

Marina Wall

Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung

Approach for a technology induced product and technology planning

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

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

Band 352 der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2016

ISSN (Print): 2195-5239

ISSN (Online): 2365-4422

ISBN: 978-3-942647-71-7

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: Marina Wall

Hersteller: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG
Druck Buch Verlag
Münster

Printed in Germany

Geleitwort

Das Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik. Unser generelles Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen im Informationszeitalter. Ein Schwerpunkt der Arbeiten am Heinz Nixdorf Institut ist die Strategische Planung von Produkten und Technologien im Kontext der industriellen Produktion.

Vor diesem Hintergrund hat Frau Wall eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung entwickelt. Die Systematik versetzt produzierende Unternehmen in die Lage, die Potentiale einer emergenten Technologie zu ermitteln und gleichermaßen den Transfer der Technologie in zukünftige Produkte sowie die Technologieweiterentwicklung integrativ und vorausschauend zu planen. Sie fügt sich in den Zyklus der Strategischen Planung des von uns propagierten 3-Zyklen-Modells der Produktentstehung ein.

Einzelne Bestandteile der Systematik wurden in mehreren Industrieprojekten entwickelt und erprobt. Eine umfängliche Validierung erfolgte im Rahmen zweier Forschungsverbundprojekte, die gemeinsam mit dem Direct Manufacturing Research Center der Universität Paderborn durchgeführt wurden. Gegenstand der Projekte war die Planung von Anwendungsmöglichkeiten und Erfolg versprechenden Weiterentwicklungen für Additive Manufacturing Technologien. Ausgehend von einer Technologieanalyse und -vorausschau werden die Potentiale der Technologie ermittelt. Hierfür wird der Grundgedanke der TRIZ-Logik (TRIZ als Theorie des erfinderischen Problemlösens) durch eine Umkehr adaptiert. Die so ermittelten Technologiepotentiale bilden die Grundlage für die Planung von Produkten und Weiterentwicklungen der Technologie. Resultierende Handlungsoptionen münden in eine Technology Push Strategie und werden für die Umsetzung in einer Roadmap operationalisiert. Die Resultate des Validierungsprojekts werden in der vorliegenden Arbeit in Auszügen und anonymisiert dargestellt.

Mit ihrer Arbeit hat Frau Wall einen wertvollen Beitrag zur strategischen Führung von Industrieunternehmen geleistet. Die Systematik zeichnet sich durch ihre Praxisrelevanz aus und fügt sich in das Instrumentarium zur Strategischen Produkt- und Technologieplanung des Heinz Nixdorf Instituts ein.

Paderborn, im Februar 2016

Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier

Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung

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

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl. Wirt. -Ing. Marina Wall
aus Marinowka

| | |
|----------------------|--|
| Tag des Kolloquiums: | 22. Dezember 2015 |
| Referent: | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier |
| Korreferent: | Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Warschat |

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktentstehung am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit in Forschungs- und Verbundprojekten.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für die großartige Ausbildung und die spannenden Projekte, durch die ich viele wertvolle Erfahrungen sammeln konnte. Vielen Dank für Ihr Vertrauen, die fachlichen Diskussionen und Anregungen sowie die stets konstruktive Kritik. Durch Sie habe ich mich nicht nur fachlich, sondern auch in der Persönlichkeit weiterentwickelt. In Summe blicke ich auf eine wunderbare Zeit zurück!

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Warschat vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Danke auch an die vielen Arbeitskolleginnen und -kollegen des Lehrstuhls für die gute Zusammenarbeit. Hervorheben möchte ich Stefan Peter, Yin Tan, Dr.-Ing. Christoph Peitz, Dr.-Ing. René Rübberke, Martin Kage, Dr.-Ing. Niklas Echterhoff, Dr.-Ing. Mareen Vaßholz sowie Dr.-Ing. Markus und Anne-Christin Lehner. Dr.-Ing. Oliver Köster danke ich, dass er mich als Studentin ausgebildet und damit die Weichen für meine Promotion gestellt hat. Es sei ebenso allen Studenten gedankt, die mich in der Promotionszeit als studentische Hilfskraft oder durch studentische Abschlussarbeiten unterstützt haben. Hervorheben möchte ich Axel Andraczek, Waldemar Wall, Kristin Bardehle, David Gense und Ann-Christin Rachuba.

Ebenso gilt mein Dank den Professoren, Partnern und Mitarbeitern des Direct Manufacturing Research Centers der Universität Paderborn für die vier Jahre lange Zusammenarbeit, das mir entgegengebrachte Vertrauen, die positiven Diskussionen und kritischen Anregungen. Hervorheben möchte ich Dr.-Ing. Eric Klemp, Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid, Silvia Monsheimer, William Gerry und Agnes Bagsik.

Meinem Vater Viktor, seiner Frau Olga, meinem Bruder Waldemar, meinen Schwiegereltern Valentina und Eduard sowie meiner Schwägerin und Freundin Nelli danke ich für die vielfältige Unterstützung. Ihr habt mich während der gesamten Zeit immer wieder ermutigt und bestärkt; viele für mich wertvolle Erfahrungen wären ohne Euch nicht möglich gewesen.

Mein größter Dank gilt meinem Ehemann Eugen und meinem Sohn Maximilian. Vielen Dank für Eure verständnisvolle und geduldige Unterstützung während der gesamten Schaffenszeit. Ihr zwei habt mir immer den Rücken gestärkt. Eure motivierenden und liebevollen Worte und die Schaffung ausreichenden Freiraums machten diese Arbeit erst möglich: Ihr seid wunderbar! Euch widme ich diese Arbeit.

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

- [GEK+11] GAUSEMEIER, J; ECHTERHOFF, N; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Analysis of Promising Industries. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2011
- [GEK+12a] GAUSEMEIER, J; ECHTERHOFF, N; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Future Applications. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2012
- [GEK+12b] GAUSEMEIER, J; ECHTERHOFF, N; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Scenario-based Matching of Technology Push and Market Pull. In: Proceedings of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2012, March 15th-16th 2012, Berlin, 2012
- [GEW12] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; WALL, M.: Die Zukunft der additiven Fertigung vorausdenken – Szenario-basierter Abgleich von Technology Push und Market Pull. In: Elektronischer Tagungsband der Rapid.Tech 2012, 8.-9. Mai 2012, Erfurt, 2012
- [GWP+12] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; PEITZ, C.; ECHTERHOFF, N.: Technology Push Based Product Planning – Thinking ahead Future Markets for Emerging Technologies. In: The XXIII ISPIM Conference – Action for Innovation: Innovating from Experience, June 17th-20th 2012, Barcelona, 2012
- [KW12] KLEMP, E.; WALL, M.: Die Produktion von morgen – Additive Fertigungsverfahren im industriellen Einsatz. In: Digital Engineering Magazin, 4/12, WIN-Verlag, Vaterstetten, 2012, S. 22-23
- [WGP12] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PEITZ, C.: Technology Push-orientierte Produktplanung. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 6.-7. Dezember 2012, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 306, Paderborn, 2012, S. 375-397
- [GEW13] GAUSEMEIER, J; ECHTERHOFF, N; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Innovation Roadmapping of Required Advancements. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2013
- [GPW13] GAUSEMEIER, J.; PETER, S.; WALL, M.: Future-oriented Research Strategies for Additive Manufacturing. In: Elektronischer Tagungsband der Rapid.Tech 2013, 14.-15. Mai 2013, Erfurt, 2013
- [WGP13] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PEITZ, C.: Technology Push based product planning – future markets for emerging technologies. In: International Journal of Technology Marketing, Volume 8, No. 1, 2013, pp. 61-81
- [WPG13] WALL, M.; PETER, S.; GAUSEMEIER, J.: Bridging the Gap between Technology Push and Market Pull for Emerging Technologies. In: Proceedings of the 2013 International Association for Management of Technology Conference (IAMOT), April 14th-18th 2013, Porto Alegre, 2013
- [GWP13] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; PETER, S.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Exploring the Research Landscape. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2013
- [GW13] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.: Die Zukunft ist additiv. In: Industrieanzeiger, Konradin Medien-gruppe, Nr. 30, Jg. 130, 2013, S. 32-35
- [WGA13] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; ANDRACZEK, A. C.: Integrating TRIZ into Technology Push oriented Product Planning. In: HUIZINGH, K. R. E.; CONN, S.; TORKKELI, M.; BITRAN, I. (Eds.): Proceedings of the 6th ISPIM Innovation Symposium – Innovation in the Asian Century, December 8th-11th 2013, Melbourne, 2013
- [GKW+14] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; KLEMP, E.; PETER, S.: White Spots for Additive Manufacturing Research Strategies. In: Proceedings of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2014, March 12th-13th 2014, Berlin, 2014

- [PGW14] PEITZ, C.; GAUSEMEIER, J.; WALL, M.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodell-Roadmaps. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. November 2014, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2014
- [WGP14] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PETER, S.: TRIZ-basierte Potentialfindung in technologie-induzierten Innovationsprozessen. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. Dezember 2014, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014, S. 95-123

Zusammenfassung

Die herausragende Innovationskraft Deutschlands führt zu neuen und faszinierenden Technologien, die Deutschland im internationalen Benchmark eine Spitzenposition, insbesondere im Maschinenbau und verwandten Branchen, verschaffen. Um diese Position in Zukunft zu halten, setzen Initiativen, wie die *Hightech-Strategie der Bundesregierung* oder *Horizon 2020* auf europäischer Ebene weiterhin auf Technologien. Sie bringen emergente Technologien hervor, die Potential für disruptive Innovationen bergen. Gleichzeitig sind diesen Technologien jedoch systemimmanente Technologierisiken und Marktunsicherheiten inhärent, bedingt durch unvollständiges Wissen bzgl. der Technologiepotentiale und potentieller Anwendungskontexte. Dieses unvollständige Wissen ist eine Herausforderung in der strategischen Planung. In diesem Kontext liefert diese Arbeit eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung.

Kern der Systematik sind ein Ordnungsrahmen und ein fünfphasiges Vorgehensmodell. Ersterer beschreibt eine Grundlogik der zu erarbeitenden Elemente, das Vorgehensmodell liefert einen Leitfaden zur Erarbeitung der Elemente. Eine Analyse und Vorausschau der technologischen Leistungsfähigkeit bilden die Basis für die Ableitung von Technologiepotentialen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Identifikation und Analyse von Anwendungsideen, um Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung abzuleiten. Die Ergebnisse werden in einer Technology Push Strategie konsolidiert, deren zeitliche Umsetzung in einer Roadmap geplant wird. Die Validierung der Systematik am Beispiel von Additive Manufacturing zeigt die Praxistauglichkeit der Systematik.

Summary

Germany's outstanding innovation performance leads to new, fascinating technologies. Thus, Germany has established a globally leading position, especially in mechanical engineering and other related industries. Initiatives such as the *High-Tech Strategy* of the Federal Government or *Horizon 2020* at the European level emphasize the role of technologies to maintain this outstanding position in the future. From these initiatives, technologies with high potential for disruptive innovations are emerging. Concurrently, these technologies bring along technological risks and market uncertainties, mainly due to incomplete knowledge regarding technological potentials and conceivable applications. For strategic planning, this incomplete knowledge is challenging. In this context, this thesis provides an approach for technology-induced product and technology planning.

The core of the approach is a framework, combined with a five-phase procedure, respectively representing a basic logic of the elements to be elaborated and a guideline for their elaboration. An analysis and anticipation of the technological performance serve as a basis for the derivation of technological potentials. To deduce options for the product and technology development, application ideas are identified and analyzed. All results are consolidated to a technology push strategy and a roadmap, describing when and how to develop products and technology. The validation of the approach shows its practicability.

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|--------------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Problematik | 1 |
| 1.2 Zielsetzung..... | 3 |
| 1.3 Vorgehensweise..... | 4 |
| 2 Problemanalyse | 7 |
| 2.1 Begriffsabgrenzungen und Terminologie..... | 7 |
| 2.1.1 Idee, Invention, Innovation..... | 7 |
| 2.1.2 Theorie, Technologie, Technik..... | 9 |
| 2.1.3 Markt, Marktsegment, Marktleistung..... | 11 |
| 2.1.4 Markt- vs. technologie-induziert..... | 12 |
| 2.1.5 Technologische Leistungsfähigkeit und Technologiepotentiale | 14 |
| 2.1.6 Strategische Planung..... | 19 |
| 2.2 Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER ET AL. | 19 |
| 2.3 Strategisches Management..... | 22 |
| 2.3.1 Prozess der strategischen Führung..... | 22 |
| 2.3.2 Abgrenzung Technologie-, FuE- und Innovationsmanagement.... | 23 |
| 2.3.3 Einordnung der Systematik..... | 25 |
| 2.4 Technologie-induziertes Innovationsmanagement..... | 25 |
| 2.4.1 Modelle des technologie-induzierten Innovationsmanagements .. | 25 |
| 2.4.2 Herausforderungen des technologie-induzierten Innovationsmanagements..... | 28 |
| 2.4.3 Erfolgsfaktoren im technologie-induzierten Innovationsmanagement | 31 |
| 2.4.4 Verbundprojekte: Strategische Planung von Additive Manufacturing Technologien | 33 |
| 2.5 Anforderungen an die Systematik | 34 |
| 2.5.1 Allgemeine Anforderungen | 34 |
| 2.5.2 Anforderungen an die strukturierte Abbildung von Technologiepotentialen..... | 35 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.5.3 | Anforderungen an die Ermittlung technologie-induzierter Marktleistungen | 35 |
| 2.5.4 | Anforderungen an die Planung von Handlungsoptionen..... | 36 |
| 3 | Stand der Technik | 37 |
| 3.1 | Ansätze zur Analyse von Technologien | 37 |
| 3.1.1 | Funktionenanalyse gemäß der VDI-Richtlinie 2803..... | 37 |
| 3.1.2 | CONSENS – Integrative Spezifikation von Produkt- und Produktionssystemkonzepten nach GAUSEMEIER ET AL. | 39 |
| 3.1.3 | TRIZ – Theorie des erfinderischen Problemlösens..... | 43 |
| 3.1.3.1 | Die Ideale Maschine (IFR Ideal Final Result)..... | 43 |
| 3.1.3.2 | Die TRIZ-Logik | 44 |
| 3.1.3.3 | Evolutionswege technischer Systeme der TRIZ..... | 44 |
| 3.1.3.4 | Widerspruchsmatrix und Innovationsprinzipien | 46 |
| 3.1.4 | Allgemeine Ansätze zur Analyse von Technologien | 48 |
| 3.2 | Ansätze zur Vorausschau | 49 |
| 3.2.1 | Evolutionspotential-Konzept nach MANN..... | 49 |
| 3.2.2 | Technologie-Roadmapping nach SPECHT/BEHRENS..... | 52 |
| 3.2.3 | Szenario-Management nach GAUSEMEIER ET AL..... | 54 |
| 3.2.4 | Delphi-Methode | 56 |
| 3.3 | Ansätze zur Generierung und Bewertung von Optionen | 57 |
| 3.3.1 | Systematisches Ideenmanagement..... | 58 |
| 3.3.2 | Lead-User Ansätze | 62 |
| 3.3.3 | Blue Ocean Ansatz nach KIM/MAUBORGNE..... | 65 |
| 3.3.4 | Quality Function Deployment..... | 66 |
| 3.3.5 | Marktsegmentierung nach LEHNER | 68 |
| 3.3.6 | Portfolio-Analysen..... | 70 |
| 3.3.7 | Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten nach RUMMEL ET AL. | 71 |
| 3.4 | Ansätze zur integrierten Planung von Produkten und Technologien .. | 73 |
| 3.4.1 | Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO | 73 |
| 3.4.2 | Technology Application Selection nach LARSEN ET AL..... | 76 |
| 3.4.3 | Verwertungsoptimierte Technologieentwicklung nach SPUR ET AL..... | 77 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.4.4 | Dimensional Search nach MACMILLAN/MCGRATH..... | 79 |
| 3.4.5 | Integrative, prognosebasierte Technologieplanung nach GOMERINGER..... | 82 |
| 3.4.6 | Funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung nach HEUBACH..... | 84 |
| 3.4.7 | Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps nach VIENENKÖTTER | 86 |
| 3.4.8 | Integrierte informationstechnische Unterstützung des Innovationsmanagements nach IHMELS | 89 |
| 3.4.9 | Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien nach BRINK..... | 90 |
| 3.4.10 | Management Framework für die Entwicklung einer Cross-Industry- Innovationen Suchstrategie und zweistufiger Cross-Industry- Innovationen Suchprozess nach BRUNSWICKER ET AL. | 92 |
| 3.4.11 | Identifizierung und Nutzung unternehmensspezifischer Technologiepotentiale nach PELZER | 95 |
| 3.5 | Handlungsbedarf..... | 97 |
| 4 | Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung | 101 |
| 4.1 | Technologieanalyse und -vorausschau | 106 |
| 4.1.1 | Auftrag spezifizieren | 106 |
| 4.1.2 | Produktionstechnologische Rahmenbedingungen ermitteln | 108 |
| 4.1.3 | Produkttechnologie spezifizieren | 109 |
| 4.1.4 | Zukünftige Rahmenbedingungen vorausdenken | 112 |
| 4.1.5 | Zukünftige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie antizipieren | 115 |
| 4.2 | Technologiepotentialfindung | 118 |
| 4.2.1 | Produktionstechnologische Potentiale ermitteln | 118 |
| 4.2.2 | Produkttechnologie abstrahieren | 120 |
| 4.2.3 | Abstrakte Probleme identifizieren | 122 |
| 4.2.4 | Potentiale der Produkttechnologie ableiten | 124 |
| 4.3 | Identifikation von Anwendungskontexten | 128 |
| 4.3.1 | Innovationsfelder ermitteln und analysieren | 128 |
| 4.3.2 | Innovationsfelder priorisieren..... | 133 |
| 4.3.3 | Zukünftige Einflüsse in den Innovationsfeldern ermitteln..... | 137 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3.4 | Anwendungsideen generieren, priorisieren, dokumentieren | 143 |
| 4.3.4.1 | Rahmenbedingungen schaffen | 143 |
| 4.3.4.2 | Erste Runde der Ideenfindung | 147 |
| 4.3.4.3 | Zweite Runde der Ideenfindung | 149 |
| 4.3.4.4 | Dritte Runde der Ideenfindung | 149 |
| 4.4 | Ermittlung von Handlungsoptionen | 152 |
| 4.4.1 | Anwendungsideen analysieren | 152 |
| 4.4.2 | Anwendungssegmente und Technologieprofile ermitteln | 155 |
| 4.4.3 | Technologieprofile bewerten | 162 |
| 4.4.4 | Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung ableiten | 163 |
| 4.5 | Erarbeitung einer Technology Push Strategie | 166 |
| 4.5.1 | Vision für Produkt- und Technologieentwicklung formulieren | 166 |
| 4.5.2 | Strategieumsetzung planen | 167 |
| 4.5.2.1 | Einflüsse analysieren | 168 |
| 4.5.2.2 | Technology Push Roadmap erstellen | 169 |
| 4.5.3 | Technology Push Strategie beschreiben | 172 |
| 4.6 | Allgemeine Ergänzungen zur Systematik | 173 |
| 4.6.1 | Strategieumsetzung: Controlling-Prozess etablieren | 173 |
| 4.6.2 | Prozessgestaltung: „Probing and Learning from the Probes“ | 174 |
| 4.6.3 | Schnittstellen zu ergänzenden Systematiken | 175 |
| 4.7 | Kritische Bewertung der Systematik | 176 |
| 4.7.1 | Kritische Beurteilung: Erfahrungen aus Validierungsprojekten ... | 176 |
| 4.7.2 | Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen | 177 |
| 5 | Zusammenfassung und Ausblick | 181 |
| 6 | Abkürzungsverzeichnis | 185 |
| 7 | Literaturverzeichnis | 189 |

Anhang

| | | |
|----|--|------|
| A1 | Technologiepotentialfindung | A-1 |
| A2 | Innovationsfelder für Technologienutzer suchen und analysieren | A-7 |
| A3 | SIAM-Theorie | A-9 |
| A4 | Gegenüberstellung Problem- und Lösungsraum | A-11 |
| A5 | Kriterien zur Bewertung von Technologieprofilen | A-13 |
| A6 | Einflussanalyse..... | A-15 |

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit entstand am HEINZ NIXDORF INSTITUT im Rahmen zweier Forschungsverbundprojekte, die gemeinsam mit dem DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER der Universität Paderborn durchgeführt wurden. Gegenstand der Projekte ist die Planung von Anwendungsmöglichkeiten und Erfolg versprechenden Weiterentwicklungen für Additive Manufacturing Technologien. In diesem Kontext liefert diese Arbeit eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung. Die Systematik ist für den Einsatz in Unternehmen des Maschinenbaus und verwandter Branchen geeignet. In Abschnitt 1.1 wird die Problematik im Kontext einer technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung beschrieben. In Abschnitt 1.2 wird die resultierende Zielsetzung der Arbeit spezifiziert. Abschnitt 1.3 gibt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit.

1.1 Problematik

Wertschöpfung schafft Wachstum schafft Wohlstand. Das Fundament dieser Kausalkette bilden Wissen und die Fähigkeit, mit dem Wissen Ideen zu schaffen und diese in nachhaltig erfolgreiche Marktleistungen umzusetzen – die *Fähigkeit, Innovationen hervorzu- bringen* [BD14, S. 8], [BMBF14, S. 17]. Die Innovationsfähigkeit Deutschlands ist im internationalen Innovationsbenchmark stark [SWR+12, S. 3], [BD14, S. 8]. Umfassendes Technologiewissen bildet den Kern und ist das Ergebnis einer beachtlichen Investitionsleistung deutscher Unternehmen – so wurden in 2012 ca. 54 Mrd. Euro in Forschung und Entwicklung investiert [BMBF14, S. 19]; bei Patentanmeldungen sowie bei Exporten von forschungsintensiven Gütern belegt Deutschland einen Spitzenplatz [BMBF14, S. 17].

Angesichts des globalen Wettbewerbs und der zunehmenden technischen Vernetzung ist in Deutschland jedoch ein *Strukturwandel hin zu Hochtechnologiebranchen und wissensintensiven Dienstleistungen* notwendig, um das Erreichte zu bewahren und auszubauen. Allein mit hervorragendem Technologiewissen ist der anstehende Strukturwandel jedoch nicht zu stemmen [BD14, S. 8]. Zudem ist die Innovationsleistung insbesondere in großen Unternehmen allokiert – mit einem Fokus auf einige wenige Branchen [BD14, S. 8]. Es mangelt an einem breiten Transfer des Technologiewissens in zukünftige Marktleistungen. An dieser Problematik setzen zahlreiche Initiativen an, so z.B. die *Hightech-Strategie* der Bundesregierung und die EU-Initiative *Horizon 2020*, mit dem Ziel, Schlüsseltechnologien noch erfolgreicher in Produkte, Dienstleistungen und Verfahren zu transferieren [BMBF14, S. 27], [BMBF14, S. 394]. Technologien sind und bleiben Innovationsmotor. Unternehmen, die ihre Technologien kontinuierlich weiterentwickeln, gehören zu sog. *Outperformern* [BSP12, S. 11].

Insbesondere **emergente¹ bzw. aufstrebende Technologien** zeichnen sich durch ein hohes Potential für radikale Innovationen aus [DS00a, S. vi], [Chr97, S. 14f.], [BM04, S. 384]. SCHUMPETER beschrieb bereits im Jahr 1934 den technologischen Fortschritt als Quelle der kreativen Zerstörung – in der Form, dass Monopole aufgelöst und neue Industrien geschaffen werden [Wol91, S. 46], [Por83, S. 1], [Sch39, S. 84]. Ein Paradebeispiel der heutigen Zeit ist der Wandel von der Mechatronik hin zu Intelligenten Technischen Systemen, beschrieben durch Phänomene wie „*Things that Think*“, „*Cyber-Physical Systems*“ und „*Industrie 4.0*“ [DAG13, S. 112], [Vas15, S. 5]. Dass Unternehmen in der Kommerzialisierung emergenter Technologien scheitern, liegt an systemimmanenten Risiken der Technologie selbst sowie in Marktunsicherheiten, wie nachfolgend erläutert wird [HL04, S. 3], [Tri00, S. 185], [DS00b, S. 4ff.].

Systemimmanente Technologierisiken: Neue bzw. emergente Technologien sind Chance und Herausforderung zugleich. Auf der einen Seite stellen Technologien potentielle Lösungen für Probleme dar, auf der anderen Seite ist die Leistungsfähigkeit dieser Technologien oftmals nicht vollumfänglich verstanden [AU09, S. 254], [DS00b, S. 5]. Es mangelt an fundiertem Know-how über technische Zusammenhänge sowie Erfahrungswerten für den Einsatz [DS00b, S. 5], [RCP+11, S. 10], [BCW09, S. 733]. Nicht zuletzt ist damit das Geschäftspotential der Technologie nicht ohne weiteres erkennbar, sodass auch keine konkreten Entwicklungsstoßrichtungen vorgegeben und Kompetenzen geplant werden können [DS00b, S. 5]. Die Suche nach Anwendungsmöglichkeiten ist schwierig, da für konventionelle Marktforschungsansätze keine ausreichend fundierte Informationsbasis besteht [Chr97, S. 14ff.], [Day00, S. 127], [LMP96, S. 13f.]. Es besteht daher Handlungsbedarf bei Methoden der Technologieanalyse und Technologievorschau, um das zukünftige Potential emergenter Technologien mit einer sinnvollen Informationsbasis herleiten zu können.

Marktunsicherheiten: Bei emergenten Technologien geht es um das Zusammenbringen von Technologie und Anwendung – also von Lösung und adressierbaren Problemen. Der Transfer von Schlüsseltechnologien in neue Produkte, Dienstleistungen und Verfahren ist jedoch keine triviale Aufgabe. Denn: Der Markt für emergente Technologien ist spekulativ, der Zugang zu potentiellen Märkten explorativ, die Wettbewerbsstruktur unausgereift und das Marktwissen knapp [DS00b, S. 5]. Es existieren keine Referenzen, keine Erfahrungswerte. Die richtigen Anwendungen und die korrespondierende Technologieleistungsfähigkeit zu finden, ist die erste Herausforderung; die zweite ist die erfolgreiche Positionierung mit Produkt und Technologie im Markt. Das geht vor allem dann, wenn Technologien und Produkte integrativ entwickelt werden – wenn Lösung und Problem verknüpft werden. Beispiele, dass dies nicht immer gelingt, lassen sich zahlreich finden, z.B. der Computer: eine Invention von ZUSE in 1941 in Deutschland, eine Innovation

¹ Emergente Technologien sind in der Forschung/Wissenschaft (noch nicht vollständig) entwickelte Technologien; Wissen bzgl. dieser Technologien ist i.d.R. unvollständig. Es wird zwischen einer diskontinuierlichen und evolutionären Emergenz unterschieden. Diskontinuierlich emergente Technologien gehen aus der Wissenschaft als eine radikale Erfindung hervor; demgegenüber emergieren Technologien evolutionär bedingt durch eine Konvergenz verschiedener Forschungsströme [DS00, S. 2].

einige Jahre später in den USA [SWR+12, S. 5]. Es resultiert daher Handlungsbedarf in der methodischen Identifikation von Anwendungen und der Synchronisation von Technologie- und Produktentwicklung in der frühen Phase technologie-induzierter Innovationsprozesse [BS09, S. 735], [SW08, S. 8ff.], [HS07, S. 7], [SW85, S. 29].

Die genannten Risiken werden in der vorliegenden Arbeit aus drei Perspektiven betrachtet. (1) In den frühen Phasen der **Produktentstehung** erfolgt die Strategische Produkt- und Technologieplanung. Es geht um die Fragen: Wie können zukünftige, alternative Leistungsfähigkeiten und Potentiale einer (emergenten) Technologie antizipiert werden? Und wie kann eine Informationsbasis für die Suche nach Anwendungsmöglichkeiten geschaffen werden? (2) In der Perspektive **Strategisches Management** liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit auf der langfristigen Ausrichtung und Planung der Entwicklung von (emergenten) Technologien. Vor dem Hintergrund der Risiken stellt sich hierbei die Frage: Wie kann eine Strategie zur Produkt- und Technologieentwicklung entwickelt werden? Wie sollte die Strategieumsetzung gestaltet werden? (3) Die dritte Perspektive ist das **technologie-induzierte Innovationsmanagement**. Die Forschungsfrage lautet: Wie kann die Synchronisation von technologie-induzierter Produkt- und Technologieentwicklung gestaltet werden? In Kapitel 2 werden die drei Perspektiven im Detail diskutiert.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine **Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung**. Sie adressiert die frühe Phase technologie-induzierter Innovationsprozesse und richtet sich damit an Innovationsmanagement und Business Development Teams sowie an Entscheider, die an der zukünftigen Ausrichtung technologie-orientierter Unternehmen beteiligt sind. Die Systematik soll dazu befähigen, Potentiale emergenter Technologien zu ermitteln und gleichermaßen Handlungsoptionen für das zukünftige Geschäft abzuleiten. Es werden drei Schwerpunkte gesetzt.

Der erste Schwerpunkt liegt auf der **strukturierten Abbildung von Technologiepotentialen**, um eine Informationsbasis für die Suche nach Anwendungsideen zu schaffen. Hierbei soll das Verständnis für die zur Verfügung stehende Lösung, also für die Leistungsfähigkeit und die Potentiale einer emergenten Technologie entwickelt werden. Vor dem Hintergrund der Dynamik von Technologien sind alternative Technologieentwicklungen zu berücksichtigen. Die Ermittlung von Technologiepotentialen soll in Abhängigkeit des vorhandenen Wissens gestaltet werden.

Den zweiten Schwerpunkt bildet die **Ermittlung technologie-induzierter Marktleistungen**. Technologie-induzierte Marktleistungen versprechen nur dann einen Erfolg, wenn sie Bedürfnisse adressieren bzw. Probleme lösen. Kern ist also die Identifikation von Problemen, die in Kongruenz zu der zur Verfügung stehenden Technologie (Lösung) stehen. Hierzu sind Ideen für Anwendungskontexte zu entwickeln. Für die Ableitung zukünftiger Chancen und Risiken für die Technologie im Anwendungskontext sind zukünftige Anforderungen aus den Anwendungskontexten zu ermitteln.

Der dritte Schwerpunkt ist die Unterstützung bei der **Planung und Auswahl von Handlungsoptionen sowie die Operationalisierung** der Handlungsoptionen. Es sind Maßnahmen zur Umsetzung zu definieren.

Die Systematik soll einen Ordnungsrahmen und ein Vorgehensmodell umfassen. Der Ordnungsrahmen repräsentiert eine Grundlogik zur Abbildung zusammenhängender Elemente (Technologie, Anwendungskontexte, Anforderungen etc.), er strukturiert und verknüpft die zu erarbeitenden Ergebnisse. Im Vorgehensmodell sind die Schritte, Aufgaben, Methoden und Werkzeuge für die Erarbeitung der Elemente darzustellen. Als Ergebnis liefert die Systematik eine Entscheidungsgrundlage zur Auswahl potentieller Anwendungen für den Einsatz der betrachteten Technologie und zur Ableitung dazu kongruenter Weiterentwicklungsrichtungen der Technologie, konsolidiert in einer Technology Push Strategie.

1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in fünf Kapitel. In **Kapitel 2** wird die in Abschnitt 1.1 skizzierte Problematik präzisiert. Hierfür erfolgt eine Definition und Abgrenzung relevanter Begriffe. Im Anschluss wird eine Einordnung der zu entwickelnden Systematik in die Handlungsfelder Produktentstehungsprozess, Strategisches Management und technologie-induziertes Innovationsmanagement vorgenommen. In diesem Kontext werden Herausforderungen und Erfolgsfaktoren technologie-induzierten Innovationsmanagements ausgearbeitet, um zuletzt Anforderungen an die Systematik zu formulieren.

In **Kapitel 3** wird der Stand der Technik diskutiert. Es werden Ansätze vorgestellt, die die Thematik der Arbeit adressieren bzw. sich für die Erfüllung der formulierten Anforderungen eignen. (1) Zuerst werden Ansätze zur Technologieanalyse beschrieben. (2) Da strategische Weitsicht die Chance erhöht, einen Wettbewerbsvorsprung zu realisieren, werden ferner Ansätze der Vorausschau vorgestellt. (3) In der frühen Phase eines Innovationsprozesses ist das Denken in Alternativen explizit gewünscht; entsprechende Ansätze zur Generierung von Optionen werden ebenfalls in diesem Kapitel skizziert. Um die Ergebnisse der Produkt- und Technologieplanung bewerten und Erfolg versprechende Handlungsoptionen aufzeigen zu können, werden darüber hinaus Bewertungsansätze diskutiert. (4) Zudem werden umfassende Ansätze der integrierten Produkt- und Technologieplanung vorgestellt. Zuletzt werden alle dargestellten Ansätze hinsichtlich der in Kapitel 2 formulierten Anforderungen evaluiert.

Kapitel 4 stellt die Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung dar, exemplarisch angewendet für Additive Manufacturing Technologien. Die Abschnitte des Kapitels 4 thematisieren die einzelnen Phasen der Systematik. Abschließend erfolgt eine kritische Beurteilung der Systematik hinsichtlich der in Kapitel 2 formulierten Anforderungen.

Das abschließende **Kapitel 5** fasst die wesentlichen Inhalte der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftigen Forschungsbedarf im Kontext der technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung.

Das wissenschaftliche Vorgehen in dieser Arbeit orientiert sich an den schriftlich formulierten Richtlinien des Lehrstuhls für Produktentstehung des HEINZ NIXDORF INSTITUTS und der Fakultät für Maschinenbau der UNIVERSITÄT PADERBORN. Als Referenzen der Umsetzung des wissenschaftlichen Arbeitens wurden bestehende erfolgreiche Dissertationen des genannten Lehrstuhls herangezogen (Stand: Ende 2014).

2 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung. Auf Basis der Problematik in Abschnitt 1.1 wird in Abschnitt 2.1 die Definition relevanter Begriffe vorgenommen. In den Abschnitten 2.2 und 2.3 erfolgt eine Einordnung der vorliegenden Arbeit in den Prozess der Produktentstehung und in das Strategische Management. Grundlage für die zu entwickelnde Systematik bildet das technologie-induzierte Innovationsmanagement. Modelle, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren des technologie-induzierten Innovationsmanagements sind Gegenstand von Abschnitt 2.4. Basierend auf den Abschnitten 2.1 bis 2.4 werden in Abschnitt 2.5 Anforderungen an die Systematik abgeleitet.

2.1 Begriffsabgrenzungen und Terminologie

In den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.6 werden die im Kontext dieser Arbeit relevanten Begriffe diskutiert und definiert. Es wird dabei kein Anspruch auf eine vollständige Diskussion der Literatur erhoben; es soll vielmehr ein einheitliches Verständnis für die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe geschaffen werden.

2.1.1 Idee, Invention, Innovation

Unternehmerischer Erfolg erfordert Wettbewerbsvorsprung erfordert Innovationen. Die Realisierung von Innovationen ist als Prozess der *Ideenfindung plus Ideenrealisierung plus Durchsetzung im Markt* zu verstehen [SW85, S. 12]. Den Ausgangspunkt bildet also eine Idee, deren technische Realisierung in eine Invention mündet [Haß83, S. 16], [Bul94, S. 35]. Eine **Idee** wird dabei als ein (schöpferischer) Gedanke und/oder ein guter Einfall verstanden [Dud15-ol]. Im Kontext der Produktentwicklung gilt eine Idee als *ein Lösungsansatz zu einem Problem oder zur Behebung eines unbefriedigenden Sachverhaltes* [Min01, S. 71]. Die (technische) Realisierung einer Idee, *neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder neue Kombinationen derselben* werden als **Invention** bezeichnet [Haß83, S. 16], [Bul94, S. 35], [BCW09, S. 2]. Inventionen, die i.d.R. materieller Natur sind und als Prototypen oder Funktionsmuster ausgelegt werden, können patentrechtlich abgesichert werden [Bul94, S. 35], [BCW09, S. 2]. Sie implizieren jedoch nicht zwangsläufig unternehmerischen Erfolg – erst bei einer erfolgreich etablierten Invention auf dem Markt spricht SCHUMPETER von einer **Innovation** [Sch47, S. 149f.]. Eine Innovation ist *der erstmalige wirtschaftliche Einsatz bzw. die erste wirtschaftliche Anwendung von Inventionen zur Erreichung von Unternehmenszielen* [Bul94, S. 35], [Per87, S. 11].

Auf Technologien beruhende Innovationen bezeichnet BULLINGER als technische² Innovationen [Bul94, S. 36]. Die Realisierung technischer Innovationen bedeutet, auf Technologien beruhende Erfindungen im Sinne von SCHUMPETER erfolgreich im Markt zu etablieren [GW11, S. 10].

Klassifizierung von Innovationen

Zur Differenzierung von Innovationen werden in der Literatur unterschiedliche Dimensionen verwendet. VAHS/BREM verwenden bspw. die vier Dimensionen *Gegenstandsreich*, *Auslöser*, *Neuheitsgrad* und *Veränderungsumfang* [VB13, S. 52f.].

- Der *Gegenstandsbereich* spezifiziert das Bezugsobjekt einer Innovation. Es werden bspw. Produkt- und Prozessinnovationen unterschieden [SW85, S. 14], [Bul94, S. 35f.], [VB13, S. 52], [HS07, S. 9]. Produktinnovationen sind nach THOM *neu entwickelte materielle und immaterielle Leistungen* [VB13, S. 53], [Tho80, S. 32ff.]. Prozessinnovationen beziehen sich auf Neuerungen in der Erstellung von Sach- und Dienstleistungen [Tho80, S. 35], [VB13, S. 56]. Dazu zählen bspw. neue Fertigungsprozesse. Innovationen dieser Art werden von Kunden oftmals nicht explizit wahrgenommen [SM02, S. 276].
- Die Dimension *Auslöser* spezifiziert die Ursache einer Innovation; es werden nachfrage- und angebotsinduzierte Innovationen, auch Pull und Push Innovationen genannt, unterschieden [VB13, S. 63f.].
- Über den *Neuheitsgrad* werden Innovationen in Basis-, Verbesserungs-, Anpassungs-, Imitations- und Scheininnovationen gegliedert [VB13, S.64ff.].
- Der *Veränderungsumfang* gibt an, ob durch eine Innovation eine inkrementelle oder radikale Veränderung realisiert wird [VB13, S. 67f.]. Inkrementelle Innovationen stellen eine Verbesserung bestehender Produkte dar; radikale Innovationen sind i.d.R. neue Produkte, die mit entsprechenden Veränderungen, wie z.B. Kundenverhalten, einhergehen [VB13, S. 67f.], [BCW09, S. 3].

In der Arbeit sollen jegliche Bezugsobjekte (*Gegenstandsbereiche*) von technologiebasierten Innovationen adressiert werden. Dabei wird die Planung technologie-induzierter Innovationen vorgenommen (vgl. Abschnitt 2.1.4). Die Dimensionen *Neuheitsgrad* und *Veränderungsumfang* sind für die Bewertung des Erfolgspotentials von Innovationen von Bedeutung.

² Es werden ferner methodische, finanzwirtschaftliche, administrative, soziale oder ökologische Innovation unterschieden (vgl. [Bul94, S. 35f.]).

2.1.2 Theorie, Technologie, Technik

Für den Hightech-Standort Deutschland sind technologische Innovationen *Triebkräfte des ökonomischen Systems* [Spu06, S. 9]. Es ist offensichtlich, dass Technologien im deutschen Innovationsgeschehen eine Schlüsselrolle einnehmen – ebenso für die in dieser Arbeit zu entwickelnde Systematik. Ein einheitliches Verständnis für den Begriff Technologie hat sich bis dato in der Literatur nicht etabliert. Gleiches gilt für die Abgrenzung des Begriffs Technologie zu den Begriffen Theorie und Technik. Im Folgenden wird eine exemplarische Abgrenzung vorgenommen, vgl. Bild 2-1.

STÄHLIN definiert **Theorie** als zueinander in Verbindung stehende wissenschaftliche Hypothesen. Theorien treffen Ursache-Wirkungs-Aussagen und tragen dazu bei, die Realität bzw. Situationen, für die sie gelten, zu erklären [Stä73, S. 82], [HS11, S. 85]. Für die Problemlösung bedarf es allerdings technologischer Ziel-Mittel-Aussagen; letztere sind Ergebnisse einer Transformation der Ursache-Wirkungs-Aussagen. Ursache-Wirkungs-Aussagen (Theorien) werden durch die Technologieentwicklung in Ziel-Mittel-Aussagen (Technologien) überführt, die sich auf Probleme anwenden lassen [Stä73, S. 82], [SM02, S. 330]. Nach BULLINGER wird **Technologie** als anwendungsbezogenes *Wissen um naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge* definiert [Bul94, S. 33f.]. Diese Zusammenhänge beinhalten das Wissen für das Lösen technischer Probleme [Bul94, S. 33]; damit stellt die Technologie die spezifische Wissensbasis für die Entwicklung potentieller Verfahren und Produkte dar [Pei92, S. 35]. **Technik** bezeichnet gemäß der griechischen Bedeutung (abgeleitet von *technikós*) das Wesen zur Ausübung einer Kunst oder Wissenschaft. Technik ist damit die Materialisierung der Technologie, also die *auf die Lösung bestimmter praktischer Probleme ausgerichtete Anwendung von Technologien* [Ger05, S. 17f.], [Wol91, S.4], [SM02, S. 328].

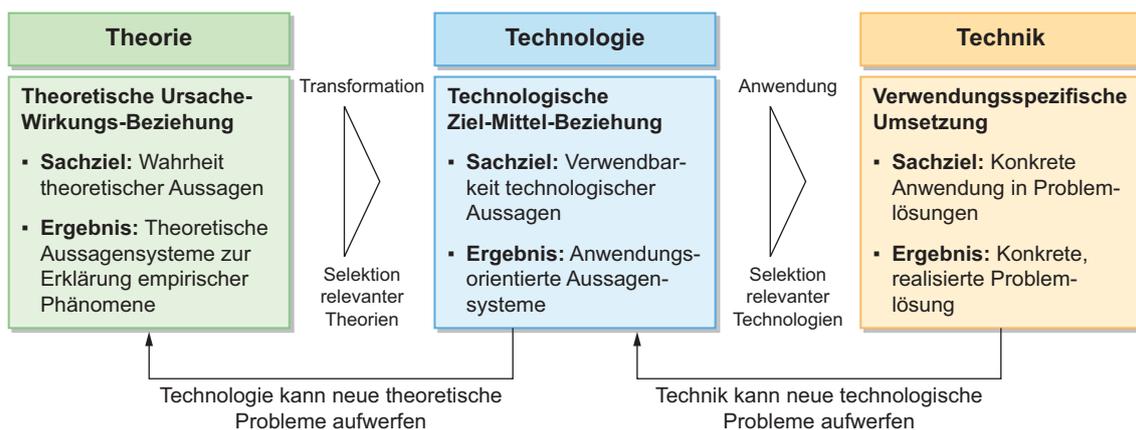


Bild 2-1 Traditionelles Technologieverständnis: Beziehung zwischen Theorie, Technologie und Technik nach [HS11, S. 85]

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird keine Abgrenzung von Technologie und Technik vorgenommen; *Technologie* wird umfassend für beide Begriffe verwendet, vgl. Bild 2-2 [SM02, S. 331], [MI08, S. 6]. Gleiches gilt für die Begriffe *technology* und *technique* in

der anglo-amerikanischen Literatur [Abe06, S. 25], [Pel99, S. 8], [BK96, S. 91]. Das integrative Begriffsverständnis ist zunehmend auch in der deutschen Literatur verbreitet. Technologien sind *spezifische Kenntnisse, Fertigkeiten, Methoden und Einrichtungen* zur konkreten, praktischen Anwendung des Wissens [Tsc90, S. 9], [BK96, S. 91f.]. Technologie stellt eine Lösung dar [Vie07, S. 90]. *A technology in this sense is a form of solution to the customer's problem* [Abe80, S. 172].

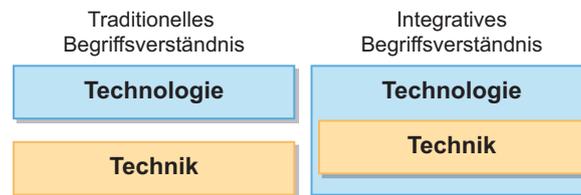


Bild 2-2 Traditionelles und integriertes Begriffsverständnis von Technologie und Technik [BK96, S. 92], [SKS+11, S. 34]

Für die in dieser Arbeit zu entwickelnde Systematik ist eine Unterscheidung in Technologie und Technik nicht erforderlich; daher wird dem integrativen Begriffsverständnis gefolgt. Technologie wird als eine Lösung verstanden. Für das Verständnis der Arbeit ist ferner die Klassifizierung von Technologien entscheidend.

Klassifizierung von Technologien nach Einsatzgebiet

Eine gängige Einteilung klassifiziert Technologien nach Einsatzgebiet. Hierbei werden *Produkt-, Produktions-, Material- und Informationstechnologien* unterschieden (vgl. [SKO11, S. 187], [SM02, S. 237], [PBF+07, S. 109], [For88, S. 85]). Diese Klassifizierung wird für die zu entwickelnde Systematik verwendet, vgl. Bild 2-3³.

Produkttechnologien werden direkt in Produkten eingesetzt, um dem Produkt definierte Eigenschaften zu verleihen [SKO11, S. 187]. *Produkttechnologien sind alternative Wege, auf denen ein bestimmter Produktnutzen geschaffen werden kann.* Ein spezifischer Produktnutzen kann oftmals durch den Einsatz alternativer Produkttechnologien generiert werden; spezifische Teilnutzen *können nur durch bestimmte Produkttechnologien erfüllt werden* [Wil85, S. 32], [Day81, S. 282], [Abe80, S. 14f.]. Im Verständnis dieser Arbeit erfüllt eine Produkttechnologie eine/mehrere Funktion/Funktionen in einem Produkt.

Bei **Produktionstechnologien** steht die Technologiewirkung im Fokus [SM02, S. 237]. Produktionstechnologien dienen der Realisierung von Produkttechnologien; damit sind sie nicht Bestandteil der verkauften Leistung, sondern dienen der Leistungserstellung [SKO11, S. 187], [PBF+07, S. 109], [Ger05, S. 26]. Synonym werden sie als Prozesstechnologien oder Fertigungstechnologien bezeichnet [SKO11, S. 187], [SM02, S. 237], [PBF+07, S. 109]. In dieser Arbeit wird der Begriff Produktionstechnologie verwendet.

