysiert, wobei Schlüsselbegriffe (z. B. aus den Abstracts) mittels TF-IDF gewichtet werden. Anschließend werden technologische Themen mittels LDA identifiziert, die als Grundlage für die Klassifikation der Patente dienen. Die semantische Ähnlichkeit zwischen Patenten wird über die Hellinger-Distanz bestimmt, um inhaltliche Nachfolgeverhältnisse zu bestimmen. Schließlich kombiniert die PDM Zitationsdaten und semantische Beziehungen, um **Entwicklungspfade in einer gewichteten Matrix** zu visualisieren, wobei eine Schwellenwertanalyse **zentrale Patente und Verknüpfungen** filtert. Der entwickelte Ansatz wird anhand von 3D-Druck-Patenten demonstriert.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Mittels der Suchanfrage werden Patente aus der Patentdatenbank des USPTO abgerufen und anschließend als Excel-Datei gespeichert.

Ergebnis

Ergebnis des Ansatzes sind die **identifizierten Technologiethemen** und eine **Patent Development Map**. Sie visualisiert die farbkodierten Kategorien und Subtechnologien sowie die **Entwicklungspfade** einer Technologie. Die Größe der Knoten spiegelt die festgestellte Relevanz wider.

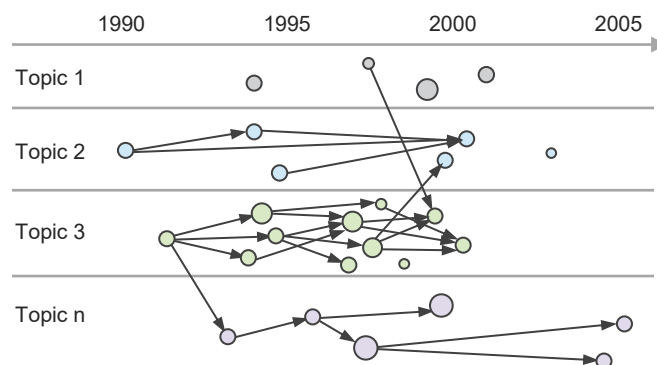


Bild A-6: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technologiemonitoring“ (Seite 2 von 2)

4 KI-Anwendungsszenario: Beobachtung der Technologiekonvergenz

Kurzbeschreibung

Die zugeordneten Ansätze beobachten analog zum Technologiemonitoring die **zeitliche Dynamik technologischer Entwicklungen** und adressieren damit den **evolutionären Charakter** von Technologien. Im Fokus stehen Bereiche, in denen verschiedene Technologien konvergieren und **im Zeitverlauf zu neuen Themen- und Anwendungsfeldern verschmelzen**. Solche Konvergenzprozesse resultieren in Synergien für neue, integrierte Technologien und eröffnen Marktchancen. Diese Beobachtungen erlauben **Rückschlüsse auf künftige Technologiepfade** und unterstützen die Antizipation relevanter Entwicklungen. Datengrundlage sind überwiegend Patentdaten. Link-Prediction-Ansätze dienen zur Ableitung von Merkmalen und der Prognose zukünftiger Konvergenzlinks. Die Ergebnisse werden typischerweise als **Netzwerke** oder **Cluster visualisiert**.



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente	Social Media	
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert		unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Identifying the Technology Convergence Using Patent Text Information: A Graph Convolutional Networks (GCN)-Based Approach [ZM22]
- Identifying Convergence Fields and Technologies for Industrial Safety: LDA-Based Network Analysis [SS19a]
- Predicting future technological convergence patterns based on machine learning using link prediction [CLS21]
- Unfolding the convergence process of scientific knowledge for the early identification of emerging technologies [ZDK+19]

Bild A-7: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Beobachtung der Technologiekonvergenz“ (Seite 1 von 2)

4 KI-Anwendungsszenario: Beobachtung der Technologiekonvergenz

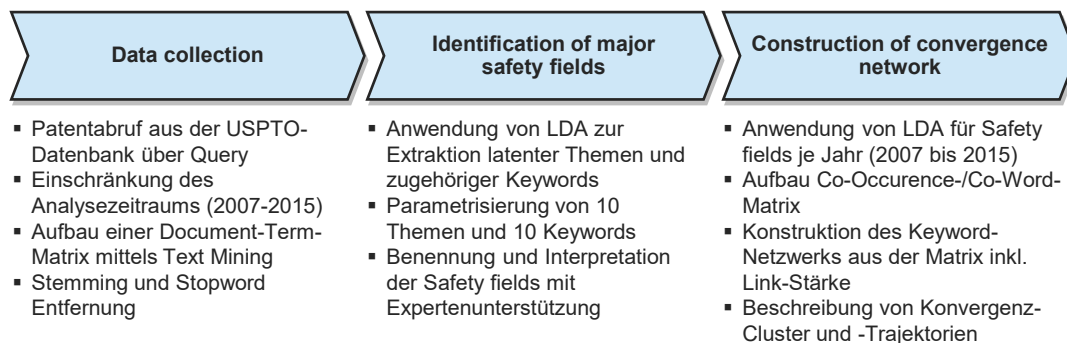
KI-Anwendungsbeispiel:

“Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis“

[SS19a]

Ziel des von SONG und SUH beschriebenen Ansatzes ist es, **Technologiekonvergenzen im Kontext der industriellen Sicherheit** zu beobachten. Hierfür werden Keywords aus Patenttexten extrahiert und sog. „Safety fields“ charakterisiert. Für diese Felder werden die **Konvergenztrajektorien** über die Zeit erfasst. Methodisch wird ein **zweistufiger Ansatz** verfolgt: in einem ersten Schritt werden **mittels Topic Modeling latente Themen** aus den Abstracts der Patente sowie dominante Keywords identifiziert. Anschließend wird durch eine **Co-Word-/Netzwerkanalyse** die **Stärke und Entwicklung von Konvergenzbeziehungen zwischen Technologien** über mehrere Jahre abgeleitet. Ergebnis ist eine **Strukturierung der Sicherheitstechnologien** sowie ein **Konvergenznetzwerk**, welches die Entwicklungspfade und konvergierende Bereiche (z. B. Sensor- und Informationssysteme) sichtbar macht.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Durch eine Query (“safety AND technology) AND (accident OR risk OR hazard OR danger)”) werden insgesamt 6.360 Patente aus der USPTO-Datenbank abgerufen.

Ergebnis

Die zwei zentralen Ergebnisse sind das **Konvergenz-Netzwerk** (s. Darstellung rechts) und die Darstellung der **Konvergenztrajektorien**. Sie geben Aufschluss über die zeitliche Veränderung und die Stärke der Verbindungen in Abhängigkeit der Co-Okkurrenzen.

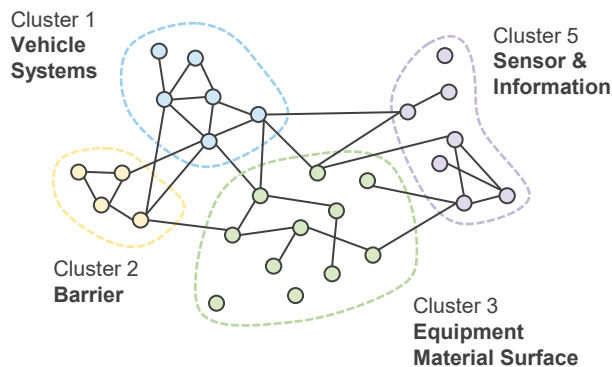


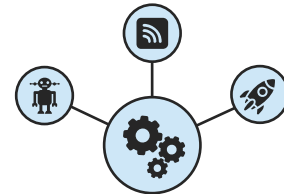
Bild A-8: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Beobachtung der Technologiekonvergenz“ (Seite 2 von 2)

5 KI-Anwendungsszenario: Trenderkennung

Kurzbeschreibung

Kern des Anwendungsszenarios Trenderkennung ist die Analyse von Patenten und Publikationen nach Mustern, die auf **neuartige Entwicklungen** und **technologische Durchbrüche** hindeuten. Anhand der Analyse lassen sich auch **neue Anwendungsbereiche** für Technologien identifizieren. Trends weisen hierbei entweder kontinuierliche Entwicklungen, diskontinuierliche Dynamiken oder einen Strukturwandel auf. Methodisch werden vorwiegend **Topic Modeling** und **Text Mining-Ansätze** verwendet, um Verschiebungen im Themenraum sichtbar zu machen und zu interpretieren. Die Ergebnisse werden üblicherweise in **Listen, Trend- und Themenlandkarten, semantischen Graphen oder Netzwerk-Clustern** aufbereitet und dienen als Entscheidungsgrundlage, um potenzielle Anwendungs- und Wachstumsfelder frühzeitig zu erkennen.