³ Weitere Kriterien zur Klassifizierung von Technologien sind bspw. Einsatzgebiet und Lebenszyklusphase [Ger05, S. 26f.], [SKS+11, S. 35], [Gom07, S. 26f.]. Für jede Technologiekategorie stehen wiederum detaillierte Klassifikationen zur Verfügung. Die DIN-Norm 8580 bietet z.B. eine detaillierte Klassifizierung von Fertigungstechnologien [DIN8580].

SPECHT/MÖHRLE sprechen von einer zweifachen **Dualität von Produkt- und Produktionstechnologien**. Zum einen stehen Produkt- und Produktionstechnologien in einer starken Wechselwirkung, d.h. der Einsatz der Produktionstechnologie wird durch die ausgewählte Produkttechnologie determiniert. Zum anderen kann – je nach Unternehmen – die ein und dieselbe Technologie eine Produkt- oder Produktionstechnologie darstellen [SM02, S. 237]. Ein Anbieter einer Werkzeugmaschine versteht die Technologie als Produkttechnologie, während ein Anwender der Werkzeugmaschine diese als Produktionstechnologie betrachtet [SKO11, S. 187].

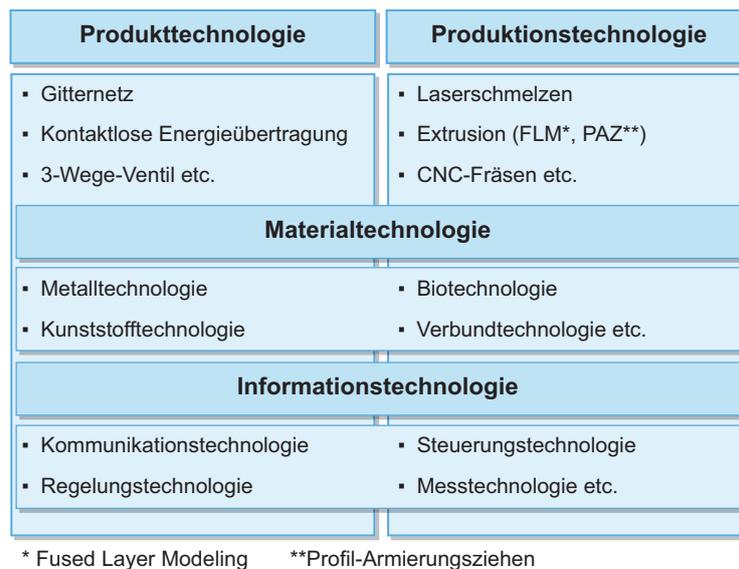


Bild 2-3 Klassifizierung von Technologien nach Einsatzgebiet [SKO11, S. 187], [SKS+11, S. 35], [Ger05, S. 26f.]

Material- und Informationstechnologien besitzen keine eigene Planungsebene; sie werden je nach Anwendungszweck Produkt- oder Produktionstechnologien zugeordnet, vgl. Bild 2-3. CAD-Lösungen werden bspw. den Produktionstechnologien zugeordnet, da diese der Entwicklung bzw. Herstellung von Produkten dienen. Eine Software zur Steuerung von Werkzeugmaschinen erfüllt wiederum Funktionen in der Werkzeugmaschine als Produkt; daher kann sie Produkttechnologien zugeordnet werden [SKO11, S. 187].

2.1.3 Markt, Marktsegment, Marktleistung

Innovationen erfordern einen Markt. Grundsätzlich entsteht ein **Markt** durch das Zusammenkommen von Angebot und Nachfrage, also wenn Anbieter und Nachfrager zusammentreffen [SM02, S. 173]. ABELL definiert *Markt* mittels der drei Dimensionen *Technologie*, *Kundengruppe* und *Funktion(-alität)*. Die Technologie bildet die Basis für die beim Kunden zu erfüllende Funktion(-alität). Eine **Marktleistung** (engl. *product*) verkörpert diese Funktionalitäten [Abe80, S. 197], [Day81, S. 282]. Sie ist das Angebot in Form einer reinen Sachleistung, einer Dienstleistung oder einer Kombination aus beiden (hybrides Leistungsbündel) [Sto10, S. 14], [MU12, S. 1ff.]. Eine spezifische Marktleistung

adressiert Bedürfnisse bzw. Probleme einer definierten Kundengruppe; derartige homogene Kundengruppen bilden ein Marktsegment. **Marktsegmente** lassen sich durch unterschiedliche Kriterien abgrenzen. Beispielhafte Kriterien sind *Abnehmertyp* (Industrieunternehmen vs. Privatkonsumenten), *Vertriebskanäle* (Direktvertrieb vs. Vertrieb über das Internet), *geographische Standorte der Abnehmer* (Regionen, Länder) etc. [GP14, S. 117f.], [Por99, S. 70ff.].

2.1.4 Markt- vs. technologie-induziert

Impulse für Innovationen ergeben sich gleichermaßen aus Entwicklungen von Märkten und Technologien. Es wird folglich zwischen markt-/nachfrage-induzierten und technologie-/angebots-induzierten Impulsen unterschieden [VB13, S. 63], [VB05, S. 80], [HL06, S. 145f.], [Bul94, S. 100]. Respektiv sind in der Literatur die zwei Ansätze **Market Pull** und **Technology Push** etabliert; es finden sich unterschiedliche Abgrenzungen der beiden Ansätze. Diese werden in dieser Arbeit über den Systemansatz erklärt. Hierfür werden beide Ansätze über Wissensbasis (Input), Problemlösungsweg (Prozess) und Problemlösung (Output) charakterisiert.

Market Pull spezifiziert einen Impuls für eine Idee, der seinen Ursprung im Markt hat (Input). Impulse sind z.B. neue Kundenbedürfnisse und -probleme bzw. veränderte Kundenanforderungen [SW08, S. 10], [HSR08, S. 23], [SKO11, S. 172f], [VB13, S. 243]. Die Suche nach einer passenden, anforderungsgerechten Lösung zur Erfüllung dieser Kundenbedürfnisse/-probleme stellt den Market Pull als Prozess dar. Technologien sind als mögliche Lösungen zu verstehen. Wird für das vorliegenden Kundenbedürfnis/-problem eine entsprechende Lösung gefunden, die zu einer neuen Marktleistung führt, wird von einer nachfrage-induzierten bzw. einer Market Pull Innovation (Output) gesprochen [KSM+11, S. 227]. Andere Autoren verstehen Market Pull als eine holistische Ausrichtung des Produktprogramms und aller, mit Technologien in Zusammenhang stehenden Unternehmensaktivitäten an den Anforderungen eines Marktes [SKO11, S. 173].

Technology Push beschreibt einen Impuls für eine Idee, der eine (neue und zukunfts-trächtige) Technologie bzw. technologische Kompetenzen zum Ausgangspunkt (Input) hat [SM02, S. 385], [VB13, S. 243]. Die Technologie stellt eine Lösung für (zunächst) unbekannte Probleme dar, d.h. eine Zielanwendung bzw. ein Zielmarkt ist i.d.R. a priori nicht (explizit) bekannt [Vie07, S. 90], [Geh13, S. 82]. Die Suche nach kongruenten Problemen, also nach Erfolg versprechenden Anwendungen für die Erschließung eines Marktes, beschreibt den Technology Push als Prozess. Dabei geht es um den Prozess, die Technologie in eine Marktleistung zu überführen. Ist eine Erfolg versprechende Marktleistung gefunden, wird von technologie-induzierten bzw. Technology Push Innovationen (Output) gesprochen [VB13, S. 243].

Technology Push Innovationen verkörpern i.d.R. erprobte Material- und/oder Produktionstechnologien (*engl. process technologies*), die oftmals Querschnittscharakter oder Cross-Industry-Charakter besitzen. Ein Beispiel für eine solche Technologie ist die Gore-

Tex Technologie (Teflon-Membranen). Es handelt sich hierbei um eine Membran, die durch ihre wasserundurchlässigen und dampfdiffusionsoffenen Eigenschaften zur Herstellung von Funktionstextilien, künstlichen Venen, Zahnseide oder für die Isolation von Hochleistungskabeln verwendet wird [UE95, S. 21].

Andere Autoren definieren Technology Push als die reine Entwicklung von Produkten und Prozessen mit dem Ziel einer Diversifikation des Produktspektrums [SKO11, S. 173]. Dabei erfolgt die Entwicklung zunächst ohne eine explizite Ausrichtung auf die marktmäßige Verwertung dieser [Ble95, S. 587]. Markt- bzw. Kundenanforderungen geben den Rahmen für die Weiterentwicklung der Technologie vor [SKO11, S. 173].

Market Pull und Technology Push sind als Planungskonzepte zu verstehen; in der Realität wird der eine oder der andere Prozess in seiner reinen Form nicht oder nur selten anzutreffen sein [HL00, S. 4]. Maßgeblich für den Innovationserfolg ist vielmehr die Synchronisation beider Prozesse [BS09, S. 735], [SW08, S. 8ff.], [HS07, S. 7], [SW85, S. 29], [BSP12, S. 11].

Ferner ist bei beiden Ansätzen der Umfang zu differenzieren; in der Arbeit wird zwischen einem Verständnis in weiterem Sinne und engerem Sinne unterschieden. Dabei ist ein Verständnis **in weiterem Sinne** der Strategischen Frühaufklärung zuzuordnen. Hierbei geht es bspw. um das Scanning, Monitoring und das Festlegen von zu fokussierenden bzw. zu verwertenden Technologie- und Marktentwicklungen bei der Planung des zukünftigen Geschäfts. Die prinzipielle Fragestellung lautet: Welche Technologien sind für zukünftige Marktleistungen Erfolg versprechend? Oder welche Bedürfnisse erfordern neue Marktleistungen? Primäres Ziel sind Erfolg versprechende Impulse für zukünftige Innovationen.

Technology Push oder Market Pull **in engerem Sinne** sind Prozesse, die durch das Ergebnis der Strategischen Frühaufklärung angestoßen werden. Ausgangspunkt bilden eine spezifische Technologie bzw. ein konkretes Bedürfnis. Ziel des Technology Push bzw. Market Pull Prozesses ist respektiv die fokussierte Ermittlung von zu adressierenden Problemen bzw. spezifischen Lösungen.

Die vorliegende Ausarbeitung zielt auf eine Systematik, die dazu befähigt, für eine spezifische Technologie konkrete Anwendungsideen zu finden. *Technology Push wird als ein Prozess* verstanden. In diesem Prozess bildet eine Technologie den Impuls für neue Anwendungsideen. Die **Technologie stellt** dabei eine **Lösung dar**; der Prozess unterstützt die **Suche nach** konkreten, kongruenten **Problemen**, also nach Erfolg versprechenden Anwendungen für die Erschließung eines Marktes. Demnach liegt der Fokus in dieser Arbeit auf einem Technology Push Prozess **in engerem Sinne**.

2.1.5 Technologische Leistungsfähigkeit und Technologiepotentiale

Im Verständnis dieser Arbeit stellt eine Technologie eine Lösung dar, mit der Kundenbedürfnisse bzw. -probleme adressiert werden können. Für diese Lösung gilt es, potentielle Anwendungsfelder zu finden. Dazu muss die technologische Lösung beschrieben werden. Eine Beschreibung der Lösung kann aus technischer oder nutzenorientierter Perspektive erfolgen. Es wird daher im Folgenden respektiv zwischen der technologischen Leistungsfähigkeit im Allgemeinen und Technologiepotentialen unterschieden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird unter der **technologischen Leistungsfähigkeit** die Summe aller (technischen) Leistungsparameter einer Technologie verstanden. Von besonderer Bedeutung ist die **Verknüpfung von Produkt und Technologie**. Im Allgemeinen werden Produkte mit Produkttechnologien verknüpft; die Verknüpfung erfolgt über **Funktionen** (vgl. [GD10, S. 55], [WGP12, S. 383ff.], [WGP13, S. 68ff.], [WGA13, S. 5f.], [AL08, S. 183f.], [SW08, S. 9f.], [HSR08, S. 26ff.]). Es werden im Allgemeinen folgende Funktionen unterschieden:

- **Funktionen aus Produktsicht** beschreiben die *Wirkung eines Produkts oder eines seiner Bestandteile* [DIN1325-1, S. 4], [HSR08, S. 27]. Produktbezogene Funktionen dienen der Erfüllung nutzenbezogener Funktionen; nutzenbezogene Funktionen beschreiben die *erwartete oder erbrachte Wirkung eines Produktes, um einen Teil des Bedürfnisses eines bestimmten Nutzers zu erfüllen* und sind damit produktspezifisch [DIN1325-1, S. 4], [HSR08, S. 27f.].
- **Funktionen aus Technologiesicht** beschreiben einen gewünschten Input-Output-Zusammenhang [PBF+07, S. 44], [VDI2221, S. 10], [HSR08, S. 27], [Pei92, S. 109]. Technische (Standard-)Funktionen besitzen eine vom Technologiefeld unabhängige Gültigkeit; ein Bezug zu potentiellen Produkten wird (zunächst) vermieden [Bri10, S. 9], [Vie07, S. 95], [Pei92, S. 110], [AL08, S. 183], [PMS+91, S. 82].

Produkttechnologien und Produkte werden in zahlreichen Ansätzen der Technologieplanung über Funktionen verknüpft (vgl. exemplarisch [GK13, S. 124ff.], [AL08, S. 183ff.], [Vie07, S. 90f.], [Pel99, S. 50ff.], [Pei92, S. 109ff.], [Kow97-ol]).

Bei der Suche nach Erfolg versprechenden Anwendungsideen für eine Technologie ist eine technische Beschreibung der Technologie notwendig, aber nicht ausreichend. Eine Beschränkung auf die „rein“ technologische Leistungsfähigkeit der Technologie birgt die Gefahr, dass ein neues Produkt nicht zum gewünschten Markterfolg führt. Daher gilt es vielmehr, den Nutzen einer Technologie herauszustellen. Hierfür wird der Begriff *Technologiepotential* eingeführt. Eine einheitliche Definition des Begriffs existiert nicht; die nachfolgende Diskussion dient einer Definition des Begriffs für diese Arbeit. Im Allgemeinen bedeutet *Potential* Vermögen, Macht bzw. Kraft (*lateinisch: potentia*). In der heutigen Zeit wird der Begriff als die Summe aller Mittel, die für einen spezifischen Einsatzzweck verfügbar sind, verstanden [BK96, S. 43], [Mül82, S. 613], [Wo193, S. 65].

TSCHIRKY liefert die nachfolgende Definition:

„Das *Technologiepotential* einer Unternehmung umfasst die unternehmungsspezifischen Nutzungsmöglichkeiten sämtlicher verfügbarer Technologien und deren Synergien“ [Tsc90, S. 12].

BINDER/KANTOWSKI definieren **Technologiepotentiale** als den potentiellen technologischen Nutzen, den ein Unternehmen durch die Beherrschung von Produkt- und Prozesstechnologien erschließen kann [BK96, S. 70]. VAHS/BREM sprechen von Kundennutzenpotentialen [VB13, S. 243]. Technologiepotentiale entstehen also zum einen durch die Nutzung beherrschter Technologien; zum anderen liegen sie *im Wissen über Möglichkeiten zur Nutzung subjektiv neuer Technologien* [Ble11, S. 442], [Pei15, S. 24].

BINDER/KANTOWSKY unterscheiden zwei Sichtweisen: Zum einem sind Potentiale strukturelle Konstellationen, die entweder eine Chance oder ein Risiko bedeuten können; zum anderem können diese als systemimmanentes Leistungsvermögen aufgefasst werden [BK96, S. 44]. Dies entspricht der obigen, für diese Arbeit zugrunde gelegten Definition der technologischen Leistungsfähigkeit.

Ferner erfolgt in der Literatur eine Unterscheidung von objektiven und subjektiven Technologiepotentialen. *Objektive Technologiepotentiale* ergeben sich, wenn Innovationsmöglichkeiten aus der allgemeinen Leistungsfähigkeit der Technologie (obige Definition) resultieren [Pei15, S. 25], [Ban06, S. 425 f.], [FOW09, S. 113]. In einem spezifischen Kontext ist die technologische Leistungsfähigkeit i.d.R. individuell ausgeprägt. In diesem Fall sind *subjektive Technologiepotentiale* gemeint [FOW09, S. 115], [HL06, S. 166].

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Ausführungen wird für die Beschreibung der Begriffe *technologische Leistungsfähigkeit* und *Technologiepotentiale* die folgende Kaskade von Elementen verwendet, vgl. Bild 2-4. Im Verständnis dieser Arbeit stellt eine Produkttechnologie die eigentliche Produktfunktion bereit. Zur Beschreibung werden *technische Standardfunktionen* verwendet. Eine Produktionstechnologie (inkl. Material- und Informationstechnologien) gibt entsprechende *produktionstechnologische Rahmenbedingungen* vor, unter denen eine Produkttechnologie realisiert werden kann. *Funktionen* und *Rahmenbedingungen* können durch Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen spezifiziert werden. So kann bspw. die Funktion *Strom übertragen* durch die Leistungsmerkmale *Leitfähigkeit*, *Oberflächenwiderstand* etc. beschrieben werden. Merkmalsausprägungen sind kardinal oder nominal skalierte Größen, die die Leistungsmerkmale näher spezifizieren. Eine spezifische technologische Leistungsfähigkeit ist demnach ein Bündel von Leistungsmerkmalen und deren Merkmalsausprägungen. Ein derartiges Bündel wird im Kontext der Arbeit auch als *Technologieprofil* bezeichnet.

| | Element | Beschreibung | Beispiele |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|--|
| Technologie- potentiale | Schlüssel- thema | <ul style="list-style-type: none"> • Übergeordneter (wirtschaftlicher u. sonstiger) Mehrwert einer Technologie in einem Produkt • adressierte „brennende Themen“, z.B. (Mega-)Trends, Regularien, Gesetzgebung | <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcen-Effizienz • zeitlicher Vorsprung in der Produktentwicklung (Time-to-Market) • Miniaturisierung, Leichtbau • Mass Customization |
| | Schlüssel- fähigkeit | <ul style="list-style-type: none"> • Objektiver technischer Mehrwert einer Technologie in Produkten • produkt-/nutzenbezogene Funktion/Alleinstellungsmerkmal einer Technologie | <ul style="list-style-type: none"> • Funktionsintegration • Gewichtsreduktion • Reduktion von Materialeinsatz • Reduktion von Fertigungsschritten |
| Technologische Leistungsfähigkeit | Rahmen- bedin- gungen | <ul style="list-style-type: none"> • Produktionstechnologische (inkl. material- und informationstechnologischer) Parameter • spezifiziert durch Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen | <ul style="list-style-type: none"> • Leistungsmerkmal <i>Volumen eines Objekts</i> hat die maximale Merkmalsausprägung $0,5 \text{ m}^3$ • <i>Elektrische Leitfähigkeit</i> von Material x beträgt maximal $1,2 \cdot 10^6 (1/(\Omega \cdot m))$ |
| | Funktion | <ul style="list-style-type: none"> • Input-Output-Zusammenhang von Technologien • beschrieben mittels technischer Standardfunktionen ohne Bezug zu Produkten • auf Basis von Katalogen • bestehend aus <i>Nomen</i> und <i>Verb</i> • spezifiziert durch Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen | <ul style="list-style-type: none"> • Funktionen: <i>Energie leiten, Stoffe trennen, Informationen empfangen</i> • Funktion <i>mechanische Energie leiten</i>, spezifiziert durch Leistungsmerkmal <i>Schwingungsdämpfung</i>, spezifiziert durch Merkmalsausprägung $> 200 \text{ J/cm}^3$ |

Bild 2-4 Kaskade: Technologische Leistungsfähigkeit und Technologiepotentiale

Ferner ist für diese Arbeit die nutzenorientierte Sicht auf die Technologie wichtig; die Unterscheidung zwischen objektiven und subjektiven Technologiepotentialen ist ebenfalls relevant. Für die Beschreibung von objektiven Technologiepotentialen werden zwei Elemente differenziert: *Schlüsselfähigkeiten* und *Schlüsselthemen*. Unter *Schlüsselfähigkeiten* werden nutzenbezogene Funktionen einer Technologie verstanden; sie treffen Aussagen zu den Vorteilen der Technologie bzw. geben Hinweise auf technische Wertsteigerungen, die Produkte durch die Technologie erfahren können (vgl. [WW04, S. 64], [HS11, S. 340ff.]). *Schlüsselthemen* sind sog. „brennende“ Themen, die die Technologie adressieren kann. Schlüsselthemen nehmen z.B. zentrale Positionen in Verkaufsgesprächen ein; sie vermitteln den Mehrwert einer Technologie auf einem höheren Abstraktionsniveau. (Mega-)Trends⁴ und neue Gesetze können Ursachen für Schlüsselthemen darstellen (vgl. auch [MS13, S. 5ff.], [Dül13, S. 15], [Wie04, S. 232]). Ergänzend können im Anwendungskontext subjektive Technologiepotentiale entstehen. Die Systematik fokussiert die strategische Planung, d.h. eine langfristige Planung. Eine strategischen Perspektive erfordert, neben der Berücksichtigung heutiger Nutzenpotentiale, die Berücksichtigung zukünftiger Potentiale in Sinne einer Vorsteuerung nach dem Erfolgs-/Nutzenpotentialkonzept von GÄLWEILER [BK96, S. 42ff.], [Gäl05, S. 26f.], [GP14, S. 9ff.].

⁴ Trends beschreiben Entwicklungen, die auf Systeme – Unternehmen, Gesellschaften, Individuen – einwirken. Sie besitzen einen gewissen Veränderungsumfang [HSS+07, S. 26]. Da Trends i.d.R. eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zugesprochen wird, haben sie eine hohe Bedeutung für das zukünftige Geschäft [GP14, S. 91]. Mega-Trends erstrecken sich über Jahrzehnte und weltweit; sie betreffen viele Lebensbereiche und Akteure [NA92, S. 9f.], [GP14, S. 91].

Technologien im Lebenszyklus/Technologiereife

Technologiepotentiale werden im Allgemeinen mit Hilfe von Lebenszyklusmodellen beschrieben. Dabei handelt es sich um eine grundsätzliche Einordnung von Technologien hinsichtlich ihrer Weiterentwickelbarkeit und den Erwartungen bzw. dem erwarteten Zusatznutzen. Im Folgenden werden gängige Konzepte wie das S-Kurven-Konzept der Technologienentwicklung nach McKinsey, der Gartner Hype Cycle und das Technology Readiness Level Konzept vorgestellt⁵.

Das **S-Kurven-Konzept** beruht auf der Annahme, dass Technologien einen typischen Technologielebenszyklus durchlaufen. Technologien werden hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit als Funktion des kumulierten Forschungs- und Entwicklungsaufwands dargestellt. Es erfolgt eine Klassifizierung in Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologien [GP14, S. 132f.], [Bul94, S. 124ff.]. Als Schrittmachertechnologien werden Technologien bezeichnet, die sich im Entstehungsstadium befinden. Sie besitzen Weiterentwicklungspotential, jedoch sind Anwendungsfelder i.d.R. nur vage bekannt. Schlüsseltechnologien sind noch relativ neu, besitzen jedoch bereits erste Anwendungsfelder im Markt. Durch Investitionen in die Weiterentwicklung besteht hohes Potential zur Differenzierung im Wettbewerb. Basistechnologien verfügen über eine hohe Reife; sie sind bereits im Markt etabliert [Ger05, S. 26], [GP14, S. 132f.].

Der **Gartner Hype Cycle** klassifiziert Technologien gemäß einer Glockenkurve, vgl. Bild 2-5. Technologien werden hinsichtlich der Erwartungen an ihre Leistungsfähigkeit bzw. der damit einhergehenden Innovationen bewertet [GP14, S. 134f.], [FR08, S. 7ff.], [Gar14-ol]. Technologien auf dem Anstieg der Glockenkurve gelten als *Innovationsauslöser*; für diese Technologien werden viele, phantasievolle Anwendungsmöglichkeiten diskutiert. Den *Gipfel der überzogenen Erwartungen* erreicht eine Technologie, wenn viele Unternehmen auf die Technologie aufmerksam werden und bestrebt sind, Chancen für das eigene Geschäft auszunutzen. Dieser Hype wird in der Regel durch das *Tal der Ernüchterung* abgelöst. Hier zeichnet sich ab, dass die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Technologie nicht der erwarteten entspricht. In dieser Phase werden vordergründig Grenzen und Schwierigkeiten der Technologie diskutiert. Den *Hang der Erleuchtung* passieren Technologien, wenn deren Reifegrad durch Optimierung progressiv erhöht wird, der Nutzen klar herausgearbeitet ist und die ersten *Best Practices* demonstriert werden können. Werden Markt- und Technologierisiken beherrschbar, erreicht die Technologie das *Plateau der Produktivität*; dort erfahren Technologien und einhergehende Innovationen zunehmende Marktpenetration [GP14, S. 134f.], [FR08, S. 8ff.], [Gar14-ol].

⁵ Eine Übersicht und einen Vergleich verschiedener Konzepte liefert TIEFEL [Tie07]. Weitere Konzepte zur Bewertung der Technologiereife sind bspw. das Technology Maturity Assessment Konzept nach BROUSSEAU ET AL. und das Technologiereife-Konzept nach REINHART/SCHINDLER (Reife von Produktionstechnologien) [BBD+10, S. 329ff.], [RS10, S. 713ff.].

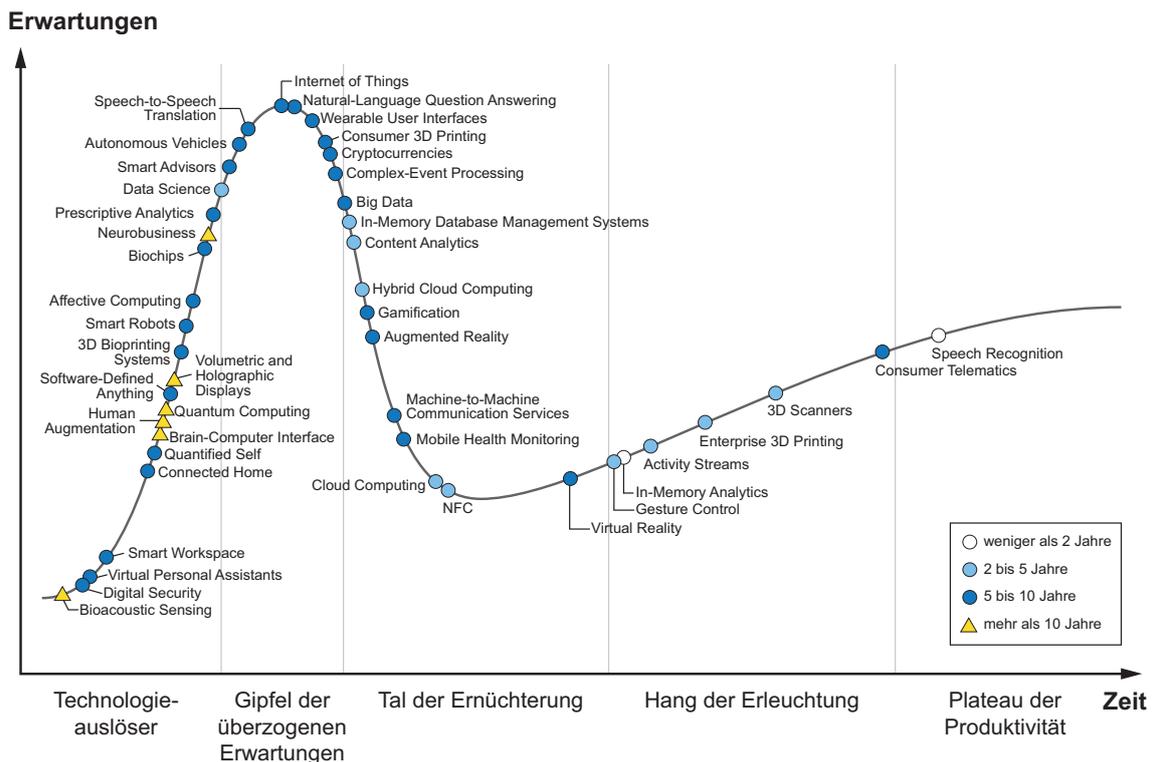


Bild 2-5 Klassifizierung von Technologien nach dem Gartner Hype Cycle für emergente Technologien [Gar14-ol], Darstellung in Anlehnung an [GP14, S. 135]

Eine weitere Möglichkeit zur Klassifizierung von Technologien hinsichtlich ihrer Reife ist das **Technology Readiness Level (TRL)** Konzept – entwickelt von der National Aeronautics and Space Administration (NASA) zur Evaluation der Reife von Produkttechnologien in der Luft- und Raumfahrt. Das Konzept definiert neun Reifegradstufen, die von einer (Produkt-)Technologie durchlaufen werden. Je höher die Stufe ist, desto höher ist die Technologiereife. So wird eine Technologie der Reifegradstufe TRL 1 zugeordnet, wenn sie sich in der Grundlagenforschung befindet. Den Reifegrad TRL 9 erreicht eine Technologie, wenn das Gesamtsystem qualifiziert und bereits in Anwendung ist. Zur Erreichung der nächst höheren Reifegradstufe muss entsprechend in die Entwicklung investiert werden. Die Ermittlung der Reifegradstufe erfolgt auf Basis einer Checkliste [Man95, S. 1ff.], [RS10, S. 712], [Sch14, S. 46ff.]. Das TRL-Konzept findet zunehmend Anwendung in anderen Sektoren. Weiterentwickelte Konzepte übertragen die Idee auf Produktionstechnologien, so z.B. das Technology Maturity Assessment Konzept nach BROUSSEAU ET AL. oder das Manufacturing Readiness Level (MRL) Konzept vom U.S. Department of Defense. Letzteres baut auf dem TRL-Konzept auf, adressiert jedoch produktionstechnische Fragestellungen [Off11, S. 2-1], [Sch14, S. 48f.]. Zur Bewertung wird eine Skala von 1 bis 10 herangezogen, ausgehend von einem Stadium in der Grundlagenforschung (MRL 1) bis zur (Klein-)Serienproduktion (MRL 10) [Off11, S. 2-2ff.].

Emergente Technologien

Als Ausgangspunkt der zu entwickelnden Systematik werden emergente Technologien bzw. Schrittmachertechnologien fokussiert. Emergente Technologien werden als in der Forschung/Wissenschaft noch nicht vollständig entwickelte Technologien verstanden; Wissen bzgl. dieser Technologien ist i.d.R. unvollständig. Prinzipiell wird zwischen einer diskontinuierlichen und evolutionären Emergenz unterschieden. Diskontinuierlich emergente Technologien gehen aus der Wissenschaft als eine radikale Erfindung hervor. Demgegenüber emergieren Technologien evolutionär, wenn verschiedene Forschungsströme konvergieren [DS00b, S. 2ff.]. Emergente Technologien besitzen hohe Potentiale für radikale Innovationen; sie sind in der Lage, neue Industrien zu schaffen bzw. bestehende Industrien zu revolutionieren [DS00a, S. vi], [Chr97, S. 14f.], [BM04, S. 384].

2.1.6 Strategische Planung

Die Planung von emergenten Technologien erfordert eine strategische Perspektive. Dabei definiert sich die Planung als *die geistige Vorwegnahme zukünftigen Handelns* [SKM11, S. 15], [Str07]. Der Begriff Strategie leitet sich ursprünglich aus dem Griechischen ab und steht für die *Kunst der Kriegsführung* [Rey13, S. 24] (zusammengefasst n [Dro89, S. 717], [Cla67, S. 81]). Nach dem klassischen Strategieverständnis wird Strategie als *ein geplantes Maßnahmenbündel der Unternehmung zur Erreichung ihrer langfristigen Ziele* definiert [WA08, S. 16ff.]. Strategien geben Handlungskorridore vor, die das Feld zur Zielerreichung eingrenzen [SM02, S. 308]. Nach GAUSEMEIER/PLASS umfasst eine (Unternehmens-/Geschäfts-)Strategie eine Vision, strategische Programme/Konsequenzen/Maßnahmen und die (Unternehmens-/Geschäftsbereichs-)Kultur. Die Vision besteht aus Leitbild, strategischen Kompetenzen und strategischen Positionen [GP14, S. 190].

Die zu entwickelnden Systematik fokussiert die proaktive Identifikation von Anwendungsideen für eine Technologie sowie die proaktive Ableitung kongruenter Technologieprofile zur Realisierung dieser Anwendungsideen. Anwendungsideen und Technologieprofile bilden die Basis für die Formulierung einer Vision. Die Systematik soll bei der Ableitung von Maßnahmen zur Realisierung der Anwendungsideen, Technologieprofile sowie der Vision unterstützen. Eine Technology Push Strategie im Verständnis der vorliegenden Arbeit beschreibt den Weg, wie die formulierte Vision ausgehend von der heutigen Situation erreicht werden soll.

2.2 Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER ET AL.

Nachfolgend wird der Produktentstehungsprozess vorgestellt und eine Einordnung der Systematik vorgenommen. Nach GAUSEMEIER wird der Produktentstehungsprozess als ein Modell, bestehend aus drei Zyklen, verstanden. Das 3-Zyklenmodell gliedert sich in die drei Zyklen *Strategische Produkt- und Technologieplanung*, *Produktentwicklung* und

Produktionssystementwicklung. Die Aufgaben in den drei Zyklen sind im Wechselspiel zu bearbeiten [GEK01, S. 75ff.], [GPW09, S. 38ff.], [GP14, S. 25ff.].

Der **erste Zyklus – Strategische Produkt- und Technologieplanung** – umfasst die *Potentialfindung*, *Produktfindung*, *Produktkonzipierung* und *Geschäftsplanung*. In der **Potentialfindung** werden zukünftige Erfolgspotentiale sowie Handlungsoptionen für das Produkt- und Technologieportfolio eines Unternehmens ermittelt. Erfolgspotentiale ergeben sich gleichermaßen aus Markt- und Technologieentwicklungen. Ausgehend von den zukünftigen Erfolgspotentialen werden in der **Produktfindung** Produkt- und/oder Dienstleistungsideen ausgearbeitet und ausgewählt. Anschließend erfolgt unter Berücksichtigung technologie- und marktseitiger Anforderungen die Produktkonzipierung. In der **Geschäftsplanung** geht es zunächst um die Geschäftsstrategie, d.h. um die Beantwortung der Frage, welche Marktsegmente wann und wie bearbeitet werden sollen. Im Geschäftsmodell werden das Nutzenversprechen und das Angebot konkretisiert sowie grundlegende Wertschöpfungskonzepte, die Marktbearbeitung und die Gewinnformel beschrieben. Basierend darauf erfolgt die Erarbeitung der Produktstrategie. Diese mündet in einen Geschäftsplan, der den Nachweis erbringt, ob mit dem Produkt ein attraktiver Return on Investment erzielt werden kann [GEK01, S. 75ff.], [GPW09, S. 39], [GP14, S. 25f.]. Über die **Produktkonzipierung** erfolgt die Verknüpfung zwischen dem ersten und zweiten Zyklus.

Der **zweite Zyklus** adressiert die **Produktentwicklung**. Dabei fungiert die *Produktkonzipierung* als Bindeglied zwischen dem ersten und dem zweiten Zyklus. Die **Produktkonzipierung** fokussiert die ganzheitliche Produktkonzeption, die in dem Aufgabenbereich **Entwurf und Ausarbeitung** der Domänen Mechanik, Regelungstechnik, Elektronik und Softwaretechnik detailliert wird. Schließlich erfolgt in der **Produktintegration** die Integration der einzelnen Domänen zu einer verifizierten Gesamtlösung [GPW09, S. 40], [GP14, S. 26]. Parallel zur Produktentwicklung erfolgt im **dritten Zyklus** die **Produktionssystementwicklung**. Hier wird zunächst eine **Produktionssystemkonzeption** erarbeitet und in dem Teilbereich der **Arbeitsplanung** durch die Arbeitsablauf-, Arbeitsstätten-, Materialfluss- und Arbeitsmittelplanung konkretisiert. Analog erfolgt die **Integration** des Produktionssystems zu einem verifizierten Gesamtsystem [GPW09, S. 40], [GP14, S. 26f.].

Die zu entwickelnde Systematik orientiert sich an der Strategischen Produkt- und Technologieplanung der Produktentstehung nach GAUSEMEIER. Produkt- und Technologieplanung sind integrativ durchzuführen. In der Potentialfindung sind Technologiepotentiale und marktseitige Chancen zu ermitteln. In der Produktfindung sind Ideen für Anwendungskontexte (Marktsegmente und Marktleistungen) zu generieren und alternative Technologieprofile (Technologie als Produkt) zu ermitteln. Im Rahmen der Geschäftsplanung ist auf Basis der Anwendungsideen und Technologieprofile eine Strategie für die Weiterentwicklung der Technologie und die zu erschließenden Marktsegmente zu erarbeiten. Die Operationalisierung der Strategie liefert Eingangsinformationen für den zweiten und dritten Zyklus.

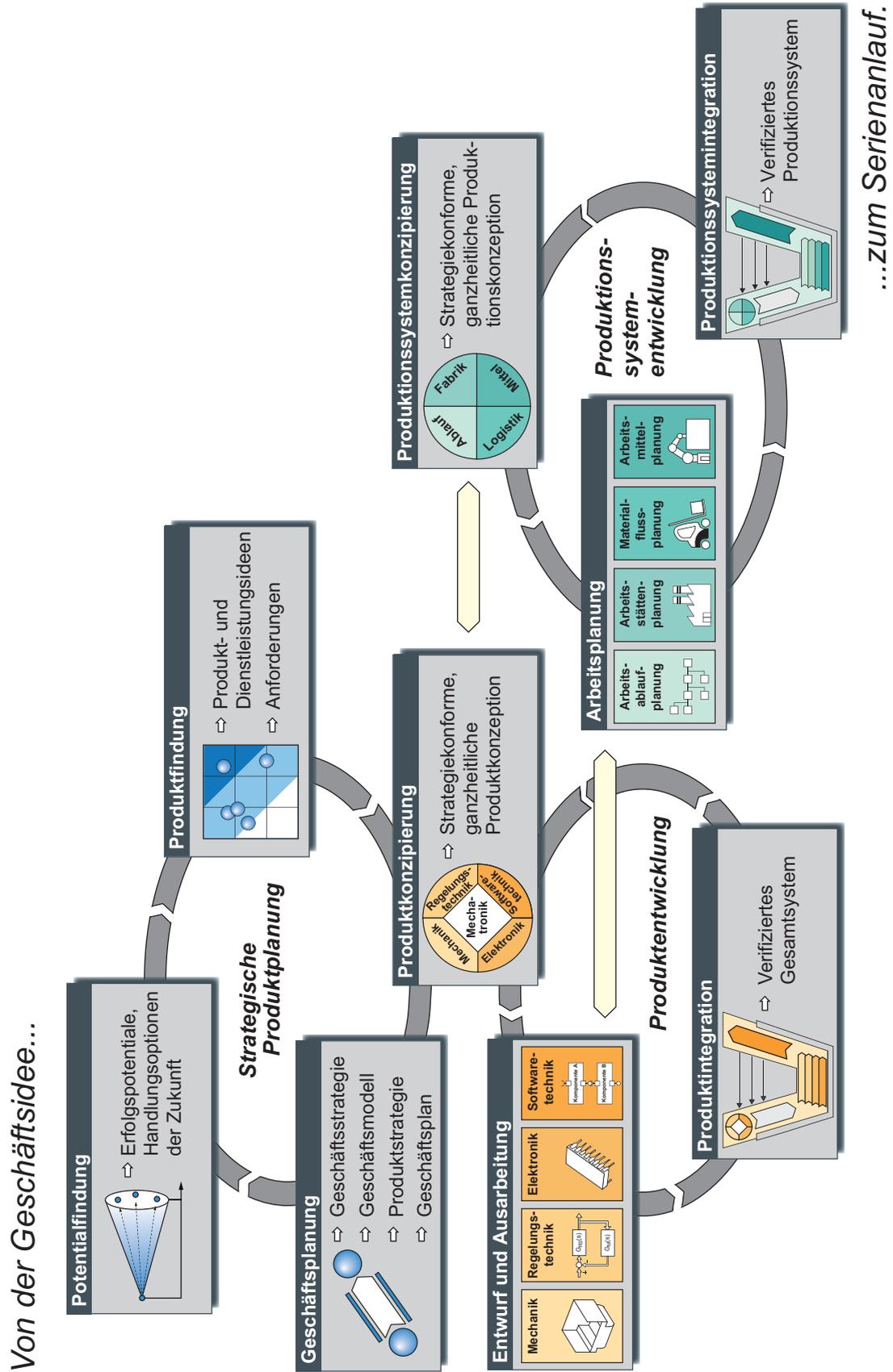


Bild 2-6: 3-Zyklen-Modell der Produktentstehung nach GAUSEMEIER [GDS+13, S. 43]

2.3 Strategisches Management

Die Strategische Planung technologie-induzierter Innovationen sollte sich an üblichen Prozessen der strategischen Führung orientieren. Nachfolgend wird der Prozess der strategischen Führung nach GAUSEMEIER/PLASS vorgestellt, eine Abgrenzung verschiedener Managementdisziplinen und eine Einordnung der Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung vorgenommen.

2.3.1 Prozess der strategischen Führung

Für die Erarbeitung und Implementierung von Strategien stellen GAUSEMEIER/PLASS den Prozess der strategischen Führung zur Verfügung. Der Prozess umfasst fünf Phasen: Analyse, Ermittlung von Optionen, Strategieentwicklung, Strategieumsetzung und Gestaltung des Prozesses, vgl. Bild 2-7 [GP14, S. 115f.], [GPW09, S. 136f.].

Ziel der **Analyse** ist die charakterisierte Ausgangssituation eines Unternehmens, Geschäfts- oder Funktionsbereichs. Die Charakterisierung der Ausgangssituation impliziert gleichermaßen die interne Unternehmensanalyse, z.B. das Ausarbeiten der gegenwärtigen Stärken und Schwächen des Unternehmens, sowie die externe Markt- und Wettbewerbsanalyse. Die Analysen liefern erste Ansatzpunkte für die Verbesserung der eigenen Position im Wettbewerb [GP14, S. 115], [GPW09, S. 136f.].

In der **Ermittlung von Strategieoptionen** erfolgt der Blick in die Zukunft. Für diesen Schritt werden Zukunftsszenarien verwendet. Hier gilt es, gleichermaßen interne zukünftige Entwicklungen für das Unternehmen und externe Entwicklungen aus dem Unternehmensumfeld zu berücksichtigen. Es wird respektiv von Lenkungs- und Umfeldszenarien gesprochen. Die Szenarien geben Hinweise auf Chancen und Risiken; auf dieser Basis kann eine strategische Stoßrichtung abgeleitet werden. Unter Berücksichtigung der Analyse-Ergebnisse aus der Analysephase resultieren schließlich Strategieoptionen [GP14, S. 115f.], [GPW09, S. 137].

In der **Strategieentwicklung** wird die Frage beantwortet, welcher Plan grundsätzlich verfolgt werden soll und warum. Hierfür wird eine Vision entwickelt und der Weg zur Erreichung dieser Vision erarbeitet. Die Vision beinhaltet das Leitbild (grundsätzliche Ziele), strategische Kompetenzen (relevante Fähigkeiten) und die strategische Positionierung (zukünftige Produkt-Markt-Kombinationen). Zur Erreichung der Vision stehen i.d.R. unterschiedliche Handlungsoptionen zur Verfügung; sind Handlungsoptionen ausgewählt, werden Konsequenzen abgeleitet und strategische Programme/Maßnahmen definiert [GP14, S. 116], [GPW09, S. 137]. Vision und strategische Programme/Maßnahmen, ergänzt um die Unternehmenskultur, bilden schließlich die Strategie [GP14, S. 190].

In der **Strategieumsetzung** geht es um die konsequente Implementierung der Maßnahmen. Hierbei wird der Controlling-Funktion eine besondere Rolle beigemessen, da die Umsetzung der Strategie in der Praxis oftmals vernachlässigt wird. Es wird dabei zwischen dem Umsetzungs- und dem Prämissen-Controlling unterschieden [GP14, S. 116],

[GPW09, S. 137]. Das Umsetzungs-Controlling dient der Steuerung von Soll-Ist-Abweichungen bei der Umsetzung der Maßnahmen, das Prämissen-Controlling der Überprüfung der für die Strategieentwicklung getroffenen Annahmen [GP14, S. 214].



Bild 2-7: Phasen der strategischen Führung nach GAUSEMEIER/PLASS [GP14, S. 116]

Die **Gestaltung des Prozesses der strategischen Führung** adressiert die Frage, wie die strategische Führung kontinuierlich in Gang gehalten werden kann. Hierbei geht es um den Aufbau einer Führungscoalition und die Erzeugung von Agilität im Sinne einer schnellen Anpassungs- bzw. Veränderungsfähigkeit. Ferner ist die Notwendigkeit der strategischen Planung herauszustellen [GP14, S. 116], [GPW09, S. 137f.].

2.3.2 Abgrenzung Technologie-, FuE- und Innovationsmanagement

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der strategischen Planung von Innovationen ausgehend von einer Technologie. Damit adressiert die Arbeit das Spannungsfeld zwischen Technologie und Management. Dieses Spannungsfeld wird von mehreren Managementdisziplinen tangiert, u.a. vom Technologie-, Innovations- und FuE-Management. Zur Abgrenzung der drei Disziplinen wird oftmals die Prozesssicht verwendet, vgl. Bild 2-8. Hiernach umfasst das **Technologiemanagement** die Technologieentwicklung und die Vorentwicklung und wird als die am engsten gefasste Managementdisziplin gesehen. Nach HAUSSCHILD/SALOMO geht es im Wesentlichen um das *Management naturwissenschaftlich-technischer Problemstellungen* [HS07, S. 34]. BROCKHOFF spezifiziert die Aufgaben des Technologiemanagements als *Beschaffung, Speicherung und Verwertung technologischen Wissens* [Bro92, S. 50], [BK96, S. 97]. Ziel ist die Sicherung strategischer Erfolgspositionen und damit der unternehmerischen Wettbewerbsfähigkeit [VB13, S. 26], [Str07, S. 25ff.]. Im Technologiemanagement wird bewusst auf externes Wissen zurückgegriffen [Str07, S. 25]. Das FuE-Management umfasst ferner die Grundlagenforschung und nachgelagert die Produkt- und Prozessentwicklung. Es richtet sich

auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse sowie die Verwendung dieser Erkenntnisse für die Entwicklung von Produkten und Prozessen [VB13, S. 26]. Das Innovationsmanagement ist die am weitesten gefasste Disziplin; diese umfasst zusätzlich die Produktion und Einführung von Marktleistungen. Damit definiert sich Innovationsmanagement als die Summe aller *Planungs-, Entscheidungs-, Organisations- und Kontrollaufgaben* zur Generierung und Umsetzung von Ideen in marktfähige Leistungen [VB13, S. 28].

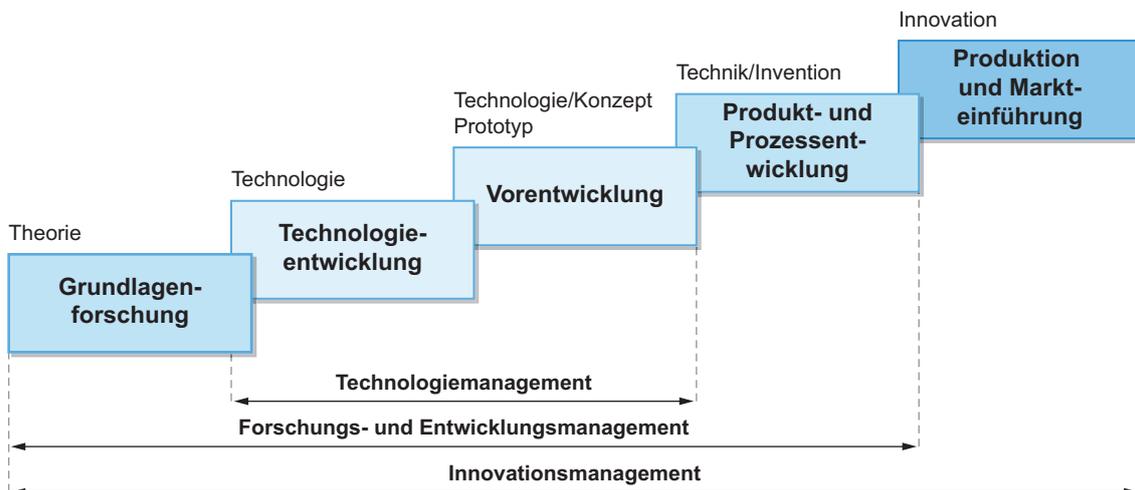


Bild 2-8: Abgrenzung von Technologie-, Forschungs- und Entwicklungs- sowie Innovationsmanagement nach SPECHT ET AL. [SBA02, S. 16]

BINDER/KANTOWSKY unterscheiden bei ihrer Abgrenzung die zwei Dimensionen *Bezugsobjekt* und *Aufgabenumfang* und spannen damit einen Ordnungsrahmen auf. Das *Bezugsobjekt* gliedert sich in *Leistung* und *Technologie*, der *Aufgabenumfang* in *Entstehung* und *Verwertung*. Technologiemanagement zielt dementsprechend auf die *Entstehung und Verwertung von Technologien bzw. technologischem Wissen als auch auf die von Technologien getragene Entstehung neuer Leistungen* ab [BK96, S. 99]. Im Fokus stehen dabei die *Planungsaktivitäten zur langfristigen Sicherung und Stärkung der Marktposition*. Fokussiert werden dabei die *gezielte Änderung einer Technologie, eines Produktes oder der eingesetzten Produktionstechnologie* [KSA11, S. 5], [BK96, S. 96ff.]. **Innovationsmanagement** befasst sich mit der Gestaltung von Innovationssystemen und zielt auf Neuerungen in vielen verschiedenartigen Aktivitätsfeldern einer Unternehmung ab. Im Vergleich zum Technologiemanagement gehen die Aktivitäten über eine ausschließliche Gestaltung neuer Technologien hinaus; sie umfassen vielmehr auch Neuerungen in der Organisation und aus prozessualer Sicht auch die Einführung von Neuerungen [HS07, S. 32], [BK96, S. 99f.]. BINDER/KANTOWSKY ordnen das Innovationsmanagement in die Bereiche *Entstehung von Technologien* sowie *Entstehung und Verwertung von Leistungen* ein [BK96, S. 99f.]. **FuE-Management** ist im Schnittpunkt des Technologie- und Innovationsmanagements angesiedelt [BK96, S. 101], [Hau93, S. 25], [Zah95, S.15]. Hierbei steht die *Entstehung von Technologie und Leistung* im Vordergrund [BK96, S. 100f.].

2.3.3 Einordnung der Systematik

Die vorliegende Arbeit folgt dem Prozess der strategischen Führung (vgl. Abschnitt 2.3.1). Dabei sind alle Phasen des Prozesses relevant. Eine besondere Bedeutung sollte dabei der Strategieumsetzung zukommen. Diese soll dabei unterstützen, die erarbeiteten Ergebnisse zu operationalisieren. Die Systematik fokussiert auf die Entstehung und Verwertung einer Technologie. Sie soll im Wesentlichen die Identifikation von Einsatzpotentialen für eine Technologie sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung der Technologie unterstützen. Damit wird das Technologiemanagement im engeren Sinne tangiert (vgl. Abschnitt 2.3.2). Ferner zielt die zu entwickelnde Systematik auf die Generierung und Verwertung von Marktleistungen für die betrachtete Technologie, da die Marktleistungen die Grundlage für die Ableitung der Weiterentwicklungsrichtungen der Technologie bilden. *Bezugsobjekt* und *Aufgabenumfang* können demnach gleichermaßen dem Innovationsmanagement zugeordnet werden (vgl. Abschnitt 2.3.2). In Summe ist die zu entwickelnde Systematik ein wichtiger Bestandteil des Strategischen Managements; explizit wird die skizzierte Eingrenzung für die folgenden Ausführungen als technologie-induziertes Innovationsmanagement bezeichnet.

2.4 Technologie-induziertes Innovationsmanagement

Technologie-induziertes Innovationsmanagement ist Bestandteil des Strategischen Managements. Im Folgenden werden Modelle technologie-induzierten Innovationsmanagements vorgestellt (Abschnitt 2.4.1). Anschließend werden Herausforderungen (Abschnitt 2.4.2) und Erfolgsfaktoren (Abschnitt 2.4.3) des technologie-induzierten Innovationsmanagements diskutiert. Abschließend wird ein Überblick über Projekte gegeben, die zur Validierung der zu entwickelnden Systematik durchgeführt wurden (Abschnitt 2.4.4).

2.4.1 Modelle des technologie-induzierten Innovationsmanagements

Im Folgenden werden horizontale und vertikale Modelle des Innovationsmanagements differenziert. Die horizontale Perspektive beschreibt den Innovationsprozess als eine Abfolge von Schritten und Aufgaben; die vertikale Perspektive dient der Strukturierung und Verknüpfung der zu erarbeitenden Ergebnisse. Ferner wird die Cross-Industry-Perspektive auf den Innovationsprozess vorgestellt – eine Sicht, die über die Grenzen einer Branche hinausgeht.

Horizontale Perspektive auf technologie-induziertes Innovationsmanagement

In Bild 2-9 ist exemplarisch ein klassischer Innovationsprozess dargestellt; dieser umfasst sechs Phasen⁶. Die ersten drei Phasen *Potentialfindung*, *Ideengenerierung und -bewertung* sowie die *Konzepterarbeitung* bilden die frühe Phase eines Innovationsprozesses –

⁶ Eine detaillierte Darstellung von Innovationsprozessen, bestehend aus 13 Phasen, findet sich z.B. bei COOPER/KLEINSCHMIDT [Nag93, S. 19], [CK86, S. 74f.].

den *fuzzy front end*. In der frühen Phase sind die Erfolgspotentiale von morgen zu erkennen und Wege zu deren zeitgerecht Erschließung mit neuen Produkten und Dienstleistungen zu entwickeln. Die Generierung und Bewertung von Produktideen lehnt sich an einen klassischen Stage-Gate-Prozess an bis zur Ausarbeitung der Produktideen zu einem detaillierten Produktkonzept. Es schließen sich die *Entwicklung*, das *Testing* sowie die *Produktion und die Markteinführung* des Produktes an [VH07, S. 8ff.], [Ihm09, S. 24ff.].

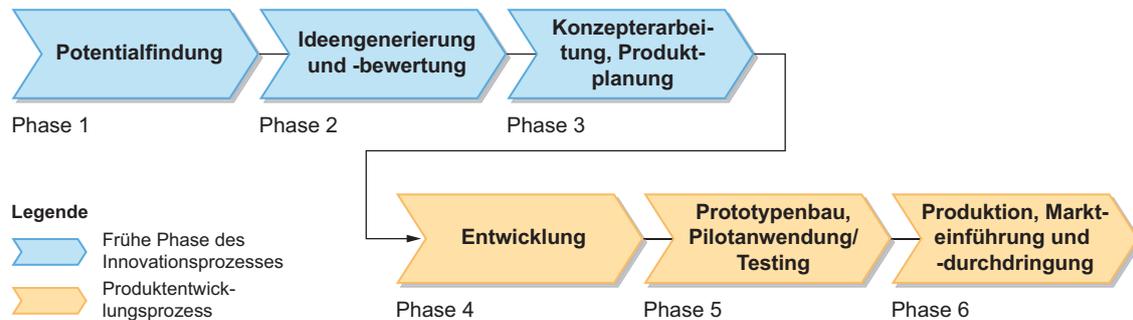


Bild 2-9 Horizontale Perspektive auf den Innovationsprozess: Innovationsprozessmodell nach IHMELS und VERWOHN/HERSTATT [Ihm10, S. 82f.], [VH07, S. 9]

Die Systematik ist in die frühe Phase des Innovationsmanagements einzuordnen; diese Phase des klassischen Innovationsprozesses liefert die Grundlage für den Prozess der Systematik. In der Phase der *Entwicklung* ist für die Systematik eine Differenzierung zwischen *Produkt- und Technologieentwicklung* vorzunehmen: Basierend auf den Ergebnissen aus der frühen Phase sollen Implikationen sowie Handlungsempfehlungen für die Produkt- und Technologieweiterentwicklung respektiv abgeleitet und gegeben werden.

Vertikale Perspektive auf technologie-induziertes Innovationsmanagement

Die vertikale Perspektive auf den Innovationsprozess soll ein einheitliches Verständnis für zu erarbeitenden Elemente und deren Zusammenhang schaffen. Die vertikale Sicht wird in der Literatur mittels sog. Ebenenmodelle ausgedrückt. Bild 2-10 zeigt ein exemplarisches Ebenenmodell. Dieses umfasst fünf Elemente, die in Beziehung stehen: *Kompetenzen, Technologien, Funktionen, Produkte* und *Märkte*. Mittels dieser fünf Elemente werden Technology Push und Market Pull Prozesse erklärt.

Beim Technology Push werden die Elemente von unten nach oben adressiert. Voraussetzung für die Entwicklung bzw. die Beherrschung einer Technologie ist ein Set an entsprechenden Kompetenzen [SWA11, S. 62]. In erster Instanz wird nach (noch unbekannt) Produkten gesucht, in denen diese Technologie eingesetzt werden kann [BM04, S. 383].

Die Verknüpfung zwischen Technologien und Produkten erfolgt über Funktionen; es gilt, geeignete Produkte für die von der Technologie zur Verfügung stehenden Funktionen zu identifizieren. Schlussendlich bleibt die Frage, auf welchen Märkten identifizierte Produkte angeboten werden können [SW08, S. 10], [HSR08, S. 23]. Im Rahmen technolo-

gie-induzierter Innovationsprozesse sind also **Probleme** zu ermitteln, die durch die technologische Lösung adressiert werden können [BM04, S. 390], [Hub90, S. 127], [BM04, S. 390 f.], [SMN+97, S. 365], [AL00, S. 70].

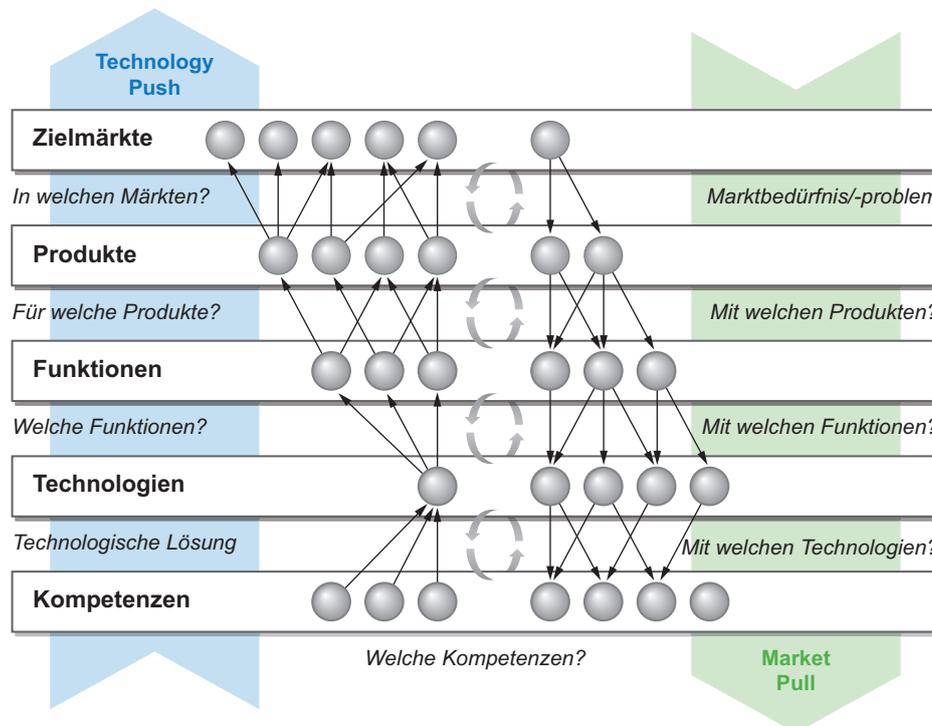


Bild 2-10 Vertikale Perspektive auf den Innovationsprozess: Ebenenmodell nach BULLINGER, SPATH ET AL., HEUBACH ET AL. [Bul94, S. 156], [SW08, S. 10], [HSR08, S. 23]

Market Pull oder markt-induzierte Innovationsprozesse haben ihren Ursprung im Markt; in diesen Prozessen werden die Elemente des Ebenenmodells in der umgekehrten Reihenfolge adressiert [SW08, S. 10], [HSR08, S. 23]. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist der Technology Push Innovationsprozess. Gleichwohl sollten Technology Push und Market Pull einer kontinuierlichen Synchronisation unterliegen, d.h. die zu erarbeitenden Elemente sind aus Technologie- und Marktsicht aufeinander anzustimmen [BS09, S. 735], [SW08, S. 8ff.], [HS07, S. 7], [SW85, S. 29], [BSP12, S. 11].

Cross-Industry-Perspektive auf technologie-induzierte Innovationsprozesse

Der Grundgedanke der Cross-Industry-Perspektive auf den Innovationsprozess ist die Nutzung von branchenübergreifenden Analogien sowie eine Übertragung und Adaption von Lösungsansätzen über Branchengrenzen hinweg [Dür07, S. 100]. In Sinne von Open Innovation – als Öffnung des Innovationsprozesses – werden bei Cross-Industry-Innovationsprozessen zwei Richtungen beim Wissenstransfer unterschieden, vgl. Bild 2-11:

- **Inside-Out:** Grundgedanke ist die Kommerzialisierung von Produkten bzw. Ideen außerhalb des eigenen Unternehmens (Open Innovation) bzw. der eigenen Branche (Cross-Industry Innovation). Die Basis bilden im Allgemeinen die im Unternehmen

vorhandenen Kompetenzen [Ech14, S. 16ff.], [Che03, S. 37], [Enk09, S. 181ff.], [Dür08, S. 12], [Dür12, S. 26], [ED13, S. 197f.], [Fre10, S. 106].

- **Outside-In:** Bei dieser Richtung im Innovationsprozess erfolgt die Nutzung externer Ideen (Open Innovation) bzw. der Transfer branchenfremder Lösungen (Cross-Industry Innovation) auf eigene Problemstellungen [Ech14, S. 16ff.], [Che03, S. 37], [Enk09, S. 181ff.], [Dür08, S. 8], [ED13, S. 197].

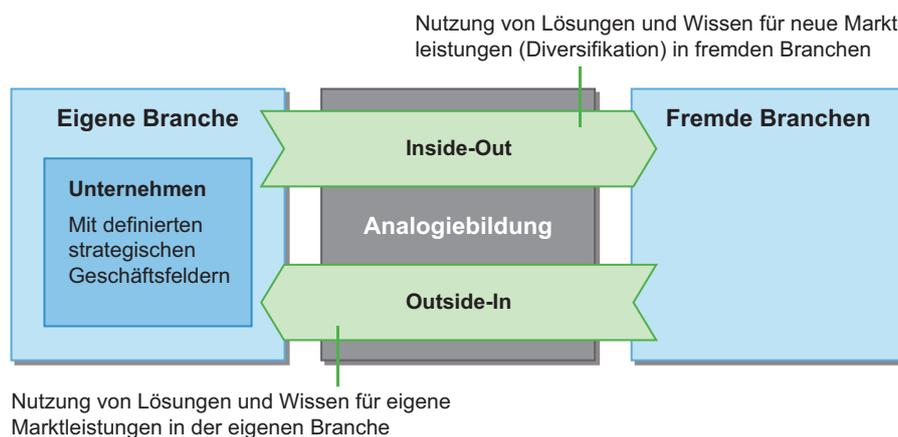


Bild 2-11 Cross-Industry-Perspektive auf den Innovationsprozess in Anlehnung an [Ech14, S. 19], [Dür08, S. 12], [Dür12, S. 26]

In der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Differenzierung beider Richtungen, indem zwischen einem Technologieanbieter und einem Technologienutzer unterschieden wird. Ziel für einen Technologieanbieter sind Erfolg versprechende Anwendungsideen. Aus Gründen der Risikominimierung soll eine Streuung der Anwendungen über möglichst viele Branchen erfolgen (Inside-Out). Die Adaption einer spezifischen Technologie für neue Marktleistungen wird von einem potentiellen Technologienutzer verfolgt (Outside-In). Der Fokus der zu entwickelnden Systematik liegt auf der Inside-Out Perspektive; gleichwohl werden an relevanten Stellen Hinweise auf Ergänzungen/Modifikationen für die Anwendung der Systematik aus der Sicht eines Technologienutzer gegeben.

2.4.2 Herausforderungen des technologie-induzierten Innovationsmanagements

Das horizontale Modell des technologie-induzierten Innovationsmanagements bildet die Abfolge der Schritte im Innovationsprozess ab; das vertikale Modell stellt die Elemente und den Zusammenhang untereinander dar (vgl. Abschnitt 2.4.1). Das Zusammenbringen beider Modelle für die Planung technologie-induzierter Innovationen ist in der praktischen Anwendung nicht trivial. Die Erfahrung zeigt: Unternehmen scheitern oftmals an der Kommerzialisierung – trotz einer solide entwickelten Technologie [Tri00, S. 185]. Dies ist darin begründet, dass dem hohen Innovationspotential emergenter Technologien eine Reihe von Herausforderungen bzw. Unsicherheiten gegenüberstehen, vgl. Bild 2-12

[DS00b, S. 1], [HL00, S. 3], [Chr97, S. 14f.], [BS09, S. 733]. Herausforderungen erwachsen insbesondere aus den Dimensionen *Marktunsicherheit*, *Technologieunsicherheit*, *FuE-Investitionen* und *Zeithorizont* – im Folgenden näher erläutert, vgl. Bild 2-12 [HL00, S. 3], [DS00b, S. 4ff.] (vgl. dazu auch [WGP14, S. 101]).

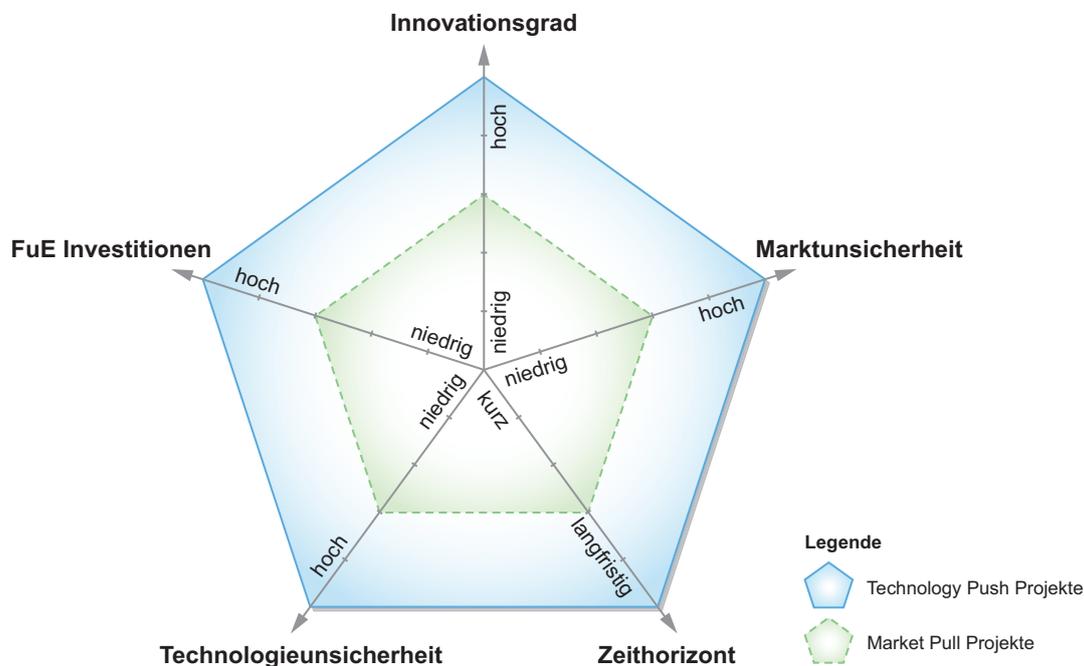


Bild 2-12 Wesentliche Unterschiede zwischen Technology Push und Market Pull [HL04, S. 3]

Hohe Marktunsicherheit: Technologie-induzierten Innovationsprozessen ist eine hohe Marktunsicherheit inhärent; technologische Errungenschaften führen nicht zwangsläufig zu Innovationen. Dies ist maßgeblich auf unbekannte Anwendungsfelder für die Technologie zurückzuführen [HL00, S. 5], [DS00b, S. 4ff.]. DAY/SCHOEMAKER bezeichnen den Markt als spekulativ; der Zugang zu potentiellen Märkten verläuft explorativ, die Wettbewerbsstruktur ist unausgereift, das Marktwissen knapp [DS00, S. 5]. Es existieren keine Referenzen, keine Erfahrungswerte. Die Ableitung erforderlicher Leistungsfähigkeiten der Technologie gestaltet sich schwierig, zumal technologie-induzierte Innovationsprozesse oftmals als „Black Box“ betrachtet werden [HL00, S. 6]. Der Transformationsprozess, also die Überführung der Technologie in eine Innovation findet selten Beachtung [KL86, S. 278]. Eine hohe Marktunsicherheit manifestiert sich oftmals bereits in der Entwicklung; Entwickler neigen zur stetigen Weiterentwicklung der Technologie; es werden Technologiealternativen generiert, ohne einen konkreten Marktbezug herzustellen [KL86, S. 276]. Das andere Extrem entsteht, wenn ausschließlich die vorliegende technologische Lösung fokussiert und das Denken in Alternativen vollkommen vernachlässigt wird [BS09, S. 731]. Das kann prinzipiell zu der „falschen“ Anwendung führen; potentielle Cross-Industry-Potentiale werden vernachlässigt. Damit bleibt eine branchenübergreifende Verwertbarkeit der Technologie ggf. ungenutzt.

Hohe Technologieunsicherheit: Technologien unterscheiden sich hinsichtlich des Reifegrades, des Wettbewerbspotentials und der Kompatibilität zu anderen Technologien [SWA11, S. 38]. Zum Reifegrad einer Technologie kann i.d.R. eine Aussage getroffen werden; wie sie sich zukünftig entwickeln wird, lässt sich jedoch nicht eindeutig vorher-sagen. In dieser Hinsicht stellen insbesondere neue bzw. emergente Technologien eine große Herausforderung für die Technologievorausschau dar. Die Leistungsfähigkeit dieser Technologien ist oftmals nicht vollumfänglich verstanden [AU09, S. 254], [DS00b, S. 5]; fundiertes Know-how für die wissenschaftlichen Zusammenhänge sowie Erfahrungswerte für den Einsatz liegen nicht vor [DS00b, S. 5], [RCP+11, S. 10], [BCW09, S. 733]. Damit sind Weiterentwickelbarkeit, Stoßrichtung für die Weiterentwicklung und erforderliche Kompetenzen nur schwer abzuschätzen. Das Wissen bzgl. der Technologiepotentiale ist ähnlich begrenzt bzw. nicht vorhanden [DS00b, S. 5]. Technologiepotentiale bilden allerdings die Basis für die Suche nach potentiellen Anwendungen (vgl. Abschnitt 2.1.5). Gleichzeitig stellt die Potentialfindung eine Herausforderung dar, da hier konventionelle Marktforschungsansätze nicht bzw. nur bedingt greifen [Chr97, S. 14ff.], [Day00, S. 5], [LMP96, S. 13f.]. Eine weitere Herausforderung ist die oftmals fehlende oder noch nicht ausgereifte Infrastruktur; so mangelt es bspw. an etablierten Regularien und Standards für emergente Technologien [DS00b, S. 5].

Hohe FuE-Investitionen: FuE-Investitionen sind in technologie-induzierten Innovationsprozessen massiv, da oftmals die Aktivitäten der Technologieentwicklung nicht auf ein klares Ziel ausgerichtet werden. FuE-Investitionen fließen in die Grundlagenforschung oder in die Entwicklung weiterer Technologiealternativen [HL00, S. 3], [KL86, S. 276]. Unternehmen fehlt der Blick für „das große Ganze“ [DP00, S. 79]. HERSTATT/LETTL sprechen von einem *lab in the woods approach* [HL00, S. 4]. Demgegenüber erfordern Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Investitionen, um Potentiale einer neuen technologischen Lösung umfassend auszuarbeiten [BS09, S. 732].

Langer Planungshorizont: Markt- und Technologieunsicherheiten erschweren die Planung; der Zeithorizont ist nur schwer abschätzbar. Jedoch wird dieser als eher lang eingestuft. Dies ist darin begründet, dass nur wenig bis keine Erfahrung für den Einsatz emergenter Technologien vorliegt und deren (Weiter-)Entwicklung i.d.R. zeitintensiv ist [SM02, S. 349]. Oftmals müssen neue Kompetenzen aufgebaut werden [DS00b, S. 5]. Trotz des langen Planungshorizontes ist es essentiell, Chancen und Grenzen einer Technologie frühzeitig zu erkennen [Sch91b, S. 26]; *Nachzügler-Strategien sind oft nicht praktikabel, weil durch die Innovationen sehr hohe Eintrittsbarrieren entstehen* [Sch91b, S. 26].

BURGELMAN/SAYLES sprechen in Summe von einem Trade-off zwischen Zielerreichung, Machbarkeit und Kosten [BS09, S. 731]. DAY/SCHOEMAKER fassen die Herausforderungen wie folgt zusammen: *coping with great uncertainty and complexity, keeping up with accelerating change, and developing new competencies* [DS00b, S. 4].

2.4.3 Erfolgsfaktoren im technologie-induzierten Innovationsmanagement

Wie den geschilderten Herausforderungen begegnet werden kann und die Potentiale der Technologie für das eigene Geschäft zu heben sind, ist in der Literatur intensiv diskutiert. Zahlreiche Autoren haben retrospektiv Analysen von technologie-induzierten Innovationsprojekten durchgeführt und Erfolgsfaktoren zusammengetragen. Weitere Erfolgsfaktoren wurden von der Autorin retrospektiv aus den Projekten abgeleitet, die zur Validierung der Systematik durchgeführt wurden (vgl. dazu auch [WGP14, S. 101]). Diese Faktoren sind für eine gelungene Überführung der Technologie in eine Innovation maßgeblich [BM04, S. 390 f.].

- **Strategische Weitsicht** – auf einen technologischen Wandel vorbereitet zu sein – erhöht die Chance, einen Wettbewerbsvorsprung zu realisieren und damit unternehmerischen Erfolg vorzusteuern. Es ist essentiell, zukünftige Technologieentwicklungen aufzuzeigen und in richtungsweisende Entscheidungen der Unternehmensführung einzubeziehen [KSA11, S. 6]. Eine proaktive Planung ist ein bedeutender Erfolgsfaktor [Tri00, S. 175]; Unternehmen behalten sich die Option vor, Standards zu setzen und Zielmärkte zu definieren. Hierbei ist die frühzeitige Identifikation sog. „*Game Changer*“ (positive und negative Einflüsse) entscheidend.
- **Fokus auf Anwender/Zielmärkte:** *Wer Erfolg haben will, muss Technologiepotentiale und Kundennutzen im Voraus richtig einschätzen [Sch91b, S. 28].* Technologie-induzierte Produkte versprechen einen Erfolg, wenn sie Bedürfnisse adressieren bzw. Probleme lösen, also wenn es gelingt einen konkreten Marktbezug zur Technologie herzustellen [BS09, S. 730], [BM04, S. 390f.], [SMN+97, S. 365], [Hub90, S. 127], [KL86, 276f.]. HAMEL/PRAHALAD empfehlen den Markt weniger als ein explizites Produkt zu betrachten, sondern vielmehr im Kontext von Bedürfnissen und Funktionalitäten [HP91, S. 4]. Je breiter die Anwendungskontexte gestreut sind, desto höher sind die Synergie-Effekte für die Technologieentwicklung.
- **Herausstellen der Vorteilhaftigkeit der Technologie:** Eine erfolgreiche Etablierung einer Technologie setzt voraus, dass ein potentielles Produkt einen Mehrwert durch die Technologie erfährt [BM04, S. 390]. Es ist daher essentiell, die nutzenstiftenden Fähigkeiten bzw. die Potentiale einer Technologie herauszustellen [Hub90, S. 127], [BM04, S. 390f.], [SMN+97, S. 365], [AL00, S. 70]. Potentiale können sich auch als aufkommende technische/technologische Probleme äußern [BS09, S. 731].
- **Denken in Alternativen:** Anwendung und Anwendungsumfang entscheiden darüber, welche Leistungsparameter der Technologie entwickelt werden [AL00, S. 69]. Zudem resultieren technologische Durchbrüche oftmals durch eine Verschiebung von Anwendungskontexten [AL00, S. 62], [Bas88, S. 141]. Es ergeben sich ferner unterschiedliche Einsatzpotentiale auf unterschiedlichen Leistungsfähigkeitsstufen der Technologie (vgl. Abschnitt 2.1.5 und [Bas88, S. 141]). Bei der Planung technologie-

induzierter Innovationen sind daher alternative Anwendungskontexte und Technologieleistungsfähigkeiten zu berücksichtigen. In der frühen Phase eines Innovationsprozesses ist das Denken in Alternativen explizit gewünscht, um den Suchraum zu öffnen [BS09, S. 733], [AL00, S. 58].

- **Rückgriff auf internes/externes Wissen und Einbindung interner/externer Netzwerke:** Wissen über emergente Technologien ist unvollständig [DS00b, S. 2]. Es liegen i.d.R. keine Erfahrungswerte vor. Es wurde bereits festgehalten, dass die Technologieentwicklung bestimmten Mustern im Verlauf des Lebenszyklus‘ folgt (vgl. Abschnitt 2.1.5). Es liegt nahe, mittels **Analogiebildung** fehlendes Wissen bzgl. der Technologie zumindest teilweise zu kompensieren. Daneben ist die **Einbindung interner und externer Experten** in den Innovationsprozess von großer Bedeutung. Insbesondere eine frühzeitige **Integration potentieller Kunden** wird als ein herausragender Erfolgsfaktor betrachtet [BM04, S. 388ff.], [SMN+97, S. 365]. BURGELMAN/SAYLES fassen diesen Erfolgsfaktor weiter; sie sprechen von sog. *environmental scanning*. Hierbei geht um: (1) einen Vergleich eigener Forschungsanstrengungen zu anderen Aktivitäten aus dem Umfeld, (2) die **Suche nach Synergien** (bereichsübergreifend im Unternehmen und zu externen Organisationen), (3) die Identifikation von Synergien bzgl. Kompetenzen (Wissen) und Anwendungen [BS09, S. 732].
- **Management Commitment:** Unzureichende Lenkung durch das Top-Management kann zu einem Bruch zwischen Geschäftszielen und Forschungs- und Entwicklungsvorhaben führen [BS09, S. 732]. Ferner bedingen der lange Planungshorizont sowie die hohe Markt- und Technologieunsicherheiten hohe Investitionen in technologie-induzierten Innovationsprozessen; hohe Investitionen erfordern Unterstützung seitens der Unternehmensführung [SW00, S. 45], [Chr97, S. 14]. Die Praxis zeigt: Innovationen sind oftmals Folge gezielter Management-Unterstützung [Sch91b, S. 16].
- **Learning from the probes, and probing again:** *Die Fehlerkorrektur ist die wichtigste Methode der Technologie und des Lernens überhaupt [Pop94, S. 256ff.]*. Die Fähigkeit zur Anpassung von Produkten und Technologien auf Basis von ersten (Kunden-)Erfahrungen ist entscheidend für den Erfolg technologie-induzierter Innovationsprozesse [HL04, S. 10f.], [LMP96, S. 15f.]. In der Regel sind agile Unternehmen im Vorteil [DS00c, S. 45]; die Technologieentwicklung kann bei Bedarf agil angepasst, notwendige Partnerschaften mit Externen können schneller eingegangen werden [AU09, S. 254].
- **Bewertung der Ideen:** Die frühe Phase eines Innovationsprozesses ist durch hohe Unsicherheiten bzgl. der verfügbaren Informationen gekennzeichnet. Die Bewertung entstehender Ideen ist unter Berücksichtigung von *fehlendem Detailwissen* zu gestalten [WW04, S. 47]. Nur so kann sichergestellt werden, dass vielversprechende Ideen aufgrund eines Informationsmangels ausgeschlossen werden.

2.4.4 Verbundprojekte: Strategische Planung von Additive Manufacturing Technologien

Die in Abschnitt 2.4.2 und 2.4.3 diskutierten Herausforderungen und Erfolgsfaktoren werden durch die Erfahrungen in den Validierungsprojekten bestätigt. Der Validierung der Systematik liegen im Kern zwei Verbundprojekte der strategischen Planung für Additive Manufacturing Technologien zu Grunde: (1) *Opportunities and Barriers of Additive Manufacturing Technologies within the Aerospace Industry and Adapted Others* und (2) *Research Strategies for Additive Manufacturing*. Die zwei Projekte sind Teil der Forschungsinitiative, die vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen und von namenhaften Partnerunternehmen des DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER gefördert werden. In diesem Forschungsverbund sollen Additive Manufacturing Technologien zu serienreifen Prozessen entwickelt werden.

Additive Manufacturing sind Technologien der schichtweisen Erstellung von Bauteilen auf Basis eines elektronischen Datensatzes, der in der Regel aus einem 3D CAD-Modell abgeleitet wird [Gep13, S. 4], [Woh13, S. 13f.], [GRS10, S. 1ff.]. Beim Additive Manufacturing werden verschiedene Verfahren differenziert [BBW+13, S. 25]. Bei pulverbettbasierten Verfahren entstehen räumliche Strukturen durch die Verbindung von mikrometerdünnen Schichten aus Kunststoff- oder Metallpulvern oder flüssigen Kunststoffen. Die einzelnen Schichten werden durch Lasersintern, Laserschmelzen oder Laserlichtaushärtung miteinander verbunden. Nach dem Absenken der Plattform wiederholt sich der Prozess bis das Bauteil fertiggestellt ist, vgl. Bild 2-13. Beispielhafte Verfahren sind das selektive Lasersintern, das selektive Laserschmelzen oder die Stereolithographie [Gep13, S. 46ff.], [GRS10, S. 27ff.]. Bei extrusionsbasierten Verfahren, auch Fused Layer Modeling genannt, wird der Werkstoff aufgeschmolzen und mittels einer Düse Schicht für Schicht abgelegt [Gep13, S. 70f.]. Durch den schichtweisen Aufbau bietet Additive Manufacturing viele Möglichkeiten in der Gestaltung von Produkten und Produktentstehungsprozessen [Gep13, S. 4], [Woh13, S. 13f.].

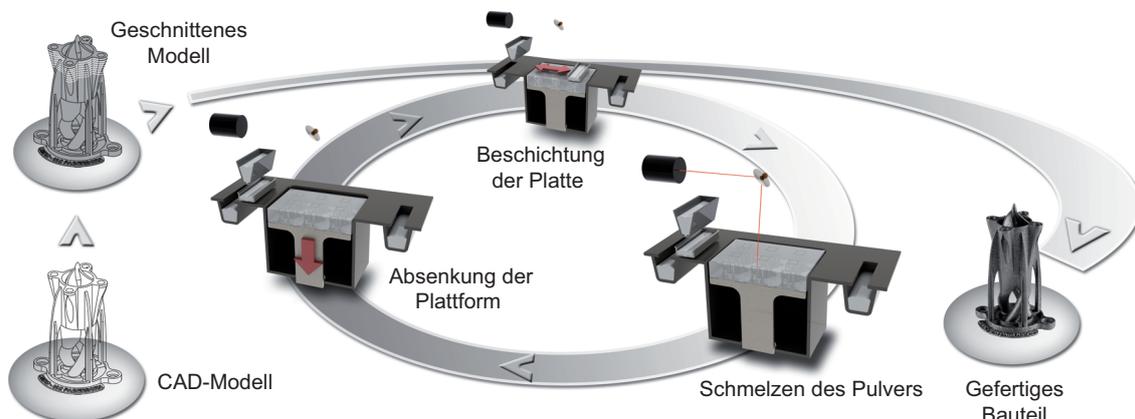


Bild 2-13 Erstellung eines Produktes mittels pulverbett-basierter Additive Manufacturing Technologien [GWP13, S. 83], [siehe Bildverzeichnis]

Ziel der Verbundprojekte der strategischen Produkt- und Technologieplanung für Additive Manufacturing Technologien waren Anwendungsgebiete für die Technologien sowie Technologieweiterentwicklungsrichtungen, final verortet in einer Innovations-Roadmap. Es wurden Impulse für die Zukunft des Additive Manufacturing gesetzt: über 40 Experten aus Mitgliedsunternehmen des DMRC und anderen innovativen Unternehmen sowie viele andere Experten, die im Rahmen von Delphi-Studien teilgenommen haben, waren beteiligt. Die Projekte sind Schwerpunkt für den dieser Arbeit zugrundeliegenden Forschungsfokus. Die zu entwickelnde Systematik wird daher am Beispiel von Additive Manufacturing Technologien erläutert. Gleichwohl wurden einzelne Bausteine der Systematik oder Kombinationen von Bausteinen am Beispiel von folgenden Technologien validiert: (1) *Kontaktlose Energie-, Daten- und Signalübertragung*, (2) *Magnesiumumformung mit Induktionserwärmung*, (3) *Profil-Armierungs-Ziehen*.

2.5 Anforderungen an die Systematik

In Abschnitt 2.4.2 und 2.4.3 wurden die Herausforderungen und Erfolgsfaktoren technologie-induzierter Innovationsprozesse diskutiert. Um den Herausforderungen zu begegnen und die Erfolgsfaktoren zu erschließen, werden im Folgenden Anforderungen an die zu entwickelnde Systematik beschrieben.

2.5.1 Allgemeine Anforderungen

Nachfolgend werden allgemeine Anforderungen an die gesamte Systematik gestellt.

A1: Integrative, technologie-induzierte Planung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie

Ausgangspunkt der Methode soll eine Produktions- und/oder eine Produkttechnologie sein, die ein Produkt in seinem Wesen determinieren. Die Systematik soll eine methodische Unterstützung für die integrative, technologie-induzierte Planung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie bereitstellen. Die Unterstützung soll die Strukturierung der Technologie als potentielle Lösung, die Ermittlung von kongruenten Problemen für die zur Verfügung stehende Lösung sowie die Planung von Handlungsoptionen umfassen. Übergeordnetes Ziel ist eine Technology Push Strategie. Es sind Vorgehensmodelle, Werkzeuge und Dokumentationsschemata zur Verfügung zu stellen.

A2: Prägnante Darstellung der Ergebnisse

Die zu erarbeitenden Ergebnisse der Systematik sowie die Verknüpfung der Ergebnisse sind anschaulich darzustellen. Insbesondere die resultierende Technology Push Strategie soll die Grundlage für die Entwicklung von Produktstrategien bilden und damit im nächsten Schritt der Entwicklungsfreigabe dienen. Hierzu ist eine prägnante Entscheidungsgrundlage erforderlich, die zu Zwecken der Komplexitätsreduktion und Kommunikation

der Strategie verwendet werden kann. Es ist zudem eine prägnante Darstellung von Planungsergebnissen im Zeitverlauf zur Planung der Strategieumsetzung zu entwickeln.

2.5.2 Anforderungen an die strukturierte Abbildung von Technologiepotentialen

Im Folgenden werden Anforderungen an die strukturierte Abbildung von Technologiepotentialen, also an die Beschreibung des Lösungsraums, gestellt.

A3: Strukturierung und Analyse der technologischen Leistungsfähigkeit

Ausgangspunkt der Systematik bildet eine Technologie; für alle an der Durchführung der Systematik Beteiligten muss ein einheitliches Technologieverständnis geschaffen werden. Die technologische Leistungsfähigkeit bildet ferner den Grundstein für die Identifikation von Technologiepotentialen und korrespondierenden Anwendungsideen. Die Systematik soll eine methodische Unterstützung zur kontextunabhängigen Beschreibung der technologischen Leistungsfähigkeit (vgl. Abschnitt 2.1.5) zur Verfügung stellen.

A4: Antizipation der zukünftigen technologischen Leistungsfähigkeit

Emergente Technologien befinden sich im Entstehungsstadium; sie besitzen Weiterentwicklungspotential, dessen Limitierung allerdings nicht ohne weiteres zu erkennen ist (vgl. Abschnitt 2.1.5). Im Rahmen der Systematik sollte daher mithilfe einer methodischen Vorausschau die zukünftige Leistungsfähigkeit einer emergenten Technologie abgeschätzt werden können. Die antizipierte Leistungsfähigkeit soll dabei nicht als feststehendes Ergebnis angesehen werden, sondern als erste und korrigierbare Grundlage einer Strategie angesehen werden.

A5: (Modulare) Unterstützung der Ermittlung von Technologiepotentialen

Bei emergenten Technologien ist das Wissen bzgl. der Technologiepotentiale je nach Technologiereife begrenzt bzw. nicht vorhanden. Die Technologiepotentialfindung ist in Abhängigkeit der verfügbaren Wissensbasis zu gestalten. Um die methodische Komplexität der technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung zu reduzieren, ist die Ableitung und Beschreibung von Technologiepotentialen zu strukturieren. Dazu ist ein flexibles kleinschrittiges Vorgehen ebenso notwendig wie eine sinnvolle Strukturierung von Informationen.

2.5.3 Anforderungen an die Ermittlung technologie-induzierter Marktleistungen

Technologie-induzierte Marktleistungen versprechen nur dann einen Erfolg, wenn sie Bedürfnisse adressieren bzw. Probleme lösen. Im Folgenden werden Anforderungen an die Ermittlung eines Problemraums gestellt, der in Kongruenz zu der zur Verfügung stehenden emergenten Technologie (Lösung) steht.

A6: Unterstützung der Identifikation von Anwendungskontexten

Ein *Markt* kommt durch die drei Dimensionen *Technologie*, *Marktleistung* und *Marktsegment* zustande (vgl. Abschnitt 2.1.3). Das Marktwissen ist für emergente Technologien begrenzt; es existieren kaum Erfahrungswerte zu Einsatzmöglichkeiten (vgl. Abschnitt 2.4.2). Um einen ersten Zugang zum Markt zu finden, sind Anwendungskontexte zu ermitteln, in denen die Technologie zur Lösung von Problemen beitragen kann. Die Systematik soll daher einen methodischen Rahmen für die Ermittlung von Problemen sowie Ideen für Marktsegmente und Marktleistungen bieten sowie frühestmöglich die Kundenperspektive berücksichtigen.

A7: Berücksichtigung zukünftiger Marktanforderungen

Eine optimale Ausschöpfung der Technologiepotentiale erfordert strategische Weitsicht (vgl. Abschnitt 2.4.3). Eine gute Produktidee für den Einsatz der Technologie ist obsolet, wenn die Marktanforderungen in fünf Jahren bereits passé sind. Daher sind zukünftige Einflüsse in potentiellen Anwendungskontexten abzubilden und Anforderungen, Chancen und Risiken für die Technologie im Anwendungskontext abzuleiten.

2.5.4 Anforderungen an die Planung von Handlungsoptionen

Die nachfolgend dargestellten Anforderungen sind bei der Planung von Handlungsoptionen zu berücksichtigen.

A8: Ermittlung von Synergien für Produkt- und Technologieplanung

Technologie-induzierten Projekten sind hohe FuE-Investitionen inhärent (vgl. Abschnitt 2.4.2). Je mehr Erfolg versprechende Anwendungen ein ähnliches Technologieprofil nachfragen, desto mehr Synergie-Effekte können in der Technologieentwicklung realisiert werden (vgl. Abschnitt 2.4.3). Produkt- und Technologieentwicklung werden dadurch nicht nur effektiv, sondern auch effizient. Die Systematik muss deshalb einen methodischen Rahmen bieten für: (1) die Auswahl Erfolg versprechender Anwendungen, (2) die Ermittlung von (technologischen) Synergien zwischen den einzelnen Anwendungen und (3) für die Ableitung korrespondierender Technologieprofile.

A9: Ableitung und Operationalisierung von Handlungsoptionen

Die Systematik soll die Herleitung und Auswahl von Handlungsoptionen unterstützen. Mögliche positive und negative Einflüsse auf die ausgewählten Handlungsoptionen, sog. potentielle „Game Changer“, sind zu berücksichtigen. Die Handlungsoptionen sind zuletzt zu operationalisieren. Die zu entwickelnde Systematik muss hierfür die Definition von konkreten Maßnahmen zur Umsetzung der Handlungsoption unterstützen (vgl. Abschnitt 2.1.6).