Cluster
Analyse



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente	Social Media	
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert		unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies [MG18]
- Study on the Technology Trend Screening Framework Using Unsupervised Learning [LPL22]
- An Automated Method for Identifying TRIZ Evolution Trends from Patents [YK11]
- Tracing the Evolution of Biomedical 3D Printing Technology Using Ontology-Based Patent Concept Analysis [TTL17]
- Word2vec-based latent semantic analysis (W2V-LSA) for topic modeling: A study on blockchain technology trend analysis [KPL20]

Bild A-9: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Trenderkennung“ (Seite 1 von 2)

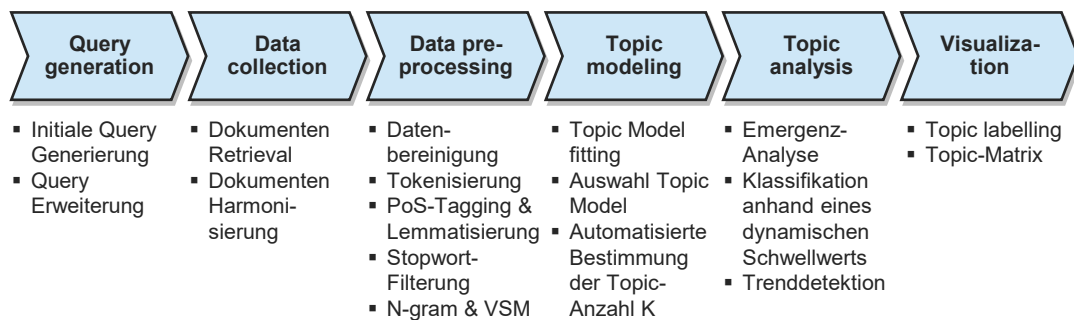
5 KI-Anwendungsszenario: Trenderkennung

KI-Anwendungsbeispiel:

“Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies“
[MG18]

Das Vorgehen von MÜHLROTH und GROTKE zeigt ein **weitgehend automatisiertes Data-Mining-Modell** zur frühzeitigen Identifikation von Trends. Zur Erhöhung der Suchqualität wird die initiale Query um semantisch verwandte Begriffe erweitert. Anhand der vorverarbeiteten Daten wird ein **LDA Topic Modeling** eingesetzt, wobei die Anzahl der Themen über die Topic Coherence gesteuert wird. Zur Emergenz-Bestimmung werden Themen über eine semantische Ähnlichkeit mit denen der Vorperiode verglichen (über Jenson-Shannon-Divergenz). Die anschließende Trendbestimmung erfolgt über die **zeitliche Verteilung der Topic-Dokumente und einer Regressionslogik**, sodass Trends als positive oder negative Wachstumswerte erkennbar werden. Als Anwendungsbeispiele dienen Edge Computing, Blockchain und 3D Bioprinting.

Vorgehen



Daten



Publikationen & Patente

Für die Identifikation der Trends werden wissenschaftliche Publikationen von SCIENCE DIRECT und Patente des EUROPEAN PATENT OFFICE verwendet.

Ergebnis

Primäres Ergebnis ist der **Topic-Matrix-Plot** (siehe rechts) inkl. der Metriken ‚Share‘, ‚Emergence‘ und ‚Growth‘. Zusätzlich werden Trend-Themen in einer **Liste** aufgeführt und Handlungsempfehlungen je Quadrant gegeben.

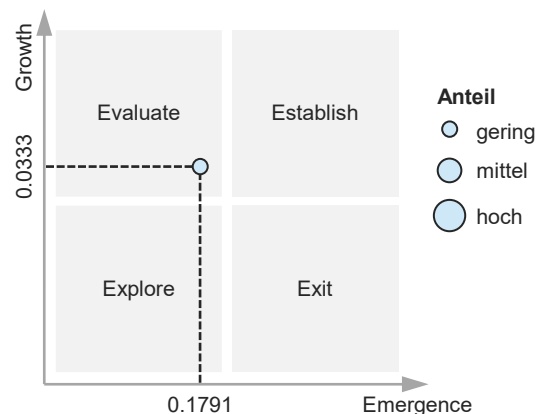


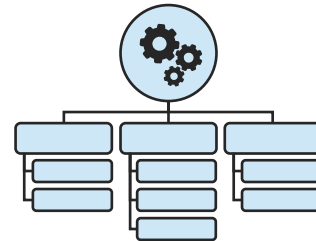
Bild A-10: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Trenderkennung“
(Seite 2 von 2)

6 KI-Anwendungsszenario: Technologie-Analyse

Kurzbeschreibung

Dieses Anwendungsszenario umfasst Ansätze zur **detaillierten Analyse ausgewählter technologischer Themen** und deren **Strukturierung**. Ziel ist es, einen umfassenden Überblick über eine bereits bekannte Technologie zu erhalten. Dazu wird bspw. versucht, Muster in den Daten zu erkennen, um **zusammenhängende Technologien und Themen** sowie relevante Akteure zu identifizieren. Hierfür kommen insbesondere Patente und Publikationen zum Einsatz, die mittels **Topic Modeling** Ansätzen (z. B. LDA) analysiert werden. Über den Entwicklungsverlauf einer Technologie werden relevante Subthemen identifiziert, die die zukünftige Entwicklung der Technologie prägen können. Die **identifizierten technologischen Teilstrukturen und Verknüpfungen** liefern die Grundlage für bspw. Portfoliobetrachtungen und stärken das Technologieverständnis.

Cluster
Analyse



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente	Social Media	
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert		unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- A method for the detection and characterization of technology fronts: Analysis of the dynamics of technological change in 3D printing technology [GRB+19]
- Competitive Intelligence Analysis of Augmented Reality Technology Using Patent Information [JY17]
- Emerging Technologies of NL-Chatbots: A Review and Trend Forecast Using Intelligent Ontology Extraction and Patent Analytics [CTW21]
- Emerging industrial root technologies: a structural topic model- and topic matrix analysis-based approach [HC20]

Bild A-11: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technologie-Analyse“ (Seite 1 von 2)

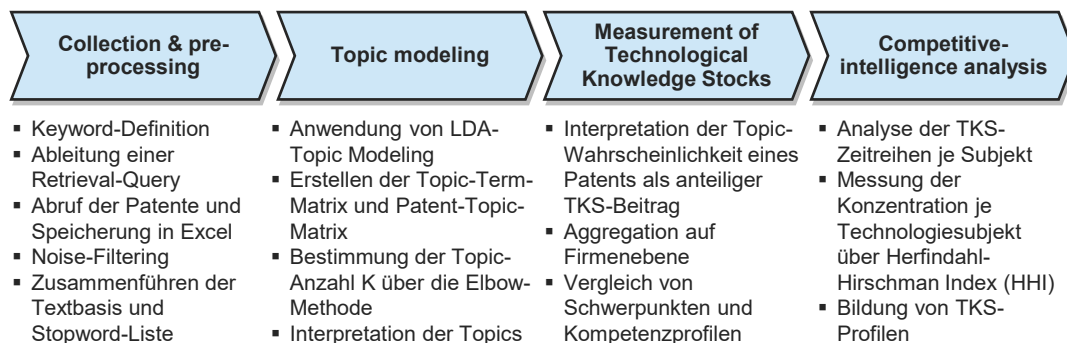
6 KI-Anwendungsszenario: Technologie-Analyse

KI-Anwendungsbeispiel:

“Competitive Intelligence Analysis of Augmented Reality Technology Using Patent Information“
[JY17]

Die Autoren JEONG und YOON haben ein Rahmenwerk zur **Analyse der technologischen und wettbewerblichen Dynamik** für das Technologiefeld Augmented Reality entwickelt. Hierbei werden Patente aus dem Themenfeld mittels LDA Topic Modeling in sog. **Technologiesubjekte strukturiert** und anhand von Patent-Topic-Wahrscheinlichkeiten ein „**Technological Knowledge Stock**“ hergeleitet. Auf Basis dessen wird die Wettbewerbsdynamik auf Technologiesubjekt-Ebene und auf Unternehmensebene analysiert. In der gezeigten Fallstudie werden 3.595 Augmented Reality-Patente ausgewertet. Als Ergebnis liegt eine Strukturierung in fünf AR-Technologiesubjekte vor (*Tracking, UI, Display, HMD* und *Environment*) und erkennbare Entwicklungen in den Themen auf Unternehmensebene: Von Kamera-/Optikerherstellern hin zu Software-Unternehmen.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Zur Analyse des Technologiefelds wurden 3.595 Patente der USPTO-Datenbank hinsichtlich Titel, Abstract und Claims sowie der Metadaten (Applicant, Application Date und Klassifikation) untersucht.

Ergebnis

Wesentliche Ergebnisse des vorliegenden Rahmenwerks sind **fünf AR-Technologiesubjekte** sowie die zugehörigen „**Technological knowledge stock**“-Werte, welche eine Aufschlüsselung der Verteilung der Patente auf die Technologiesubjekte von bspw. Microsoft, Google oder Samsung ermöglichen.

Top firms technology concentrations for technology subjects

Applicant	Tracking	UI	Display	...	Total
Microsoft	81.9564	38.5724	11.7021		190
Canon	48.5475	66.4214	20.0489		147
Google	22.6791	21.4267	30.3536		0.014

...

Bild A-12: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technologie-Analyse“ (Seite 2 von 2)

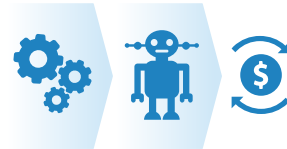
7

KI-Anwendungsszenario: Technology Opportunity-Analyse

Kurzbeschreibung

Das Anwendungsszenario zielt auf die **Analyse der technologischen Möglichkeiten** und damit der **potenziellen Chancen einer Technologie** oder deren potenzielle Anwendung ab. Dabei sollen die Informationen aus der Analyse **Aufschluss über die Umsetzbarkeit**, das **Marktpotenzial** oder mögliche **Wettbewerbsvorteile** geben, die strategische Entscheidungen bezüglich der Einführung oder Investition in diese Technologie unterstützen können. Hierfür kommen **Patentdaten** zum Einsatz, die zum Teil um **Marktdaten** ergänzt werden.

Methodisch werden **technologische Chancenräume** bzw. noch **nicht erschlossene Technologiepfade/-felder** identifiziert und priorisiert. Typische Ergebnisartefakte sind Listen von Opportunity-Technologiekandidaten, White-Space-Maps oder Netzwerke.