3 Stand der Technik

Ziel dieses Kapitels ist ein abgeleiteter Handlungsbedarf für die Entwicklung einer Systematik für eine technologie-induzierte Produkt- und Technologieplanung. Hierzu wird der für die vorliegende Arbeit relevante Stand der Technik diskutiert und hinsichtlich der in Abschnitt 2.5 herausgearbeiteten Anforderungen evaluiert.

Technologien stellen Lösungen dar, die in geeigneten Anwendungskontexten einen Beitrag leisten können (vgl. Abschnitt 2.1.2). In Abschnitt 3.1 wird ein Überblick über Ansätze zur Analyse von Technologien gegeben. Bei der technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung sind strategische Weitsicht sowie das Denken in Alternativen maßgebliche Erfolgsfaktoren; ferner sind alternative Handlungsoptionen für die Gestaltung von Technologie und Anwendungskontexten zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 2.4.3). Ansätze der Vorausschau werden in Abschnitt 3.2 behandelt; Ansätze zur Generierung und Bewertung von Handlungsoptionen sind Gegenstand von Abschnitt 3.3. Da Produkt- und Technologieplanung gekoppelt sind, gilt es, die jeweiligen Aufgaben zu synchronisieren. Integrierte Absätze, die sowohl Produkt- als auch Technologieplanung adressieren, werden in Abschnitt 3.4 vorgestellt. Durch einen Abgleich der vorgestellten Ansätze mit den Anforderungen aus Abschnitt 2.5 wird zuletzt in Abschnitt 3.5 der Handlungsbedarf abgeleitet.

3.1 Ansätze zur Analyse von Technologien

Für den systematischen Umgang mit Technologien im Innovationsprozess liefert der Stand der Technik verschiedene Ansätze zur Technologieanalyse. Ein weit verbreiteter Ansatz zur Analyse von Produkttechnologien ist die Funktionenanalyse nach AKIYAMA, die Gegenstand der VDI-Richtlinie 2803 ist (vgl. Abschnitt 3.1.1). Einen ganzheitlichen Ansatz zur Spezifikation von Technologien liefern GAUSEMEIER ET AL. (vgl. Abschnitt 3.1.2). TRIZ – die Theorie des erfinderischen Problemlösens – stellt eine umfassende Methoden-, Prozess- und Werkzeugsammlung zur Verfügung. Grundidee und ausgewählte Ansätze von TRIZ werden in Abschnitt 3.1.3 vorgestellt. Abschließend wird ein Überblick über weitere Ansätze der Technologieanalyse gegeben (vgl. Abschnitt 3.1.4).

3.1.1 Funktionenanalyse gemäß der VDI-Richtlinie 2803

Die Funktionenanalyse dient dazu, ein Wertanalyse-Objekt in Elemente aufzugliedern und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen abzubilden. Die VDI-Richtlinie 2803 liefert hierfür einen Leitfaden [VDI2803, S. 2]. Ein Wertanalyse-Objekt ist ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein Prozess. Eine Funktion stellt *jede einzelne Wirkung* des Objekts dar; die Beschreibung von Funktionen erfolgt mittels eines Substantivs in Kombination mit einem aktiven Verb im Infinitiv (Beispiel: *Flüssigkeit fördern*) [VDI2803, S.2f.]. Ziel ist eine Funktionenstruktur; diese gliedert das Objekt hierarchisch

in Funktionen. Die Erstellung einer Funktionenstruktur erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2803 in drei Phasen: Sammlung von Funktionen, Gliederung von Funktionen und Erstellung der Funktionenstruktur, vgl. Bild 3-1 [VDI2803, S. 5ff.].

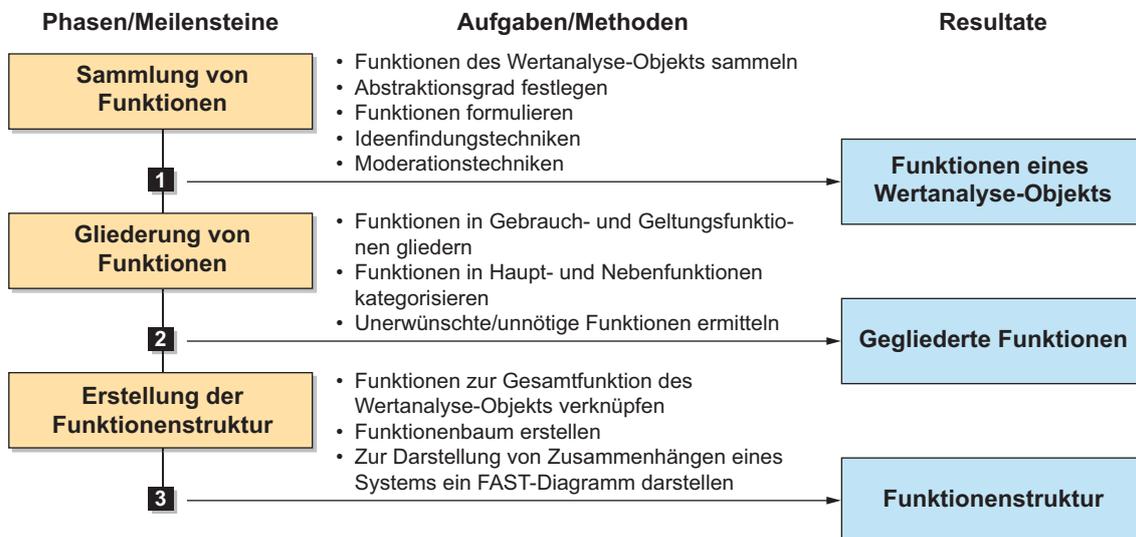


Bild 3-1 Vorgehensmodell der Funktionenanalyse gemäß der VDI-Richtlinie 2803 in Anlehnung an [VDI2803, S. 5ff.]

Sammlung von Funktionen: In einem Team sind unter Anwendung von Ideenfindungs- und Moderationstechniken alle Funktionen eines Wertanalyse-Objekts zu sammeln. Die Funktionen sind durch eine Kombination aus Substantiv und Verb zu formulieren; für die Formulierung der Funktionen ist ein Konsens für den richtigen bzw. zweckmäßigen Abstraktionsgrad zu finden. Es wird eine Formulierung an der Grenze zwischen dem ikonischen und symbolischen Bereich empfohlen, um respektive nicht zu nah an der Wiedergabe der Realität zu formulieren und gleichzeitig den Abstraktionsgrad nicht zu hoch zu wählen. Für die Funktion einer Benzinpumpe ist *Flüssigkeit fördern* eine geeignete Formulierung. Die Formulierung *Braunische Bewegung übertreffen* liegt eher im symbolischen Bereich, *Benzin fördern* ist eine eher ikonische Formulierung [VDI2803, S. 5].

Gliederung von Funktionen: Die zuvor gesammelten und formulierten Funktionen sind hinsichtlich der Funktionenart und -klasse zu kennzeichnen [VDI2803, S. 5]. Bei der Funktionenart wird zwischen Gebrauchs- und Geltungsfunktion differenziert. Gebrauchsfunktionen geben *objektiv quantifizierbare Wirkungen* eines Objekts wieder, Geltungsfunktionen die *subjektiv wahrnehmbaren* [VDI2803, S. 3]. Bei Funktionenklassen werden Haupt- und Nebenfunktionen unterschieden. Damit indiziert die Klasse die Wichtigkeit einer Funktion in einem Objekt [VDI2803, S. 3]. Ferner sind unerwünschte oder unnötige Funktionen hervorzuheben [VDI2803, S. 5].

Erstellung der Funktionenstruktur: Zuletzt wird eine Funktionenstruktur erstellt. Eine Funktionenstruktur ist eine Zuordnung der Einzelfunktionen zur Gesamtfunktion eines Wertanalyse-Objekts. Es werden die zwei Darstellungsarten *Funktionenbaum* und *FAST-Diagramm* (Funktionen-Analyse-System-Technik) differenziert. Ein Funktionenbaum

gliedert die Gesamtfunktion eines Objekts auf mehreren Hierarchieebenen in Teilfunktionen. Er kann sowohl in Richtung fallender als auch in Richtung steigender Hierarchie gelesen werden. Ausgehend von einer Funktion wird in fallender Richtung die Frage beantwortet, wie eine übergeordnete Funktion erfüllt wird. Umgekehrt wird die Frage beantwortet, warum bzw. wozu eine untergeordnete Funktion notwendig ist. In einem FAST-Diagramm erfolgt die Darstellung der Systemzusammenhänge analog zu einem Funktionenbaum. Übergeordnete Funktionen werden hierarchisch in Basis-Funktionen, Folge-Funktionen, unerwünschte Funktionen und akzeptierte Funktionen gegliedert. Auf diese Weise sind logische Verknüpfungen zwischen den einzelnen Funktionen ersichtlicher. Ferner besteht die Möglichkeit, besondere Bereiche auszuweisen, z.B. ständige Funktionen, einmalige Funktionen und Spezifikationen. Spezifikationen sind in diesem Fall Randbedingungen, die keinen Einfluss auf die Funktionenstruktur ausüben, wie bspw. spezielle Vorschriften für das Objekt [VDI2803, S. 5ff.].

Bewertung: Die Funktionenanalyse stellt ein pragmatisches und nachvollziehbares Vorgehen zur prägnanten Darstellung der Zusammenhänge einzelner Elemente in einem Objekt dar. Sie wird daher in vielen Ansätzen der strategischen Produkt- und Technologieplanung zur Strukturierung von Produkten und Technologien verwendet. Durch die Abstraktion eines Objekts wird ein einheitliches und zugleich lösungsneutrales Verständnis geschaffen. Die Durchführung einer Funktionenanalyse in einem Team soll der subjektiven Formulierung von Funktionen entgegenwirken. Durch die Abstraktion wird der Suchraum für potentielle Lösungsansätze geöffnet [VDI2803, S. 1].

3.1.2 CONSENS – Integrative Spezifikation von Produkt- und Produktionssystemkonzepten nach GAUSEMEIER ET AL.

CONSENS (*CON*ceptual design *S*pecification technique for the *EN*gineering of complex *S*ystems) ist eine am Heinz Nixdorf Institut entwickelte Technik für eine integrierte und interdisziplinäre Modellierung von Produkt-/Produktionssystemkonzepten im Kontext mechatronischer Produkte [Fra06, S. 79ff.], [GZD+08, S. 1278ff.], [GFD+09, S. 201ff.].

Wie in Bild 3-2 dargestellt, umfasst die Spezifikationstechnik zehn Aspekte; rechnerintern werden diese als Partialmodelle repräsentiert [GD10, S. 55ff.], [GBR10, S. 717f.]. Die Partialmodelle sind u.a. Kommunikations- und Kooperationsgrundlage für Entwickler im Rahmen des Entwicklungsprozesses [GD10, S. 55]. Das Produktkonzept wird durch sieben Aspekte beschrieben: *Anforderungen*, *Umfeld*, *Anwendungsszenarien*, *Funktionen*, *Wirkstruktur*, *Gestalt* (Produkt) und *Verhalten*. Diese Aspekte bilden ein konsistentes Ganzes – ein kohärentes System von Partialmodellen [Fra06, S. 79ff.], [GZD+08, S. 1278ff.], [GFD+09, S. 201ff.], [GD10, S. 55]. Analog stehen die Partialmodelle *Anforderungen*, *Prozessfolge*, *Ressourcen* und *Gestalt* (Produktionssystem) zueinander in Beziehung; sie beschreiben das Produktionssystemkonzept. Produkt- und Produktionssystemkonzept sind über das Partialmodell Anforderungen verknüpft. Die Kon-

ketisierung der Partialmodelle ist im Wechselspiel durchzuführen; Resultat ist ein kohärentes System von Partialmodellen [GD10, S. 55f.], [GFD+09, S. 209]. Nachfolgend werden die einzelnen Partialmodelle des Produktkonzepts kurz charakterisiert [GD10, S. 56ff.].

- **Anforderungen:** Diesem Partialmodell liegt eine Anforderungsliste zugrunde. Darin werden die an das Produkt gestellten Anforderungen gesammelt. Dabei wird eine Unterscheidung zwischen Wunsch- und Festforderungen vorgenommen [GD10, S. 57].
- **Umfeld:** In diesem Modell wird die Einbettung des Systems in das Umfeld beschrieben. Das System wird dabei als eine Blackbox betrachtet und zu relevanten Einflüssen aus dem Umfeld (z.B. Umgebungstemperatur, Vibrationen) über Stoff-, Energie- und Informationsflüsse in Beziehung gesetzt [GD10, S. 56.].
- **Anwendungsszenarien:** Anwendungsszenarien beschreiben das Verhalten des zu entwickelnden Systems in bestimmten Situationen oder Zuständen. Hierdurch werden für spezifische Situationen das zu lösende Problem und die mögliche Lösung charakterisiert [GD10, S. 56f.].
- **Funktionen:** Das Partialmodell gliedert die Funktionalität eines Systems hierarchisch in Teilfunktionen. Eine Funktion beschreibt den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen zur Erfüllung einer Aufgabe. Für die Erfüllung einer Funktion stehen i.d.R. mehrere, alternative Lösungsmuster zur Verfügung [GD10, S. 57f.].
- **Wirkstruktur:** Wirkstrukturen repräsentieren den Zusammenhang zwischen *Systemelementen, deren Merkmalen und Beziehungen* untereinander. Dadurch wird die Struktur eines Systems abgebildet [GD10, S. 58].
- **Gestalt des Produkts:** In diesem Modell wird die Gestalt des Systems festgelegt. Mittels 3D CAD-Systemen werden *Wirkorte, Wirk- und Hüllenflächen sowie Stützstrukturen* modelliert [GD10, S. 59].
- **Verhalten:** Dieses Partialmodell umfasst drei Arten von Verhaltensmodellen: Zustände, Aktivitäten und Sequenz. Es sind Zustände und Zustandsübergänge zu beschreiben. Aktivitäten charakterisieren die Ablaufprozesse innerhalb eines Systemzustands. Mittels einer Sequenz wird die Interaktion der Systemelemente abgebildet [GD10, S. 59f.].

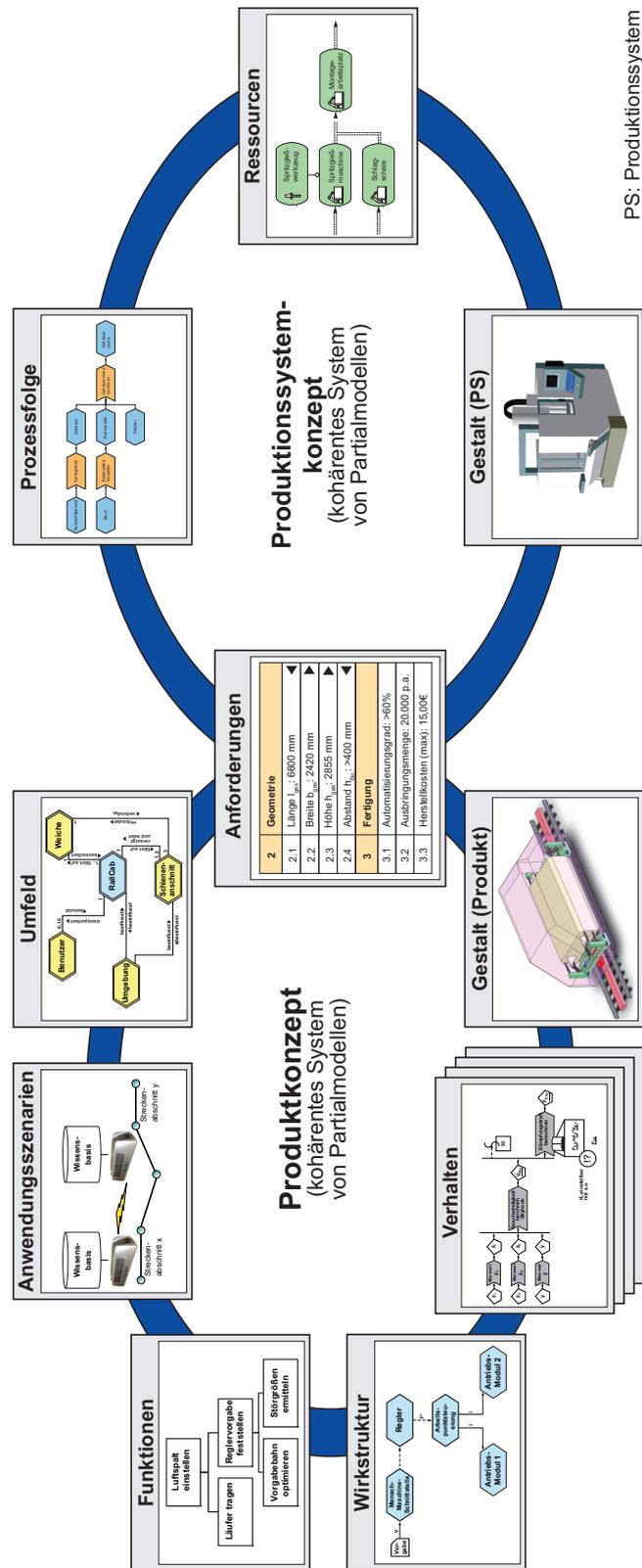


Bild 3-2 Partialmodelle zur domänenübergreifenden Beschreibung der Prinziplösung mechatronischer Systeme und Produktionssysteme [GBK10, S. 347ff.], [GD10, S. 56], [GLL12, S. 89ff.], [KNT09, S. 32]

Nachfolgend werden die Partialmodelle des Produktionssystemkonzepts beschrieben.

- **Anforderungen:** In dem oben vorgestellten Partialmodell werden zusätzlich alle fertigungsrelevanten Anforderungen beschrieben. Diese geben die Rahmenbedingungen für das zu entwickelnde Produktionssystem vor [GBR10, S. 717].
- **Prozessfolge:** Dieses Partialmodell ist Kernelement der Produktionssystemkonzipierung. Es beschreibt die Reihenfolge der Montage- und Fertigungsschritte als Abfolge von Arbeitsvorgängen (Prozessen). Einzelne Arbeitsvorgänge werden mittels Prozessparameter spezifiziert und im Verlauf konkretisiert. Jeder Prozess besitzt Ein- und Ausgangsgrößen, sog. Materialelemente. Materialelemente sind zum einen die zu fertigenden Systemelemente. Zum anderen ergeben sich zwischen zwei Prozessen Zwischenzustände von Werkstücken [GBR10, S. 717]. NORDSIEK konkretisiert in seiner Arbeit die Konzipierung auf Prozessebene. Zunächst erfolgt die Aufstellung einer ersten Prozessfolge, indem Füge- bzw. Montagevorgänge zwischen einzelnen Systemelementen der produktionsorientierten Ereignisstruktur in eine Reihenfolge gebracht werden. Ausgehend davon werden zu fertigende Systemelemente ermittelt und bekannte Produktionsprozesse ergänzt. Zuletzt werden neue Produktionsprozesse ermittelt, um die Prozessabfolge zu ergänzen. Ergebnis ist ein Konzept für ein Produktionssystem auf Prozessebene [Nor12, S. 113ff.].
- **Ressourcen:** In diesem Partialmodell werden die für die Ausführung der einzelnen Prozesse erforderlichen Ressourcen (Arbeitsmittel, Personal) beschrieben. Anschließend erfolgt eine Zuordnung der Ressourcen zu den Prozessen aus dem Partialmodell *Prozessfolge* [GBR10, S. 178].
- **Gestalt des Produktionssystems:** Analog zur Gestalt des Produkts wird hier die Gestalt des Produktionssystems festgelegt. Die Gestalt wird durch benötigte Arbeitsräume, den Platzbedarf für Maschinen oder erforderliche Arbeitsbereiche für Handhabungseinrichtungen charakterisiert und in Listen mit Flächenbedarfen, durch Skizzen und 3D CAD-Modelle abgebildet und entsprechend den Ressourcen zugeordnet [GBR10, S. 718f.].

Bewertung: CONSENS ist eine umfassende und allgemeinverständliche Technik zur domänenübergreifenden Beschreibung von Produkt und Produktionssystem. Sie liefert insgesamt zehn Partialmodelle. Wie eingangs in Abschnitt 2.1.5 diskutiert, erfolgt auch hier die Verknüpfung von Produkten und Lösungsmustern über das Partialmodell *Funktionen*. Hervorzuheben ist die Konzipierung von Produktionssystemen auf Basis einer Prozessfolge, die maßgeblich von NORDSIEK weiterentwickelt wurde. Für die zu entwickelnde Systematik erscheint eine Adaption des Partialmodells *Prozessfolge* für die Beschreibung von Produktionstechnologien sinnvoll. Ferner stellt die Abbildung von Prozessen, Systemelementen und Zwischenzuständen einen möglichen Ausgangspunkt für die Ableitung potentieller Weiterentwicklungen einer Produktionstechnologie dar.

3.1.3 TRIZ – Theorie des erfinderischen Problemlösens

TRIZ⁷ – Theorie des erfinderischen Problemlösens – ist eine Theorie zur Lösung technischer Probleme und Erfindungsaufgaben. TRIZ umfasst zahlreiche Verfahren, Methoden, Prozesse und Werkzeuge [Alt98, S. 47]. Der Urvater von TRIZ ist HENRICH ALTSCHULLER; der Ursprung lässt sich auf die Analyse von 25.000 Patenten ab 1956 zurückverfolgen [Zob09, S. 86]. Der Grundgedanke von TRIZ ist, dass technische Widersprüche kompromisslos aufgelöst werden, mit dem Ziel, *die ideale Maschine* zu realisieren [Alt73, S. 59ff.]. Im Folgenden wird der Gedanke der Idealität vorgestellt, die TRIZ-Logik eingeführt und ausgewählt, für die Systematik relevante TRIZ-Methoden vorgestellt.

3.1.3.1 Die Ideale Maschine (IFR Ideal Final Result)

Ziel eines kreativen Prozesses ist nach der TRIZ-Theorie ein *ideales Endergebnis* – die sog. *ideale Maschine* [Zob11, S. 13ff.], [Alt98, S. 81ff.], [Alt73, S. 70]. Die ideale Maschine ist eine Metapher für die Lösung einer Problemstellung, die allen Anforderungen ohne Limitationen gerecht wird, gleichzeitig aber nicht existiert [ZH09, S. 9], [Zob11, S. 13ff.], [Orl06, S. 218], [GEK01, S. 133]. Demnach besitzt die Maschine keine Abmaße und kein Gewicht; sie verursacht keine Kosten, verbraucht keine Energie und produziert keine Schadstoffe [Orl06, S. 218].

Bei der Suche nach der idealen Lösung hat Effizienzorientierung eine besondere Bedeutung [KS11, S. 15]; Ineffizienz entsteht bei schöpferischen Aufgaben primär durch divergentes Denken [Alt73, S. 46f.]. Bei der Suche nach einer Lösung zielt TRIZ daher auf die Vorgabe einer Suchrichtung und eines Suchwinkels, vgl. Bild 3-3. Das ideale Endergebnis ist als Wegweiser zu verstehen [Zob11, S. 13ff.], [Alt73, S. 73], [Alt73, S. 93].

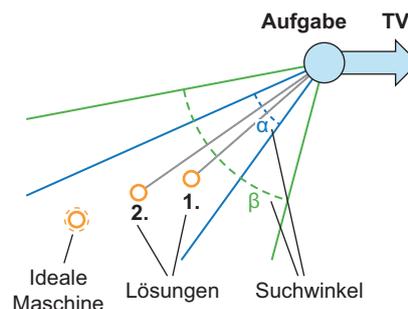


Bild 3-3 Idee der Idealen Maschine zur Überwindung von Denkblockaden durch Vorgabe der Suchrichtung und des Suchwinkels [Alt73, S. 72], [Zob09, S. 78]

⁷ TRIZ kommt aus dem Russischen und ist das Akronym für die Theorie des erfinderischen Problemlösens (russ.: *Теория решения изобретательских задач*) [Zob09, S. 75]. Im Englischen ist auch das Akronym TIPS geläufig (engl. *Theory of Inventive Problem Solving*) [KS11, S. 18].

3.1.3.2 Die TRIZ-Logik

Dem Gedanken der Idealität liegt die Idee des kompromisslosen Auflösens technischer Widersprüche zu Grunde. Das Auflösen von Widersprüchen resultiert in kreativen Problemlösungen. TRIZ fußt auf der Erkenntnis, dass über 99% aller kreativen Problemlösungen für technische Systeme auf bekannte Lösungsprinzipien zurückgeführt werden können. Lösungsprinzipien lassen sich aus der Evolution technischer Systeme ableiten; die Entwicklungsmuster identifizierte ALTSCHULLER und Anhänger durch Patentanalysen⁸. Das Erfahrungswissen zu bereits existierenden Lösungsprinzipien kann im Sinne der Analogiebildung auf neue technische Systeme bzw. neue Problemstellungen übertragen werden [Alt98, S. 148ff.], [Zob09, S. 18f.].

Kern des TRIZ-Problemlösungsprozesses sind die Prinzipien *Analogie*, *Abstraktion* und *Konkretisierung*, vgl. Bild 3-4. Ein konkret formuliertes Problem wird durch Abstraktion in einen Widerspruch aus der TRIZ-Wissensbasis überführt. Zur Auflösung von Widersprüchen enthält die TRIZ-Wissensbasis ein Set an abstrakten Lösungen, die sog. Innovationsprinzipien. Ist eine geeignete abstrakte Lösung für das abstrakte Problem gefunden, wird diese Lösung im Hinblick auf das konkrete Problem konkretisiert. Analogiebildung erfolgt durch den Rückgriff auf das empirische *Lösungswissen* der TRIZ-Wissensbasis und die Adaption des Lösungswissens auf eine konkrete Problemstellung [KS11, S. 14], [Man02, S. 276], [Man01, S. 124], [HTZ+98, S. 63ff.].

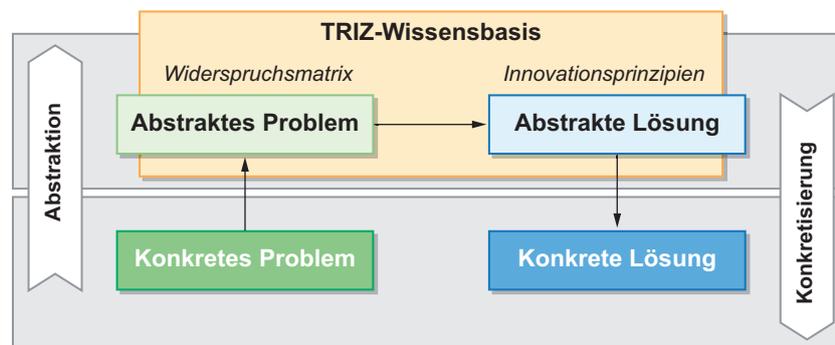


Bild 3-4 Schematische Darstellung der TRIZ-Logik in Anlehnung an MANN und KOLTZE/SOUCHKOV [KS11, S. 14], [Man02, S. 276], [Man01, S. 124]

3.1.3.3 Evolutionswege technischer Systeme der TRIZ

Bekannte Lösungsprinzipien lassen sich aus der Evolution technischer Systeme ableiten. Die Evolution untersuchten ALTSCHULLER und Anhänger durch die Analyse von Patentschriften; sie stellten fest, dass sich (technische) Systeme nicht zufallsbasiert entwickeln,

⁸ Im Jahr 1983 publiziert ALTSCHULLER Ergebnisse, denen bereits eine Analyse von 40.000 Schriften zu Grunde liegt [Alt84a, S. 31], [Alt84b, S. 37]. Seitdem erfolgte eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Theorie von zahlreichen TRIZ-Anhängern. Bekannte Vertreter der TRIZ-Theorie sind z.B. ZOBEL, MANN, ZINNER, ZLOTIN, ZUSMAN, KOLTZE, SOUCHKOV.

sondern im Verlauf der Zeit wiederkehrenden Entwicklungsmustern⁹ folgen. Damit bietet TRIZ mit den Evolutionsmustern technischer Systeme die Möglichkeit, eine Prognose über die Entwicklung technischer Systeme vorzunehmen [Orl06, S. 212]. Technische Systeme können bzgl. ihrer bisherigen Entwicklung eingeordnet werden, um Weiterentwicklungspotentiale ableiten zu können [Alt98, S. 178]. ALTSCHULLER stellt acht Entwicklungsmuster zur Verfügung; erweiterte Listen umfassen nach heutigem Stand zwischen 25 und 39 Muster (vgl. [KS11], [MC09]).

In Bild 3-5 ist beispielhaft das Entwicklungsmuster *Dynamisierung* abgebildet. Dieses unterteilt sich in drei Kategorien; die Kategorie *Erhöhung der Dynamik von Objekten* ist am Beispiel einer Pkw Lenksäule verdeutlicht.

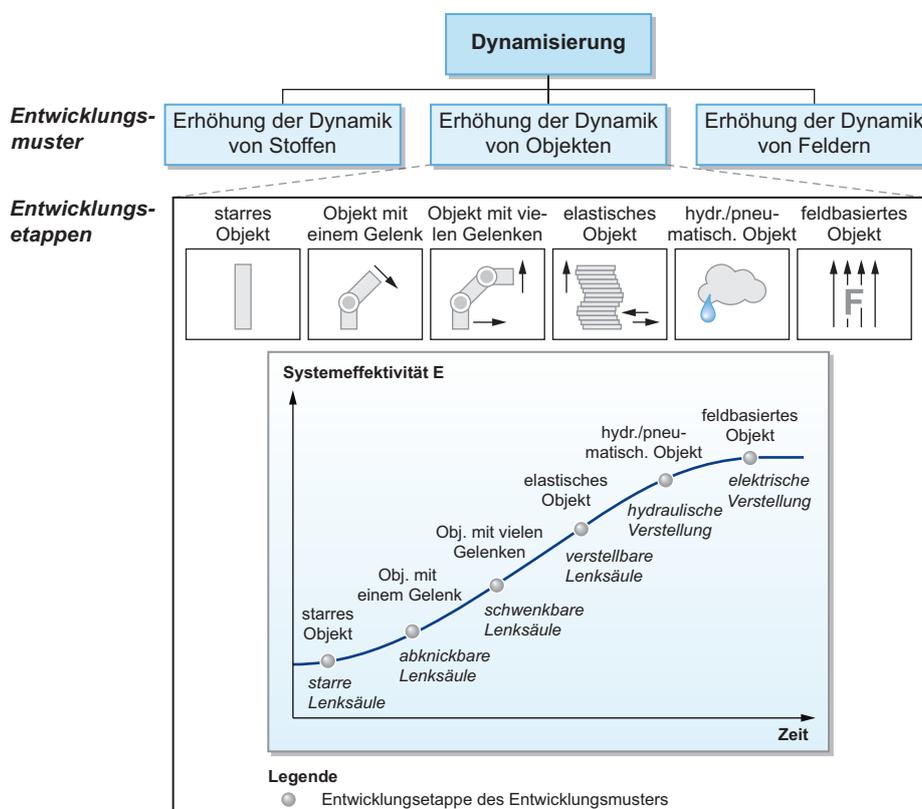


Bild 3-5 Entwicklungsmuster „Dynamisierung“ und seine Entwicklungsetappen in Anlehnung an MANN, KOLTZE/SOUCHKOV, KLEIN [KS11, S. 154ff.], [Man02, S. 292f.], [Kle07, S. 21]

In dem Diagramm wird die Systemeffektivität über der Zeit aufgetragen; durch eine Steigerung der Effektivität entwickelt sich ein technisches System von einer Entwicklungsetappe zur nächsten. Für das exemplarische Entwicklungsmuster erlebt ein System sechs Entwicklungsetappen, ausgehend von einem *starren Objekt* bis zu einem *elektrisch verstellbaren Objekt*. Die Einordnung des betrachteten Systems in die

⁹ In der Literatur hat sich bis dato kein einheitlicher Terminus etabliert. Der englische Terminus „trends of evolution“ wird im deutschen Sprachgebrauch mit Entwicklungsmuster, -trend, -prinzip oder Evolutions-trend übersetzt. Im Folgenden wird der Begriff *Entwicklungsmuster* verwendet.

Entwicklungsmuster liefert dem Entwickler Informationen zu den bereits von dem technischen System erreichten Entwicklungsetappen; zum anderen kann direkt abgeleitet werden, entlang welcher Entwicklungsetappen theoretisch Weiterentwicklungspotentiale für die Technologie gegeben sind [Man02, S. 294], [KS11, S. 154ff.], [MC09, S. 4]. Besteht auf der gegenwärtigen Etappe eines technischen Systems ein Konflikt/Widerspruch (Abstraktes Problem), so bietet sehr wahrscheinlich eine höhere Entwicklungsetappe einen Lösungsansatz (Abstrakte Lösung) [Man02, S. 276].

In der heutigen TRIZ-Forschung finden sich zahlreiche Ansätze, die das Konzept der Entwicklungsmuster technischer Systeme in der Technologieplanung verorten oder auf weitere Kontexte ausweiten (vgl. z.B. [Moe13], [Möh08], [MP97]). Nach HERB ET AL. können die Entwicklungsmuster auch im nicht-technischen Bereich zum Einsatz kommen, da sie eine hohe Allgemeingültigkeit besitzen [HTZ+98, S. 205]. MANN stellt bspw. Entwicklungsmuster für Werkstoffe und für allgemeine Geschäftstätigkeiten zusammen [Man03, S. 788ff.], [Man07, S. 332ff.].

3.1.3.4 Widerspruchsmatrix und Innovationsprinzipien

Auf Basis der Entwicklungsmuster hat ALTSCHULLER 40 grundlegende Innovationsprinzipien zur Auflösung technischer Probleme, im Sinne von Widersprüchen, zusammengetragen [Zob09, S. 168]. Dem liegt die Idee zugrunde, dass 90% aller technischen Probleme in ähnlicher Konstellation „*schon einmal da gewesen*“ sind und sich durch eine handhabbare Anzahl von Prinzipien lösen lassen [Zob09, S. 97]. Widersprüche und Innovationsprinzipien werden in der sog. Widerspruchsmatrix verknüpft, vgl. Bild 3-6. Die Zeilen der Matrix enthalten 39 zu verbessernde Widerspruchsparemeter, die Spalten sich verschlechternde Parameter, so lange eine Verbesserung ohne erfinderische Tätigkeit angestrebt wird. Ein Widerspruch ist eine Kombination aus zwei Widerspruchsparemetern, wie z.B. Geschwindigkeit, Kraft, Festigkeit und Temperatur. In den Zellen der Widerspruchsmatrix (Schnittpunkt von zwei Widerspruchsparemetern) sind bis zu vier Innovationsprinzipien angegeben. Die Reihenfolge impliziert die Einsatzhäufigkeit; die an erster Stelle genannten Innovationprinzipien wurden am häufigsten zur Auflösung der jeweiligen Widersprüche verwendet [Alt73, S. 131ff.], [Alt98, S. 146], [Zob09, S. 412ff.], [Man02, S. 170ff.]. Zum Beispiel wurde zur Lösung des Widerspruchs zwischen den Parametern *Masse eines beweglichen Objekts* und *Materialmenge* das *Prinzip der örtlichen Qualität* am häufigsten eingesetzt, vgl. Bild 3-6.

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------------|-------|----------------------------------|-------|---------------|------|---------------|
| Widerspruchsmatrix Fragestellung: „Welcher Widerspruchsparemeter j (Spalte) verschlechtert sich, wenn das Widerspruchsparemeter i (Zeile) sich verbessert?“ | Widerspruchsparemeter | Masse eines beweglichen Objekts | ... | Fläche eines beweglichen Objekts | ... | Materialmenge | ... | Produktivität |
| | Nr. | 1 | | 6 | | 26 | | 39 |
| Masse eines beweglichen Objekts | 1 | | - - | - - | 3 26 | 24 37 | 35 3 | |
| ⋮ | | | | | | | | |
| Festigkeit | 6 | 1 8 | 3 34 | 29 10 | 29 35 | 10 14 | | |
| ⋮ | | | | | | | | |
| Produktivität | 39 | 35 26 | 10 26 | 35 38 | | | | |
| | | 24 37 | 34 31 | - - | | | | |

In der Zelle ij der Widerspruchsmatrix sind bis zu vier Innovationsprinzipien gelistet, die am häufigsten zur Auflösung des Widerspruchs ij verwendet wurden.

Innovationsprinzip 3: Prinzip der örtlichen Qualität
 Die Eigenschaften bzw. die Teile des Objekts sind individuell an die örtlichen Erfordernisse anzupassen.

a) Gehe von einer homogenen Struktur des Objekts oder des umgebenden Mediums zu einer inhomogenen Struktur über.

b) Schaffe an jeder Stelle bzw. an jedem Ort des Objekts die jeweilige Bedingung, die für die Erzielung des positiven Effekts bzw. die Vermeidung des negativen Effekts erforderlich ist.

Legende
 IP Innovationsprinzip
 WSP Widerspruchsparemeter

| | |
|-------|-----------------------|
| 29 35 | Innovationsprinzipien |
| 10 14 | |

Bild 3-6 Auszug aus der Widerspruchsmatrix nach ALTSCHULLER [Alt98, S. 259], [KS11, S. 250f.]

Bewertung: Die **TRIZ-Theorie** liefert eine umfassende Kaskade von Ansätzen, die in der strategischen Planung von Technologien einen Beitrag leisten können. In der heutigen Zeit genießt TRIZ eine hohe Wertschätzung, da sie den Entwickler dazu befähigt, erfinderische Lösungen zu finden. Für den Kontext dieser Arbeit ist die Möglichkeit einer (teilweisen) Kompensation des fehlenden Wissens zur Entwicklung emergenter Technologien durch eine Analogiebildung zu der TRIZ-Wissensbasis hervorzuheben. Für die im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Systematik ist im besonderen Maße die **TRIZ-Logik** – bzw. vielmehr die Umkehr dieser – interessant. Die TRIZ-Logik bedient sich abstrakter Probleme und Lösungen, die in der Wissensbasis verknüpft sind. Über die Herstellung einer Analogie zwischen Technologie und abstrakten Lösungen der TRIZ erscheint ein Rückschluss auf Widersprüche (abstrakte Probleme) denkbar, die durch die Technologie adressiert werden können. Aus der **Widerspruchsmatrix** können über die **Innovationsprinzipien** systematisch Widersprüche identifiziert werden, die durch die Technologie gelöst werden können. Dadurch kann die Ableitung von Technologiepotentials unterstützt werden. Die **Entwicklungsmuster** der TRIZ sind als Wegweiser für denkbare zukünftige Entwicklungen technischer Systeme zu verstehen. Über eine Analogie zu bereits realisierten Systemen ermöglichen sie eine vorausschauende Weiterentwicklung technischer Systeme [Alt98, S. 178], [Orl06, S. 212], [Man02, S. 292f.], [KS11, S. 169], [HHK00, S. 187], [ZZ01, S. 187]. In einer Kombination mit anderen Methoden können die Entwicklungsmuster bei der Ermittlung zukünftiger Ausprägungen von Technologien beitragen.

3.1.4 Allgemeine Ansätze zur Analyse von Technologien

Im Folgenden werden Ansätze zur Analyse von Technologien vorgestellt, die in integrierten Produkt- und Technologieplanungsansätzen als Methoden eingesetzt werden.

- Die **Funktionsstruktur nach PAHL/BEITZ** dient der lösungsneutralen Darstellung der Gesamtfunktion eines Systems. Abgebildet wird dabei der Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen des Energie-, Stoff- und/oder Signalumsatzes. Es erfolgt eine Gliederung der Gesamtfunktion in Teilfunktionen; die Funktionsstruktur resultiert aus der Verknüpfung der Teilfunktion zur Gesamtfunktion [PBF+07, S. 243f.].
- Die **Design Structure Matrix (DSM)** ist ein Ansatz zur Analyse der Struktur eines (technischen) Systems und zur Abbildung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Elementen. In einer quadratischen Matrix werden die Elemente eines Systems jeweils in den Zeilen und Spalten gegenübergestellt. Beispiele für Elemente sind Produktkomponenten, Prozessschritte oder Anforderungen. In der Matrix werden bestehende Beziehungen zwischen den Elementen angegeben. Mittels einer Software kann auf Basis der indizierten Beziehungen ein kausaler Zusammenhang zwischen den einzelnen Elementen abgebildet werden. Ferner können stark vernetzte Elemente, sog. Brückenelemente ermittelt werden [LMB09, S. 50ff.].
- **Technologieprofil-Netzdiagramme** dienen der Gegenüberstellung von Anforderungen oder Leistungsfähigkeiten von Technologien. Dabei werden Technologien anhand ausgewählter Merkmale bewertet. Die Summe aller Bewertungen wird in Spinnennetzdiagrammen dargestellt [Kno05, S. 40f.], [Fal00, S. 48].
- Ein **Technologiebaum** basiert auf einem ähnlichen Prinzip wie das in Abschnitt 2.1.4 vorgestellte Ebenenmodell, vgl. Bild 2-10. Er *dient der Darstellung des technologischen Wissens innerhalb des Unternehmens* [Kno05, S. 39]. In Anlehnung an SAUBER werden in einem Technologiebaum drei Bereiche abgebildet [Kno05, S. 39f.], [Sau03, S. 31f]:
 - Funktionen, Produkte und Märkte: In diesem Bereich werden die Beziehungen zwischen Märkten, Produkten, Komponenten und Funktionen abgebildet. Die Funktionen bilden das Bindeglied zum Bereich der strategischen Technologiefelder.
 - Strategische Technologiefelder umfassen Produkt-, Produktions- und Materialtechnologien sowie unterstützende Technologien.
 - Wissensgebiete: In diesem Bereich werden die Wissensdomänen und Wissensträger miteinander verknüpft.

- **Technologielebenszyklusmodelle** werden verwendet, um Technologien hinsichtlich ihrer Phase im Lebenszyklus zu charakterisieren. Eine Auswahl gängiger Technologielebenszyklusmodelle ist in Abschnitt 2.1.2 dargestellt.

Bewertung: Die allgemeinen Ansätze sind zu einer einfachen Analyse von Technologien geeignet. Sie können angewendet werden, um die Zusammenhänge abzubilden, die Leistungsfähigkeit oder die Reife von Technologien zu beurteilen. Durch die prägnante Darstellung wird die Komplexität reduziert. Die Ansätze können daher im Rahmen der Systematik als unterstützende Methoden bzw. Werkzeuge einen Beitrag leisten.

3.2 Ansätze zur Vorausschau

Für eine optimale Ausschöpfung der Potentiale emergenter Technologien bedarf es einer vorausschauenden Planung. Denn eine gute Produktidee mit einer emergenten Technologie ist Erfolg versprechend, wenn sie die Markt- bzw. Kundenanforderungen auch noch in fünf Jahren erfüllt. Und was wäre, wenn die Leistungsfähigkeit der Technologie in fünf Jahren zu ganz neuartigen Produkten führen könnte? Strategische Weitsicht erhöht die Chance, einen Wettbewerbsvorsprung zu realisieren und damit unternehmerischen Erfolg vorzusteuern. Für die Ermittlung denkbarer, zukünftiger Technologieentwicklungen wird in Abschnitt 3.2.1 das Evolutionspotential-Konzept nach MANN vorgestellt. Für die Darstellung von Technologie-Entwicklungspfaden im Rahmen der Technologiefrühaufklärung werden oftmals Roadmapping-Ansätze verwendet. Einen Überblick über Roadmapping-Ansätze liefert VIENENKÖTTER in seiner Arbeit (vgl. [Vie07, S. 35]). Stellvertretend wird in Abschnitt 3.2.2 der Ansatz nach SPECHT/BEHRENS beschrieben. Zur Vorausschau¹⁰ von Technologie- und Marktentwicklungen können das Szenario-Management (Abschnitt 3.2.3) und die Delphi-Methode (Abschnitt 3.2.4) eingesetzt werden.

3.2.1 Evolutionspotential-Konzept nach MANN

Das Evolutionspotential-Konzept nach MANN fußt auf den Entwicklungsmustern der TRIZ. Ziel sind Weiterentwicklungspotentiale für ein technisches System. Weiterentwicklungspotentiale werden definiert als die Differenz zwischen der gegenwärtigen Reife eines technischen Systems und der noch erreichbaren Etappen bezüglich der Entwicklungsmuster.

¹⁰ Eine umfassende Übersicht für Vorausschau-Methoden sowie eine Bewertung dieser Methoden hinsichtlich Eignung für unterschiedliche Einsatzzwecke liefert z.B. POPPER (vgl. [Pop08]).

Das Vorgehen umfasst gemäß Bild 3-7 vier Phasen, die nachfolgend vorgestellt werden¹¹ [Man03, S. 782ff.], [Man02, S. 280ff.], [MC09, S. 3ff.].

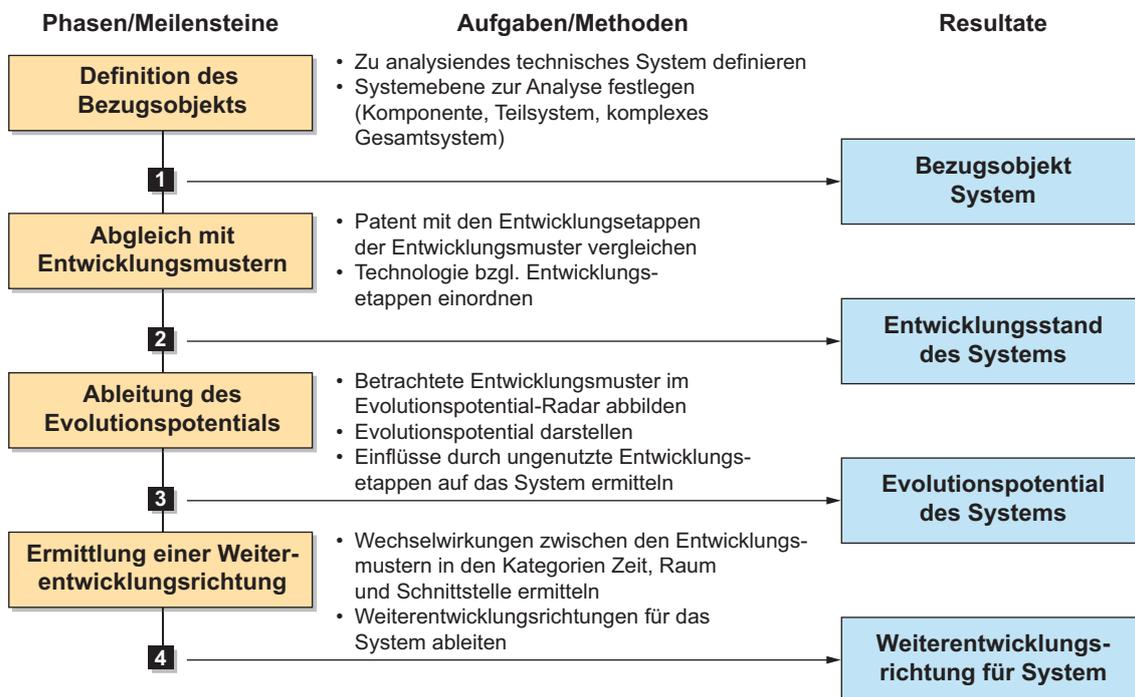


Bild 3-7 Vorgehensmodell des Evolutionspotential-Konzepts nach MANN [Man03, S. 778ff.], [Man02, S. 280ff.]

Phase 1 – Definition des Bezugsobjekts: Zunächst erfolgt die Auswahl des Bezugsobjekts; es ist also das zu analysierende technische System zu definieren. Ferner ist zu entscheiden, auf welcher Systemebene analysiert werden soll. Prinzipiell ist eine Analyse auf System- oder Subsystemebene möglich. Letztere bietet sich insbesondere bei komplexen technischen Systemen an, die aus vielen Subsystemen bestehen. Für das Beispiel eines hydraulischen Lagers ergeben sich damit die folgenden zwei Optionen: Die Betrachtung des Lagers als Ganzes oder die Zerlegung des Lagers in die Subsysteme *Bälle*, *Führung (Käfig)*, *Innen- und Außenring* [Man03, S. 782ff.], [Man02, S. 280ff.]. Eine *Bremsscheibe* kann in die Subsysteme *Bremsszange*, *Bremssrotor (Bremsscheibe)* und *Bremsklotze* gegliedert werden, vgl. Bild 3-8 [MC09, S. 6]. MANN weist darauf hin, dass ein hoher Aggregationsgrad für das System mit einer hohen Wahrscheinlichkeit einhergeht, dass Aussagen zum Evolutionspotential einzelner Subsysteme vermengt werden. Das Ergebnis besitzt damit eine geringere Aussagekraft.

¹¹ Das Konzept nach MANN wird stellvertretend für eine Reihe von Ansätzen für die Ermittlung des Evolutionspotentials mittels der TRIZ-Entwicklungsmuster vorgestellt. Ähnliche Ansätze finden sich bspw. bei KOLTZE/SOUCHEV und LIVOTOV/PETROV [KS11, S. 167ff.], [LP10, S. 178ff.]. Bei LIVOTOV/PETROV werden die Subsysteme eines technischen Systems den Entwicklungsmustern in einer Checkliste gegenübergestellt. Anschließend wird bewertet, welche Entwicklungsetappe erreicht ist; die Bewertung erfolgt in Prozent. Die bisher nicht erschlossenen Entwicklungsetappen werden als Inspiration für die Formulierung neuer technischer Merkmale verwendet [LP10, S. 178ff.].

Phase 2 – Abgleich mit Entwicklungsmustern: Sind Bezugsobjekt und Perspektive ausgewählt, erfolgt ein Abgleich des(r) technischen Systems(e) mit den Entwicklungsmustern der TRIZ. Jedes Entwicklungsmuster umfasst mehrere Entwicklungsetappen, vgl. dazu Abschnitt 3.1.3.3. Für alle Entwicklungsmuster, die für das betrachtete technische System relevant sind, ist die jeweils von dem technischen Systems erreichte Entwicklungsetappe zu ermitteln [Man03, S. 782f.], [Man02, S. 281f.].

Phase 3 – Ableitung des Evolutionspotentials: Auf Basis der heutigen Leistungsfähigkeit eines Systems erfolgt eine Einordnung des Systems in die Entwicklungsmuster. Jede bisher nicht erreichte Entwicklungsetappe suggeriert dabei ein Weiterentwicklungspotential für das System [Man03, S. 782], [Man02, S. 280ff.]. Basierend auf der vorgenommenen Einordnung wird ein konsolidiertes Evolutionspotential-Radar erarbeitet; hierin werden für alle untersuchten Entwicklungsmuster die bereits erreichten Entwicklungsetappen eingetragen, vgl. Bild 3-8. Da die Anzahl der Entwicklungsetappen je nach Entwicklungsmuster variiert, wird für die Darstellung eine Normierung vorgenommen. In dem Diagramm wird der heutige Stand der Technologie durch die blau ausgefüllte Fläche dargestellt; die nicht ausgefüllte Fläche indiziert die Etappen, die entlang der Entwicklungsmuster theoretisch noch erreichbar sind¹² [Man03, S. 785f.], [Man02, S. 283f.].

Phase 4 – Ermittlung einer Stoßrichtung für die Weiterentwicklung: MANN stellt fest, dass die Weiterentwicklung technischer Systeme entlang eines Entwicklungsmusters die Entwicklung entlang eines anderen Entwicklungsmusters beeinflussen kann. Ebenso kann die Weiterentwicklung eines Subsystems Auswirkungen auf andere Subsysteme besitzen. Die Wechselwirkungen zwischen Entwicklungsmustern und Subsystemen gilt es, zu berücksichtigen. Durch die Kombination mehrerer Entwicklungsmuster resultieren ggf. Ideen für neue nützliche Eigenschaften eines technischen Systems. Auf dieser Basis sind zuletzt konkrete Weiterentwicklungsrichtungen für zukünftige Forschungsaktivitäten festzulegen [Man03, S. 786f.].

Bewertung: Das Konzept von MANN liefert ein systematisches und nachvollziehbares Vorgehen. Es unterstützt die Ermittlung der gegenwärtigen Reife sowie des zukünftigen Evolutionspotentials technischer Systeme¹³ durch den Rückgriff auf die TRIZ-Wissensbasis. Hervorzuheben ist die Möglichkeit zur Analyse auf System- bzw. Subsystemebene. Dadurch können diejenigen Komponenten eines Systems ermittelt werden, die ein besonders hohes Evolutionspotential bergen. Die konsolidierte Darstellung der Ergebnisse in einem Radar unterstützt das Aufdecken von Bereichen für Forschungsaktivitäten. Der

¹² Hingegen weist MANN darauf hin, dass Systeme im Verlauf der Zeit gleichwohl eine niedrigere Evolutionsstufe einnehmen können. Ein solcher Rückwärtssprung eines Systems entlang eines Entwicklungsmusters kann erforderlich sein, um einen Vorwärtssprung entlang eines anderen, wichtigeren Entwicklungsmusters zu realisieren [MC09, S. 3f.].

¹³ MANN hat eine Reihe von Erweiterungen des klassischen Evolutionspotential-Konzepts vorgenommen; u.a. lässt sich dieses Konzept auf die Werkstoffentwicklung übertragen und in der Organisationslehre bzw. für Managementaufgaben einsetzen. Für diese Anwendungskontexte stellt MANN spezifische Entwicklungsmuster zur Verfügung [Man03, S. 788ff.], [Man07, S. 332ff.].

Ansatz von MANN bildet für den Kontext dieser Arbeit eine interessante Grundlage für die Beschreibung des zukünftigen Lösungsraums (vgl. Abschnitt 2.4.4).

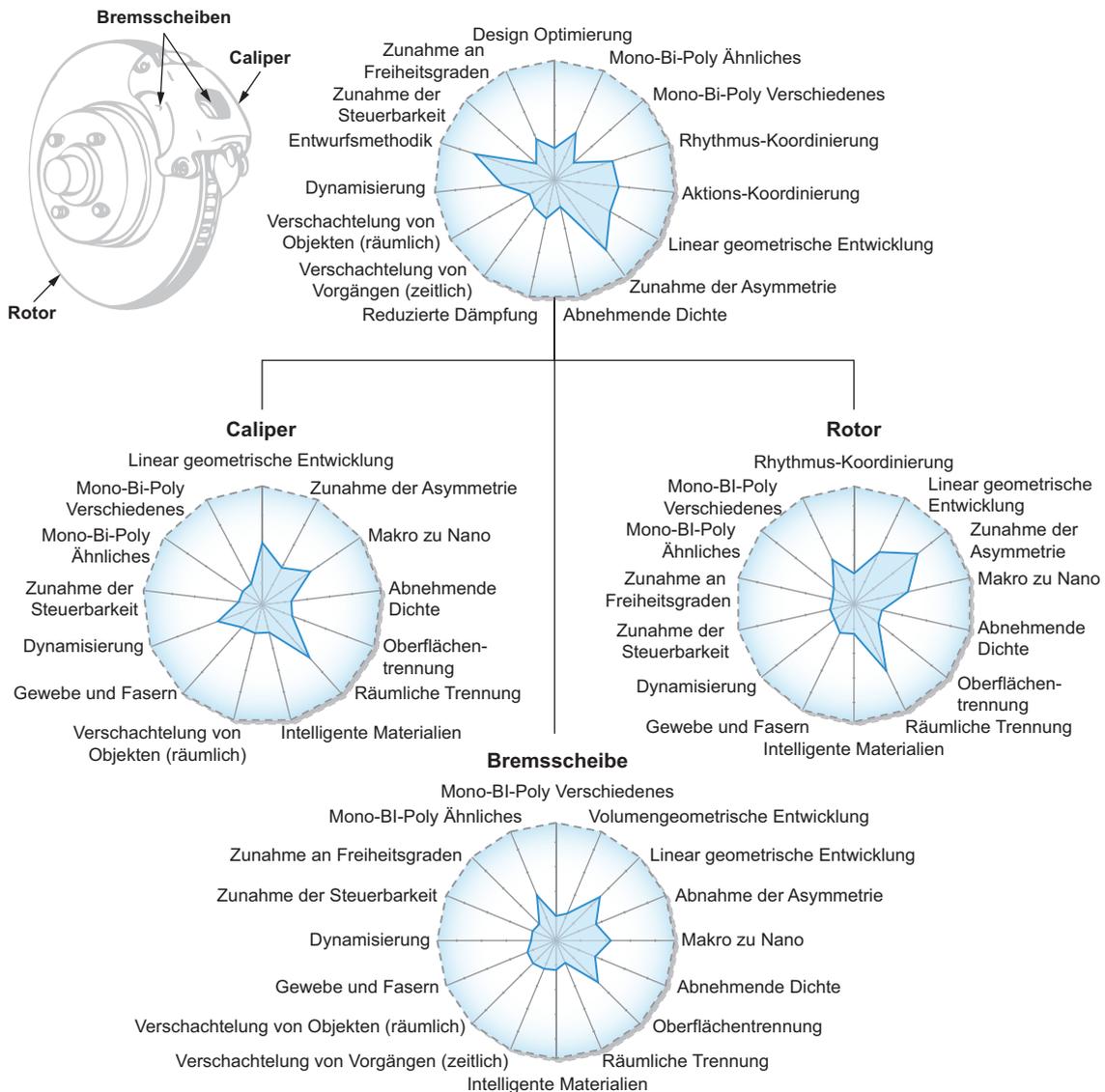


Bild 3-8 *Evolutionpotential-Radar nach MANN am Beispiel einer Scheibenbremse und entsprechender Subsysteme [MC09, S. 7]*

3.2.2 Technologie-Roadmapping nach SPECHT/BEHRENS

Roadmapping-Ansätze werden den kreativen Analyseverfahren der Technologie-Frühauflklärung zugeordnet [Ger96, Sp. 2030]. Ziel des Technologie-Roadmappings nach SPECHT/BEHRENS ist die Darstellung von Entwicklungspfaden von Technologien. Es werden also zukünftige Entwicklungen in einem Handlungsfeld aufgezeigt und konkrete Handlungsoptionen ermittelt [SB08, S. 146f.]. Das Technologie-Roadmapping orientiert sich gemäß Bild 3-9 an einem Vorgehen aus fünf Phasen [SB08, S. 153].

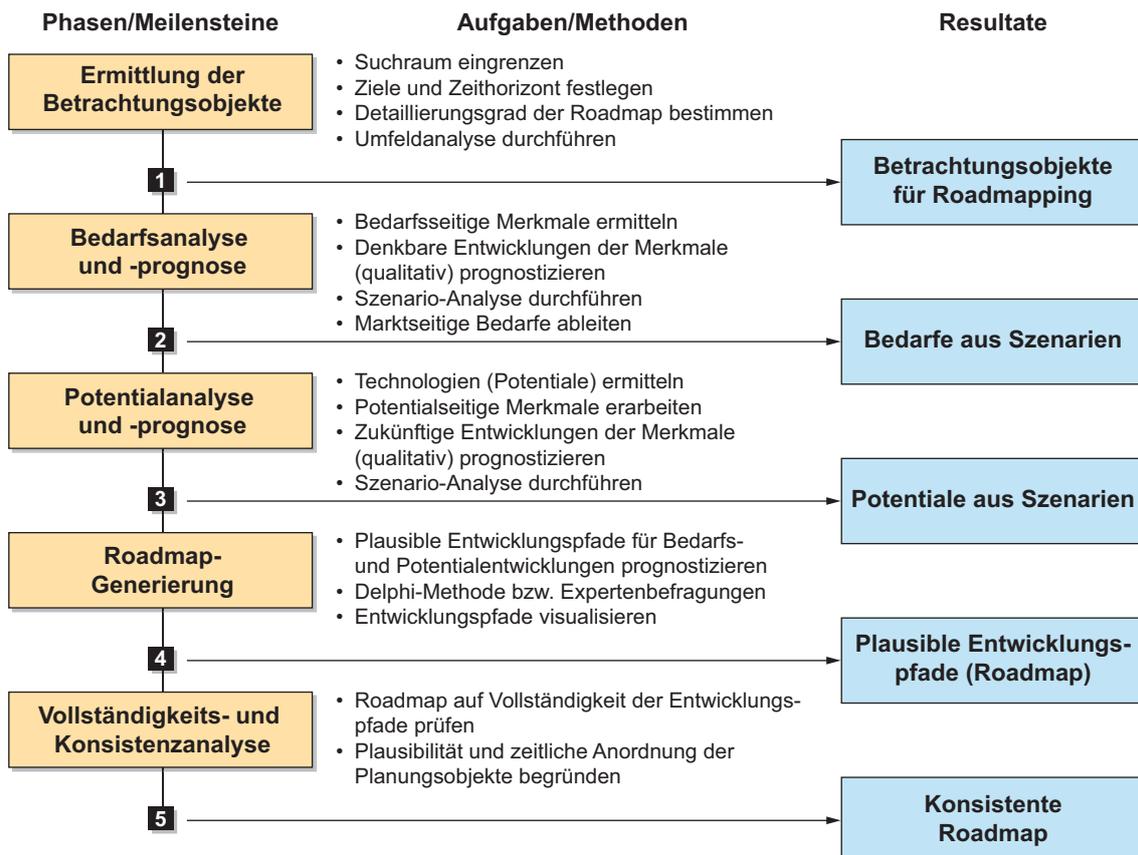


Bild 3-9 Vorgehensmodell des Technologie-Roadmapping nach SPECHT/BEHRENS [SB08, S. 153]

Ermittlung der Betrachtungsobjekte: Eingangs wird das Objekt des Roadmappings charakterisiert. Hierfür werden der Suchraum eingegrenzt, Ziele definiert sowie der Zeithorizont und die Anforderungen an den Detaillierungsgrad der Roadmap festgelegt [SB08, S. 151ff.].

Bedarfsanalyse und -prognose: Im zweiten Schritt erfolgt die Identifikation zukünftiger Bedarfe. Hierfür werden bedarfsseitige Merkmale ermittelt; im Rahmen einer Szenario-Analyse werden denkbare Entwicklungen dieser Merkmale (qualitativ) prognostiziert. Mittels einer Szenario-Analyse werden gegenwärtige und zukünftige, marktseitige Bedarfe abgeleitet [SB08, S. 154].

Potentialanalyse und -prognose: Ziel der dritten Phase sind technologieseitige Potentiale zur Erschließung der marktseitigen Bedarfe. Hierfür werden Technologien identifiziert und durch potentialseitige Merkmale beschrieben. Für diese werden zukünftige Entwicklungen (qualitativ) prognostiziert [SB08, S. 154].

Roadmap-Generierung: Im Rahmen von Delphi- und Expertenbefragungen werden für die vorher erarbeiteten Bedarfs- und Potentialentwicklungen plausible Entwicklungspfade vorhergesagt und anschließend visualisiert [SB08, S. 154].

Vollständigkeits- und Konsistenzanalyse: Im letzten Schritt werden eine Vollständigkeits- und Konsistenzanalyse durchgeführt. Im Rahmen der Vollständigkeitsanalyse gilt es zu prüfen, ob alle Entwicklungspfade im festgelegten Suchraum inkludiert wurden. Die Plausibilität und zeitliche Anordnung werden in der Konsistenzanalyse überprüft [SB08, S. 154].

Bewertung: Gegenstand des Technologie-Roadmapping ist in der Regel die Identifikation von neuen Technologien und die Abschätzung der Relevanz dieser Technologien für den Untersuchungsgegenstand (Unternehmen, Geschäftsfeld etc.). Das Roadmapping dient der Darstellung einer zeitlichen Einordnung von Entwicklungspfaden einer Technologie, ist systematisch und nachvollziehbar. Daraus können Handlungsoptionen abgeleitet werden. SPECHT/BEHRENS beschreiben nicht, wie Handlungsoptionen abzuleiten sind. Schwächen dieses Ansatzes liegen insbesondere in der methodischen Unterstützung einzelner Schritte. So bleibt offen, wie die Potentiale von Technologien ermittelt werden.

3.2.3 Szenario-Management nach GAUSEMEIER ET AL.

Ziel des Szenario-Managements nach GAUSEMEIER ET AL. ist eine strategische Stoßrichtung für einen Untersuchungsgegenstand – ein Unternehmen, eine Geschäftseinheit, ein Produkt oder eine Technologie. Der Untersuchungsgegenstand wird als Gestaltungsfeld bezeichnet. Die strategische Stoßrichtung wird auf Basis von Chancen und Gefahren formuliert, die aus den Zukunftsszenarien für das Gestaltungsfeld abgeleitet werden. Je nach Szenariofeld werden drei typische Arten von Szenarien unterschieden. (1) Umfeldszenarien beschreiben allgemeine Entwicklungen, die von einem Unternehmen nicht beeinflusst werden können, in etwa Entwicklungen von Märkten, Makroökonomie oder Politik. (2) Gestaltungsfeld-Szenarien beziehen sich auf interne Lenkungsgrößen; mögliche Szenariofelder sind Produktkonzepte oder Strategiealternativen. (3) System-Szenarien bilden gleichermaßen externe Umfeldgrößen und interne Lenkungsgrößen ab [GP14, S. 46f.]. Typische Szenariofelder hierfür sind Technologien [Bri10, S. 60]. Das Vorgehen beim Szenario-Management orientiert sich an einem Phasenmodell, bestehend aus fünf Phasen, vgl. Bild 3-10 [GP14, S. 48ff.].

Szenario-Vorbereitung: In der Szenario-Vorbereitung werden die Ziele und Organisation des Szenario-Projekts festgelegt und das Gestaltungsfeld definiert. Das Gestaltungsfeld ist der Bereich, der basierend auf den Erkenntnissen aus den Szenarien gestaltet werden soll [GP14, S. 46ff.].

Szenariofeld-Analyse: Mit dieser Phase beginnt die Szenario-Erstellung. Zunächst wird das Szenariofeld durch Einflussbereiche beschrieben. Mögliche Einflussbereiche bei Umfeldszenarien sind Markt, Lieferanten, Politik oder Ökonomie. Festgelegte Einflussbereiche werden mittels Einflussfaktoren charakterisiert; als Resultat liegt i.d.R. eine Liste von ca. 100 Einflussfaktoren vor. Aus dieser Liste werden Schlüsselfaktoren ausgewählt; dies sind Einflussfaktoren mit einem besonders starken Einfluss auf das Szenariofeld. Die Auswahl von Schlüsselfaktoren erfolgt mittels einer Einfluss- und Relevanzanalyse. Im

Rahmen einer direkten und indirekten Einflussanalyse wird die Vernetzung zwischen den Einflussfaktoren analysiert; in der Relevanzanalyse wird die Bedeutung der Einflussfaktoren für das Gestaltungsfeld untersucht. Die Auswahl der Schlüsselfaktoren erfolgt mithilfe eines sog. System-Grids, in dem die Stärke der internen und externen Einflüsse sowie die Relevanz der Einflussfaktoren abgebildet werden [GP14, S. 50ff.]. Die Schlüsselfaktoren sind präzise zu definieren; die gegenwärtige Situation für jeden Schlüsselfaktor ist prägnant zu beschreiben [GP14, S. 50ff.].

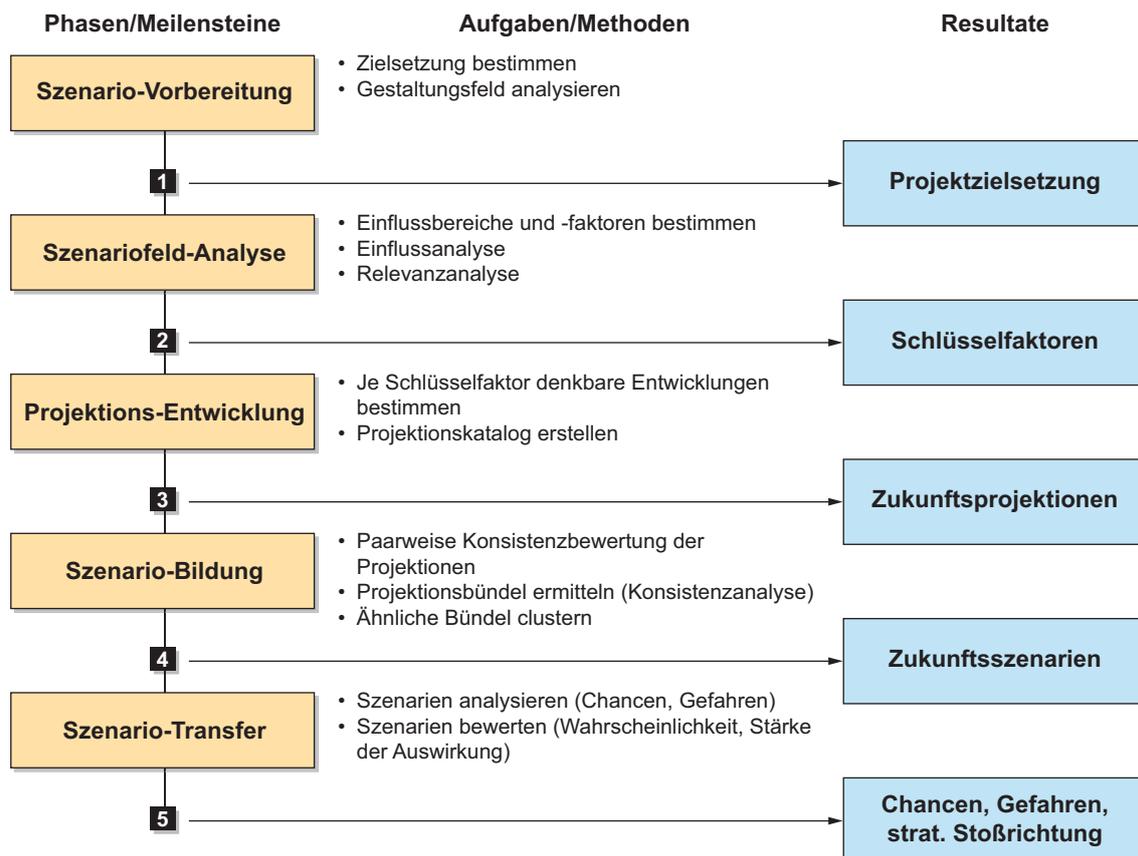


Bild 3-10 Vorgehensmodell des Szenario-Managements nach GAUSEMEIER/PLASS [GP14, S. 48]

Projektions-Entwicklung: In der Projektions-Entwicklung erfolgt der „Blick in die Zukunft“. Hierzu werden für die zuvor ausgewählten Schlüsselfaktoren jeweils mehrere Entwicklungsmöglichkeiten, sog. Zukunftsprojektionen, innerhalb des festgelegten Zeithorizonts identifiziert. Ausgangspunkt hierfür bilden die Indikatoren zur Charakterisierung der gegenwärtigen Situation der Schlüsselfaktoren; für die Indikatoren sind alternative Entwicklungen zu antizipieren. Es sind dabei sowohl wahrscheinliche als auch extreme, aber dennoch vorstellbare Zukunftsprojektionen ins Kalkül zu ziehen. Für jede Zukunftsprojektion ist eine prägnante Bezeichnung festzulegen und eine Beschreibung zu erstellen. Besonders radikale Zukunftsprojektionen sind in der Beschreibung gut zu begründen. Die Textbausteine der Projektionen werden in einem Projektionskatalog konsolidiert [GP14, S. 55ff.].

Szenario-Bildung: Auf Basis der beschriebenen Zukunftsprojektionen erfolgt die Bildung der Szenarien. Ein Szenario ist dabei als ein Bündel von Projektionen zu verstehen; ein glaubwürdiges Szenario ist ein in sich konsistentes Projektionsbündel. In einer Konsistenzanalyse werden die einzelnen Projektionen einer paarweisen Konsistenzbewertung unterzogen. Hierfür wird eine Bewertungsskala verwendet, die von *eins* (totale Inkonsistenz; gemeinsames Vorkommen zweier Projektionen in einem Szenario ist ausgeschlossen) bis *fünf* (starke gegenseitige Unterstützung; das Vorkommen der einen Projektion bedingt das Vorkommen der zweiten Projektion) reicht. Die anschließende Clusteranalyse führt zu den Szenarien, indem ähnliche Projektionsbündel zusammengefasst werden. Die Beschreibung der Szenarien erfolgt basierend auf dem zuvor erstellten Textbausteinen für die Projektionen; hierfür werden die Textbausteine der in einem Szenario enthaltenen Projektionen miteinander verknüpft [GP14, S. 61ff.].

Szenario-Transfer: Der Szenario-Transfer dient der Ableitung einer strategischen Stoßrichtung für das Gestaltungsfeld. Eine fokussierte Strategieentwicklung erfolgt auf Basis eines Referenzszenarios; dieses gilt es, auszuwählen und hinsichtlich Chancen und Risiken zu analysieren, um Erfolgspotentiale sowie Bedrohungen für das heutige Geschäft zu erkennen. Die Auswahl des Referenzszenarios erfolgt anhand der Dimensionen *Eintrittswahrscheinlichkeit* und *Stärke der Auswirkung*; es ist i.d.R. das Szenario auszuwählen, dessen Eintreten einen fundamentalen Wandel für das Gestaltungsfeld bedingt und eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit besitzt. Die aus dem Referenzszenario resultierenden Chancen und Risiken sind hinsichtlich der Dimensionen *Bedeutung für das Gestaltungsfeld* und *Eintrittswahrscheinlichkeit* zu evaluieren. Basierend darauf wird eine strategische Stoßrichtung für das Gestaltungsfeld formuliert [GP14, S. 69ff.].

Bewertung: Das Szenario-Management nach GAUSEMEIER ist ein systematischer Ansatz zur Vorausschau. Der Ansatz ermöglicht die Erstellung alternativer Zukunftsbilder und wurde bereits in zahlreichen Industrie- und Forschungsverbundprojekten des HEINZ NIXDORF INSTITUTS erprobt [GLR09, S. 25f.]. Die Anwendung erfordert Methodenkompetenz und Erfahrung. Für die zu entwickelnde Systematik ist das Szenario-Management ein denkbarer Ansatz für die Antizipation der Technologieentwicklung in den Anwendungskontexten. Auf dieser Basis können Anforderungen an die Technologien sowie in Anwendungskontexten resultierende Chancen und Risiken abgeleitet und schlussendlich eine strategische Stoßrichtung formuliert werden.

3.2.4 Delphi-Methode

Die Delphi-Methode gehört zu den Methoden der Vorausschau und Ideenfindung; Ziel ist ein Bild bzw. ein Konsens zu einer spezifischen Fragestellung basierend auf Expertenmeinungen. Der Methode liegt der Gedanke zu Grunde, dass ein Kollektiv über breiteres Wissen verfügt als ein Individuum [RCP+11, S. 34]. Delphi-Methode hat sich in besonderem Maße bei allgemeinen Fragestellungen für einen langfristigen Horizont als ein probater Ansatz erwiesen [GP14, S. 88]. Das Vorgehen umfasst mehrere Runden, vgl.

Bild 3-11. Bei der Anwendung der Delphi-Methode für einen Vorausschauprozess gilt es zunächst, für das spezifische Thema einen strukturierten und verständlichen Fragebogen vorzubereiten. In einer ersten Runde werden Experten mit diesem Fragebogen konfrontiert. Die Befragung erfolgt i.d.R. anonym durch den Versand des Fragebogens. In einer zweiten Runde werden die Experten mit der Meinung des Expertenkollektivs konfrontiert und gebeten, im Lichte dieser Meinung ihre Bewertung zu bekräftigen, zu modifizieren oder zu revidieren [RCP+11, S. 104f.], [GP14, S. 88ff.]. Grundsätzlich kann der Prozess solange wiederholt werden bis eine konsolidierte Meinung ersichtlich ist.



Bild 3-11 Vorgehensmodell der Delphi-Methode [GP14, S. 89]

Bewertung: Die Delphi-Methode ist sowohl für normative als auch für empirische Abschätzungen einsetzbar; in den Prozess kann eine breite Basis von Stakeholdern eingebunden werden [RCP+11, S. 104]. Eine wesentliche Herausforderung bei der Abschätzung zukünftiger Entwicklungen durch ein Expertenkollektiv ist die Verfügbarkeit und Identifikation qualifizierter Experten [RCP+11, S. 34]. Ferner besteht die Gefahr, dass Experten die allgemein geltende Meinung wiedergeben; neue Erkenntnisse bleiben in Folge aus. Die Relevanz der Delphi-Methode für die zu entwickelnde Systematik ist vor allem in der Möglichkeit zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungen evolutionärer Technologien durch ein diversifiziertes Expertenkollektiv zu sehen [RCP+11, S. 35].

3.3 Ansätze zur Generierung und Bewertung von Optionen

Im Fokus der zu entwickelnden Systematik steht die Generierung von Ideen für eine emergente Technologie. In Abschnitt 3.3.1 wird zunächst auf systematisches Ideenmanagement und Kreativitätstechniken eingegangen. Zur Einbindung von externen Netzwerken und insbesondere für die Integration von potentiellen Kunden werden in Abschnitt 3.3.2 Lead-User Ansätze vorgestellt. Für die Ideengenerierung sind die Potentiale

der Technologie herauszustellen; im Rahmen der Ideengenerierung sind Ideen zu kreieren, in denen diese Potentiale einen Nutzen stiften. Hierfür geeignete Ansätze werden in den Abschnitten 3.3.3 bis 3.3.5 diskutiert. Zur systematischen Bewertung technologischer Innovationen liefert der Stand der Technik verschiedene Ansätze. In der frühen Phase des Innovationsprozesses werden insbesondere Portfolio-Analysen verwendet, die auf einer Nutzwertanalyse basieren (vgl. Abschnitt 3.3.6), sowie Reifegrad-basierte Bewertungsansätze (vgl. Abschnitt 3.3.7). Grundsätzlich ist in der frühen Phase von Innovationsprozessen ein mehrstufiges Vorgehen sinnvoll – ausgehend von einer Grobbewertung (qualitative Bewertung) bis zur Feinbewertung (quantitative Bewertung).

3.3.1 Systematisches Ideenmanagement

In der Literatur existieren zahlreiche Prozesse der Ideengenerierung, die klassischen Stage-Gate-Modellen¹⁴ folgen. Gegenstand ist die Generierung von Ideen und die sukzessive Selektion von Ideen mit dem größten Potential für das zukünftige Geschäft. Die systematische Selektion folgt nach DECHAMPS/NAYAK/ LITTLE dem Gedanken eines Ideentrichters [GHK06, S. 353], [DNL96, S. 139]. Darauf fußt das nachfolgend vorgestellte Vorgehen. Es gliedert sich gemäß Bild 3-12 in sechs Phasen [GB04, S. 64ff.], [GHK06, S. 353], [GWP+12, S. 13].

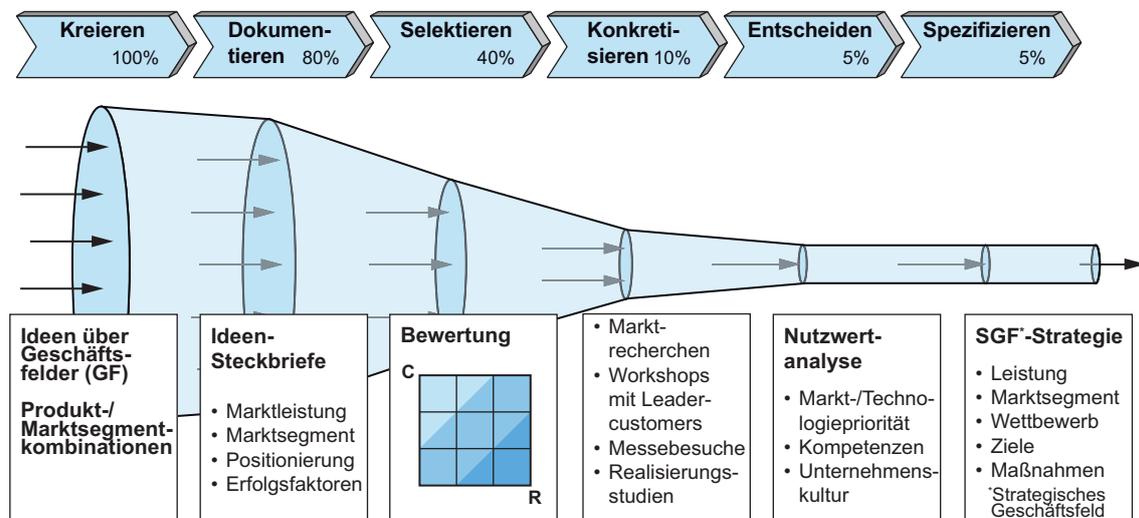


Bild 3-12 Systematik des Ideentrichters nach DECHAMPS ET AL. und GAUSEMEIER ET AL. [DNL96, S. 139f.], [GB04, S. 64ff.], [GHK+06, S. 354]

Kreieren: Ziel der ersten Phase ist eine große Anzahl von Ideen zu Geschäftsfeldern in einem festgelegten Suchraum. Die Festlegung des Suchraums erfolgt als Teil der Potentialfindung (vgl. Abschnitt 2.2). Impulse hierfür liefern z.B. Szenario- und Trendanalysen

¹⁴ Klassische Stage-Gate-Modelle folgen alle einem ähnlichen Prinzip aus einer Abfolge von Schritten/Aufgaben (Stages) und Entscheidungen (Gates) (vgl. stellvertretend [WC92, S. 111ff.], [VDI2220], [CE07, S. 118], [Küh03, S. 91ff.], [VB13, S. 225ff.]).

sowie interne Untersuchungen, z.B. Kompetenzanalysen. Auf dieser Grundlage erfolgt unter Einsatz von Kreativitätstechniken die Ideengenerierung [GHK+06, S. 354].

Dokumentieren: Der in der ersten Phase gefüllte Ideentrichter wird nun sukzessive konkretisiert, um die Anzahl der Ideen zu reduzieren. Zunächst sind die gefundenen Ideen zu dokumentieren, um ein einheitliches Verständnis zu den Ideen zu schaffen. Mögliche Kriterien zur Beschreibung sind *Marktleistungen und -segmente*, die mögliche *Positionierung* sowie *Erfolgsfaktoren*. Können keine substantiellen Aussagen zu Ideen getroffen werden, so sind diese Ideen zurückzustellen. Ebenso sind Mehrfachnennungen zu eliminieren [GHK+06, S. 354 f.].

Selektieren: Gegenstand der dritten Phase ist die Selektion von Ideen. Hierfür wird eine Grobbewertung im Sinne einer Chancen- und Risikoanalyse vorgenommen. Dabei können Nutzwertanalysen und Portfolio-Techniken unterstützen. Im Allgemeinen sind Ideen für die weitere Ausarbeitung auszuwählen, die über hohe Chancen bei gleichzeitig geringen Risiken verfügen. Die festzulegende Grenze hängt sehr stark von der Risikoaffinität des Unternehmens und den zur Weiterverfolgung der Ideen zur Verfügung stehenden Ressourcen ab [GHK+06, S. 355].

Konkretisieren: Die ausgewählten Ideen werden in der vierten Phase ausgearbeitet. Das kann z.B. durch Marktrecherchen, Workshops und Messebesuche erfolgen; die Ergebnisse können in eine Realisierungsstudie einfließen. Neue Erkenntnisse führen zur Reduktion der Ideenanzahl [GHK+06, S. 355].

Entscheiden: Die ausgearbeiteten Ideen sind anschließend hinsichtlich Markt- und Technologiepriorität zu analysieren. In der Regel wird die Konformität zu den verfügbaren Kompetenzen und der Unternehmenskultur bewertet. Wenn notwendig und sinnvoll, sind weiterhin relevante Kriterien aus der übergeordneten Strategie abzuleiten. Ideen mit einer hohen Priorität und Konformität sind auszuwählen [GHK+06, S. 355].

Spezifizieren: Zuletzt werden die Ideen in einem Geschäftsfeldsteckbrief spezifiziert. Hierzu werden Marktleistung, Markt, Wettbewerb, Kompetenzen, wirtschaftliche Ziele, und notwendige Maßnahmen beschrieben. Diese Beschreibung bildet die Grundlage für die Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung; hierbei werden Angaben zum *Kapitalbarwert*, *Amortisationsdauer* und *Planungsannahmen* zu einem Business Case verdichtet. Ergebnis sind entscheidungsreife Geschäftsideen [GHK+06, S. 355f.].

Kreativitätstechniken im Ideenmanagement

Eine maßgebliche Rolle in der Ideengenerierung kommt der kreativen Leistung zu – der Kombination aus natürlicher Kreativität und Wissen. Die natürliche Kreativität kann durch den Einsatz von Kreativitätstechniken gesteigert werden [GEK01, S. 119f.], [MS97, S. 79]. Kreativitätstechniken können einen intuitiven oder diskursiven Denkcharakter besitzen, vgl. Bild 3-13.

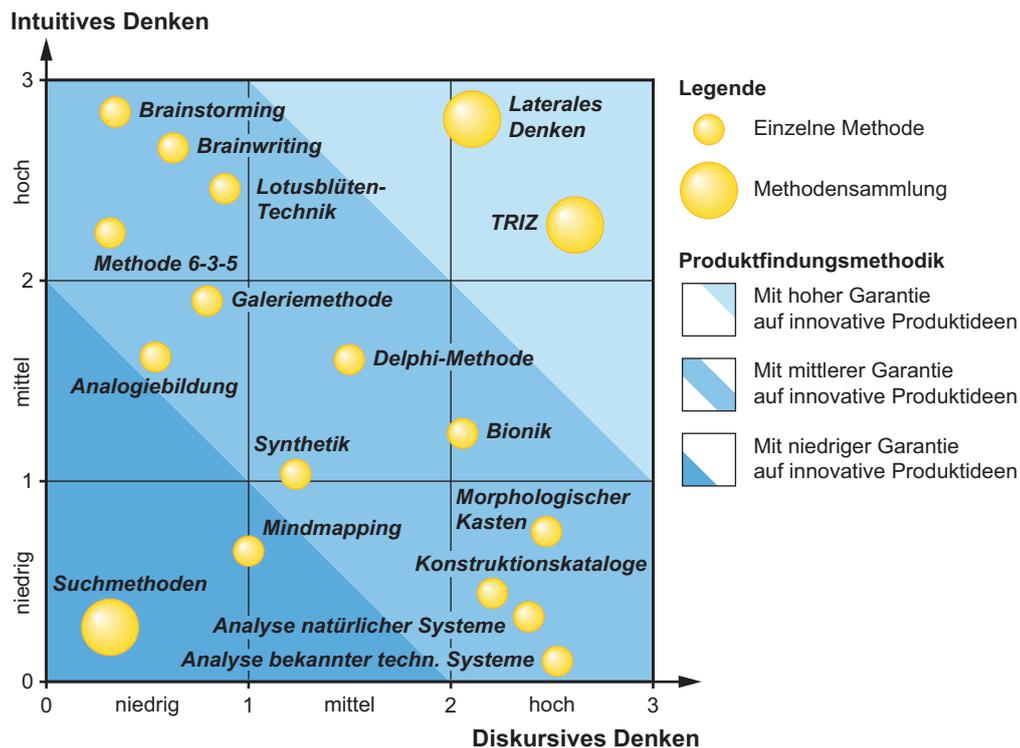


Bild 3-13 Ordnungsschema von Kreativitätstechniken [GEK01, S. 123]

Beim intuitiven Denken resultieren Ideen als plötzlicher Einfall des Problemlösers; die Suche verläuft im Unterbewusstsein. Brainstorming und Brainwriting sind hierfür bekannte Methoden. Diskursives Denken ist systematisch; übergeordnete Probleme werden durch Zergliederung, Analyse, Rekombination etc. gelöst. Beispiele hierfür sind Konstruktionskataloge oder der morphologische Kasten [GEK01, S. 123f.]. Intuitive Kreativitätstechniken sind vergleichsweise einfach anwendbar und führen i.d.R. zu einer großen Anzahl von Ideen; die diskursiven erfordern ein hohes Maß an fachlicher Moderation und folgen i.d.R. einer systematisierten Ideenselektion und -bewertung [PBF+07, S. 69f.], [WW04, S. 42]. Übersichten zu Kreativitätstechniken finden sich bei VAHS/BREM, PAHL/BEITZ, EHRENSPIEL oder GAUSEMEIER ET AL. (vgl. [VB13, S. 280ff.], [PBF+07, S. 122ff.], [Ehr07, S. 404ff.], [GEK01, S. 119ff.]). Nachfolgend werden die für diese Arbeit relevanten Kreativitätstechniken diskutiert.

Brainwriting/Methode 6-3-5

Brainwriting und die Methode 6-3-5 sind der Kategorie intuitiver Kreativitätstechniken zuzuordnen. Die Bezeichnung der Methode 6-3-5 ist auf den Ablauf der Methode zurückzuführen. Bei der Anwendung generieren sechs Teilnehmer jeweils drei Ideen innerhalb von fünf Minuten in Form von Brainwriting. Das heißt, die Ideen werden in Einzelarbeit generiert und schriftlich festgehalten. Dafür ist ein entsprechendes Template vorgesehen, das nach Ablauf der fünf Minuten innerhalb der Gruppe weitergereicht wird. Inspiriert durch die Ideen des Vorgängers, generiert der Nachfolger neue Ideen. Die Templates

werden solange weitergegeben, bis alle sechs Teilnehmer jedes Template bearbeitet haben [SW85, S. 95], [GEK01, S. 125]. Auf diese Weise erfolgt eine Konkretisierung bzw. Ergänzung der Ideen [PBF+07, S. 130].

Lotusblüten-Technik

Das Prinzip der Lotusblüten-Technik ist die Auffächerung von Ideen. Die Grundidee der Lotusblüte besteht darin, eine zentrale Problemstellung zu formulieren, für diese erste Lösungsideen zu generieren und die Lösungsideen wiederum aufzufächern. Dabei wird das zu lösende Problem in das zentrale Feld, also den Kern einer Lotusblüte mit acht Blüten in Form eines Templates, eingetragen. In einem Initialschritt werden die ersten acht Lösungsideen um den Kern angeordnet; diese werden in einem zweiten Schritt weiterentwickelt bzw. konkretisiert. Diesem Vorgehen folgend werden für acht Ideen jeweils acht detaillierte Ideen erarbeitet [GEK01, S. 126], [HW13, S. 156f.]. Die Lotusblüten-Technik und insbesondere das entsprechende Template stellen ein praktisches Werkzeug zur Strukturierung eines initial formulierten Problems dar.

Storytelling

Storytelling ist ein Werkzeug, das in vielen Bereichen des Marketings, der Kommunikation und Strategieentwicklung Anwendung findet. Kern des Ansatzes sind neuste Erkenntnisse der Hirnforschung, dass das menschliche Gehirn Muster – also Verbunde von gemeinsam auftretenden Elementen – speichert. Der Abruf dieser Muster erfolgt i.d.R. autoassoziativ. Storytelling dient dazu, *widerkehrende Musterfolgen sowie die Regeln ihrer häufigsten Kombinationen besser wahrzunehmen* [Fuc12, S. 141]. Dadurch besitzen Geschichten eine *unbewusst wirkende Anziehungskraft* und helfen dabei, Ideen Dritten zu veranschaulichen. Geschichten gelten damit als ein wichtiges Marketinginstrument [Fuc12, S. 139ff.]. Ebenso entstehen durch Verknüpfungen von Geschichten und vorhandenem Wissen (existierende Muster im Gedächtnis des Einzelnen) Verknüpfungsmuster, die das Verhalten von Individuen lenken: *Sie geben Hinweise auf strukturiertes Wissen, reduzieren Komplexität und erleichtern Voraussagen möglicher Handlungen* [Fuc12, S. 152]. Gelingt es Geschichten an individuelle Geschichten anzudocken – werden also Assoziationen hervorgerufen – kann Storytelling zudem in der Suche nach Lösungen für spezifische Problemstellungen beitragen [Fuc12, S. 140ff.].

Open Space/World-Café (Marktplatz)

Open Space ist eine Methode zur Strukturierung von Großgruppen-Moderationen. Charakteristisch für Open Space sind die Prinzipien *Selbstorganisation* und *Selbstbestimmung* der Teilnehmer [Owe09, S. 124f.]. Ziel ist Vermittlung bzw. Bearbeitung eines komplexen Themas mit einer großen Anzahl von Beteiligten innerhalb möglichst kurzer Zeit [Buh12, S. 241]. Eine ähnliche Logik liegt dem World-Café zu Grunde: Eine Großgruppe wird in Kleingruppen aufgeteilt. Mehrere Tische bzw. Informationsstände, sog. (Themen-)Marktplätze, werden parallel von Gastgebern bzw. Moderatoren in einem de-

finierten Raum und vorgegebenen Zeitfenster moderiert. Die Teilnehmer entscheiden eigenständig oder in einer vorgegebenen Reihenfolge, welche Informationen für sie relevant sind und an welchen Marktplätzen sie partizipieren und Ergebnisse erarbeiten. Nach einem vorgegebenen Zeitfenster erfolgt eine Rotation der Kleingruppen, die von den Moderatoren zu den bisherigen Ergebnissen instruiert werden. Zuletzt werden die an den (Themen-)Marktplätzen erarbeiteten Ergebnisse im Plenum präsentiert [GS13, S. 318f.].