Cluster
Analyse

Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente	Social Media
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen	Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Technology Opportunity Discovery (TOD) From Existing Technologies and Products: A Function-Based TOD Framework [YPS+15]
- Identifying Technology Opportunity Using SAO Semantic Mining and Outlier Detection: A Case of Triboelectric Nanogenerator Technology [LWC+23]
- Technology Opportunity Discovery using Deep Learning-based Text Mining and a Knowledge Graph [LKK+22]
- An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach [LYP09]

Bild A-13: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technology Opportunity-Analyse“ (Seite 1 von 2)

7 KI-Anwendungsszenario: Technology Opportunity-Analyse

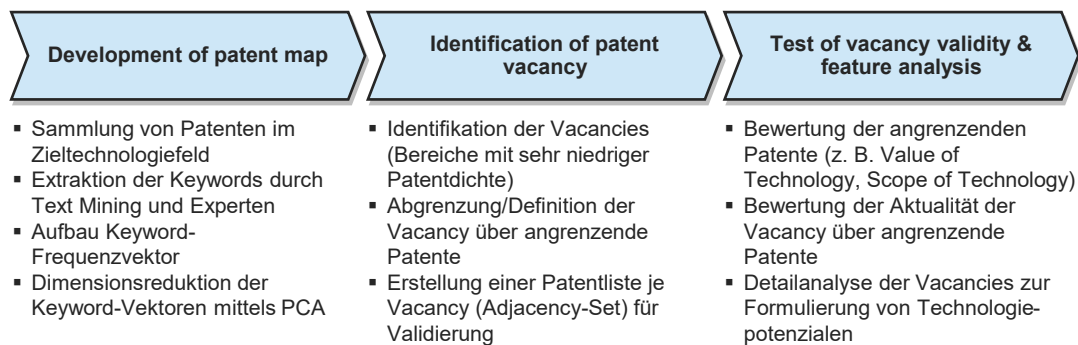
KI-Anwendungsbeispiel:

“An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach”

[LYP09]

Die Publikation von LEE ET AL. beschreibt einen **patentbasierten Ansatz** zur **Identifikation und Analyse neuer Technologiechancen** durch die Erstellung einer Keyword-basierten Patent Map. Hierfür werden mittels **Text Mining** Keyword-Vektoren aus Patenttexten gebildet und anschließend mittels *Principal Component Analysis* (PCA) in einer zweidimensionalen Patent Map visualisiert. In dieser werden sog. *Technology Vacancies* als Bereiche mit geringer Patentdichte interpretiert, die **potenziell ungenutzte technologische Entwicklungsräume** darstellen. Anschließend erfolgt eine Bewertung der Relevanz durch eine Kritikalitäts-Analyse (Claim-Anzahl, Wettbewerbsdichte, etc.) und eine Trend-Analyse, welche Aufschluss über die Aktualität der Technologieinhalte gibt. Zuletzt werden in einer Feature-Analyse **potenzielle Ansatzpunkte für die Technologieweiterentwicklung** aus angrenzenden Patenten abgeleitet.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Für die Fallstudie zu „Personal Digital Assistants“ wurden insgesamt 141 Patente der USPTO-Datenbank analysiert. Primär wurden die Abstracts genutzt.

Ergebnis

Wesentliches Ergebnis des beschriebenen Ansatzes ist die **zweidimensionale Patent Map**. Anhand der Verortung der einzelnen Patente können die **Technology Vacancies** bzw. „White Spaces“ identifiziert werden und im Anschluss bewertet werden. Die Bewertung dient der Ableitung potenzieller Ansatzpunkte für neue Technologieentwicklungen.



Bild A-14: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technology Opportunity-Analyse“ (Seite 2 von 2)

8 KI-Anwendungsszenario: Akteurs-Analyse

Kurzbeschreibung

Ziel dieser KI-gestützten Ansätze ist es, die **relevanten Akteure** (z. B. **Unternehmen oder Forschungseinrichtungen**) in einem ausgewählten Technologiefeld zu identifizieren und hinsichtlich ihrer **technologischen Aktivitäten und Beziehungen** zu analysieren. Die Analysen können sowohl **Innovationsökosysteme** auf Länderebene als auch **einzelne Unternehmen** adressieren. Auf Basis von Patentdaten oder Publikationen und daraus abgeleiteten Indikatoren lassen sich die Aktivitäten von Wettbewerbern, technologische Schwerpunkte sowie die zeitliche Dynamik von Netzwerken nachvollziehen. Darüber hinaus kann die Akteurs-Analyse die **Identifikation potenzieller Technologiepartner** unterstützen. Eine typische Ergebnisdarstellung dieses Anwendungsszenarios sind Netzwerke und Zentralitätsmaße (z. B. Grad der Vernetzung).



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten	Planen	Kommunizieren	
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente	Social Media	
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert		unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in > 10 bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Firms' Knowledge Profiles: Mapping Patent Data with Unsupervised Learning [STS17]
- Spatial and Temporal Evolution of the Chinese Artificial Intelligence Innovation Network [TDY22]
- A systematic approach of partner selection for open innovation [YS14]
- Assessment of ontology-based knowledge network formation by Vector-Space Model [LSC10]
- Preventing Patent Risks in Artificial Intelligence Industry for Sustainable Development: A Multi-Level Network Analysis [YY20]

Bild A-15: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Akteurs-Analyse“ (Seite 1 von 2)

8 KI-Anwendungsszenario: Akteurs-Analyse

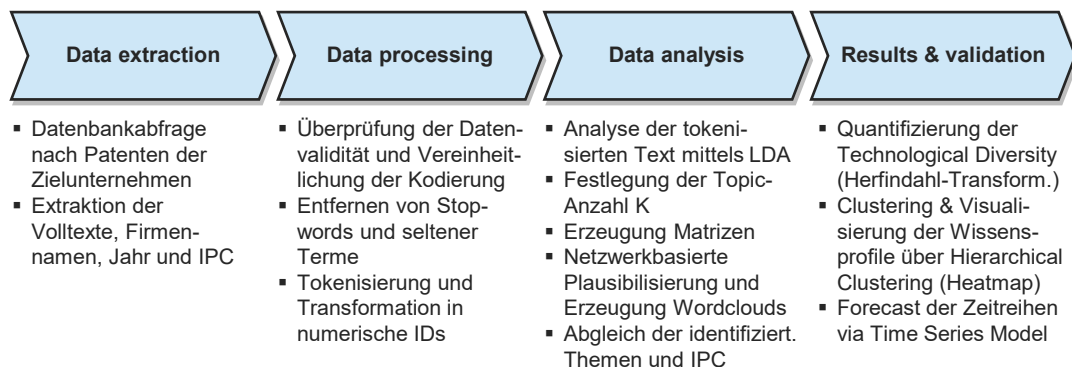
KI-Anwendungsbeispiel:

“Firms' Knowledge Profiles: Mapping Patent Data with Unsupervised Learning“

[STS17]

Der Ansatz von SUOMINEN ET AL. demonstriert die **Erstellung von Wissensprofilen von Unternehmen in Technologiefeldern** durch Text Mining mit LDA Topic Modeling. Hierbei werden latente Themen direkt aus den Patentbeschreibungen extrahiert und anschließend je Unternehmen und Jahr aggregiert, um die **Breite der Wissensbasis, Schwerpunktverschiebungen** sowie **wachende und schrumpfende Wissensdomänen** sichtbar zu machen. Darüber hinaus zeigt der Ansatz, wie sich die klassifizierten Topic-Zeitreihen mittels *Grouped Time Series Forecasting* fortschreiben lassen. Das Fallbeispiel des **Mobilfunksektors** zeigt die relevanten Akteure auf und verdeutlicht unter anderem eine Verschiebung von hardware- zu softwareorientierten Strategien. Schließlich werden wachsende und schrumpfende Technologiethemen identifiziert.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Zur Analyse der Akteure wurden 157.718 Patente der USPTO-Datenbank auf Volltexte, Anmelder, Jahr und IPC-Klassifikation für den Zeitraum 2001-2014 untersucht.

Ergebnis

Wesentliche Ergebnisse sind die **Wissensprofile** der analysierten Unternehmen, visualisiert als **Cluster-Struktur bzw. Heatmap**, die technologische Schwerpunkte und Ähnlichkeiten sichtbar macht. Über die Identifikation von wachsenden und abnehmenden Feldern sowie dem Forecast der Themen können strategische **Aussagen zu künftigen Investitionsschwerpunkten** je Cluster und Unternehmen unterstützen.

(a) Relativer Anteil von Patenten im größten Wachstumscluster inkl. Forecast:

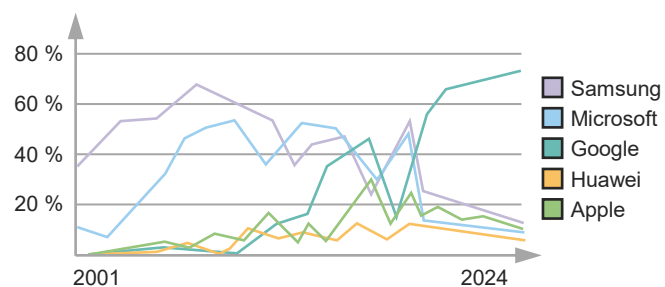


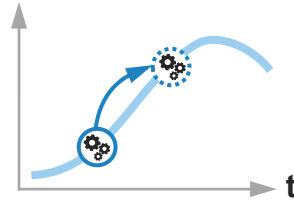
Bild A-16: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Akteurs-Analyse“ (Seite 2 von 2)

9 KI-Anwendungsszenario: Reifegrad-Bewertung

Kurzbeschreibung

Das Anwendungsszenario „Reifegrad-Bewertung“ umfasst KI-basierte Verfahren zur **Bestimmung des Entwicklungsstands („Maturity“) einer Technologie** und zur **Einordnung in Lebenszyklusphasen bzw. Readiness-Stufen** (z. B. *Technology Readiness Level* (TRL)). Grundlage sind Indikatoren (z. B. Anzahl von Patenten und Wachstumsraten), welche den **technologischen Fortschritt als zeitliche Entwicklungsdynamik operationalisieren** und damit Rückschlüsse auf die **Evolution einer Technologie** erlauben. Hierfür können entweder Wachstums- und Diffusionsmodelle (z. B. S-Kurve) genutzt werden oder Klassifikationsansätze, die mehrere Patentindikatoren kombinieren, um eine robuste Stufenzuordnung ermöglichen. Als Ergebnis liegen **Reifegrad- bzw. Lifecycle-Profile** vor, die als Entscheidungsgrundlage für Roadmaps oder Investitionen dienen.