Bewertung: Klassische Stage-Gate-Modelle wie die exemplarisch vorgestellte Systematik des Ideentrichters bieten ein generisches Vorgehen für die Ideenfindung. Ferner werden Methoden und Werkzeuge für die Unterstützung einzelner Phasen vorgestellt. Kreativitätstechniken sind ein geeignetes Instrument zur Steigerung der Kreativität und zur systematischen Moderation der Ideenfindung. Im Kontext der Planung emergenter Technologien erscheint vor dem Hintergrund der Neuheit einer Technologie Storytelling ein vielversprechendes Instrument zur Veranschaulichung und Erzeugung von Assoziationen. Im Wesentlichen ist ein gut strukturierter Prozess, der geeignete Kreativitätstechniken kombiniert, für die Systematik maßgeblich.

3.3.2 Lead-User Ansätze

Der Lead-User Ansatz – ein auf VON HIPPEL zurückzuführendes Instrument der Marktforschung – dient einer systematischen Erschließung von Geschäftschancen durch die Nutzung der Expertise und Erfahrung fortschrittlicher Anwender [TN09, S. 800]. Der Ansatz hat insbesondere für schnelllebige und hochtechnologische Märkte eine hohe Bedeutung, da diese Märkte von Diskontinuitäten geprägt sind. Ein konventioneller User unterliegt i.d.R. einer gewissen Betriebsblindheit und damit auch einer Trägheit gegenüber Neuem [Nag93, S. 8]. Lead-User sind sich nach VON HIPPEL neuer Bedürfnissen um Einiges früher bewusst als die breite Masse; sie gehören i.d.R. zu den ersten Käufern neuer Produkte [Nag93, S. 4f.], [Hip86, S. 796], [Day00, S. 141]. Durch die Integration von Lead-Usern in den Innovationsprozess kann eine stärkere Ausrichtung von Produkten an den Bedürfnissen des zukünftigen Marktes realisiert werden [Nag93, S. 8]. Das Vorgehen beim Lead-User Ansatz gliedert sich in vier Schritte, vgl. Bild 3-14.

Zunächst erfolgt die **Initiierung des Lead-User Projekts**, um den Untersuchungsgegenstand zu definieren und die Projektziele festzulegen. In der **Identifikation von Trends** werden bedeutende Markt- bzw. Technologietrends ermittelt. Ausgehend davon erfolgt die **Ermittlung von Lead-Usern**, also die Suche nach Anwendern, die einen starken Bezug zu den identifizierten Trends besitzen, da sie diese bzgl. Erfahrung und Intensität vorantreiben. Lead-User können Technologie- und/oder Marktführer, Standardgeber, Meinungsführer etc. sein. Weitere Kriterien zur Auswahl von Lead-Usern liefern bspw. GASSMANN ET AL. [VB13, S. 270], [GKE05-ol, S. 6]. Dabei wird zunächst in den festgelegten Zielmärkten gesucht; darüber wird auf analoge Märkte geschlossen (Pyramiding Prinzip) [HTS99, S. 6]. Anschließend werden die Bedürfnisse der Lead-User untersucht und die gewonnenen Erkenntnisse auf zukünftige Märkte übertragen [Nag93, S. 7],

[Hip88, S. 569ff.]. Auf dieser Basis werden erste Ideen für Produkte generiert. Für die **Entwicklung von Produktkonzepten** sind Workshops mit Lead-Usern und Mitarbeitern des Unternehmens durchzuführen. Hierfür sind geeignete Kreativitätstechniken zur Unterstützung zu verwenden. Im Zuge der Ausarbeitung von Produktkonzepten sind Fragen bzgl. Intellectual Property Rights zu diskutieren. Abschließend sind erarbeitete Produktkonzepte zu bewerten und zu dokumentieren [VB13, S. 270], [HLL01-ol, S. 6].

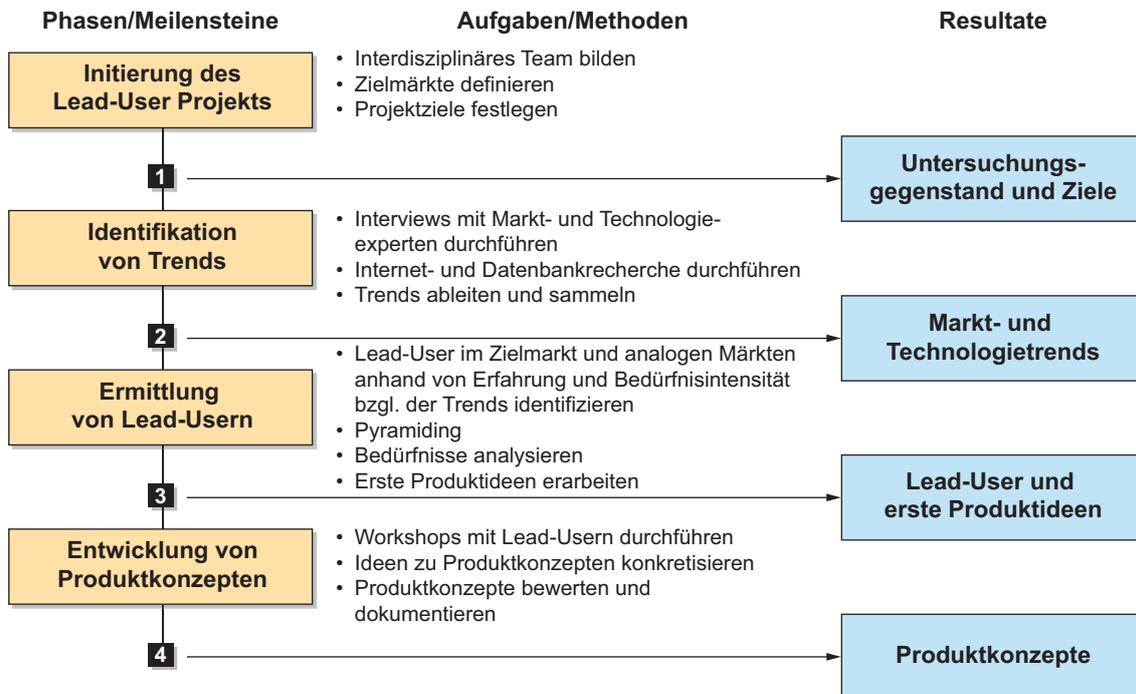


Bild 3-14 Vorgehensmodell des Lead-User Ansatzes in Anlehnung an [Hip86, S. 797f.], [Nag93, S. 7], [HTS99, S. 6ff.], [VB13, S. 270], [HLL01-ol, S. 5]

Der Lead-User Ansatz wird im Kontext technologie-induzierter Innovationsprozesse adaptiert, so z.B. im Ansatz nach GEHRINGER. Den Ausgangspunkt bildet ein technologisches Differenzierungspotential. Ziel ist ein Vermarktungsplan für die Technologie. Die Entwicklung des Vermarktungsplans erfolgt in vier Phasen, vgl. Bild 3-15.

Technologieanalyse: Zunächst wird eine funktionale Analyse der Technologie durchgeführt und die technologischen Grenzen werden herausgearbeitet. Durch eine Analyse von Wettbewerbstechnologien gilt es, Alleinstellungsmerkmale und nachhaltige Differenzierungspotentiale der Technologie abzuleiten. Nach GEHRINGER können unterschiedliche Differenzierungspotentiale in Form von fokussierten Funktionen berücksichtigt werden. Diese werden als alternative Positionierungen der Technologie verstanden. Ferner gibt die Analyse von Wettbewerbstechnologien eine Indikation auf zukünftige Wettbewerber und potentielle Kooperationspartner [Geh13, S. 97ff.].

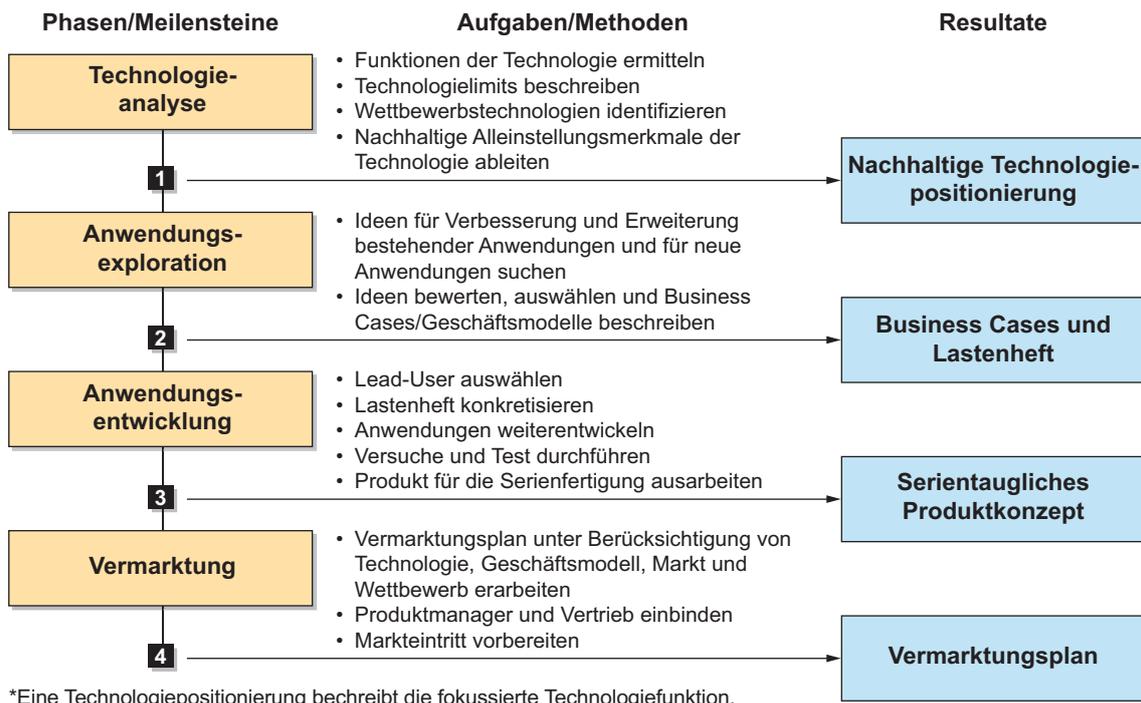


Bild 3-15 Vorgehensmodell des Lead-User Ansatzes im Technology Push Kontext nach GEHRINGER [Geh13, S. 97ff.]

Anwendungsexploration: Auf Basis der ermittelten Positionierung der Technologie werden Anwendungsideen generiert. Dabei sind denkbare Verbesserungen und Erweiterungen existierender Anwendungen sowie neue Anwendungen ins Kalkül zu ziehen. Für die Ideengenerierung empfiehlt GEHRINGER einen interdisziplinären Personenkreis sowie die Nutzung unterstützender Kreativitätstechniken. Die gefundenen Anwendungsideen sind in einer ersten Bewertungsstufe hinsichtlich technologiespezifischer Kriterien zu evaluieren. Die zweite Bewertungsstufe dient der Priorisierung denkbarer Geschäftsmodelle, da sich die in der Anwendungsentwicklung einzubindenden Lead-User je nach favorisiertem Geschäftsmodell unterscheiden können. Zuletzt ist ein Business Case zu beschreiben, ein vorläufiges Lastenheft ist zu erstellen [Geh13, S. 100ff].

Anwendungsentwicklung: Für die Anwendungsentwicklung sind auf Basis der vorangegangenen Ergebnisse Lead-User auszuwählen. Das priorisierte Geschäftsmodell sollte im Einklang mit dem Geschäft der Lead-User stehen. Gemeinsam mit dem Lead-User werden die Business Cases konkretisiert, das Lastenheft wird detailliert, das Produkt so weiterentwickelt. Anschließend sind erste Feldtests durchzuführen, die Leistung des Produktes ist ggf. zu maximieren und die Zuverlässigkeit zu optimieren [Geh13, S. 104ff.].

Vermarktung: Die Vermarktung beginnt mit der Bekanntgabe der Serienanläufe für das Produkt. Hierfür ist ein Vermarktungsplan zu erstellen. Wird eine Lizenzierung der Technologie angestrebt, empfiehlt GEHRINGER zuvor einen Markteintritt für die Technologie in Form eines marktfähigen Produktes, mit dem Ziel die Attraktivität der Technologie zu

steigern. Hierbei ist das Verhältnis von Mehrwert und Investitionsaufwand zu berücksichtigen [Geh13, S. 106f.].

Bewertung: Bei der Planung emergenter Technologien können Lead-User Rückmeldung zu Bedürfnissen, Anforderungen, Designkonzepten etc. geben. Lead-User besitzen eine außerordentlich hohe Bereitschaft für Entwicklungskooperationen und die Erprobung von Neuem. DAY bezeichnet sie als „*leading indicators*“ [Day00, S. 142]. Der Ansatz von GEHRINGER fokussiert die Vermarktung einer Technologie; die Weiterentwicklung der Technologie steht nicht im Fokus. Im Kontext einer neuen Technologie können Lead-User insbesondere bei der Anwendungsexploration unterstützen. Hierfür sind die Potentiale der Technologie prägnant und eingängig darzustellen, damit die Lead-User Möglichkeiten zu Verbesserungen oder Erweiterungen eigener Produkte erkennen bzw. vor dem Hintergrund der Technologie Inspirationen für neuartige Produkte erhalten.

3.3.3 Blue Ocean Ansatz nach KIM/MAUBORGNE

Leitgedanke des Blue Ocean Ansatzes nach KIM/MAUBORGNE ist die Eroberung bisher unerschlossener Märkte durch die Fokussierung auf Nutzeninnovationen. Ziel sind *blaue Ozeane* – als zur Konkurrenz divergente, strategische Positionen im Wettbewerb. Es geht also primär um die Kreierung unentdeckter Märkte sowie um die Eroberung von Nichtkunden als zukünftige Kunden. Dies soll durch die Erzeugung einer neuen Nutzenkurve für Unternehmen und Kunde erreicht werden. Die Ermittlung einer neuen Nutzenkurve wird durch das **Vier-Aktionen-Format** (*engl. four actions framework*) unterstützt, vgl. Bild 3-16. Wesentlich ist dabei die Beantwortung von vier Fragen [KM05, S. 29ff.]:

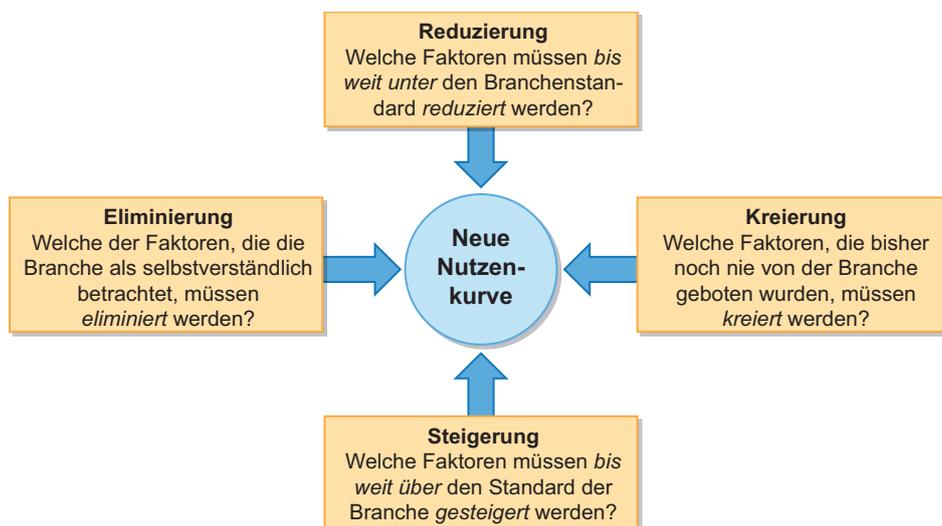


Bild 3-16 Vier-Aktionen-Format nach KIM/MAUBORGNE [KM05, S. 29]

- **Kreierung:** Die Aktion fokussiert die Generierung bisher nicht existierender/angebotener Produkte, Leistungen und/oder Eigenschaften.
- **Steigerung:** Eine neue Nutzenkurve kann geschaffen werden, wenn eine oder mehrere für den Kunden relevante Eigenschaft/Eigenschaften über den Branchenstandard hinausgehend ausgebaut wird/werden.
- **Eliminierung:** Ein Nutzen kann ferner durch das Entfernen unnötiger, oftmals kostenverursachender Eigenschaften von Produkten und/oder Leistungen geschaffen werden.
- **Reduzierung:** Nicht-nutzenstiftende Eigenschaften sind bis unter den Branchenstandard abzubauen.

Bewertung: Mit dem Vier-Aktionen-Format stellen KIM/MAUBORGNE einen pragmatischen Ansatz dar. Der Ansatz unterstützt die Ermittlung neuer Nutzenkurven für Unternehmen, Industrien etc. und adressiert damit nicht direkt Technologien bzw. die Schaffung einer neuen Nutzenkurve in einer Branche oder einem Geschäftsfeld durch neue Technologien. Jedoch stellt die Umkehr der Fragestellungen einen Ansatz dar, der in technologie-induzierten Innovationsprozessen beitragen kann. Schließlich geht es in einer Instanz darum, den (potentiellen) Mehrwert und damit den Nutzen der Technologie in potentiellen Anwendungen herauszustellen.

3.3.4 Quality Function Deployment

Gegenstand des Quality Function Deployment (QFD) ist eine kundennahe und zielgerichtete Produkt- und Prozessplanung. Ziel ist ein auf Kundenanforderungen ausgelegtes Produkt. Zentrales Element ist die als House of Quality (HoQ) bezeichnete Matrix, vgl. Bild 3-17 [PBF+07, S. 706], [Aka92], [GEK01, S. 65ff.]. In dieser Matrix erfolgt eine Gegenüberstellung von Kundenanforderungen mit den Merkmalen eines Produktes, respektiv in den Zeilen und Spalten der Matrix dargestellt. Das Vorgehen beim Quality Function Deployment umfasst vier Phasen [GEK01, S. 65ff.].

In der Initialphase erfolgt die Zusammenstellung eines Projektteams aus kundennahen Abteilungen (Marketing, Vertrieb, produktnahe Entwicklung). Gegenstand der zweiten Phase ist eine Marktanalyse. Ausgehend von der Analyse und Vervollständigung von Kundenanforderungen erfolgt eine Gewichtung der Anforderungen. Auf dieser Basis wird eine Vorstellung davon geschaffen, welche Produktmerkmale für den Kunden von Bedeutung sind. Ein Abgleich mit den Merkmalen konkurrierender Produkte dient dazu, Differenzierungspotentiale aufzudecken. Dies führt schließlich zu Marktzielen. Soll aus Sicht des Kunden ein Produkt gut aussehen und sind Konkurrenzprodukte hinsichtlich dieser Anforderung besser positioniert, so ist die Optimierung des Designs ein mögliches Marktziel [GEK01, S. 65f.].

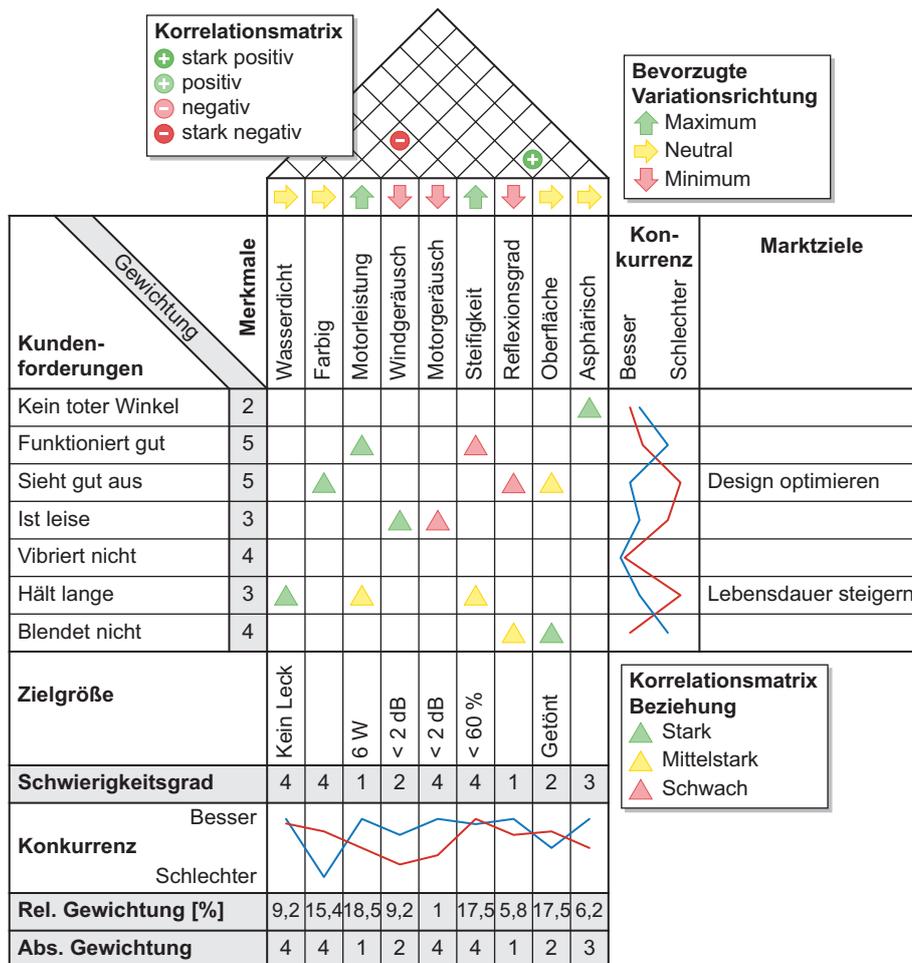


Bild 3-17 House of Quality am Beispiel eines Autoaußenspiegels [GEK01, S. 68]

Die dritte Phase dient der Produktanalyse. Nach der Erfassung der Produktmerkmale werden Optimierungsrichtungen und resultierende Zielkonflikte ermittelt (Dach des HoQ). Anschließend werden die Optimierungsrichtungen hinsichtlich Realisierbarkeit bewertet und Produkte der Wettbewerber evaluiert. Basierend darauf erfolgen die Festlegung der Produktziele und die Evaluation der technischen Bedeutung. Ergebnis der dritten Phase ist eine optimale Produktlösung. Zuletzt werden in Phase 4 Maßnahmen abgeleitet, auf deren Basis Fertigungsunterlagen und Prüfpläne erstellt werden [GEK01, S. 66f.].

House of Technology nach BULLINGER

Das House of Technology (HoT) nach BULLINGER basiert auf dem QFD-Ansatz. Analog zum House of Quality wird im HoT eine Verknüpfung der Funktionen eines Produktes (Zeilen des HoT) mit Technologieelementen (Spalten des HoT) vorgenommen (eingesetzte Technologien) [RGS+13, S. 184]. Ziel ist eine Lösung bestehend aus einem Technologieverbund [Heu08, S. 69f.], [BRN+03, S. 1181ff.]. Ein Technologieverbund stellt dabei eine für eine Anwendung spezifische Kombination von Technologieelementen dar. Im HoT erfolgt eine Bewertung der Technologieelemente bezüglich ihrer Bedeutung für die Funktionen eines Produktes [Heu08, S. 69f.]. Zusätzlich werden im Dach der HoT die

Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen den Technologieelementen abgebildet [RGS+13, S. 184].

Bewertung: Der QFD-Ansatz ist ein Werkzeug, das eine systematische Produktplanung durch kontinuierliches Präzisieren und Detaillieren von Anforderungen ermöglicht [PBF+07, S. 692]. Ferner können kritische Produktmerkmale identifiziert werden [PBF+07, S. 708]. Durch die Gegenüberstellung von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen unterstützt der Ansatz die Kommunikation zwischen dem Marketing und der Entwicklung. Das HoT dient der Abbildung von Beziehungen zwischen den Funktionen eines Produktes und Technologieelementen. Die Abbildung emergenter Technologien könnte sich als schwierig erweisen, da Funktionen emergenter Technologien oftmals noch nicht bzw. nicht ausreichend bekannt sind. Es wird ferner nicht explizit auf die erforderliche Detaillierungstiefe von Technologieelementen hingewiesen; hier bleibt viel Spielraum für Interpretation.

3.3.5 Marktsegmentierung nach LEHNER

Die Marktsegmentierung nach LEHNER ist ein Baustein seines Verfahrens zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien. LEHNER verwendet die Marktsegmentierung, um einen Markt bzw. eine Branche in homogene Untereinheiten zu unterteilen. Diese werden als *Marktsegmente* bezeichnet. Hierfür werden Produkte/Produktgruppen hinsichtlich ausgewählter Merkmale bewertet und entsprechend der Merkmalsausprägungen zu homogenen Gruppen bzw. Clustern zusammengefasst. Die zugrunde liegende Idee von LEHNER ist, dass ähnliche Produkte bzw. Produktgruppen ähnliche Kompetenzen zu deren Entwicklung, Produktion und Vertrieb erfordern [Leh14, S. 100f.].

Die Marktsegmentierung erfolgt in fünf Schritten, basierend auf der Logik des Szenario-Managements nach GAUSEMEIER/PLASS (vgl. Abschnitt 3.2.3). Zunächst erfolgt eine strukturierte Suche nach (Segment-)Merkmalen, die für die Charakterisierung von Produkten/Produktgruppen geeignet sind. Die Merkmale werden in Kreativitätsworkshops mit internen und externen Experten erarbeitet und anschließend dokumentiert. Ein Beispiel für ein Merkmal in der Medizintechnikbranche ist *Anwender/Bediener* eines medizinischen Produktes. Durch eine Einfluss- und Relevanzanalyse werden im zweiten Schritt die Schlüsselsegmentmerkmale identifiziert und beschrieben [Leh14, S. 100f.].

Im dritten Schritt erfolgt die Ermittlung alternativer Ausprägungen für alle ausgewählten Schlüsselsegmentmerkmale. Denkbare Ausprägungen für das Merkmal *Anwender/Bediener* sind *Arzt, Pflegekraft oder Patient*. Die Ausprägungen werden aufbereitet und in Prosa beschrieben. Anschließend sind die für einen Markt bzw. eine Branche charakteristischen Produkte/Produktgruppen zu recherchieren und anhand der ermittelten Schlüsselsegmentmerkmale zu bewerten. Hierfür verwendet LEHNER eine Ausprägungsliste; in dieser werden die identifizierten Produkte (Spalten) den Ausprägungen (Zeilen) aller Merkmale gegenübergestellt, vgl. Bild 3-18. Es wird dabei bewertet, ob eine Ausprägung

i des Merkmals für das Produkt j charakteristisch ist. Es wird eine binäre Bewertung vorgenommen; eine *eins* impliziert, dass eine Ausprägung für das Produkt zutreffend ist, eine *null* bedeutet, dass die Ausprägung für das Produkt nicht relevant ist. Bei einem *Aktivitätsmesser* trifft bspw. die Ausprägung *Patient* zu, da dieses Produkt vom Patienten selbst bedient wird; diese Kombination wird mit *eins* bewertet [Leh14, S. 102f.].

| Ausprägungsliste | | Produkt/Produktgruppe | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Fragestellung: „Trifft die Ausprägung i (Zeile) des Merkmals bei dem Produkt/ der Produktgruppe j (Spalte) zu?“ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bewertungsmaßstab: 1 = Ausprägung trifft zu 0 = Ausprägung trifft nicht zu | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Merkmal | Ausprägung | Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Verbandmaterial | Wärmetherapiegerät | Zahnimplantat | Zahnschmelzmeißel |
| | | | 79 | 80 | 81 | 82 | | | | | | | | | | | |
| Aufbereitung | Produkt wird sterilisiert | 1A | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Produkt wird desinfiziert | 1B | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | Produkt wird entsorgt | 1C | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Mobilität | Tragbar | 2A | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Mobiler Einsatz | 2B | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | Stationärer Einsatz | 2C | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Individualität | Patientenindivid. Herstellung | 3A | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | Patientenindivid. Anpassung | 3B | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | Standardausführung | 3C | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Anwender/Bedienung | Arzt | 4A | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | Pflegekraft/Hilfskraft | 4B | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Patient | 4C | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Art der Rehabilitation | Otologische Reha | 11A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Ophthalmologische Reha | 11B | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Reha Mund/Dentalbereich | 11C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | Orthopädische Reha | 11D | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Beispiel
1 = Die Ausprägung Patient (Zeile 4C) trifft auf einen Aktivitätsmesser (Spalte 2) zu.

Bild 3-18 Ausprägungsliste zur Bewertung von Produkten [Leh14, S. 104]

Für die abschließende Segmentierung verwendet LEHNER in seinem Vorgehen bekannte Gruppierungsverfahren (Average-Linkage-Verfahren) sowie Proximitätsmaße (Jaccard-Koeffizienten). Dabei werden die Produkte/Produktgruppen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit, also dem Vorhandensein einer Merkmalsausprägung, zu Clustern zusammengefasst. Hierfür wird der relative Anteil der übereinstimmenden Ausprägungen zwischen zwei Produkten bestimmt. Das Ähnlichkeitsmaß zweier Produkte ist umso höher, je ähnlicher sich zwei Produkte sind. Für eine ausführliche Darstellung der Marktsegmentierung sei auf LEHNER verwiesen [Leh14, S. 100ff.]. Die Clusterung erfolgt zuletzt mittels des Average-Linkage-Verfahrens; dieses Verfahren lässt es zu, dass die Cluster eine unterschiedliche Anzahl von Objekten (Produkten) enthalten dürfen. Die Cluster stellen damit Gruppen von homogenen Produkten/Produktgruppen dar [Leh14, S. 104ff.].

Bewertung: Der Ansatz von LEHNER ermöglicht auf strukturierte und nachvollziehbare Weise die Ermittlung homogener Gruppen von Produkten auf Basis charakteristischer Merkmale. Besonders hervorzuheben ist, dass für die Bildung der Marktsegmente die Ähnlichkeit von Produkten/Produktgruppen betrachtet wird. Im Rahmen eines technologie-induzierten Innovationsprozesses bildet der Ansatz damit eine gute Grundlage zur Beurteilung von Synergie-Effekte zwischen Anwendungen, die auf der Ähnlichkeit der geforderten Leistungsmerkmale der Technologien beruhen.

3.3.6 Portfolio-Analysen

Der Ursprung der Portfolio-Analyse liegt in der Analyse und Bewertung von Anleihen-Bündeln in der Finanzbranche; Portfolio-Ansätze sind auf MARKOWITZ zurückzuführen [EBG+09, S. 175]. Heute sind Portfolio-Analysen ebenfalls in der Entwicklung und Formulierung von Strategien etabliert. Ziel sind Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Untersuchungsobjekten (z.B. Geschäftsfelder, Produkte etc.). Gegenstand ist die Beurteilung von Untersuchungsobjekten hinsichtlich festgelegter Kriterien und die anschließende Positionierung der Objekte im Portfolio [EBG+09, S. 175], [GP14, S. 125]. Ein Portfolio wird i.d.R. durch zwei Dimensionen aufgespannt. Die Ordinate indiziert die Dimension, die nicht im Einflussbereich des Unternehmens liegt. Die Abszisse charakterisiert die Leistungsfähigkeit des Unternehmens und liegt damit im Gestaltungsbereich des Unternehmens [GP14, S. 125]. Das erste, zu Beginn der 70er Jahre von der BOSTON CONSULTING GROUP verwendete Marktportfolio wurde für unterschiedliche Fragestellungen adaptiert [EBG+09, S. 175]. Ein Beispiel ist das integrierte Markt-Technologie-Portfolio nach MCKINSEY [GP14, S. 129]. Im Technologie-Management und in der Technologieplanung existieren ebenfalls zahlreichen Varianten. Für eine umfassende Übersicht zu unterschiedlichen Portfolio-Methoden sein auf [EBG+09, S. 181], [Wol91, S. 196ff.] verwiesen. Stellvertretend wird im Folgenden die Technologie-Portfolio-Analyse nach PFEIFFER vorgestellt.

Nach PFEIFFER werden zu analysierende Technologien sowie potentielle Substitutions- und Komplementärtechnologien bzgl. der Dimensionen *Technologieattraktivität* und *Ressourcenstärke* bewertet. Ziel sind konkrete Entwicklungsprojekte für die FuE-Abteilung [PMS+91, S. 82ff.], [Wol91, S. 200ff.], [EBG+09, S. 182ff.]. Die Dimensionen werden durch je vier Kriterien operationalisiert, die individuell gewichtet werden können.

- **Technologieattraktivität:** (1) Die *Akzeptanz der Technologie* gibt an, inwieweit die erwarteten Entwicklungen im Unternehmen und von Stakeholdern akzeptiert werden. (2) Das *Weiterentwicklungspotential* charakterisiert, in welchem Umfang die Technologie weiterentwickelt werden kann oder inwiefern die Effizienz erhöht werden kann. (3) Die *Anwendungsbreite* spezifiziert die Anzahl potentieller Anwendungsgebiete und Anwendungen für die Technologie. (4) Mit der *Kompatibilität* werden die Auswirkungen der Technologie auf andere Technologien des Unternehmens bewertet [PMS+91, S. 82ff.], [Wol91, S. 201].

- **Ressourcenstärke:** (1) Der *technisch-qualitative Beherrschungsgrad* spezifiziert die Leistung der Technologie im Vergleich zu Konkurrenztechnologien. (2) Die Potentiale indizieren *finanzielle, personelle, sachliche und rechtliche Ressourcen*, die für die Weiterentwicklung der Technologie zur Verfügung stehen. (3) Die *(Re-)Aktionsgeschwindigkeit* charakterisiert die Schnelligkeit eines Unternehmens, Weiterentwicklungen zu realisieren. (4) Zuletzt wird bewertet, ob eine *Absicherung hinsichtlich der Patente/Lizenzen* gegeben ist [PMS+91, S. 82ff.], [Wol91, S. 201].

Die Bewertung bildet die Basis für die Ableitung von Handlungsoptionen für den Umgang mit den Technologien. Bei hoher Technologieattraktivität und Ressourcenstärke ist die Investition zu empfehlen; ist die Ressourcenstärke gering, ist abzuwägen, ob der technologische Rückstand gegenüber der Konkurrenz mit vertretbarem Aufwand überwunden werden kann. Im Fall einer geringen Technologieattraktivität und einer geringen Ressourcenstärke ist von Investitionen abzusehen; bei dieser Handlungsoption sind etwaige Interdependenzen mit anderen Technologien zu berücksichtigen [PMS+91, S. 82ff.], [Wol91, S. 202].

Bewertung: Portfolio-Analysen basieren auf einer pragmatischen Nutzwertanalyse; die Kriterien sind individuell anpassbar. Die Bewertung von *Technologieattraktivität* und *Ressourcenstärke* ist sinnvoll – auch im Kontext emergenter Technologien. Die Bewertung der Ressourcenstärke gibt Aufschluss, inwiefern die Realisierung einer Technologie seitens des Unternehmens denkbar ist. Für die Bewertung potentieller Technologieentwicklungsrichtungen, die auf Basis Erfolg versprechender technologie-induzierter Innovationen ausgewählt werden, sind die Kriterien *Weiterentwicklungspotential* und *Anwendungsbreite* von besonderer Bedeutung. Über die Anwendungsbreite werden anwendungsseitig Synergie-Effekte für mögliche Technologieentwicklungen berücksichtigt. Das Portfolio liefert damit eine Entscheidungsgrundlage für mögliche Stoßrichtungen.

3.3.7 Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten nach RUMMEL ET AL.

Ziel des Ansatzes zur Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten nach RUMMEL ET AL. sind Handlungsempfehlungen und Maßnahmen zur Weiterentwicklung von Technologiekonzepten. Das zentrale Element des Ansatzes bildet das House of Technology (HoT) (vgl. Abschnitt 3.3.4). Das Vorgehen umfasst vier Phasen, vgl. Bild 3-19 [RGS+13, S. 186ff.].

Technologiekonzept definieren: Eingangs wird das zu analysierende Technologiekonzept festgelegt und vorbereitend spezifiziert. Hierzu ist das Konzept in einzelne Technologiegruppen zu gliedern. Technologiegruppen für ein Mikrowellensensorkonzept sind das *Antennenmodul*, die *HF-Elektronik* und eine *Auswerte-Elektronik*. Das Technologiekonzept ist anschließend qualitativ und quantitativ zu beschreiben [RGS+13, S. 186ff.].

Technologiekonzept zerlegen: Die Zerlegung des Technologiekonzepts erfolgt in drei Schritten. Zuerst werden im Rahmen einer Funktionenanalyse die Funktionen des Technologiekonzepts ermittelt [RGS+13, S. 186]. Ein *Mikrowellensensorkonzept* wird bspw. in die Funktionen *Wellen abstrahlen/empfangen*, *Funkwellen erzeugen/empfangen*, *Rohdaten auswerten* gegliedert [RGS+13, S. 191]. Anschließend werden das Technologiekonzept bzw. die Technologiegruppen in einzelne Technologieelemente zerlegt. Beispielhafte Technologieelemente für die Technologiegruppe *Antenne* sind *Antenne* bzw. *Gehäuse*. Zuletzt werden Funktionen und Technologieelemente im HoT zusammengeführt, um die Wechselwirkungen zueinander abzubilden [RGS+13, S. 186ff.].

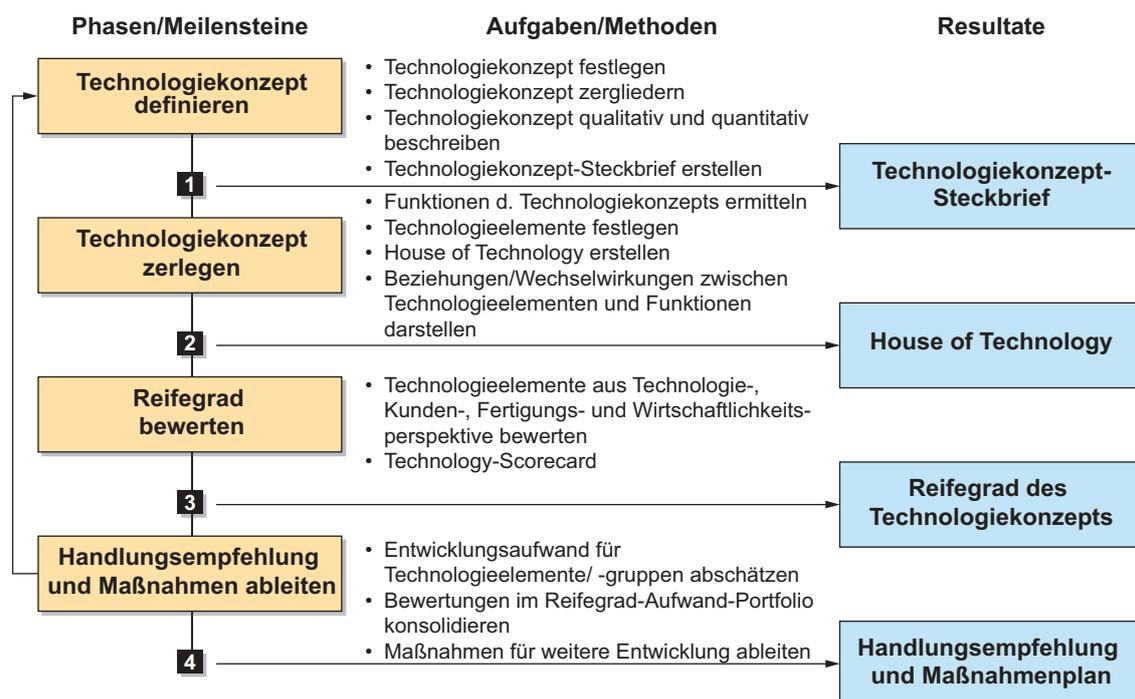


Bild 3-19 Vorgehensmodell der Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten nach RUMMEL ET AL. [RGS+13, S. 184]

Reifegrad bewerten: Für die Bewertung des Reifegrades wird die Technology-Scorecard verwendet. Darin werden die Technologie-, Kunden-, Fertigungs- und Wirtschaftlichkeitsperspektive abgebildet. Zunächst wird die Bewertung in jeder Perspektive vorgenommen; dies erfolgt in jeder Perspektive individuell. In die Technologieperspektive werden z.B. Technologieexperten eingebunden. Die Bewertung der Kundenperspektive lehnt sich an die Lead-User Methode an. Der Reifegrad wird prozentual entsprechend des Anteils von dem definierten Soll-Profil angegeben. Anschließend werden die einzelnen Reifegrade zu einem gesamten Reifegrad aggregiert [RGS+13, S. 187ff.].

Handlungsempfehlung und Maßnahmen ableiten: Im letzten Schritt wird für jede Technologiegruppe der Entwicklungswand abgeschätzt. In einem Reifegrad-Aufwand-Portfolio werden die Technologiegruppen hinsichtlich des Reifegrades und des erforder-

lichen Entwicklungsaufwands positioniert. Aus dieser Darstellung werden Unzulänglichkeiten des Technologiekonzepts ersichtlich. Auf dieser Basis werden zuletzt in Workshops Maßnahmen abgeleitet. Hierzu wird empfohlen, sowohl Entscheider als auch das Technologieentwicklungs-Team einzubinden [RGS+13, S. 188ff.].

Bewertung: Der Ansatz fokussiert ein Technologiekonzept und unterstützt die Ableitung erforderlicher Weiterentwicklungen der Technologie auf Basis des ermittelten Reifegrades. Weiterentwicklungen werden auf einzelne Technologieelemente/-gruppen heruntergebrochen. Die Bewertung des Reifegrades mittels der Technology-Scorecard ist mehrperspektivisch. Die Scorecard kann im Allgemeinen als Controlling-Werkzeug verwendet werden. Für die Ableitung einer Handlungsempfehlung sowie der Weiterentwicklungen/Maßnahmen wird der aggregierte Reifegrad zugrunde gelegt. Der aggregierte Reifegrad ist als kritisch anzumerken, da verschiedene Perspektiven vermengt werden.

3.4 Ansätze zur integrierten Planung von Produkten und Technologien

Gegenstand des Technologiemanagements ist die *Entstehung und Verwertung von Technologien* und die damit verbundene *Entstehung neuer Leistungen* [BK96, S. 99]. Ziel ist die *langfristige Sicherung und Stärkung der Marktposition* [KSA11, S. 5], [BK96, S. 96ff.]. Alle Planungsaktivitäten sind aufeinander abzustimmen, um die Konsistenz von Produkt- und Technologieentwicklung zu gewährleisten. In diesem Abschnitt werden Ansätze der integrierten Produkt- und Technologieplanung vorgestellt.

3.4.1 Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO

Die am FRAUNHOFER INSTITUT FÜR ARBEITSWIRTSCHAFT UND ORGANISATION (IAO) entwickelte Technologiepotentialanalyse ist ein ganzheitlicher Ansatz der Technology Intelligence. Ziel ist eine strategische Stoßrichtung für die Weiterentwicklung neuer Technologien [AL08, S. 179]. Das Vorgehen gliedert sich gemäß Bild 3-20 in drei Phasen, die nachfolgend vorgestellt werden [SAL09, S. 463ff.], [AS10, S.34ff.].

Technologieanalyse: Ziel der Technologieanalyse ist eine umfassende Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Technologie. Hierzu werden drei Schritte durchgeführt. Zunächst erfolgt die Ermittlung der Funktionen, die durch die Technologie zur Verfügung gestellt werden. Die Funktionen werden neutral durch eine Kombination aus Substantiv und Verb beschrieben und in einem Funktionenbaum nach AKYAMA in Haupt- und Nebenfunktionen gegliedert [AL08, S. 182f.]. Im nächsten Schritt werden Technologien identifiziert, die mit der betrachteten Technologie in Konkurrenz stehen, d.h. sie stellen ähnliche Funktionen bereit. Für die betrachtete Technologie und die identifizierten Konkurrenztechnologien werden vergleichbare Funktionen und Attribute erfasst und einander gegenübergestellt, um Stärken und Schwächen der jeweiligen Technologien abzuleiten. [AL08, S. 185]. Ein Beispiel für eine Funktion ist die *Positionsermittlung*; exemplarische

Attribute für diese Funktion sind die *Mess- und Winkelgenauigkeit*, die *Baugröße* oder die *Messdauer* [AL08, S. 205]. Im dritten Schritt wird eine Konkurrenzanalyse durchgeführt, um einen Überblick über die gegenwärtigen Entwicklungsaktivitäten im Umfeld des Unternehmens zu gewinnen. Dabei wird zwischen aktuellen und potentiellen Konkurrenten unterschieden [AL08, S. 185f.]. Ergebnis dieser Phase ist das charakterisierte Technologie-Umfeld [AS10, S. 34f.].

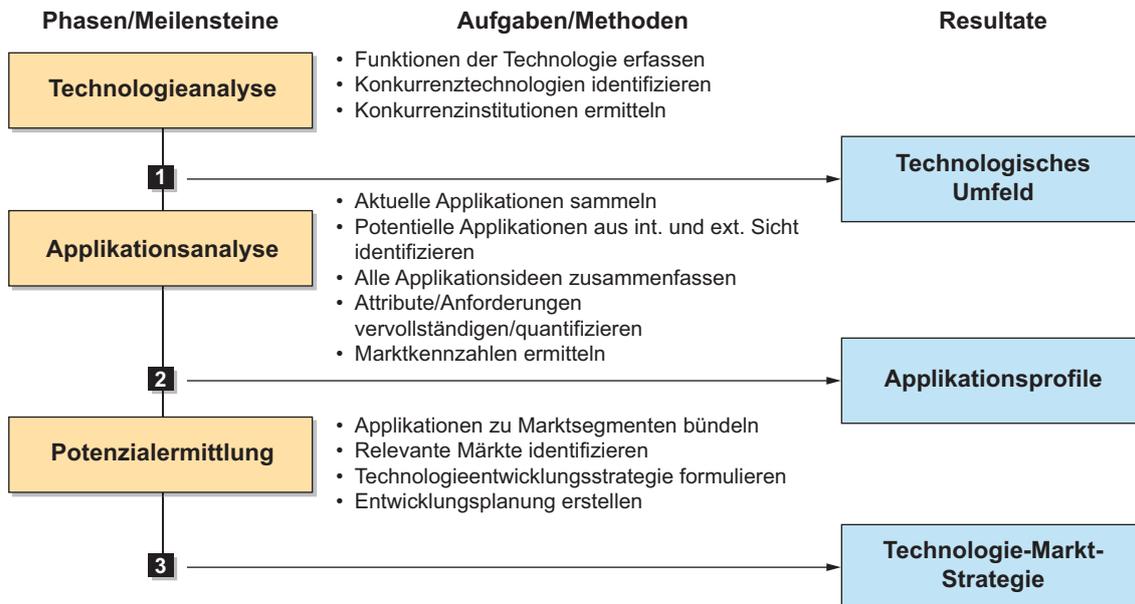


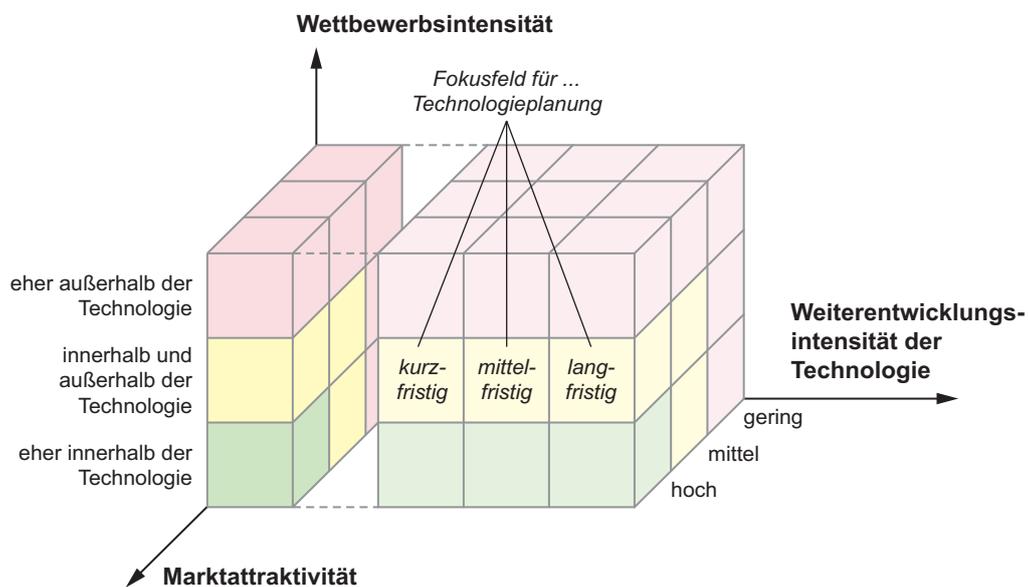
Bild 3-20 Vorgehensmodell der Technologiepotentialanalyse nach SPATH ET AL. [SAL09, S. 463ff.], [AS10, S. 34ff.], [AL08, S. 181ff.]

Applikationsanalyse: Ziel der zweiten Phase sind Applikationen für den Einsatz der Technologie. Es werden aktuelle, im Unternehmen und extern bei Konkurrenten vorliegende Applikationsideen zusammengetragen. Diese Sammlung der Ideen wird um potentielle Applikationen ergänzt; die Suche nach potentiellen Ideen wird durch Branchenverzeichnisse (NACE-Katalog), Kreativitätstechniken und Experteninterviews unterstützt. Anschließend werden Applikationsprofile abgeleitet und in Steckbriefen zusammengetragen. Für die Applikationen werden abschließend Marktkennzahlen abgeschätzt, wie z.B. das Marktvolumen und die Marktentwicklung [AL08, S. 187ff.], [AS10, S. 35].

Potenzialermittlung: Ziel der dritten Phase sind Erfolg versprechende Applikationen sowie eine Stoßrichtung für die Technologieentwicklung [AL08, S. 181]. Hierfür erfolgt zunächst eine Bündelung der Applikationen zu Marktsegmenten [AL08, S. 193]. Dabei werden unter Marktsegmenten Cluster verstanden, die die Applikationen mit ähnlichen Anforderungsprofilen (Funktionen, Attribute) zusammenfassen. Anschließend wird jedes Cluster hinsichtlich der drei Dimensionen *Marktattraktivität*, *Wettbewerbsintensität* und *Weiterentwicklungsintensität* bewertet [AL08, S. 195]. Auf Grundlage dieser Bewertung werden die Applikationsideen in einem Strategie-Portfolio positioniert. Ausgehend von der Position schlagen die Autoren Normstrategien vor, vgl. Bild 3-21 [AL08, S. 196ff.], [AS10, S. 35f.]. Es wird hierbei zwischen aktuellen Strategien für bereits ausgereifte

technologische Leistungsfähigkeiten und Strategien der Technologieentwicklung für noch nicht ausgereifte technologische Leistungsfähigkeiten unterschieden.

Bewertung: Die Technologiepotentialanalyse ist ein umfassender Ansatz für die Identifikation von Applikationen und Märkten für eine spezifische Technologie. Sie basiert auf einer fundierten Analyse der heutigen Leistungsfähigkeit der Technologie und relevanter Konkurrenztechnologien. Der Aspekt der Vorausschau wird nicht in gefordertem Umfang berücksichtigt; damit bleiben zukünftig denkbare Leistungsfähigkeiten der Technologie bei der Suche nach Applikationen unberücksichtigt, ebenso wie zukünftige Entwicklungen in den ermittelten Marktsegmenten. Für das Finden und Bewerten von Applikationen wird ein generischer Leitfaden zur Verfügung gestellt.



| Legende | |
|--|--|
| Normstrategien für aktuelle Strategie | Normstrategien für Technologieentwicklung |
| ■ Vermarktung der Technologie | ■ Technologieentwicklungsrichtung ableiten |
| ■ Diskussion/selektives Vorgehen | ■ Diskussion/ggf. Technologieentwicklungsrichtungen ableiten (technologie-externen Wettbewerb u. interne Machbarkeit prüfen) |
| ■ Aufgeben/nicht investieren | ■ Aufgeben/nicht investieren (hohe Substitutionsgefahr u. geringe Marktattraktivität) |

Bild 3-21 Strategie-Portfolio nach SPATH ET AL. [SAL09, S. 475f.], [AL08, S. 196]

Die Bewertung der identifizierten Cluster erfolgt durch eine Abschätzung von Marktgrößen und des Aufwands für die Technologieentwicklung; auf dieser Basis wird eine Normstrategie für die Weiterentwicklung der Technologie formuliert. Die Konformität der Entwicklungsrichtung oder der identifizierten Applikationen zu Strategie des Unternehmens wird nicht explizit berücksichtigt. Ferner werden Empfehlungen für den Umgang mit den identifizierten Applikationen nicht explizit abgeleitet. Eine konkrete Unterstützung der Umsetzungsplanung der Technologieentwicklung, also die Überführung der Normstrategie in konkrete Maßnahmen, fehlt.

3.4.2 Technology Application Selection nach LARSEN ET AL.

Das Konzept Technology Application Selection (TAS) nach LARSEN ET AL.¹⁵ stellt ein übergeordnetes Rahmenwerk für eine technologie-induzierte Produktentwicklung (*engl. technology push product development*) dar. Das Vorgehen gliedert sich in drei Phasen, vgl. Bild 3-22, und fungiert als Integrationskonstrukt zwischen Technologieentwicklung und Produktentwicklung. Die Autoren postulieren, dass der TAS-Prozesses dem klassischen Market Pull Prozess vorgelagert ist [LMH01, S. 525].

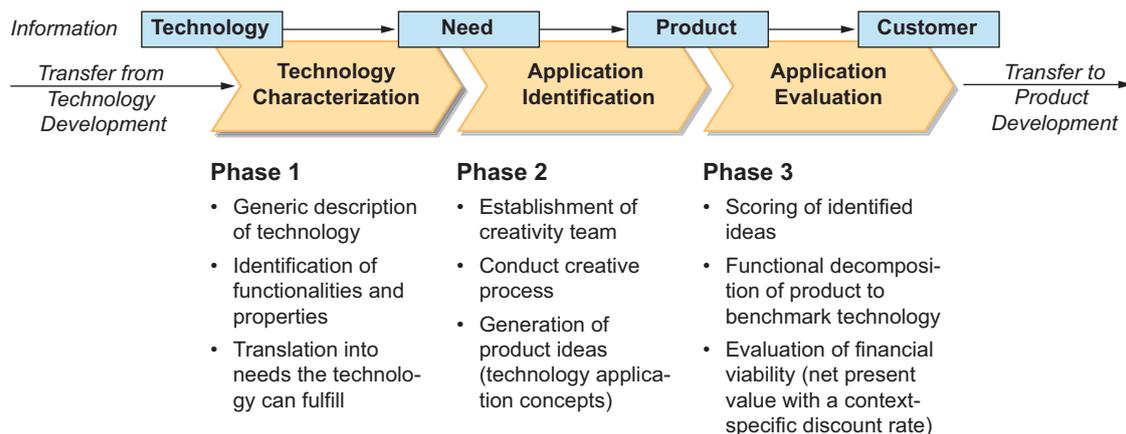


Bild 3-22 Vorgehensmodell des Technology Application Selection Process nach LARSEN ET AL. [LMH01, S. 525]

Technology Characterization: Zunächst erfolgt eine Beschreibung der Technologie. Hierfür werden u.a. Funktionalitäten und Eigenschaften der Technologie ermittelt. Funktionalitäten und Eigenschaften gilt es anschließend, in (Kunden-)Bedürfnisse zu übersetzen, welche von der Technologie adressiert werden können [LMH01, S. 525].

Application Identification: Auf Basis der (Kunden-)Bedürfnisse erfolgt die Ideengenerierung in einem kreativen Prozess. Hier empfehlen die Autoren keine Vorgabe zur Struktur vorzunehmen, um die Kreativität möglichst nicht einzuschränken [LMH01, S. 525].

Application Evaluation: Die identifizierten Produktideen werden zuletzt bewertet. Hierfür sind zunächst potentielle Kunden zu ermitteln und die Produkte funktional zu dekomponieren. Auf dieser Grundlage wird bewertet, ob die Technologie für den Kunden einen Mehrwert liefert und technologisch vorteilhafter ist als die bisherige technologische Lösung. Zuletzt ist die Rentabilität der Ideen zu evaluieren [LMH01, S. 526ff.].

Die auf dem TAS-Prozess aufbauende Arbeit von BISHOP zielt auf die detaillierte Ausarbeitung der Aufgaben in den dargestellten drei Phasen und auf die Anknüpfung des Prozesses an die anschließenden Produktentwicklungsaktivitäten [Bis04, S. 84ff.]. NELSON

¹⁵ LARSEN ET AL. sehen im Vorgehen einen ergänzenden Schritt zu einem klassischen Market Pull Prozess nach ULLRICH/EPPINGER (vgl. [UE95, S. 20f.], [Bis04, S. 20], [LMH01, S. 521ff.]). Initialschritt eines klassischen Market Pull Prozesses ist die Identifikation von Kundenbedürfnissen; der vorangestellte TAS-Prozess dient der Ermittlung von durch die Technologie adressierbaren Kundenbedürfnissen.

konkretisiert in seiner Arbeit die beiden Schritte *Ideengenerierung* und *Evaluation*. Basierend auf den Eigenschaften einer Technologie (z.B. *chemisch resistent*, *temperaturresistent*) werden potentielle Anwenderindustrien, Produktfamilien und Produkte identifiziert. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe eines Scoring-Modells unter Berücksichtigung folgender Kriterien: *functional match*, *value added to product*, *market size*, *feasibility of development*, *strategic match* [Nel05, S. 55ff.]. Auf Basis der Bewertung lassen sich Handlungsoptionen ableiten, wie z.B. das Produkt zu entwickeln, zurückzustellen oder zu lizenzieren [Nel05, S. 55ff.].

Bewertung: LARSEN ET AL. beschreiben einen generischen Ansatz, der im Prinzip die notwendigen Schritte zur Verknüpfung von Technologie- und Produktentwicklung beschreibt. Unklar bleibt jedoch, welche Methoden und Werkzeuge in den einzelnen Phasen eingesetzt werden. Insbesondere wird die Schlüsselfrage, welche Bedürfnisse (*engl. needs*) durch die Technologie adressiert werden können, nicht methodisch untermauert. Anknüpfende Arbeiten von BISHOP und NELSON detaillieren die Ideenfindung und -bewertung; die Identifikation von Technologiepotentialen kommt in allen Ansätzen zu kurz. Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von Technologie und Anwendungskontexten werden nicht berücksichtigt.

3.4.3 Verwertungsoptimierte Technologieentwicklung nach SPUR ET AL.

Die verwertungsoptimierte Technologieentwicklung nach SPUR ET AL. ist ein Ansatz zur branchenübergreifenden Planung von Fertigungstechnologien. Ziel sind optimierte Technologiespezifikationen (Maschinenkonzepte) und zeitliche Entwicklungspfade. Der Ansatz umfasst vier Module, vgl. Bild 3-23. [SG13, S. 206ff.]

Zielsystem: Gegenstand des Zielsystems sind strategische Ziele und Rahmenbedingungen an die Technologieentwicklung. Den Begrenzungsrahmen für die strategischen Ziele bilden angrenzende Strategien, z.B. die Technologie- und Unternehmensstrategie. Zu den Rahmenbedingungen zählen u.a. die verfügbaren Ressourcen, die Innovationsorientierung und andere Faktoren, die *technologiestrategische Entscheidungen beeinflussen* [SG13, S. 206]. Diese Einflussfaktoren sind zu ermitteln; in einer Einfluss- und Pareto-Analyse sind diejenigen Faktoren auszuwählen und aufzubereiten, die die höchste Relevanz für den Untersuchungsgegenstand besitzen. Resultat ist ein Set an Zielen zur Fokussierung von Technologieplanung und -entwicklung [SG13, S. 206f.].

Technologiemodell: Im Technologiemodell wird die betrachtete Fertigungstechnologie hinsichtlich des gegenwärtigen und zukünftigen Leistungsprofils charakterisiert [SG13, S. 207f.]. Als besonders relevante Beschreibungsparameter werden die folgenden Leistungsparameter genannt: *geometrische Komplexität*, *Dimensionen*, *Toleranzen*, *Oberflächenqualität*, *Materialflexibilität* und *Produktionsvolumen* [SGS14, S. 682].

Marktmodell: Ziel des Marktmodells sind Märkte bzw. Branchen sowie relevante Produkte für den Einsatz der Fertigungstechnologie. Im Fokus steht dabei eine systematische

Ableitung des branchenübergreifenden Verwertungspotentials. Märkte bzw. Produkte sind zu beschreiben, durch Anforderungsprofile zu charakterisieren und als Input in das Technologie-Konfigurationsmodell zu übergeben [SG13, S. 209f.].

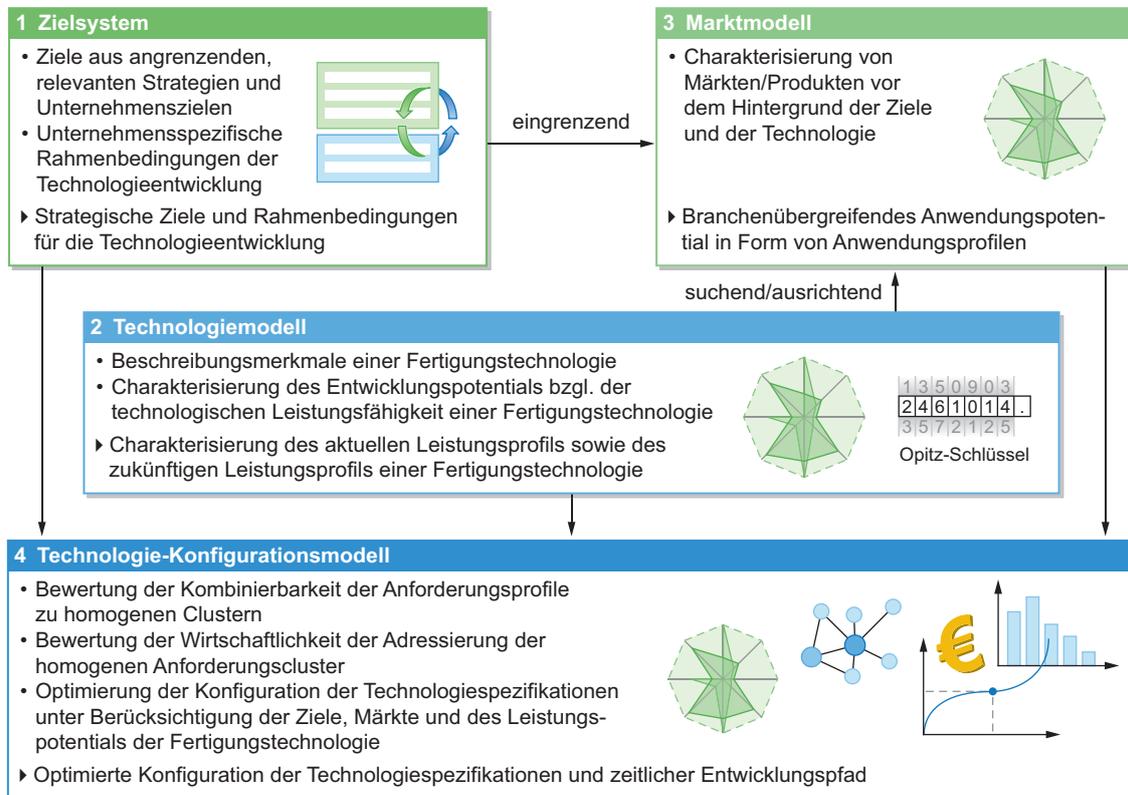


Bild 3-23 Framework der verwertungsoptimierten Technologieentwicklung nach SPUR ET. AL. [SG13, S. 205], [SGS14, S. 682]

Technologie-Konfigurationsmodell: Ziel des Technologie-Konfigurationsmodells sind verwertungsoptimierte Technologiespezifikationen und ein zeitlicher Entwicklungspfad. Hierzu werden nicht realisierbare Anforderungsprofile aussortiert. Die verbliebenen Anforderungsprofile werden zu homogenen Gruppen (Cluster) zusammengeführt; Profile in einem Cluster können entsprechend definierter Kriterien in einem Maschinenkonzept realisiert werden. Anschließend wird die Wirtschaftlichkeit der identifizierten Cluster bewertet. Hierzu wird zwischen dem Verwertungspotential und abgeschätzten Aufwänden eine erwartungswertbasierte Bilanz gebildet. Zuletzt werden Verwertungspotentiale, Synergie-Effekte und entstehende Aufwände mittels einer Monte-Carlo-Simulation überprüft und optimiert [SG13, S. 210ff.]. Zur Visualisierung von Cross-Industry-Synergien wird eine Roadmap verwendet, vgl. Bild 3-24.

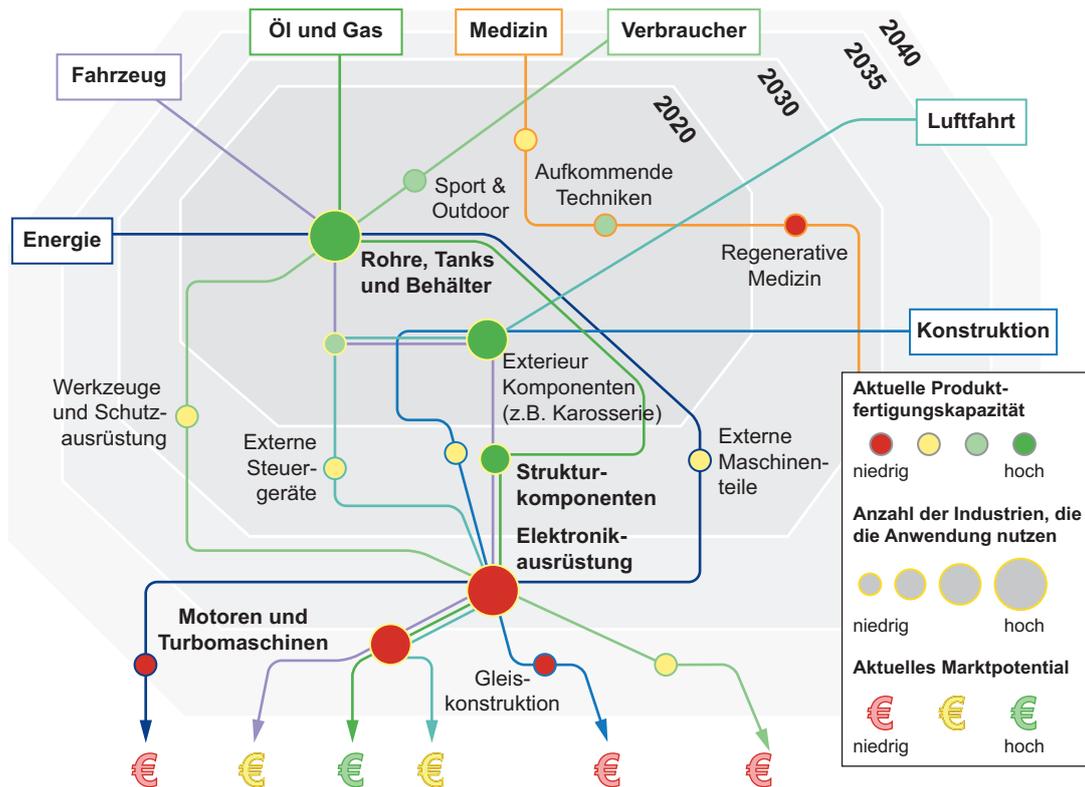


Bild 3-24 Roadmap zur Visualisierung von Cross-Industry-Synergien am Beispiel des FibreChain [SGS14, S. 685]

Aus der Roadmap wird bspw. ersichtlich, dass sich für das Jahr 2020 zwei homogene Cluster herauskristallisieren: (1) *Rohre, Tanks und Behälter* und (2) *Exterieur Komponenten*. Beide Cluster besitzen aus Marktsicht eine hohe Relevanz sowie hohe Cross-Industry-Synergien und können mit vorhandenen Kompetenzen realisiert werden – ein Indiz für die Realisierung der Cluster (Maschinenkonzepte) [SGS14, S. 685].

Bewertung: Die verwertungsoptimierte Technologieentwicklung ist ein ganzheitlicher Ansatz, der Technologien und Anwendungen integrativ betrachtet. Der Ansatz adressiert die Entwicklung von Produktionstechnologien; dabei wird auch die zukünftige Leistungsfähigkeit von Produktionstechnologien aufgegriffen. Für die Charakterisierung von Technologien werden technische Parameter verwendet, Technologiepotentiale werden nicht betrachtet. Die Identifikation von Anwendungen wird adressiert, jedoch nicht systematisch abgebildet. Insgesamt werden nur teilweise Hinweise auf eine methodische Unterstützung der Bausteine gegeben. Besonders hervorzuheben ist die prägnante und eingängige Darstellung der Cross-Industry-Synergien.

3.4.4 Dimensional Search nach MACMILLAN/MCGRATH

Der Ansatz nach MACMILLAN/MCGRATH dient der Identifikation von Anwendungsideen für emergente Technologien. Das von den Autoren empfohlene Werkzeug hierfür ist die sog. dimensionale Suche (*engl. dimensional search*). Dem liegt der Gedanke zu Grunde,

dass eine emergente Technologie über Fähigkeiten zur Veränderung von Produkteigenschaften verfügt (*engl. ability to manipulate properties*) [MG00, S. 168].

Dimensionale Beschreibung der Technologie: Ziel der ersten Phase ist eine Übersicht der Fähigkeiten einer Technologie – zentrale Frage ist: Was kann in einem Produkt durch die Technologie verändert werden? Zur Beantwortung der Frage sind im ersten Schritt die Merkmale der Technologie zu ermitteln; diese bilden die Grundlage für die dimensionale Suche. Im Rahmen von Brainstorming oder in einem systematischen Prozess gilt es, Dimensionen zu ermitteln, die durch die ermittelten Merkmale verändert werden können, und nach Möglichkeit konkret durch kardinale Werte zu spezifizieren, zumindest jedoch zu beschreiben. Beispielsweise resultiert durch die Entwicklung von kohlenstoffverstärkter Glasfaser eine Materialtechnologie, die durch die Merkmale *hohe Zugfestigkeit* und *hohe Belastbarkeit* gekennzeichnet ist. Beides sind Merkmale, die kardinal ausgeprägt werden können [MG00, S. 168f.].

Dimensionales Screening nach Anwendungsideen: In einem dimensional Screening werden anschließend Anwendungsideen identifiziert, die durch die Merkmale der Technologie adressiert werden können. Die Autoren empfehlen hierfür eine breite Suche. Als Suchbegriffe dienen vorrangig die Dimensionen, die für die Technologie charakteristisch sind. Gesichtet werden Patentbeschreibungen oder andere Produktbeschreibungen, die z.B. im Rahmen von Internetrecherchen gefunden werden können, in denen gleiche oder ähnliche Dimensionen beschrieben sind. Gefundene Anwendungen werden in einer Liste gesammelt. Erfolg versprechend für den Technologieeinsatz sind Anwendungen, die mehrere Dimensionen der Technologie tangieren, z.B. wenn in einer Anwendung gleichzeitig negative Eigenschaften eliminiert und positive Eigenschaften geschaffen werden. Ergebnis ist eine Liste potentieller Anwendungen für die Technologie [MG00, S. 169].

Evaluation der Anwendungsideen: Für die Auswahl besonders Erfolg versprechender Anwendungsideen sind die identifizierte Anwendungsideen in multifunktionalen Gruppen, bestehend aus Technologieexperten und kundennahen Experten, zu evaluieren. Zusätzlich sind die Anwendungen mit potentiellen Kunden durch das Vervollständigen der Merkmale zu konkretisieren. Anschließend werden die Merkmale herausgestellt, die durch die Technologie verändert werden können. Die Autoren empfehlen, in Interviews mit potentiellen Kunden zu evaluieren, unter welchen Bedingungen der Einsatz der Technologie für das Geschäft nutzenbringend ist. Die Interviewergebnisse sollen dabei unterstützen, die Akzeptanz der Technologie und/oder erforderliche Investitionen abzuschätzen. Auf Grundlage der Evaluation der Ideen wird das favorisierte Set an Merkmalen der Technologie abgeleitet [MG00, S. 169f.].

Festlegung der Stoßrichtung: Zuletzt wird ermittelt, welche Merkmale der Technologie bereits realisiert werden können und welche noch zu entwickeln sind. Die Realisierbarkeit der noch zu entwickelnden Technologiemerkmale und der Anwendungsideen, die diese Merkmale nachfragen, ist final zu validieren [MG00, S. 170]. Hierbei sind Kooperationsmöglichkeiten ins Kalkül zu ziehen [MG00, S. 167]. Bei einer großen Anzahl derartiger

Ideen kann sich ein kontinuierlicher Scouting-Prozess anbieten; hierbei wird regelmäßig überprüft, ob weitere Ideen realisiert werden können [MG00, S. 170].

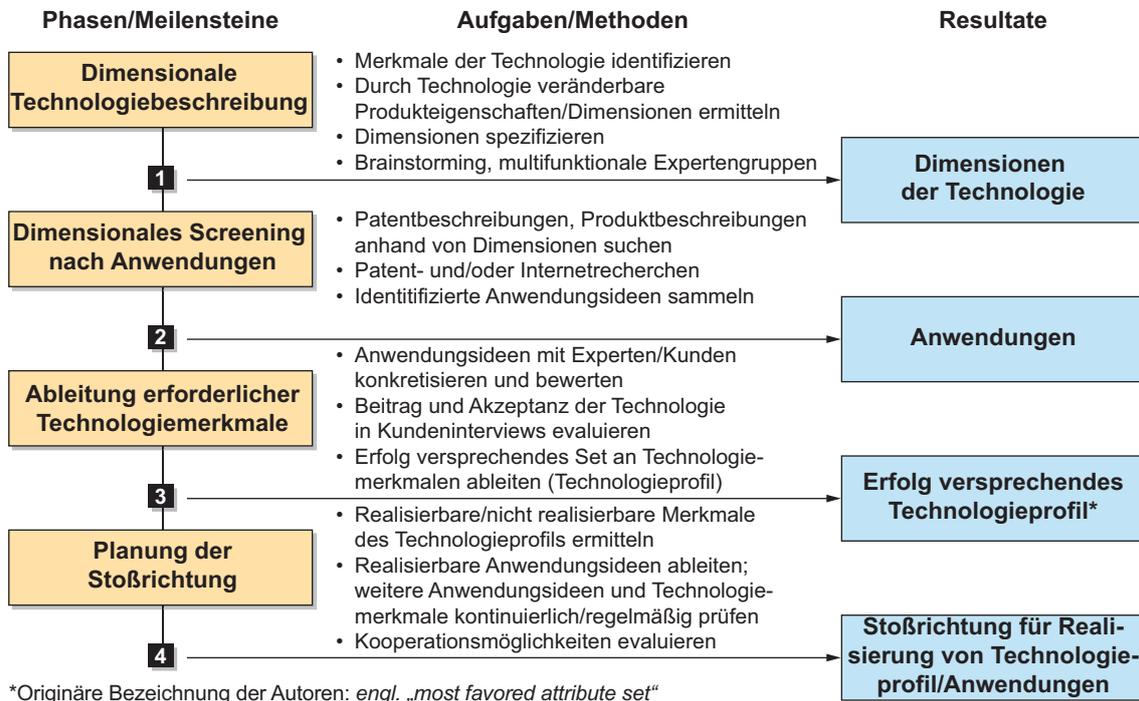


Bild 3-25 Vorgehensmodell von Dimensional Search nach MACMILLAN/MCGRATH [MG00, S. 168ff.]

Bewertung: MACMILLAN/MCGRATH stellen die erforderlichen Schritte zur Identifikation von Anwendungen für emergente Technologien dar. Hervorzuheben ist der Grundgedanke, dass emergente Technologien sich durch Fähigkeiten differenzieren müssen, die den bestehenden Lösungen überlegen sind. Überlegenheit kann in diesem Zusammenhang bedeuten, dass negative Eigenschaften aufgehoben und/oder positive Eigenschaften geschaffen werden. Ausgehend von den Dimensionen der Technologie werden Anwendungsideen gesucht. Als Methode werden die Patent- bzw. Internetrecherche genannt; für die Bewertung der Anwendungsideen wird nicht weiter konkretisiert. Es werden Hinweise für den Evaluationsprozess gegeben, z.B. wird die Einbindung multifunktionaler Expertengruppen und potentieller Kunden empfohlen. Es erscheint jedoch sinnvoll, die interdisziplinären Expertengruppen sowie potentielle Kunden bereits bei der Suche nach Anwendungsideen zu involvieren. Eine systematische Ableitung der Stoßrichtung wird im Vorgehen nicht adressiert.

3.4.5 Integrative, prognosebasierte Technologieplanung nach GOMERINGER

Ziel des Ansatzes von GOMERINGER ist eine formulierte Technologiestrategie und aus der Strategie resultierende Forschungs- und Entwicklungsprojekte für betrachtete Technologien eines Unternehmens. Das Vorgehen umfasst entsprechend Bild 3-26 fünf Phasen [Gom07, S. 67ff.].

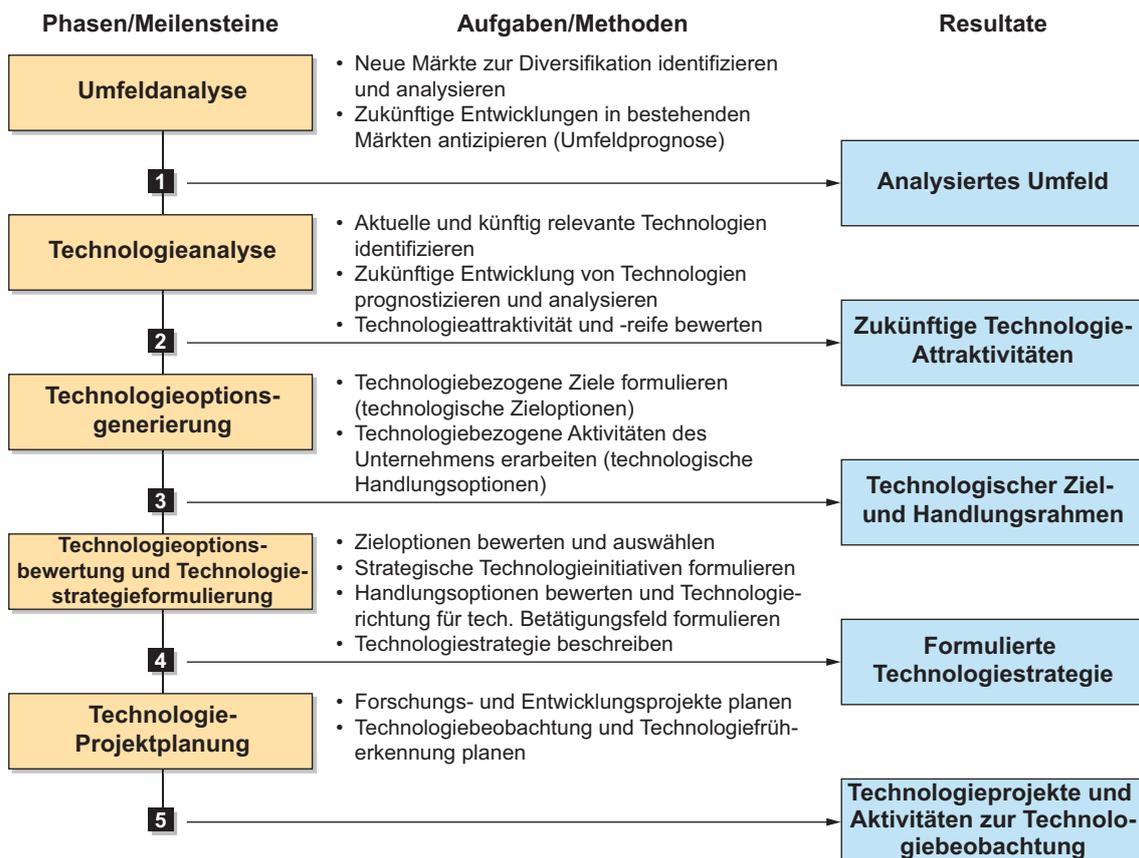


Bild 3-26 Vorgehensmodell der integrativen, prognosebasierten Technologieplanung nach GOMERINGER [Gom07, S. 67ff.]

Umfeldanalyse: Zunächst werden im Rahmen einer Diversifikationsanalyse potentielle neue Märkte für eine zukünftige Betätigung des Unternehmens identifiziert. Hierfür werden Funktionen heutiger Produkte sowie vorhandene Kompetenzen, Branchenwissen und Kundenzugänge systematisch untersucht, um potentielle Märkte mit ähnlichen Charakteristiken zu finden. Identifizierte Märkte werden analysiert und hinsichtlich Marktattraktivität, Wettbewerbsintensität und Übereinstimmung mit bestehenden Kernkompetenzen bewertet. In ausgewählten Märkten werden die wichtigsten Kundenbedürfnisse ermittelt. Im Rahmen der anschließenden Umfeldprognose erfolgt mittels Szenarien die Antizipation von Rahmenbedingungen für den Technologieeinsatz [Gom07, S. 69ff.].

Technologieanalyse: Ziel der Technologieanalyse sind zukünftige Technologieattraktivitäten. Im ersten Schritt werden Technologien ermittelt, die sowohl heute als auch zukünftig eine hohe Relevanz für das Unternehmen besitzen. Hierfür erfolgt eine Inventur aller im Unternehmen bestehenden Technologien. Anschließend werden durch eine Wertkettenanalyse Technologien vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen ermittelt. Zukünftig relevante Technologien resultieren aus der Analyse zukünftiger Markt- und Technologieentwicklungen. Für die identifizierten Technologien erfolgt anschließend auf Basis von Expertenmeinungen die Prognose zukünftiger Entwicklungen [Gom07, S. 83ff.]. Die Bewertung der Technologien ist marktsegmentspezifisch. Einzelne technologische Leistungsparameter werden hinsichtlich Potential, Aufwand und Risiko der Weiterentwicklung sowie hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Technologie im Vergleich zu anderen Technologien bezogen auf jedes Marktsegment evaluiert [Gom07, S. 102]. Bei der Bewertung von Technologien stellt GOMERINGER explizit heraus, dass eine Bewertung von Technologien aus rein technischer Sicht nicht ausreichend ist und verweist auf die Technikbewertung gemäß der VDI-Richtlinie [Gom07, S. 91]. Die Richtlinie stellt sechs weitere Kategorien zur Bewertung von Technologien zur Verfügung [VDI3780].

Technologieoptionsgenerierung: In der Technologieoptionsgenerierung wird der technologische Ziel- und Handlungsrahmen für das Unternehmen definiert. Auf der obersten Ebene der Zieloptionen werden Alternativen für Technologieweiterentwicklungsrichtungen formuliert und mit Unternehmens- und Strategiezielen verknüpft. Basierend auf den Zieloptionen erfolgt auf den nachgelagerten Ebenen (technologisches Betätigungsfeld, Technologiefelder, konkrete Forschungs- und Entwicklungsprojekte) die Ableitung von Handlungsoptionen [Gom07, S. 105ff.].

Technologieoptionsbewertung und Technologiestrategieformulierung: Gegenstand dieser Phase ist eine Bewertung der erarbeiteten Ziel- und Handlungsoptionen sowie die Formulierung einer Technologiestrategie. Hierzu werden die Zieloptionen hinsichtlich Konsistenz, (Zukunfts-)Robustheit, Attraktivität und Realisierbarkeit bewertet und strategische Technologieinitiativen als Leitplanken für potentielle Forschungs- und Entwicklungsprojekte formuliert. Anschließend erfolgt eine Technologiefeldbewertung, um zukünftig attraktive und wettbewerbsfähige Technologiefelder abzuleiten; in ausgewählten Technologiefeldern werden zu verfolgende Technologierichtungen ausgewählt und auf dieser Basis eine Technologiestrategie je Technologiefeld formuliert. GOMERINGER unterscheidet dabei vier Arten von Normstrategien: Fokussierungsstrategie, Opportunistische Strategie, Langfristige Strategie, Risikostreuungsstrategie [Gom07, S. 113ff.].

Technologieprojektplanung: Gegenstand der Phase ist die Umsetzungsplanung der formulierten Technologiestrategie. Hierfür sind zum einen konkrete Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu definieren; dabei wird zwischen Leuchtturm-, Kompetenzbildungs- und Querschnittsprojekten unterschieden. Zum anderen erfolgt die Planung von Aktivitäten zur Technologiebeobachtung und -früherkennung [Gom07, S. 124ff.].

Bewertung: GOMERINGER beschreibt einen systematischen Ansatz zur Erarbeitung und Umsetzung von Technologiestrategien, inklusive zahlreicher Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der einzelnen Phasen im Vorgehens. Der Ansatz ist aus der Sicht eines Technologienutzers zur Formulierung einer Technologiestrategie geeignet. Die Formulierung und Auswahl einer Technologiestrategie erfolgt dabei auf der Ebene von Technologiefeldern und Marktsegmenten. Damit wird keine direkte Verknüpfung von Produkten und Technologien adressiert. Die Bildung und Bewertung von Handlungsoptionen liefert Ansatzpunkte, die für die Planung der Technologieentwicklung im Kontext der zu entwickelnden Systematik adaptiert werden können.

3.4.6 Funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung nach HEUBACH

HEUBACH liefert einen Ansatz zur funktionsbasierten Analyse der Technologierelevanz. Gegenstand ist die Evaluation von Einsatzmöglichkeiten einer Technologie in einem definierten Anwendungskontext. Der Ansatz adressiert damit eine Outside-In-Betrachtung von Produkt- und Technologieplanung (vgl. 2.4.1). Das Vorgehen gliedert sich gemäß Bild 3-27 in fünf Phasen [Heu08, S. 95ff.].

Zielsetzung definieren: Eingangs erfolgt die Definition der Zielsetzung. Hierfür wird das Analyseobjekt festgelegt. Beispiele für ein Analyseobjekt sind strategische Geschäftsfelder, Produkte oder Baugruppen. In einer Umfeldanalyse werden im Anschluss z.B. mittels Trendanalysen oder Kundenbefragungen Handlungsnotwendigkeiten oder -chancen in Form von Markt- und Kundenanforderungen ermittelt. Ferner ist aus übergeordneten oder angrenzenden Strategien ein Zielsystem zu definieren [Heu08, S. 95f.].

Problemideen identifizieren: Ziel der zweiten Phase sind Problemideen [Heu08, S. 97]. Problemideen sind Anforderungen des Analyseobjekts, die einen technischen Lösungsbedarf haben [Heu08, S. 92]. Für die Identifikation von Problemideen ist das Analyseobjekt in Funktions- und Objektelemente zu dekomponieren. Für die weitere Ausarbeitung sind diejenigen Funktions- und Objektelemente auszuwählen, deren Anforderungen mit den Wirkprinzipien der betrachteten Technologie übereinstimmen. Ein Beispiel für ein Objektelement ist *die Oberfläche einer Spritzgusschnecke*. Die Anforderung *Anhaftung von Kunststoffen verhindern* stimmt prinzipiell mit dem Wirkprinzip der *Grenzflächen-Wechselwirkung mit einer Oberfläche* der Nanotechnologie überein. Basierend darauf erfolgt eine Übersetzung der Funktions- und Objektelemente in Zweckfunktionen (*Anhaftung von Kunststoff verhindern*). Zweckfunktionen, spezifiziert durch die funktionale Zielsetzung des Technologieeinsatzes (Beispiel: *Optimierung oder Substitution der Zweckfunktion*), stellen Problemideen dar. Diese sind zu beschreiben und hinsichtlich Nutzenpriorität zu bewerten [Heu08, S. 97ff.].

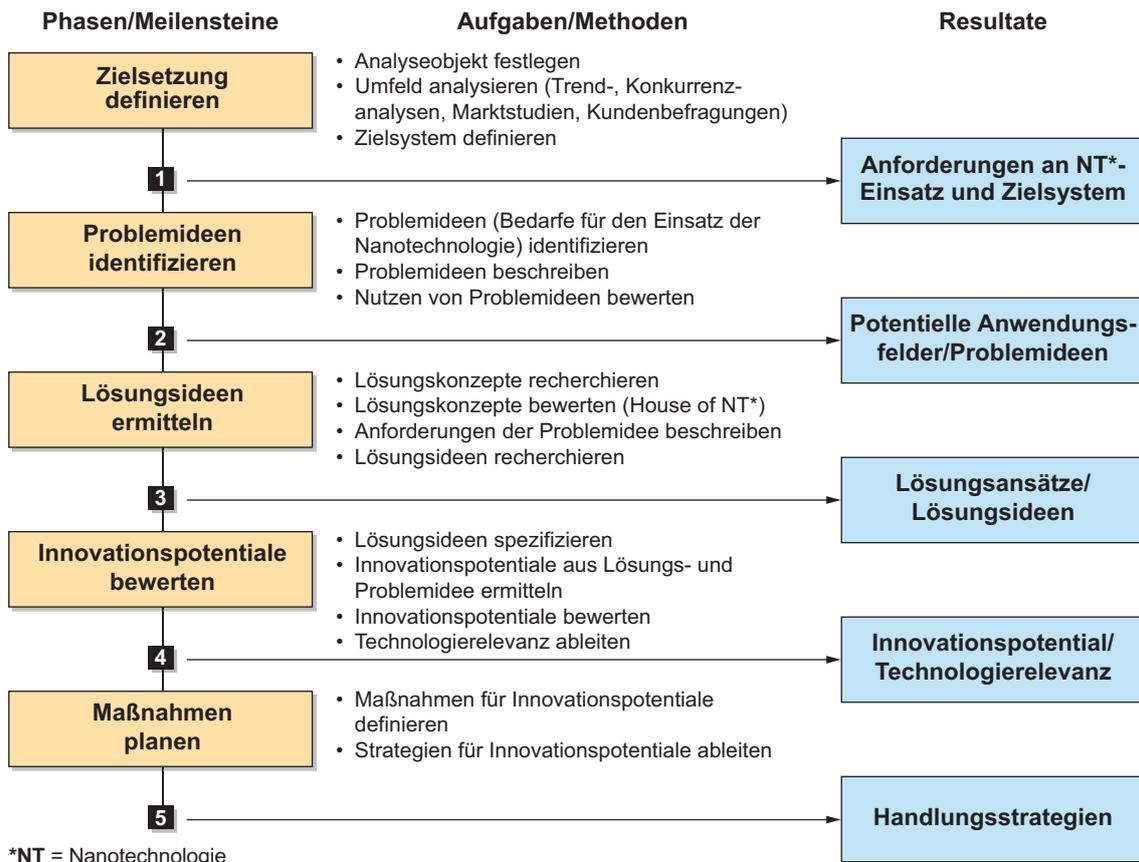


Bild 3-27 Vorgehensmodell der funktionsbasierten Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung nach HEUBACH [Heu08, S. 87ff.]

Lösungsideen ermitteln: Gegenstand dieser Phase ist die Ermittlung von Lösungskonzepten für identifizierte Problemideen. Dies erfolgt in Form von Recherchen und durch Einbindung von Experten [Heu08, S. 106ff.]. Typische Fragestellungen sind: Wie kann durch die Technologie das Problem der Problemidee gelöst werden? Oder: *Welchen Beitrag kann die Technologie leisten?* [Heu08, S. 132]. Die identifizierten Lösungskonzepte werden anschließend im HoT zusammengeführt und bzgl. Kombinierbarkeit und Erfüllungsgrad (Nutzungsmöglichkeiten, Funktionserfüllung und Anwendbarkeit) evaluiert. Auf Basis von Nutzenpriorität (Phase 2) und Erfüllungsgrad werden relevante Kombinationen aus Problemidee und Lösungskonzept ausgewählt. Ausgewählte Problemideen sind im Detail durch Anforderungen zu spezifizieren; Lösungskonzepte sind zu Lösungsideen auszuarbeiten [Heu08, S. 106ff.].

Innovationspotentiale bewerten: Ziel dieser Phase sind bewertete Innovationspotentiale als Kombination aus Problem- und Lösungsidee. Die Bewertung ist von einem interdisziplinären Team durchzuführen (relevante Akteure, Technologieexperten). Bewertet werden der spezifische Lösungsbeitrag sowie die Anwendungsreife der Lösungsidee, um die Technologierelevanz zu bestimmen. Lösungsideen mit einer hohen Anwendungsreife

(Lösungsidee existiert als Pilot) und einem hohen Lösungsbeitrag (Lösungsidee erfüllt Anforderungen) besitzen eine hohe Technologierelevanz [Heu08, S. 115ff.].