Cluster
Bewertung



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente		Social Media			
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen		Weitere			
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert				
	Methode	Clustering		Klassifikation		Text Mining		Network Analysis	
		NLP		Neuronales Netz		Link Prediction		Topic Modeling	
	Ergebnis	Konzept	Entität		Wahrscheinlichkeit		Beziehung		Visualisierung

Legende: in ≥ 50 % ausgeprägt in > 10 bis < 50 % ausgeprägt in ≤ 10 % ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Technology Life Cycle Analysis Method Based on Patent Documents [GPW+13]
- Detecting Technological Maturity from Bibliometric Patterns [CRH+22]
- Evolution of CCUS Technologies Using LDA Topic Model and Derwent Patent Data [HHF+23]
- Emerging technology identification based on a dynamic framework: a lifecycle evolution perspective [ZZY24]
- Technology Readiness and Cryptocurrency Adoption: PLS-SEM and Deep Learning Neural Network Analysis [AS21]

Bild A-17: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Reifegrad-Bewertung“ (Seite 1 von 2)

9 KI-Anwendungsszenario: Reifegrad-Bewertung

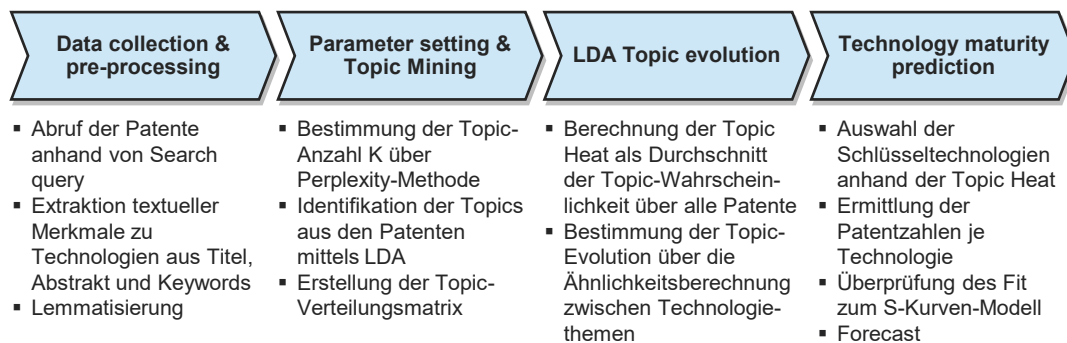
KI-Anwendungsbeispiel:

“Evolution of CCUS Technologies Using LDA Topic Model and Derwent Patent Data”

[HHF+23]

In der Publikation von HUANG ET AL. wird die **technologische Evolution und der Reifegrad von „Carbon capture, Utilization and Storage“-Technologien (CCUS)** auf Basis von Patenten bewertet. Mittels **Topic Modeling** werden latente Technologiethemata aus Patenttexten identifiziert und deren Intensität („Heat“) sowie inhaltliche Evolution von 2003 bis 2022 untersucht. Ergänzend wird die Entwicklung der Anzahl von Patenten mit dem **S-Kurven-Modell** übereinandergelegt, um die **drei Lifecycle-Phasen „Infancy“, „Growth“ und „Mature“** zu bestimmen. Abschließend werden für die identifizierten Schlüsseltechnologien (u. a. *Hybrid production, biological carbon sequestration* und *CO₂ mineralization*) Entwicklungsperspektiven abgeleitet.

Vorgehen



Daten



Patentdaten

Für die Fallstudie zu den CCUS-Technologien wurden für den Zeitraum 2003-2022 aus dem DERWENT INNOVATIONS INDEX insgesamt 175.922 Patentdokumente (Titel, Abstrakt und Keywords) analysiert.

Ergebnis

Wesentliche Ergebnisse des Ansatzes sind die **thematische Strukturierung und Analyse der zeitlichen Dynamik des Technologiefelds**, die **identifizierten Schlüsseltechnologien** sowie die **Zuordnung von Reifegraden** je Schlüsseltechnologie (vgl. Tabelle rechts). Aus dieser Bewertung lassen sich Hinweise auf besonders entwicklungsstarke Teilbereiche von CCUS ableiten.

Entwicklungsstufen von Schlüsseltechnologien

Topic	Infancy Period	Growth Period	Mature Period
Hybrid production	2003-2015	2016-2023	2024-2027
Bio. carbon sequestration	2003-2015	2016-2023	2023-2026
Dynamic monitoring	2003-2017	2018-2024	2024-2028
...	...	...	...

Bild A-18: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Reifegrad-Bewertung“ (Seite 2 von 2)

10 KI-Anwendungsszenario: Bewertung der sozialen Auswirkungen
Kurzbeschreibung

Das Anwendungsszenario „Bewertung der sozialen Auswirkungen“ beinhaltet KI-gestützte Verfahren, die mittels großer Datenmengen **gesellschaftliche, politische, ethische und ökologische Implikationen** (z. B. Akzeptanz, Risiken) eines Technologiefelds frühzeitig über die Zeit beobachten und bewerten. Hierfür werden **fast ausschließlich Internetquellen** (z. B. News-Artikel und Social Media) genutzt, um die **Auswirkungen von Technologien systematisch zu erfassen**. Methodisch kommen vorwiegend Text Mining und NLP zum Einsatz, um mögliche **Impact-Szenarien explorativ zu identifizieren** sowie Topic Modeling in Kombination mit Sentimentanalysen, um die **Legitimität, Akzeptanz sowie potenzielle Konflikte im Zeitverlauf zu beobachten**. Die Ergebnisse werden bspw. als **Katalog an Impact-Szenarien, Sentiment-Verläufe oder Issue-/Signal-Landkarten** dargestellt.


Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren	
		Bewerten		Planen	Kommunizieren	
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur	
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen		Patente	Social Media	
		Internetquellen		Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert	
	Methode	Clustering		Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP		Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung	Visualisierung

Legende: in ≥ 50 % ausgeprägt in > 10 bis < 50 % ausgeprägt in ≤ 10 % ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Applying LSA Text Mining Technique in Envisioning Social Impacts of Emerging Technologies: The Case of Drone Technology [KKP17]
- Assessing technology legitimacy with topic models and sentiment analysis – The case of wind power in Germany [DKO22]
- Identifying the Development Trends of Emerging Technologies Using Patent Analysis and Web News Data Mining: The Case of Perovskite Solar Cell Technology [LXH22]

Bild A-19: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Bewertung der sozialen Auswirkungen“ (Seite 1 von 2)

10 KI-Anwendungsszenario: Bewertung der sozialen Auswirkungen

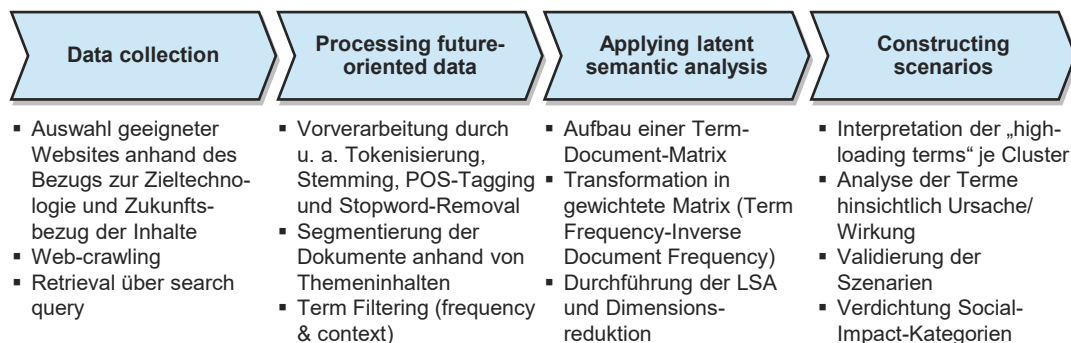
KI-Anwendungsbeispiel:

“Applying LSA text mining technique in envisioning social impacts of emerging technologies: The case of drone technology”

[KKP17]

Das Anwendungsbeispiel von KWON ET AL. zeigt die **frühzeitige Identifikation und Konzeptualisierung gesellschaftlicher Auswirkungen für emergente Technologien**. Kern der Idee ist, dass sowohl **Experten als auch die Öffentlichkeit** vor der Diffusion einer Technologie **antizipative Bedenken und Risiken Online artikulieren**. Die resultierenden unstrukturierten Texte werden mittels **Latent Semantic Analysis (LSA)** in semantisch kohärente Term-Cluster überführt, welche als „**Szenarien**“ **potenzieller sozialer Auswirkungen** interpretiert werden. Die Analyse der Szenarien wird um eine Einordnung in etablierte Social-Impact-Kategorien ergänzt, indem condition- und value-related terms als „Linking Factors“ genutzt werden. In dem **Fallbeispiel für „Drone/UAV“** werden **14 Impact-Szenarien** (z. B. Biometric Drones, Hacked Enforcement Drones) abgeleitet.

Vorgehen



Daten



Internetquellen

Anhand von fünf zukunftsorientierten Websites (Future Timeline, MIT Technology Review, etc.) und der search query (“drone” OR “uav”) AND (“issue” OR “concern” OR “problem”) wurden 3.236 Beiträge analysiert.

Ergebnis

Zentrales Ergebnis ist ein Katalog von 14 abgeleiteten **Zukunfts- bzw. Impact-Szenarien** für die Drohnentechnologie (vgl. Tabelle rechts). Die Szenarien werden durch Experten validiert und konsolidiert. Abschließend werden die Szenarien in übergeordnete Makro-Social-Impact-Dimensionen (z. B. „Institutional Impact“, „Economic and material well-being“) eingeordnet.

Results of scenarios and their top 20 highest loading terms

No.	Scenario	Top 20 Highest loading terms
#1	Biomimetic Drones	insect, zoom, bother, privacy, dangerous, breaking, park, animal, nano, movement, ...
#2	Corrupted Journalism	news, apartment, arrest, annoy, detect, film, public, hotel, privacy, place, photo, ...
#3	Hacked Enforcement Drones	enforcement, live, intercept, surveillance, drugs, police, criminal, video, intercept, ...
...	...	...

Bild A-20: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Bewertung der sozialen Auswirkungen“ (Seite 2 von 2)

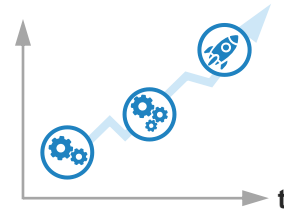
11 KI-Anwendungsszenario: Technology-Forecasting

Kurzbeschreibung

Forecasting zielt darauf ab, mittels KI-gestützter Verfahren **systematisch zukünftige Entwicklungen ausgewählter Technologien zu antizipieren** und zu verstehen. Durch die Analyse von z. B. aktuellen Patenten sollen fundierte Prognosen über Entwicklungsrichtungen, Entwicklungsgeschwindigkeit sowie deren Auswirkungen in einem Technologiefeld erstellt werden.

Aufbauend auf einer inhaltlichen Strukturierung durch Text Mining oder Topic Modeling-Ansätze, werden durch **Prognosemodelle** (z. B. Zeitreihenmodelle oder Deep-Learning-Ansätze) Entwicklungsdynamiken operationalisiert und für die **Antizipation von Forschungsaktivitäten** verwendet. Die Ergebnisse werden typischerweise als Listen, prognostizierte **Aktivitätskurven je Technologiefeld bzw. Forecasting-Pathways** bereitgestellt.

Cluster
Antizipation



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

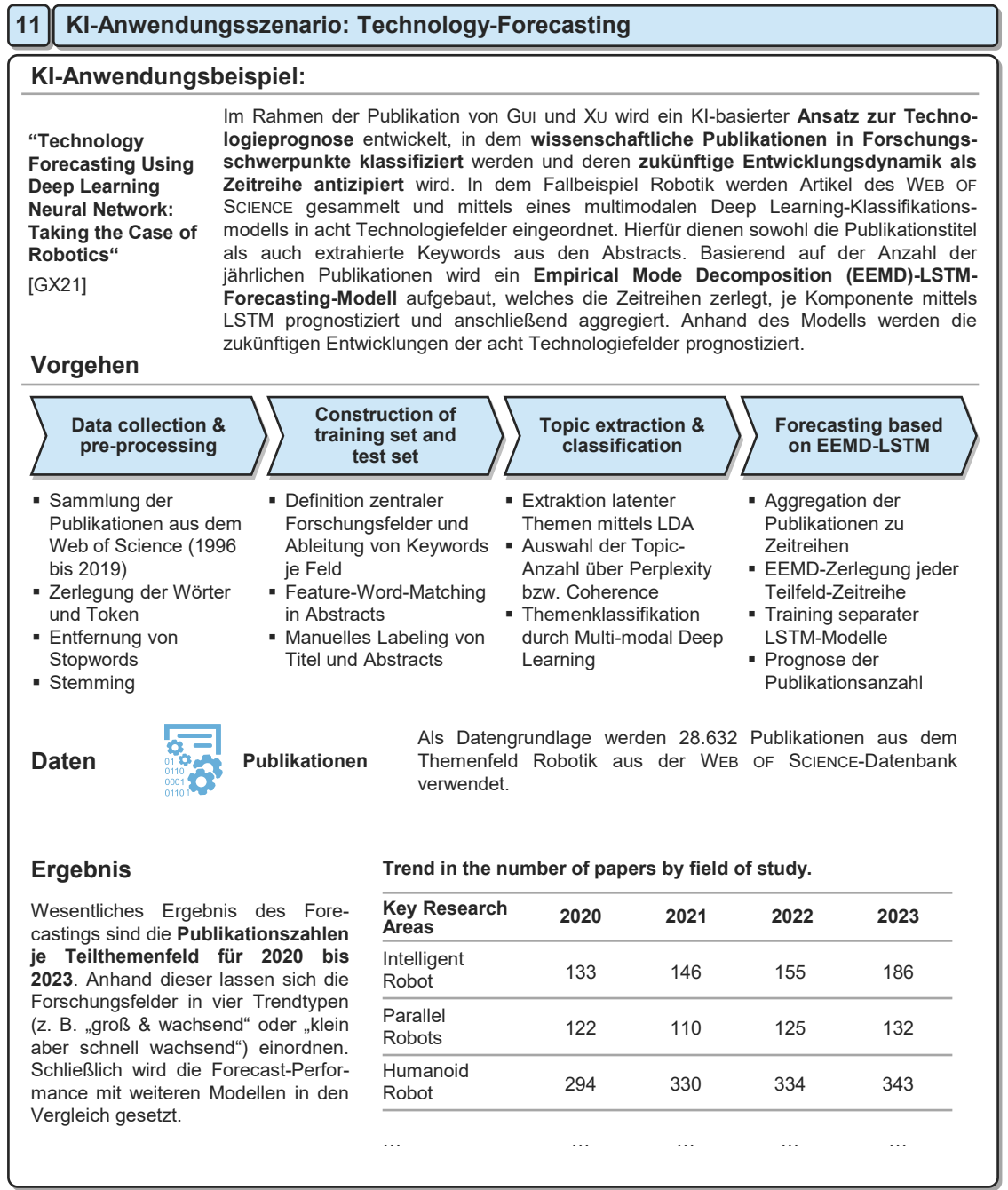
Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur
Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente		Social Media
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen		Weitere
	Art der Daten	strukturiert			unstrukturiert
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronaales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in $> 10\%$ bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- Forecasting Emerging Technologies Using Data Augmentation and Deep Learning [ZDL+20]
- Technological Forecasting Based on Estimation of Word Embedding Matrix Using LSTM Networks [GSO23]
- Technology Forecasting Using Deep Learning Neural Network: Taking the Case of Robotics [GX21]
- Forecasting emerging technologies: A supervised learning approach through patent analysis [KCH+17]

Bild A-21: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Technology-Forecasting“
(Seite 1 von 2)



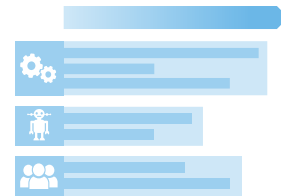
12 KI-Anwendungsszenario: Roadmapping

Kurzbeschreibung

Das Anwendungsszenario „Roadmapping“ umfasst die **KI-gestützte Erstellung und Aktualisierung von Technologie-Roadmaps**, um strategische Technologieentscheidungen evidenzbasiert zu unterstützen. Hierzu werden bspw. mittels Text Mining **Roadmap-Elemente** (z. B. Technologien, Produkte, Anwendungen, Treiber oder Risiken) aus relevanten Datenquellen (z. B. Patenten) identifiziert und **in Roadmap-Layern strukturiert**. Anschließend werden die Beziehungen bzw. Abhängigkeiten zwischen den Elementen über Ähnlichkeitsmaße quantifiziert.

Als Ergebnis entstehen Roadmaps, die eine **Strukturierung von Technologiefeldern und Trends** über definierte Zeithorizonte abbilden sowie die **Ebenen Technologie, Produkt und Markt** einschließlich zentraler Einflussfaktoren für die strategische Planung verknüpfen.

Cluster
Planung



Charakterisierung anhand der Merkmalsausprägungen

Kontext	Zielsetzung	Identifizieren	Beobachten	Analysieren & Interpretieren	Antizipieren
		Bewerten		Planen	Kommunizieren
	Ebene	Technologie	Anwendung	Auswirkung	Akteur

Technische Umsetzung	Datenquelle	Publikationen	Patente	Social Media	
		Internetquellen	Start-up- & Finanzinformationen	Weitere	
	Art der Daten	strukturiert		unstrukturiert	
	Methode	Clustering	Klassifikation	Text Mining	Network Analysis
		NLP	Neuronales Netz	Link Prediction	Topic Modeling
	Ergebnis	Konzept	Entität	Wahrscheinlichkeit	Beziehung

Legende: in $\geq 50\%$ ausgeprägt in $> 10\%$ bis $< 50\%$ ausgeprägt in $\leq 10\%$ ausgeprägt

Konkretisierende Beispiele

- How to Develop Data-Driven Technology Roadmaps: The Integration of Topic Modeling and Link Prediction [KG21]
- An SAO -based Text-mining Approach for Technology Roadmapping Using Patent Information [CKY+13]
- Data-Driven Roadmapping (DDRM): Approach and Case Demonstration [PGT+22]
- Developing scenario-based technology roadmap in the big data era: an utilisation of fuzzy cognitive map and text mining techniques [SKK20]

Bild A-23: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Roadmapping“ (Seite 1 von 2)

12 KI-Anwendungsszenario: Roadmapping

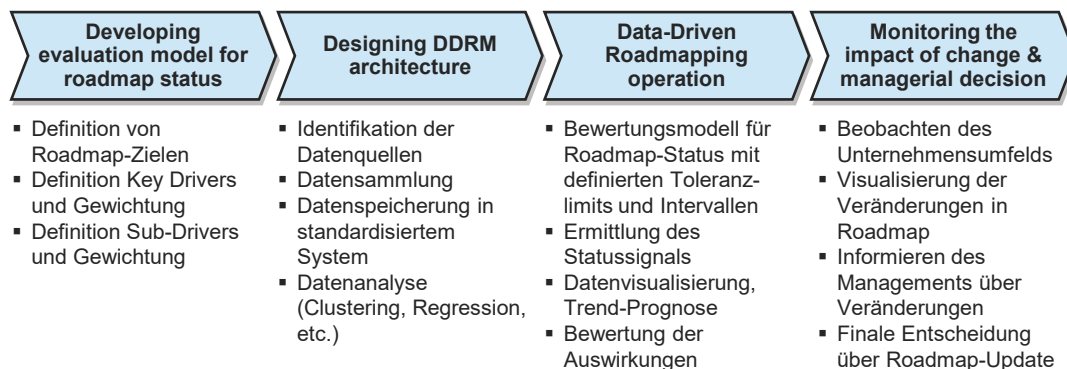
KI-Anwendungsbeispiel:

“Data-Driven Roadmapping (DDRM): Approach and Case Demonstration“

[PGT+22]

PORA ET AL. stellen mit Data-Driven Roadmapping (DDRM) einen Ansatz vor, in dem **Technologie-Roadmaps kontinuierlich anhand von relevanten Umweltveränderungen angepasst werden** sollen. Hierzu wird ein teilautomatisiertes Decision-Support-System entwickelt, welches **interne** (z. B. ERP, CRM) **und externe Datenquellen** (z. B. Industrierichter, Patente, Publikationen) integriert, Veränderungen in zentralen Treibern erkennt und daraus einen **Roadmap-Status** ableitet. Grundlage ist der Abgleich von Toleranzintervallen mit bei der Roadmap-Erstellung definierten Annahmen. Die Ergebnisse werden in Form von **Reports** und einem **Roadmap-Dashboard** bereitgestellt und unterstützen die Ableitung von strategischen Entscheidungen. Die Fallstudie zeigt eine Roadmap zur digitalen Transformation einer Restaurantkette.

Vorgehen



Daten

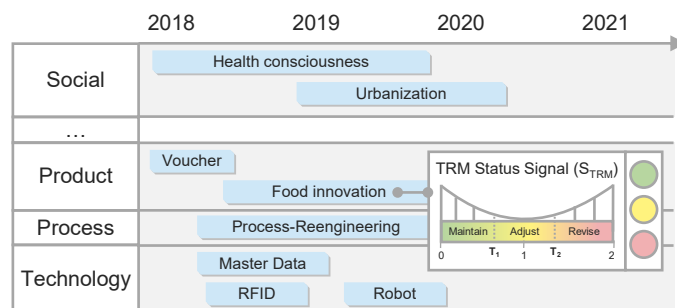


Interne & externe Datenquellen

Zur Ermittlung der Statusänderungen werden unternehmensinterne Daten und externe Datenquellen (Patente, Publikationsdaten, News, Social media) kombiniert.

Ergebnis

Zentrales Ergebnis des beschriebenen Ansatzes ist ein **Roadmap-Dashboard**, das Veränderungen der Key Driver für jedes Roadmap-Element aufgezeigt. Auf Basis neuer Entwicklungen wird kontinuierlich der **Status (S_{TRM})** aktualisiert und die drei Handlungsempfehlungen „Maintain“, „Adjust“ oder „Revise“ berechnet. Darüber hinaus stellt das Dashboard auch Trendprognosen bereit.



Maintain: There is no impact or a minor impact on the roadmap.
 Adjust: Some minor amendments should be made to the roadmap.
 Revise: Some major amendments should be made to the roadmap.

Bild A-24: Steckbrief für das KI-Anwendungsszenario „Roadmapping“ (Seite 2 von 2)

A2 Ergänzungen zum Reifegradmodell

A2.1 Übersicht der Interviewpartner und Unternehmen

Insgesamt wurden 18 Personen aus den Unternehmen befragt. Die Größe der Unternehmen reicht von ca. 750 Mitarbeitern bis zu über 160.000 Mitarbeitern. Die meisten Interviews wurden mit Technologiemanagern oder Führungskräften geführt, die für den Prozess der Technologiefrühaufklärung des Unternehmens verantwortlich oder direkt daran beteiligt sind.

Tabelle A-3: Liste der Interviewpartner und Unternehmen

Nr.	Position	Unternehmen	Mitarbeiter
1	Innovation Scout	ZF Friedrichshafen AG	~160.000
2	Head of Technology Management & Forecast	BMW AG	~150.000
3	Technology Radar Manager	SAP Deutschland SE & Co. KG	~80.000
4	Head of New Markets & Portfolio Strategy	Schaeffler AG	~80.000
5	Innovation Manager & IP Specialist	MAHLE GmbH	~70.000
6	Vorfeldforschung Technologie / Innovation	voestalpine AG	~51.000
7	Team Lead Product Innovation & Head of Scouting	Liebherr-International Deutschland GmbH	~50.000
8	Senior Expert Product Innovation	SKF GmbH	~45.000
9	Head of Innovation Management	Vitesco Technologies GmbH	~35.000
10	Technology Manager	Bosch Rexroth AG	~33.800
11	Technology Manager	Miele & Cie. KG	~21.000
12	Head of Foresight	Voith GmbH & Co. KGaA	~20.000
13	Vice President Technology Management	WAGO GmbH & Co. KG	~9.000
14	Head of Trendscouting & Innovation Management	IAV GmbH	~7.500
15	Head of Innovation Management & New Markets	Fuchs Lubricants Germany GmbH	~6.000
16	Technology Scouting Manager	NSK Europe GmbH	~3.900
17	Technology Manager	GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG	~3.100
18	Leiter Produktinnovation	Neugart GmbH	~750

A2.2 Interviewleitfaden

Das Ziel der Interviewleitfragen war es, die praktische Umsetzung der TFA in den Unternehmen zu untersuchen. Hieraus wurden sogenannte Best Practices für das Reifegradmodell abgeleitet. Die Interviewleitfragen strukturierten sich wie folgt:

Interviewstudie: Reifegradmodell für die Technologiefrühaufklärung
Agenda: 1. Kurzvorstellung und Überblick über das Interview, Nutzen des Reifegradmodells 2. Allgemeine Fragen zum Unternehmen 3. Fragen zur Umsetzung der Technologiefrühaufklärung im Unternehmen: Suchfelder, Prozesse & Organisation, Daten & IT-Systeme und Mensch Anmerkungen ▪ Es sind insgesamt 32 semi-strukturierte Fragen vorgesehen ▪ Die Dauer des Interviews beträgt ungefähr 90 Minuten ▪ Die Ergebnisse aus den Interviews werden vertraulich behandelt und anonymisiert. Das Zurückführen einzelner Aussagen zu Reifegraden auf Unternehmen wird nicht möglich sein!
A. Allgemeine Fragen
A.1 In welcher Position sind Sie für Ihr Unternehmen tätig? A.2 Wie viele Mitarbeitende beschäftigt Ihr Unternehmen? ☐ <250 ☐ 250-999 ☐ 1.000 - 2.499 ☐ 2.500 – 9.999 ☐ 10.000 - 49.999 ☐ >50.000 A.3 Welcher Branche gehört Ihr Unternehmen an? A.4 Wie würden Sie die Veränderungsgeschwindigkeit („Clockspeed“) der Branche beschreiben? A.5 Wenn Sie Ziele zur Verbesserung der aktuellen Technologiefrühaufklärungs-Aktivitäten in einem Satz zusammenfassen müssten, welcher wäre das (z. B. strukturiertere Suche nach Impulsen, Verbesserung der Kommunikation rund um die Ergebnisse der Technologiefrühaufklärung)?
1. Suchfelder
1.1 Wie wird der Bedarf für die Technologiefrühaufklärung identifiziert bzw. welche Einflussfaktoren bestimmen, was gesucht wird (z. B. Strategie oder Bedarfe aus Fachabteilungen)? 1.2 Welche technologischen Entwicklungen stehen im Fokus (z. B. globale Entwicklungen oder branchenspezifische Technologietrends)? Und nach welcher technologischen Reife wird gesucht? 1.3 Wird die Ausrichtung sämtlicher Aktivitäten der Technologiefrühaufklärung von Zeit zu Zeit überprüft? Wenn ja: wie regelmäßig? Was löst typischerweise eine Anpassung der Suchfelder aus?

Bild A-25: Interviewleitfaden (Seite 1 von 3)

2. Prozesse & Organisation 2.1 Gibt es Prozesse, die die Aktivitäten, Abläufe und Schnittstellen der Technologiefrühaufklärung im Unternehmen beschreiben? 2.2 Gibt es einen internen Austausch zu den Erkenntnissen aus der Technologiefrühaufklärung mit weiteren Geschäftsbereichen? 2.3 Stellt die Technologiefrühaufklärung eine kontinuierliche Aktivität im Unternehmen dar oder werden einzelne Projekte zu Technologiethemen beauftragt? 2.4 Wie erfolgt in Ihrem Unternehmen die Bewertung von Technologien? Welche Kriterien, Methoden oder Bewertungslogiken werden dabei eingesetzt, und wer ist typischerweise in diesen Bewertungsprozess eingebunden? 2.5 Werden bei Ihnen Prognosen zur zukünftigen Leistungsfähigkeit von Technologien angestellt? 2.6 Wie werden die Erkenntnisse aus der Technologiefrühaufklärung in Ihrem Unternehmen weiterverarbeitet (z. B. Roadmaps)? Welche Schritte erfolgen, um diese Erkenntnisse in Entscheidungen, Planungen oder konkrete Innovationsaktivitäten zu überführen? 2.7 Wie erfolgt die Aufbereitung und Verteilung von technologiebezogenen Informationen im Unternehmen? 2.8 In welcher Struktur wird die Technologiefrühaufklärung im Unternehmen organisiert? 2.9 Wie würden Sie die Fähigkeit der Organisation zur Weiterentwicklung, basierend auf den Erkenntnissen der Technologiefrühaufklärung, beschreiben? 2.10 Erfolgt bei Ihnen eine Messung des Aufwands und des Erfolgs sämtlicher Aktivitäten? Welche Kennzahlen oder Kriterien kommen dabei zum Einsatz?
3. Daten & IT-Systeme 3.1 Auf welche Art von Informationsquellen greifen Sie für die Technologierecherche zu (z. B. Google, Patentdatenbanken, Netzwerk an Technologie-Scouts, etc.)? Welche sind aus Ihrer Sicht besonders relevant? 3.2 Wie ist das Vorgehen bei der Informationsbeschaffung? 3.3 Wie erfolgt die Auswertung und Aufbereitung der Informationen? Werden hierbei bereits automatisierte Verfahren oder Methoden der Künstlichen Intelligenz eingesetzt? 3.4 Wie erfolgt die Speicherung und der Zugang zu den generierten Informationen aus der Technologierecherche? Welche Systeme werden hierfür genutzt?

Bild A-26: Interviewleitfaden (Seite 2 von 3)

4. Mensch
4.1 Welche operativen Kapazitäten stehen für die Technologiefrühaufklärung zur Verfügung (z. B. Geschäftsführung oder eigenständige Abteilung)? 4.2 Wie sind die Mitarbeitenden intern und extern vernetzt (z. B. mit Forschungsinstituten oder Technologielieferanten)? Welche Netzwerke oder Austauschformate sind wichtig? 4.3 Wie würden Sie die Kultur und die Offenheit gegenüber neuen Technologien und Entwicklungen im Unternehmen beschreiben (z. B. Akzeptanz für Neuerungen)? 4.4 Wie würden Sie die Kenntnisse bezüglich der Methoden der Technologiefrühaufklärung oder auch das allgemeine Erfahrungswissen der Mitarbeitenden in diesem Bereich einschätzen? Welche Methoden werden regelmäßig genutzt? 4.5 Über welche technologischen Fachkenntnisse verfügen die Mitarbeitenden, die in der Technologiefrühaufklärung tätig sind (z. B. Spezialwissen im Bereich Physik oder Materialien)? 4.6 Welche KI-Kenntnisse haben die Mitarbeitenden im Kontext der Technologiefrühaufklärung (z. B. theoretische Grundlagen oder Implementierungswissen)? 4.7 Wie schätzen Sie die Kenntnisse der Mitarbeitenden in der Verarbeitung, Auswertung und Interpretation von Daten ein? 4.8 Welche Anreize oder Mechanismen gibt es zur Belohnung und Motivation der Mitarbeitenden im Bereich der Technologiefrühaufklärung?
5. Abschluss
5.1 Gibt es aus Ihrer Sicht Aspekte des Systems Technologiefrühaufklärung in Ihrem Unternehmen, die Sie in den vorherigen Fragen nicht wiedergefunden haben? 5.2 Gibt es aus Ihrer Sicht Faktoren, die den Erfolg der TFA besonders fördern oder behindern?

Bild A-27: Interviewleitfaden (Seite 3 von 3)

A2.3 Steckbriefe zu den Reifegraden

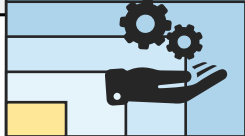
1	Aller Anfang ist schwer					
Charakterisierung Dieser Reifegrad ist geprägt von intuitivem und pragmatischem Handeln aufgrund fehlenden Erfahrungswissens. Technologische Frühaufklärungs-Aktivitäten werden von Einzelpersonen nebenbei durchgeführt, oft ohne systematische Ansätze. Technologische Impulse werden zufällig wahrgenommen, und die Informationsbeschaffung stützt sich auf zugekaufte Studien, Beratungsdienste oder öffentliche Datenquellen. Ein undefinierter Fokus führt zu Informationsüberflutung, während fehlende Prozesse Unklarheiten und eine mangelnde Verwertung der Ergebnisse begünstigen. Da TFA neu im Unternehmen ist, werden Ergebnisse von anderen Stakeholdern häufig nicht akzeptiert. Insgesamt bleiben die Aktivitäten unsystematisch und weitgehend wirkungslos.						
Handlungs-feld	ID	Handlungs-element	Leistungsstufen			
			Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Suchfelder	HE1	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
	HE2	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
	HE3	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Prozesse	HE4	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
	HE5	Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
	HE6	Technologie-bewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
	HE7	Technologie-prognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
	HE8	Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
	HE9	Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
	HE10	Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Organisation	HE11	Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
	HE12	Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
	HE13	Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
	HE14	Bewertungs-durchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
	HE15	Entscheidungs-fähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungs-kompetenz
Daten & IT-Systeme	HE16	Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
	HE17	Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-) Automatisiert
	HE18	Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Mensch	HE19	Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
	HE20	Offenheit ggü. Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
	HE21	TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
	HE22	KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungs-wissen	Implementierungs-wissen

Bild A-27: Steckbrief des Reifegrads 1: Aller Anfang ist schwer

2		Frühaufklärungsverantwortliche				
Charakterisierung		Dieser Reifegrad beschreibt eine TFA, die stark von einzelnen Verantwortlichen getragen wird. Die Zielsetzung ist klarer, mit einem Fokus auf marktreife Technologien, die bestehende Marktleistungen verbessern. Suchfelder sind allgemein formuliert und kaum anpassungsbedürftig. Obwohl Prozesse noch nicht formalisiert sind, erfolgt die Bewertung bereits methodengestützt unter Einbezug weiterer Stakeholder. Verantwortliche agieren meist als Einzelkämpfer, stoßen auf interne Barrieren bei der Verwertung und werden punktuell durch Praktikanten unterstützt. Sie sind intern vernetzt und wenden erste Methoden an, jedoch nicht systematisch. Dieser Reifegrad kennzeichnet eine TFA, die erste Schritte zur Weiterentwicklung unternimmt, jedoch noch nicht alle Herausforderungen umfassend bewältigen kann.				
Handlungs- feld	ID	Handlungs- element	Leistungsstufen			
			Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Suchfelder	HE1	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
	HE2	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
	HE3	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Prozesse	HE4	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
	HE5	Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
	HE6	Technologiebewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
	HE7	Technologieprognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
	HE8	Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
	HE9	Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
	HE10	Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Organisation	HE11	Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
	HE12	Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
	HE13	Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
	HE14	Bewertungsdurchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
	HE15	Entscheidungsfähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungskompetenz
Daten & IT-Systeme	HE16	Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
	HE17	Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-)Automatisiert
	HE18	Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Mensch	HE19	Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
	HE20	Offenheit ggü. Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
	HE21	TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
	HE22	KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungswissen	Implementierungswissen

Bild A-28: Steckbrief des Reifegrads 2: Frühaufklärungsverantwortliche

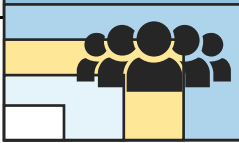
3		Aufbau interner Einheit				
Charakterisierung						
		Im dritten Reifegrad wird die TFA von einem dedizierten Team übernommen, da die Anforderungen die Kapazitäten einer Einzelperson übersteigen. Die Aktivitäten werden systematischer und auf verschiedene Geschäftsbereiche ausgedehnt. Suchfelder orientieren sich an den Bedarfen der Fachabteilungen und umfassen erstmals Technologien ohne direkten Bezug zum Kerngeschäft. Ein praxisorientierter Prozess bildet die Grundlage, ergänzt durch eine intuitive Abschätzung zukünftiger Entwicklungen. Workshops und eine hybride organisatorische Verankerung fördern die Koordination und Einbindung weiterer Abteilungen. Erste Datenbanken und Tools unterstützen die Datenanalyse, während neue Lösungen zur Datenspeicherung nötig werden. Das Team ist gut vernetzt, verfügt über mehr Erfahrung und arbeitet zunehmend strukturiert auf Unternehmensebene.				
Handlungs-feld	ID	Handlungs-element	Leistungsstufen			
			Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Suchfelder	HE1	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
	HE2	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
	HE3	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Prozesse	HE4	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
	HE5	Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
	HE6	Technologie-bewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
	HE7	Technologie-prognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
	HE8	Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
	HE9	Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
	HE10	Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Organisation	HE11	Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
	HE12	Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
	HE13	Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
	HE14	Bewertungs-durchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
	HE15	Entscheidungs-fähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungs-kompetenz
Daten & IT-Systeme	HE16	Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
	HE17	Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-)Automatisiert
	HE18	Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Mensch	HE19	Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
	HE20	Offenheit ggü. Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
	HE21	TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
	HE22	KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungs-wissen	Implementierungs-wissen

Bild A-29: Steckbrief des Reifegrads 3: Aufbau interne Einheit

4		Tool-gestützte TFA				
Charakterisierung		Die vierte Reifegradstufe ist geprägt von strategischem Denken, verstärktem Tool-Einsatz und einem etablierten Scout-Netzwerk. Die Suchfelder basieren sowohl auf strategischen als auch operativen Bedarfen und schließen relevante Technologien außerhalb des Kerngeschäfts ein, unabhängig von deren Reifegrad. Durch Feedback wird eine kontinuierliche Prozessverbesserung angestrebt. Eine zentrale Kommunikationsplattform sorgt für Transparenz und Datenspeicherung. Die enge Abstimmung mit internen Stakeholdern ermöglicht die Umsetzung von Erkenntnissen, während das Scout-Netzwerk die Identifikation frühzeitiger Entwicklungen unterstützt. Erste datengetriebene Ansätze werden erprobt, was das Bewusstsein für deren Potenzial stärkt.				
Handlungsfeld	ID	Handlungselement	Leistungsstufen			
			Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Suchfelder	HE1	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
	HE2	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
	HE3	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Prozesse	HE4	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
	HE5	Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
	HE6	Technologiebewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
	HE7	Technologieprognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
	HE8	Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
	HE9	Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
	HE10	Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Organisation	HE11	Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
	HE12	Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
	HE13	Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
	HE14	Bewertungsdurchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
	HE15	Entscheidungsfähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungskompetenz
Daten & IT-Systeme	HE16	Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
	HE17	Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-)Automatisiert
	HE18	Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Mensch	HE19	Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
	HE20	Offenheit ggü. Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
	HE21	TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
	HE22	KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungswissen	Implementierungswissen

Bild A-30: Steckbrief des Reifegrads 4: Tool-gestützte TFA

5		KI-gestützte TFA				
Charakterisierung						
Der höchste Reifegrad der TFA zeichnet sich durch einen starken Fokus auf KI-basierte Ansätze aus. Prognosen und Bewertungen stützen sich auf quantitative und qualitative Daten. Daten schaffen neue Impulse für die TFA und bilden die Grundlage für Technologie-Roadmaps. Die Entscheidungsfindung wird durch ein besseres Datenverständnis aller Beteiligten unterstützt. Automatisierte Informationsbeschaffung und eine KI-gestützte Datenanalyse machen die TFA effizienter. Eine offene Unternehmenskultur gegenüber Innovationen sowie Kenntnisse in KI und Daten sind ebenfalls zentrale Merkmale dieses Reifegrads. Abschließend zeichnet sich dieser Reifegrad durch das Implementierungswissen im Bereich KI- und Datenkenntnisse aus.						
Handlungsfeld	ID	Handlungselement	Leistungsstufen			
			Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Suchfelder	HE1	Ableitung von Suchfeldern	Keine Suchfelder	Intuitiv oder problemorientiert	Strategisch	KI-basierte Impulse
	HE2	Fokus der Suchfelder	Kein Fokus	Generelle Entwicklungen	Marktumfeld	Innerhalb und außerhalb
	HE3	Aktualisierung der Suchfelder	Keine Aktualisierung	Kaum Anpassung	Tempo der Branche	Proaktiv und regelmäßig
Prozesse	HE4	Ausgestaltung der Prozesse	Keine Prozesse	Sporadisch, nicht formalisiert	Einfach und praxisorientiert	Kontinuierliche Verbesserung
	HE5	Filterung & Analyse	Keine Analyse	Manuell	Einfache Analysen	KI-gestützte Analysen
	HE6	Technologiebewertung	Keine Bewertung	Intuitive Bewertung	Methodengestützte Bewertung	KI-gestützte Bewertung
	HE7	Technologieprognosen	Keine Prognosen	Intuitive Abschätzungen	Kreativer Prozess	KI-basiertes Forecasting
	HE8	Kommunikation	Keine Kommunikation	Mangelnde Bereitschaft	Newsletter & Meetings	Zentrale Plattform
	HE9	Verwertung & Planung	Keine Verwertung und Planung	Vereinzelte Projekte	Klare & transparente Strukturen	KI-gestütztes Roadmapping
	HE10	Controlling	Kein Controlling	Subjektive Einschätzung	Erprobung einfacher Kennzahlen	Transparenz durch Controlling
Organisation	HE11	Organisatorische Verantwortlichkeit	Keine Verankerung	Befristet	Dezentral	Zentral / Hybrid
	HE12	Schnittstellen & Austausch	Keine Schnittstellen	Sporadischer Austausch	Definierte Schnittstellen	Regelmäßige Synchronisation
	HE13	Operative Kapazitäten	Outsourcing einzelner Aufgaben	Einzelpersonen	Auf breiten Schultern	TFA-Organisationseinheit
	HE14	Bewertungsdurchführung	Keine klare Verantwortlichkeit	Management	Experten-einbindung	KI-gestützte Bewertung
	HE15	Entscheidungsfähigkeit	Keine Weiterentwicklung	Not invented here	Commitment	Entscheidungskompetenz
Daten & IT-Systeme	HE16	Datenquellen	Keine Nutzung externer Daten	Informell & öffentlich zugänglich	Datenbanken	Scout-Netzwerk
	HE17	Datenbeschaffung	Keine Beschaffung	Manuell	Unterstützt	(Teil-)Automatisiert
	HE18	Datenspeicherung	Keine Speicherung	Lokal	Insellösung	Verknüpfte Plattform
Mensch	HE19	Vernetzung	Keine Vernetzung	Intern	Mit Branche	Starkes Netzwerk
	HE20	Offenheit ggü. Neuem	Verschlossen	Skeptisch	Andere Bremsen	Kern der Unternehmenskultur
	HE21	TFA-Kenntnisse	Keine	Grundlegende Innovationskenntnisse	Keine systematische Anwendung	Mit allen Wassern gewaschen
	HE22	KI- & Daten-Kenntnisse	Keine	Theoretisches Basiswissen	Anwendungswissen	Implementierungswissen

Bild A-31: Steckbrief des Reifegrads 5: KI-gestützte TFA

A3 Ergänzung zum Vorgehensmodell

A3.1 Katalog der Verbesserungsziele

Tabelle A-4: Katalog der Verbesserungsziele (Teil 1)

Nr.	Verbesserungsziel	Beschreibung
1	Relevanz der Suchergebnisse steigern	Steigerung der Relevanz der Suchergebnisse für neue Technologien durch bessere Strukturierung der Suche und eine systematische Ableitung von Suchfeldern.
2	Effizienz der Analyse und Filterung erhöhen	Verringerung des manuellen (Zeit-)Aufwands für die Analyse und Filterung von Informationen über neue Technologien, z. B. durch den Einsatz von Analyse-Tools.
3	Objektivität bei der Bewertung und Entscheidungsfindung erhöhen	Erhöhung der Objektivität durch Anwendung von Bewertungsmethoden und die Einbeziehung von datenbasierten Erkenntnissen reduzieren die subjektive Verzerrung.
4	Kommunikation und Transparenz verbessern	Durch eine gezielte Aufbereitung und Verbreitung der Erkenntnisse soll die Transparenz der Aktivitäten und letztlich auch die Nachvollziehbarkeit für weitere Stakeholder verbessert werden.
5	Interne Kollaboration stärken	Verstärkte Einbeziehung von Stakeholdern, um z. B. die Bewertung aus unterschiedlichen Perspektiven zu gewährleisten und so die Erkenntnisse auch im gesamten Unternehmen zu nutzen.
6	Informationsqualität erhöhen	Die Qualität der genutzten Informationen wird durch eine gezielte Auswahl der Informationsquellen und die Einbeziehung externer Experten zur Validierung der Informationen erhöht.
7	Verknüpfung mit den Unternehmenszielen verbessern	Die Aktivitäten der Technologiefrühaufklärung zahlen vermehrt auf die strategische Ausrichtung und die Ziele des Unternehmens ein.
8	Wissensmanagement verbessern	Die systematische Dokumentation und Speicherung des Technologiewissens verbessert das Wissensmanagement. Relevante Informationen sind leichter zugänglich.
9	Ergebnisverwertung verbessern	Eine verbesserte Entscheidungsfähigkeit führt zu einer effektiven Nutzung und Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in immer mehr Folgeprojekten. Dies erfordert eine Kultur, die den Umgang mit innovativen Technologien und neuen Ideen fördert und wertschätzt.
10	Langzeitplanung verbessern	Fokussierung der Beobachtung auf langfristige Entwicklungen und deren Abgleich z. B. mit Zukunftsbildern aus Szenarien.

Tabelle A-5: Katalog der Verbesserungsziele (Teil 2)

Nr.	Verbesserungsziel	Beschreibung
11	Systematisierung erhöhen	Prozesse, Aktivitäten und Methodeneinsatz sollen klaren Strukturen folgen und so zu mehr Konsistenz und Gesamteffizienz führen.
12	KI-Potenziale besser nutzen	Zur Optimierung bzw. Teilautomatisierung einzelner Aufgaben sollen KI-Methoden eingesetzt werden, um so die Möglichkeiten der Datenanalyse zu erweitern.
13	Perspektive erweitern	Um „über den Tellerrand“ zu blicken, ist es erforderlich den Fokus der Betrachtung über die Grenzen der eigenen Branche hinaus zu erweitern.
14	Kontinuität erhöhen	Etablierung einer kontinuierlichen und systematischen Beobachtung neuer Technologien, um der Schnelligkeit der technologischen Entwicklung Rechnung zu tragen.

A4 Validierungsfragebogen

Die nachfolgenden Ausschnitte zeigen den Fragenbogen für die Validierung der Nützlichkeit des Reifegradmodells aus der Anwenderperspektive. Dieser umfasst insgesamt

Das Reifegradmodell...		Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
R1	...hat einen angemessenen Detaillierungsgrad.	☐	☐	☐	☐
R2	...ist meiner Meinung nach durch die Handlungselemente und Handlungsfelder verständlich und sinnvoll strukturiert.	☐	☐	☐	☐
R3	...ist meiner Meinung nach vollständig.	☐	☐	☐	☐
R4	...zeigt logisch konsistente und nachvollziehbare Leistungsstufen.	☐	☐	☐	☐
R5	...zeigt die heutigen Anwendungsmöglichkeiten KI-basierter Ansätze für die Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R6	...adressiert die aktuellen Herausforderungen der Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R7	... ist leicht auf die individuelle Unternehmenssituation übertragbar.	☐	☐	☐	☐
R8	...erleichtert die Diskussion und Erfassung latenter Optimierungspotenziale für die eigene Technologiefrühaufklärung.	☐	☐	☐	☐
R9	...hilft bessere Entscheidungen zu treffen und verbessert hierdurch die Planung der Leistungssteigerung.	☐	☐	☐	☐

Bild A-32: Fragebogenteil zum Reifegradmodell

<i>Das Vorgehensmodell...</i>		Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
V1	...ist verständlich.	☐	☐	☐	☐
V2	...ist einfach zu durchlaufen bzw. anwendbar.	☐	☐	☐	☐
V3	...zeigt einen systematischen Weg zur Leistungssteigerung auf.	☐	☐	☐	☐
V4	...hilft das Reifegradmodell zielgerichtet einzusetzen.	☐	☐	☐	☐
V5	...unterstützt sinnvoll bei der systematischen Analyse des heutigen Stands und der Auswahl eines Zielreifegrads	☐	☐	☐	☐
V6	...unterstützt sinnvoll bei der Herleitung von geeigneten Maßnahmen zur Leistungssteigerung	☐	☐	☐	☐

Bild A-33: Fragebogenteil zum Vorgehensmodell

Abschließende Fragen

F1	Was hat Ihnen am Reifegradmodell besonders gut gefallen?
F2	Was hat Ihnen am Reifegradmodell weniger gut gefallen?
F3	Welche inhaltlichen Aspekte fehlen Ihrer Meinung nach bzw. was würde die Qualität der Modellinhalte erhöhen?

Bild A-34: Fragebogenteil für allgemeines Feedback

Erklärung zur Zitation von Inhalten aus studentischen Arbeiten

Ergänzung zu meinem Antrag auf Zulassung zur Promotion in der Fakultät für Maschinenbau der Universität Paderborn erkläre ich gemäß §11 der Promotionsordnung und unter Beachtung der Regelung zur Zitation studentischer Arbeiten:

Die von mir vorgelegte Dissertation habe ich selbstständig verfasst, und ich habe keine anderen als die dort angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Es sind keine Inhalte studentischen Ursprungs (studentische Arbeiten) in dieser Dissertation enthalten.

Paderborn, im Juli 2026

Kai F. Ellermann