Maßnahmen planen: Zuletzt werden Maßnahmen und Standardstrategien für die Innovationspotentiale abgeleitet, die eine hohe Technologierelevanz besitzen. In Abhängigkeit von Anwendungsreife und Lösungsbeitrag ist festzulegen, welche Innovationspotentiale ggf. ad hoc umzusetzen sind und für welche ggf. Maßnahmen, wie z.B. die Durchführung von Machbarkeitsstudien, zu ergreifen sind [Heu08, S. 121ff.].

Bewertung: Der von HEUBACH entwickelte Ansatz liefert ein Vorgehen zur systematischen Verknüpfung von Problem- und Lösungsideen. Ausgehend von identifizierten Problemen in bestehenden Geschäftsfeldern werden durch die Einbindung von Experten Ideen für einen möglichen Beitrag der Technologie generiert. Der Fokus liegt auf der Evaluation von Einsatzmöglichkeiten einer Technologie für ein definiertes Analyseobjekt (Outside-In-Betrachtung) und ist damit von einem potentiellen Technologieanwender einsetzbar. Die umgekehrte Suche nach Problemideen für die zur Verfügung stehende Lösung wird nicht adressiert, eine Umkehr von Phase 2 und 3 ist aber mit vorzunehmenden Modifikationen prinzipiell denkbar.

3.4.7 Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps nach VIENENKÖTTER

VIENENKÖTTER stellt einen Ansatz zur Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps vor. Das Vorgehen umfasst neun Phasen, vgl. Bild 3-28 [Vie07, S. 80].

Analyse von Technologien, Anwendungen und Marktsegmenten: Die Methode beginnt mit einer strukturierten Analyse der gegenwärtigen Situation im Unternehmen. Hierzu werden die Geschäftsstruktur des Unternehmens erfasst, die bedienten Marktsegmente und Anwendungen analysiert und die Anwendungen mittels Standardfunktionen beschrieben. Ferner erfolgt eine Inventur der im Unternehmen verfügbaren Technologien, die zudem in Suchbereiche kategorisiert werden [Vie07, S. 84ff.].

Ermittlung zukünftiger Technologien: Die zweite Phase befasst sich mit der Recherche von Technologien, die für das Unternehmen heute und in Zukunft eine Relevanz innerhalb der Suchbereiche besitzen. Methodisch kann die Suche durch Technologie-Datenbanken, die Bibliometrische Analyse, die Patentanalyse oder Internetrecherchen unterstützt werden. Die identifizierten Technologien werden in sog. Technologie-Berichten so charakterisiert, dass sie als Inspirationsquelle in der späteren Ideenfindung bestmöglich verwertet werden können [Vie07, S. 91ff.].

Bewertung der Technologien: Im Rahmen der dritten Phase werden die Technologien zunächst funktional abstrahiert. Im zweiten Schritt erfolgt die Bewertung der Technologien anhand ökonomischer Aspekte sowie der Dimensionen *Verfügbarkeit* und *Attraktivität* der Technologie [Vie07, S. 95ff.].

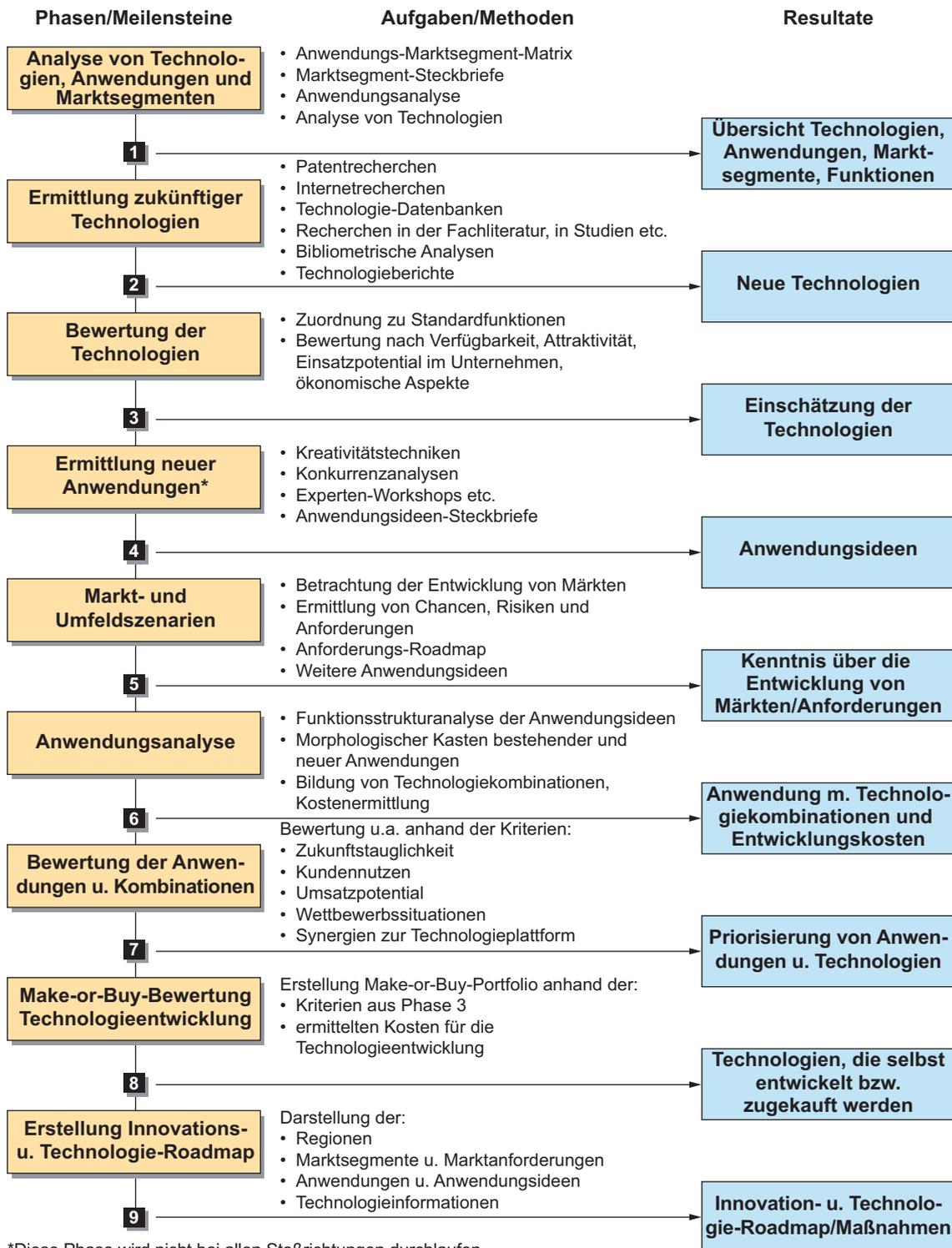


Bild 3-28 Vorgehensmodell zur Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps nach VIENENKÖTTER [Vie07, S. 80]

Ermittlung neuer Anwendungen: Auf Basis der zuvor bestimmten Suchbereiche erfolgt in dieser Phase die Ideengenerierung, die nach VIENENKÖTTER für jede strategische Stoßrichtung unterschiedlich verläuft. Methodische Unterstützung liefern Kreativitätstechniken, Konkurrenzanalysen oder Expertenworkshops [Vie07, S. 104ff.].

Markt- und Umfeldszenarien: Phase fünf widmet sich der Antizipation von zukünftigen Entwicklungen in den Märkten der identifizierten Anwendungsideen mittels der Szenario-Technik nach GAUSEMEIER. Fokussiert wird die Beantwortung der Frage nach den zukünftigen Marktanforderungen und Technologiekombinationen [Vie07, S. 109ff.].

Anwendungsanalyse: Die in Phase vier ermittelten Anwendungen werden funktional abstrahiert. In einem morphologischen Kasten wird anschließend eine Zuordnung von Technologien zu den geforderten Funktionen durchgeführt. Ziel sind geeignete Technologiekombinationen für die Realisierung der Anwendung; jede Kombination und Anwendung wird hinsichtlich des *Entwicklungsaufwands* beurteilt [Vie07, S. 115ff.].

Bewertung der Anwendungen und Kombinationen: Durch eine Bewertung der Anwendungen und Technologiekombinationen nimmt VIENENKÖTTER eine Priorisierung beider Elemente vor. Hierzu werden zunächst die einzelnen Technologiekombinationen hinsichtlich ihrer Synergiepotentiale untersucht. Ist eine Technologie in mehreren Kombinationen vertreten, so ist der geschätzte Entwicklungsaufwand auf die betroffenen Anwendungen umzuverteilen. Die Kombinationen aus Anwendung und Technologiekombination werden anhand der Dimensionen *Relevanz der Anwendungsideen* und *Unternehmensinterner Fit* bewertet. Auf dieser Basis werden Erfolg versprechende Kombinationen ausgewählt [Vie07, S. 120ff.].

Make-or-Buy-Bewertung Technologieentwicklung: Enthalten die ausgewählten Kombinationen im Unternehmen nicht verfügbare Technologien, ist eine Make-or-Buy-Analyse durchzuführen. Hierfür evaluiert VIENENKÖTTER in eine Nutzwertanalyse den *Beitrag der Technologie zum Wettbewerbsvorteil* und die *Verfügbarkeit der Technologie*. Zudem fließen die abgeschätzten *Entwicklungsaufwände* in die Bewertung ein [Vie07, S. 129ff.].

Erstellung Innovations- und Technologie-Roadmap: Zusammenfassend werden alle Ergebnisse in Innovations- und Technologie-Roadmaps für die verschiedenen Stoßrichtungen zusammengetragen. So erfolgt eine Verknüpfung von zukünftigen Marktanforderungen, Technologien und identifizierten Anwendungsideen [Vie07, S. 131ff.].

Bewertung: VIENENKÖTTER liefert einen systematischen Ansatz für das Innovations- und Technologiemanagement. Der Fokus liegt auf der Synchronisation der identifizierten Produktideen und der intern und extern verfügbaren Technologien. Die Beschreibung der Technologien über Standardfunktionen unterstützt eine Suche nach neuen Produktideen, losgelöst von den gegenwärtigen Produkten der Technologie. Die Ermittlung von Technologiepotentialen wird nicht in gefordertem Umfang adressiert. Zukünftige Entwicklungsrichtungen der Technologien werden nur am Rande beschrieben. Vielmehr steht die Verwertung der verfügbaren Technologien im Fokus der Methodik. Die Ableitung konkreter Maßnahmen für den Umgang mit den identifizierten Produktideen erfolgt nicht; Implikationen für etwaige Technologieentwicklungsaktivitäten werden partiell adressiert. Insbesondere die systematische Wissensgenerierung sowie die anschauliche graphische Ergebnis- und Wissensaufbereitung, die rechnerunterstützt erfolgen, sind hervorzuheben.

3.4.8 Integrierte informationstechnische Unterstützung des Innovationsmanagements nach IHMELS

Das Verfahren von IHMELS baut auf der Arbeit von VIENENKÖTTER auf. Das Verfahren basiert auf einem generischen Innovationsprozessmodell auf und umfasst die beiden Prozesse Market Pull und Technology Push, vgl. Bild 3-29 und Bild 3-30 [Ihm09, S. 82ff.]. Die beiden Prozesse werden nachfolgend kurz charakterisiert.

Market Pull Innovationsprozess

Ausgangspunkt des Market Pull Innovationsprozesses bildet die **Potentialfindung**. Mittels etablierter Methoden, wie z.B. der Szenario-Technik, werden zukünftige Potentiale und Marktanforderungen ermittelt. Diese stellen Innovationsfelder dar, die anschließend in einem Innovationsradar zu priorisieren sind [Ihm09, S. 85ff.]. Diese bilden die Grundlage für die anschließende **Ideenfindung**. Auf Basis von Grobkonzepten in Form prinzipieller Lösungsvarianten wird eine Bewertung der entwickelten Ideen hinsichtlich *Attraktivität* und *Machbarkeit* vorgenommen; hier erfolgt erstmalig die Synchronisation mit dem Technology Push Innovationsprozess [Ihm09, S. 104ff.]. In der **Konzipierung** formuliert IHMELS den Entwicklungsauftrag. Hierzu wird die Produktkonzeption erarbeitet sowie die Realisierung geplant. Durch die Make-or-Buy-Analyse für die zur Realisierung der Produktideen erforderlichen Technologien werden Market Pull und Technology Push realisiert [Ihm09, S. 120ff.].

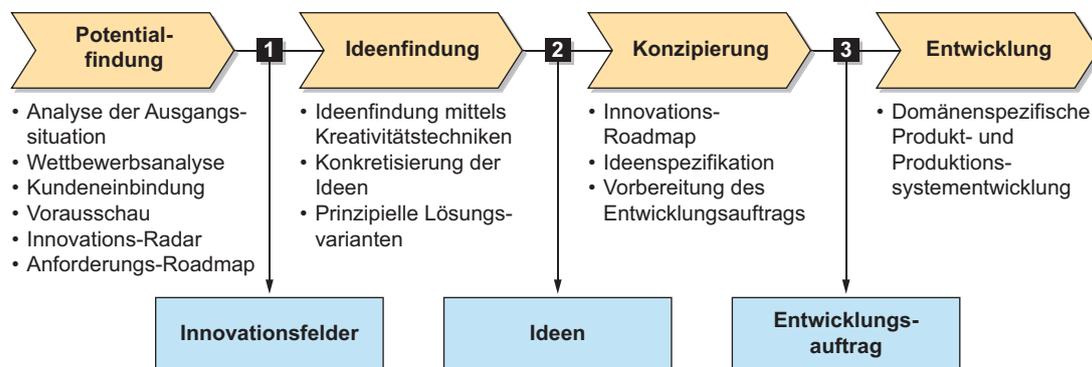


Bild 3-29 Market-Pull Innovationsprozess nach IHMELS [Ihm09, S. 82]

Technology Push Innovationsprozess

In der **Technologieanalyse** erfolgt eine Aufbereitung der im Unternehmen und im direkten Umfeld verfügbaren Technologien. Für die nachfolgenden Phasen werden Suchfelder ausgewählt und priorisiert, in denen nach Anwendungsideen gesucht werden soll [Ihm09, S.127ff.]. Unter Verwendung von Technologie-Scouting und Technologie-Monitoring werden in der **Technologieprognose** zukünftige Technologien für eine Weiterentwicklung des Produktportfolios ermittelt und deren zukünftigen Entwicklungen abgeschätzt. Die Ergebnisse werden in einer Technology-Roadmap konsolidiert [Ihm09, S. 134ff.]. Abschließend wird in Anlehnung an VIENENKÖTTER die **Make-or-Buy-Entscheidung** für alle Technologien herbeigeführt und in der Technology-Roadmap ergänzt. Ergebnis

einer kontinuierlichen Synchronisation der beiden Innovationsprozesse Market Pull und Technology Push ist ein Entwicklungsauftrag, der in die anschließende Phase der **Entwicklung** übergeben wird [Ihm09, S. 142ff.].

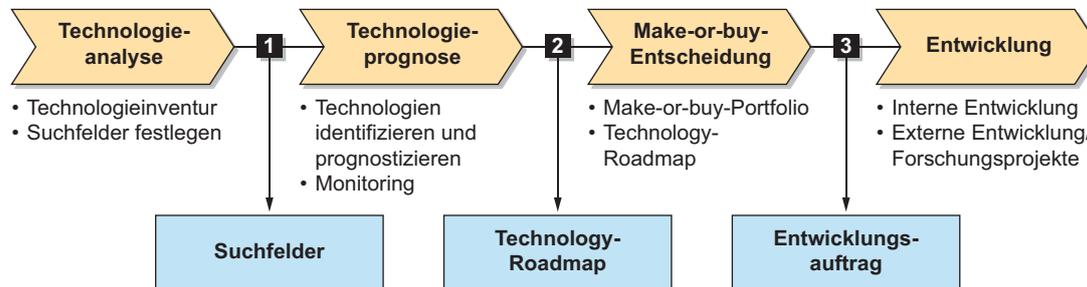


Bild 3-30 Technology Push Innovationsprozess nach IHMELS [Ihm09, S. 84]

Für die beiden dargestellten Prozesse konzipiert IHMELS ein Informationssystem, welches alle relevanten Prozesse und die unterstützenden Methoden integriert. Gleichzeitig fungiert dieses als ein umfassendes Wissensmanagementsystem [Ihm09, S. 150ff.].

Bewertung: IHMELS liefert mit seinem Verfahren eine ganzheitliche und strukturierte Sicht auf den Innovationsprozess. Er stellt eine methodische Unterstützung für Market Pull und Technology Push Prozesse zur Verfügung. Jedoch betrachtet IHMELS den Technology Push Prozess eher im weiteren Sinne, d.h. im Fokus steht die Identifikation neuer Technologien zur Gestaltung des zukünftigen Produktportfolios eines Unternehmens. Die Identifikation von Technologiepotentialen wird nicht adressiert, die Technologieentwicklung teilweise über die Make-or-Buy-Entscheidung. Potentielle Richtungen für die Technologieweiterentwicklung werden nicht aufgezeigt.

3.4.9 Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien nach BRINK

Ziel des Verfahrens nach BRINK sind konsistente Produkt- und Technologiestrategien. Das Verfahren gliedert sich gemäß Bild 3-31 in sieben Phasen und fußt auf den Ansätzen von VIENENKÖTTER und IHMELS [Bri10, S. 98].

Ausgehend von einer **Geschäftsstrukturanalyse** und einer Kundensegmentierung erfolgen in der ersten Phase die Geschäftsprognose sowie die Identifikation von Potentialen für das Produktportfolio. Zudem werden die Norm-Produkt- und Technologiestrategien erfasst. Auf dieser Basis sind **Innovationsaufgaben festzulegen** und in einen generischen Anforderungskatalog zu überführen [Bri10, S. 99ff.]. Die generischen Anforderungen werden im Rahmen von Kundenbefragungen zu **kundenspezifischen Anforderungsprofilen ausgearbeitet** [Bri10, S. 117ff.]. In der **Anforderungsanalyse** ist eine Funktionshierarchie zu erstellen; jede einzelne Funktion ist hinsichtlich des *Nutzens* zu bewerten [Bri10, S. 122ff.]. Die vierte Phase dient der **Inventarisierung des Technologieportfolios** und der Evaluation der Technologieverträglichkeit [Bri10, S. 127ff.].

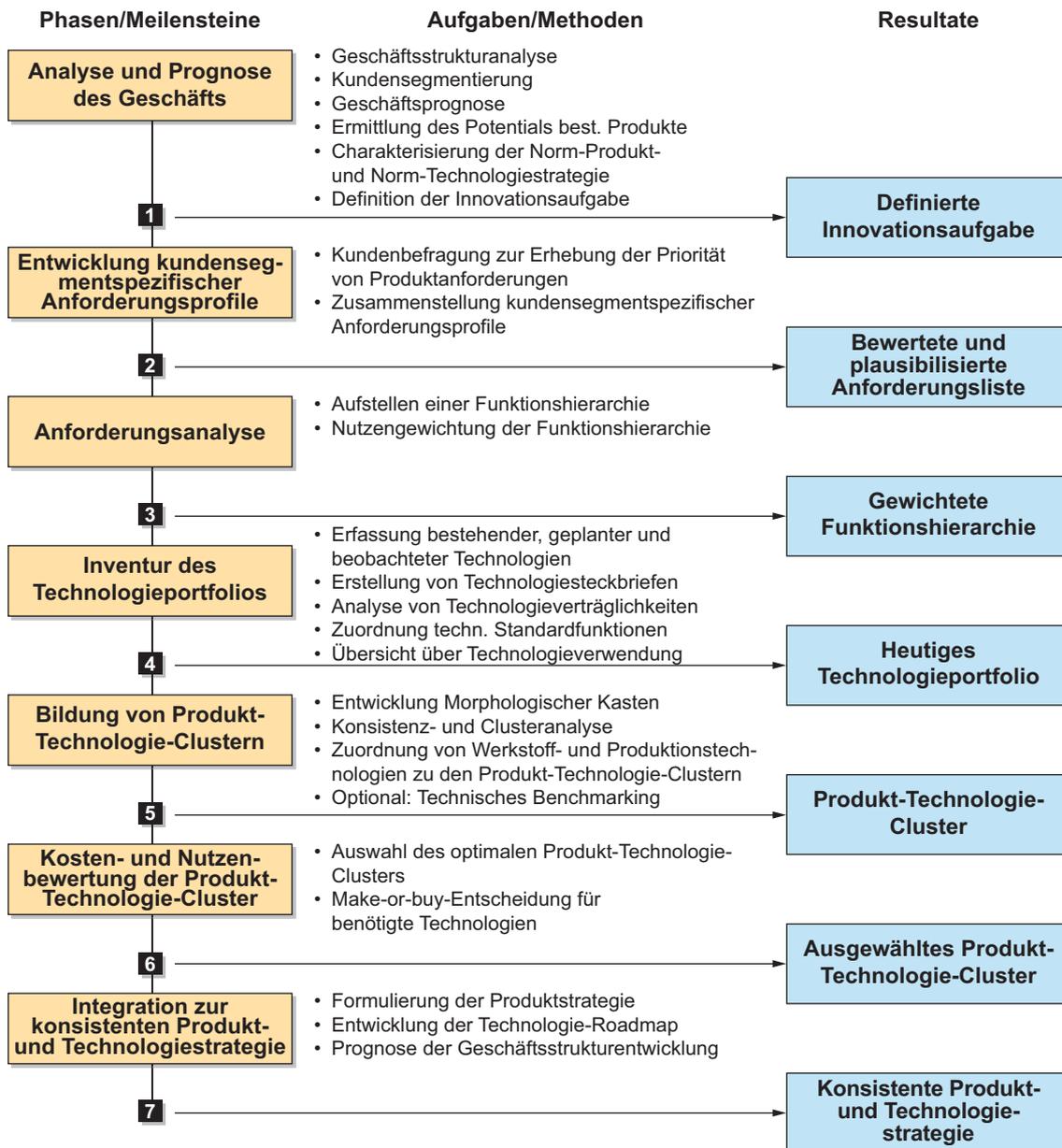


Bild 3-31 Vorgehensmodell zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien nach BRINK [Bri10, S. 98]

Die bisher gewonnenen Informationen werden in der fünften Phase für die **Entwicklung von konsistenten Produkt-Technologie-Clustern** verwertet. Nach BRINK ist eine Berücksichtigung von produktionssystemrelevanten Aspekten in diesem Schritt erforderlich; dies wird über eine Zuordnung von Werkstoff- und Produktionstechnologien zu den Produkt-Technologie-Clustern gelöst [Bri10, S. 136ff.]. In der sechsten Phase werden die Cluster unter Kosten- und Nutzenaspekten evaluiert, **Erfolg versprechende Cluster** werden ausgewählt. Für diese wird eine Make-or-Buy-Entscheidung durchgeführt [Bri10, S. 146ff.]. Die siebte Phase widmet sich der Erstellung der **Technologie- und Projekt-Roadmap** [Bri10, S. 154ff.].

Bewertung: BRINK liefert einen systematischen und umfassenden Ansatz zur Entwicklung von Produkt- und Technologiestrategien. Vergleichbar zu den zuvor vorgestellten Verfahren liegt der Fokus vielmehr auf der Gestaltung des Produktportfolios unter Berücksichtigung von verfügbaren und potentiellen Technologien. Eine dedizierte Analyse der Technologien hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit, des denkbaren Weiterentwicklungspotentials sowie der Technologiepotentiale ist nicht Teil des Verfahrens. Die Relevanz des Verfahrens für die technologie-induzierte Planung im Verständnis dieser Arbeit ist insbesondere für einen potentiellen Technologienutzer gegeben. Das Verfahren liefert hierfür ein übergeordnetes Vorgehen und Methoden.

3.4.10 Management Framework für die Entwicklung einer Cross-Industry-Innovationen Suchstrategie und zweistufiger Cross-Industry-Innovationen Suchprozess nach BRUNSWICKER ET AL.

Ziel des vierstufigen Management Frameworks ist eine Suchstrategie für Cross-Industry-Innovationen. Auf Grundlage der Strategie erfolgt in einem zweistufigen Prozess die Suche nach Cross-Industry-Innovationen. Im Folgenden werden beide Ansätze beschrieben. Die Erstellung des Frameworks verläuft entsprechend Bild 3-32 in vier Phasen¹⁶ [BH10, S. 691ff.], [BH14-ol, S. 5ff.], [BWH10, S. 739]. Einem ähnlichen Vorgehen folgen viele Ansätze zur Planung von Cross-Industry-Innovationen.

Suchfeld auswählen: Ziel der ersten Phase sind Themenfelder für die Öffnung des Unternehmens. Die Entscheidung für ein Suchfeld sollte an den im Unternehmen verfügbaren Kompetenzen und der Attraktivität des Suchfeldes aus Marktsicht gespiegelt werden. Es ist dasjenige Suchfeld für den Cross-Industry-Innovationsprozess zu öffnen, das eine hohe Marktattraktivität aufweist und für das dem Unternehmen gleichzeitig Technologiekompetenzen fehlen (Outside-In) [BH10, S. 691f.], [BH14-ol, S. 5].

Suchbranche festlegen: Im nächsten Schritt wird festgelegt, in welchen Branchen nach potentiellen Innovationsbeiträgen gesucht werden soll. Entscheidungskriterien für die Auswahl von Branchen sind die *technologische* und *kognitive Distanz* zur eigenen Branche. Eine hohe Distanz kann zu disruptiven Ideen führen, birgt jedoch das Risiko, dass eine Übertragung von Ideen scheitert [BH10, S. 692], [BWH10, S. 739], [BH14-ol, S. 5].

Suchobjekt spezifizieren: Bei der Spezifikation des Suchobjekts wird zunächst der gewünschte Reifegrad festgelegt. Der Reifegrad bestimmt sich über das akzeptierte Risiko, die Kosten für die Suche sowie die Geschwindigkeit und Kosten für Übertragung der branchenfremden Idee auf das eigene Suchproblem. Je nach definiertem Reifegrad kann das Suchobjekt eine grobe Idee sein oder bereits ein für den Markt reifes Produkt [BH10, S. 692], [BH14-ol, S. 5].

¹⁶ Für einen ausführlichen Überblick über etablierte Ansätze sei auf die Arbeit von ECHTERHOFF verwiesen (vgl. [Ech14, S. 41ff.]).

Suchmethode festlegen: Bei der Gestaltung der Suche schlagen die Autoren zwei wesentliche Vorgehensweisen vor. Zum einen kann eine offene Ideensuche erfolgen, z.B. in Form offener Ausschreibungen in nicht bekannten Gruppen (Broadcast Search). Ergebnis ist i.d.R. eine große Anzahl an Ideen. Zum anderen kann eine gerichtete Ideensuche in Expertennetzwerken durchgeführt werden, z.B. gemeinsam mit potentiellen Zielunternehmen. Die Ideenausbeute bei diesem Vorgehen ist i.d.R. geringer, die Ideengüte demgegenüber um Einiges höher [BH10, S. 692f.], [BWH10, S. 739], [BH14-ol, S. 5].

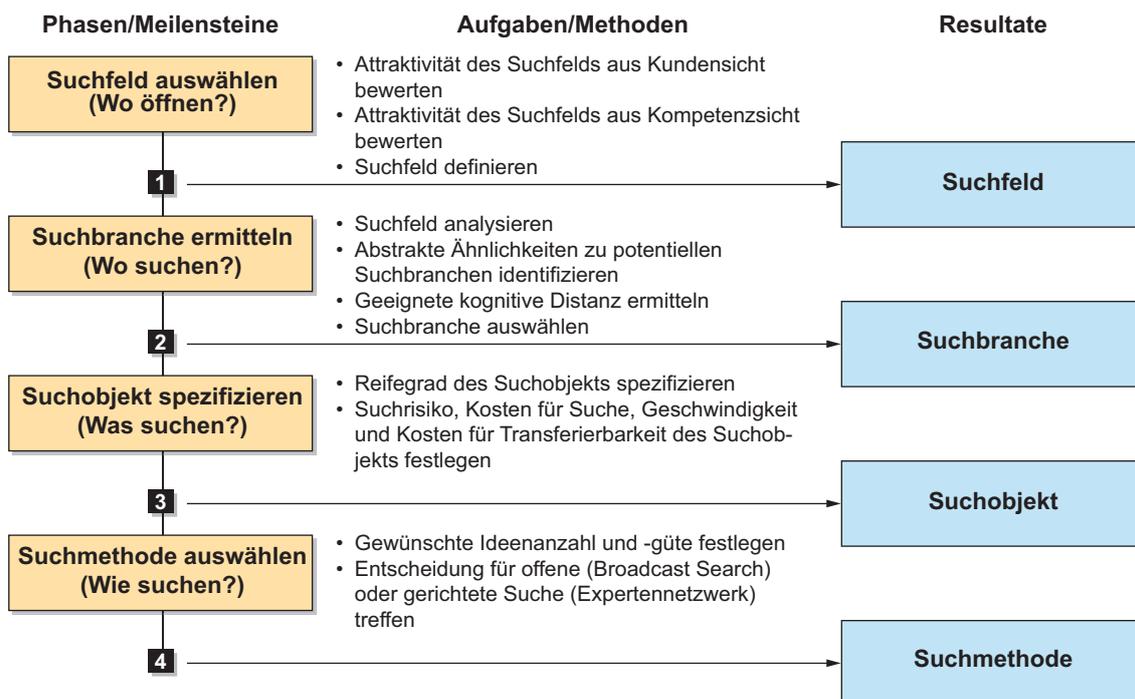


Bild 3-32 Vorgehen zur Erstellung des Management Frameworks für die Entwicklung einer Cross-Industry-Innovationen Suchstrategie nach BRUNSWICKER, WARSCHAT und HUTSCHEK [BH10, S. 691ff.], [BH14-ol, S. 5ff.], [BWH10, S. 739], Darstellung nach ECHTERHOFF [Ech14, S. 48]

Der Suchprozess für Cross-Industry-Innovationen umfasst zwei Phasen und wird als Innowave-Prozess bezeichnet, vgl. Bild 3-33. Jede Phase gliedert sich jeweils in fünf Aufgaben, mit dem Ziel den Lösungsraum im Wechsel einzugrenzen und dann durch Abstraktion wieder zu öffnen.

Definition: Ziel der ersten Phase sind Suchfelder und Partnerunternehmen (branchenfremde Zielunternehmen). Mittels einer Trendanalyse werden Suchfelder ermittelt, die aus Marktsicht auch zukünftig attraktiv sind. Diese Suchfelder werden den technologischen Kompetenzen des Unternehmens gegenübergestellt. Daraus ist abzuleiten, für welches Suchfeld eine Öffnung des Innovationsprozesses sinnvoll ist. Die anschließende Abstraktion des Suchfeldes dient einer branchenneutralen Beschreibung der Anforderungen. Dadurch wird eine Loslösung des Suchfeldes von spezifischen Branchen- und Marktkontexten erreicht. Auf dieser Basis werden geeignete Branchen ausgewählt; die

Autoren empfehlen die Auswahl offener und kooperationsfreundlicher Branchen. Zuletzt erfolgt die Auswahl von Zielunternehmen auf Basis technologischer sowie kultureller und geschäftsorientierter Kriterien [BH14-ol, S. 7], [BWH10, S. 740f.].

Interaktion: Die Interaktion stellt die kreative Phase dar. Hierbei geht es um die Erarbeitung potentieller Ideen gemeinsam mit dem Zielunternehmen. Zunächst gilt es, im Rahmen einer System- und Funktionsanalyse Parallelen zu den Produkten und den Zusammenhängen zwischen Technologien, Funktionen und Kundennutzen aufzudecken. Auf Grundlage der ermittelten Technologien erfolgt die Generierung von Ideen, die einen Mehrwert in den Produkten des Unternehmens schaffen können. Erfolg versprechende Ideen werden auf Basis einer technologie-, finanz- und marktseitigen Bewertung ausgewählt. Abschließend werden Handlungsoptionen ausgearbeitet; so können bspw. Technologien fremder Branche lizenziert bzw. Entwicklungskooperation angestoßen werden [BH10, S. 695f.], [BH14-ol, S. 7].

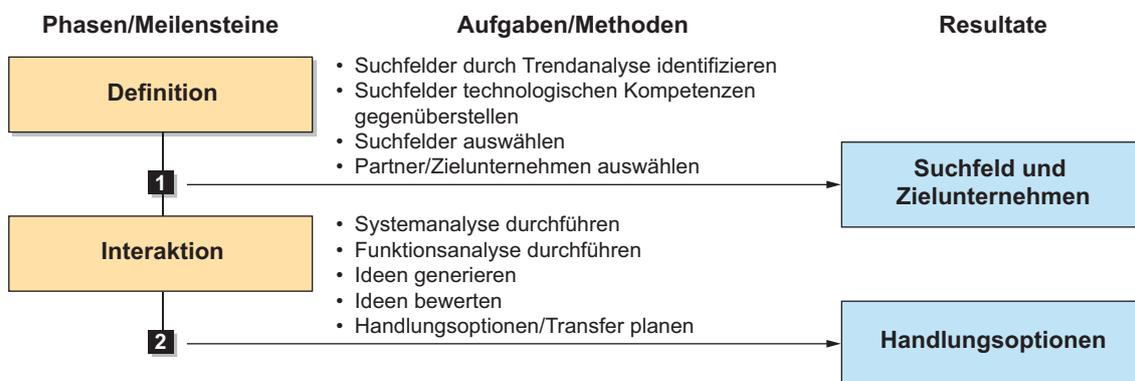


Bild 3-33 Zweistufiger Cross-Industry-Innovationen Suchprozess nach BRUNSWICKER, WARSCHAT und HUTSCHEK [BH10, S. 693ff.], [BWH10, S. 740f.], [BH14-ol, S. 6f.], Darstellung nach ECHTERHOFF [Ech14, S. 49]

Bewertung: Das Framework und der zweistufige Suchprozess nach BRUNSWICKER ET AL. stellen einen logischen, nachvollziehbaren Ansatz dar. Der Fokus des Ansatzes liegt auf der Suche nach Lösungen für ein definiertes Suchproblem; es handelt sich hierbei um eine Outside-In-Betrachtung. Im Sinne eines technologie-induzierten Innovationsprozesses ist jedoch die zur Verfügung stehende Lösung bereits bekannt; potentielle Probleme und tangierte Branchen sind erst zu ermitteln; es handelt sich hierbei i.d.R. um eine Inside-Out-Betrachtung (vgl. Abschnitt 2.4.1). Gleichwohl liefert das Vorgehen einige Ansatzpunkte, die im Rahmen der technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung sinnvoll sind. Das gilt z.B. für die systematische Suche und Auswahl von Branchen als potentielle Innovationsquelle. Dieser Ansatz wird in anderen Systematiken für technologie-induzierte Innovationsprozesse bereits aufgegriffen, so z.B. in der Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO oder in dem TAS-Ansatz nach LARSEN ET AL. (vgl. Abschnitte 3.4.1 und 3.4.2).

3.4.11 Identifizierung und Nutzung unternehmensspezifischer Technologiepotentiale nach PELZER

Ziel des Vorgehens nach PELZER sind Erfolg versprechende Produktideen für unternehmensspezifische Technologiepotentiale. Das Vorgehen gliedert sich entsprechend Bild 3-34 in zwei Planungsphasen mit jeweils drei Phasen [Pel99, S. 40ff.].

Situationsanalyse: In der ersten Phase werden unternehmensspezifische Ziele formuliert, die als Randbedingungen für den Planungsprozess fungieren. Dazu zählen neben gesellschaftlichen Zielen auch wirtschaftliche Ziele, wie z.B. die Erfolgs-, Finanz- und Leistungsziele. Sie spezifizieren, was durch den Planungsprozess erreicht werden soll. Ferner wird der Analysebereich, auf den sich die Planung bezieht, eingegrenzt, um eine Fokussierung auf diejenigen Unternehmensbereiche zu erzielen, die Potentiale für die Entwicklung neuer Produkte liefern. Eine anschließende Technologieinventur soll einen Überblick über die im Unternehmen verfügbaren Technologien liefern; planungsrelevante Technologien sind auszuwählen [Pel99, S. 44ff.].

Potentialanalyse: Die ausgewählten Technologien werden in der zweiten Phase hinsichtlich der Beherrschung durch das Unternehmen analysiert. Dabei sind Technologien als eine Kombination aus Ressourcen und Fähigkeiten zu verstehen. Beispielhafte Ressourcen sind Produktionsanlagen oder Materialien; für diese werden Kennwerte, wie z.B. *Alter, Leistung* etc., erfasst. Fähigkeiten sind Funktionen oder Werkstoffleistungen, wie z.B. *speichern, leiten* oder *haptische Werkstoffleistungen*. Alle Ressourcen und Fähigkeiten werden konsolidiert. Neben der Analyse der im Unternehmen verfügbaren Technologie werden abschließend Substitutionstechnologien ermittelt [Pel99, S. 50ff.].

Potentialbewertung: Die zusammengetragenen Informationen zu den im Unternehmen verfügbaren Technologien sind Grundlage für die Potentialbewertung in dieser Phase. Hierzu werden die zwei Dimensionen Technologiebeherrschung und Zukunftsträchtigkeit der Technologien bewertet. Die **Technologiebeherrschung** ist eine unternehmensspezifische Kenngröße, die sich aus dem *Sachmittelpotential*, der *Anwendungsperformance* sowie dem *Know-how bzgl. der Weiterentwicklung der Technologien* ergibt. Zur Ermittlung der **Zukunftsträchtigkeit** werden das *Kostenführerschafts-*, *Differenzierungs-*, *Weiterentwicklungs-* und das *Imagepotential* bewertet [Pel99, S. 54ff.]. Die Bewertung der beiden Dimensionen erfolgt mittels der Fuzzy-Logik; die bewerteten Technologien werden in einem Potential-Portfolio dargestellt [Pel99, S. 65ff.].

Suchfeldbildung: Mit der Suchfeldbildung erfolgt der Übergang in die zweite Planungsphase. Hier erfolgt zunächst auf Grundlage des Potential-Portfolios die Auswahl von Potentialen, die eine hohe Zukunftsträchtigkeit aufweisen und für die das Unternehmen über eine hohe Technologiebeherrschung verfügt. Diese bilden Suchfelder, die in einem nächsten Schritt durch Produktmerkmale, wie z.B. *Abmessungen, Grundformen, Toleranzen, Funktionen, Werkstoffe* etc. beschrieben werden. Ferner werden die zuvor in der ersten Phase festlegten Ziele in die Beschreibung aufgenommen [Pel99, S. 79ff.].

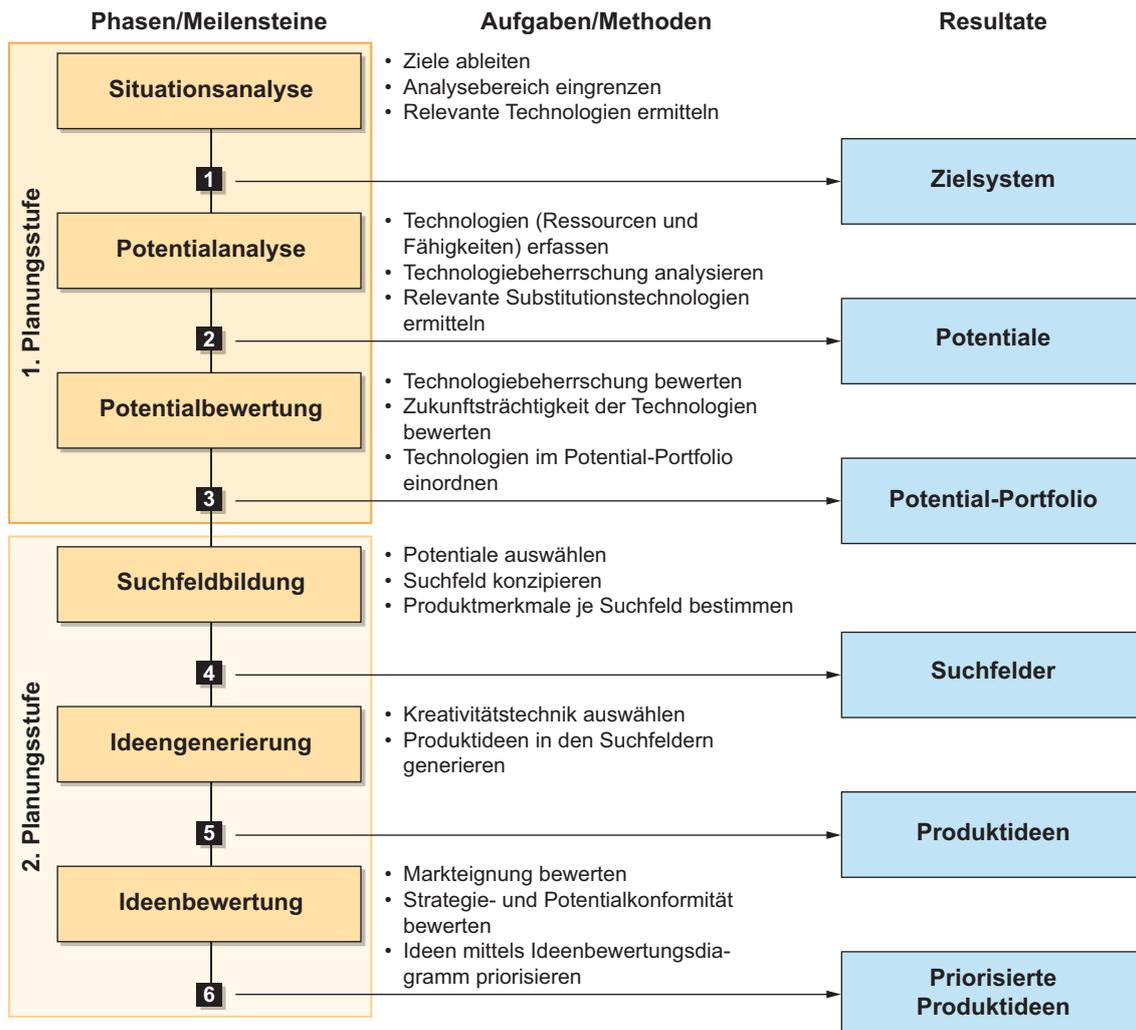


Bild 3-34 Vorgehensmodell zur Identifizierung und Nutzung unternehmensspezifischer Technologiepotentiale nach PELZER [Pel99, S. 40ff.]

Ideengenerierung: Die Ideengenerierung wird durch die zuvor dokumentierten Suchfelder unterstützt. Für eine optimale Gestaltung des Prozesses gilt es zunächst, geeignete Kreativitätstechniken auszuwählen. Dabei dienen die Produktmerkmale der Suchfelder als Inspiration für neue Ideen [Pel99, S. 82ff.].

Ideenbewertung: In der sechsten Phase werden die generierten Produktideen evaluiert. Hierzu werden die Markteignung sowie die Unternehmenskonformität bewertet. Die Markteignung wird mittels der **Deckungsbeitragsrechnung** ermittelt; hierfür werden zukünftige Erlöse für die Produktidee abgeschätzt. Die Unternehmenskonformität ist ein Maß für die **Übereinstimmung der Produktideen mit der Strategie** des Unternehmens und mit den Potentialen. In die Berechnung fließen z.B. detaillierte Daten bzgl. Fixkosten und Kapazitäten der Ressourcen ein. Die Ergebnisse der Bewertung werden in einem Portfolio konsolidiert, um auf dieser Basis eine Empfehlung für oder gegen die Realisierung einer Produktidee abzuleiten [Pel99, S. 87ff.].

Bewertung: Das Verfahren zur Identifizierung und Nutzung unternehmensspezifischer Technologiepotentiale nach PELZER adaptiert den klassischen Ideenfindungsprozess für eine technologie-induzierte Planung. Es ist hervorzuheben, dass die Bewertungsschritte einen maßgeblichen Teil des Verfahrens darstellen. Als nachteilig ist insbesondere der hohe Aufwand zu bewerten, der für die Potentialbewertung mittels der Fuzzy-Logik notwendig ist. Ein konkreter Leitfaden für die Durchführung der Ideenfindung wird nicht gegeben; es erfolgt lediglich der Hinweis, dass die Suche durch Produktmerkmale und die festgelegten Ziele unterstützt wird. Dies erscheint jedoch kontrovers: die Ziele sind zu weit gefasst; die Produktmerkmale, die eher als technische Kenngrößen zu betrachten sind, lassen nur erahnen, welche Potentiale die Technologie tatsächlich bietet. Ferner werden aus der Berechnung der Potentialkonformität keine Implikationen für die Technologieentwicklung abgeleitet.

3.5 Handlungsbedarf

In diesem Abschnitt erfolgt die Beurteilung der in den Abschnitten 3.1 bis 3.4 vorgestellten Ansätze. Hierfür werden in einer Tabelle die Ansätze (Zeilen) den Anforderungen aus Abschnitt 2.5 (Spalten) gegenübergestellt, vgl. Tabelle 3-1. Diese Beurteilung zeigt, in welchem Umfang die Anforderungen erfüllt werden. Daraus lässt sich der Handlungsbedarf für die zu entwickelnde Systematik ableiten.

A1: Integrative, technologie-induzierte Planung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie

Die Verknüpfung von Produkt- und Technologieplanung wird von einer Vielzahl der integrativen Ansätze unterstützt. Nur wenige Ansätze betrachten explizit die technologie-induzierte Planung. Diese Ansätze liefern überwiegend Vorgehensmodelle; Werkzeuge und Dokumentationsschemata werden nur in der Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO zur Verfügung gestellt. Eine integrative Betrachtung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie wird zum Teil, aber nicht in ausreichendem Maß, in der Spezifikationstechnik CONSENS thematisiert. Geeignete Bausteine der vorgestellten Ansätze sind auszuwählen und in die Systematik zu integrieren.

A2: Prägnante Darstellung der Ergebnisse

Die prägnante Darstellung der Ergebnisse wird von einer Vielzahl der Ansätze im Wesentlichen erfüllt. Die Visualisierung von Strategien findet sich lediglich bei BRINK; im Speziellen die Visualisierung von Technology Push Strategien, inkl. der Umsetzungsplanung, wird von keinem Ansatz fokussiert.

A3: Strukturierung und Analyse der technologischen Leistungsfähigkeit

Die Ansätze zur Technologieanalyse erfüllen diese Anforderung weitestgehend. Insbesondere die Funktionenanalyse ist ein etablierter Ansatz in der Abstraktion von Produkten und Technologien. TRIZ bietet zudem die Möglichkeit, über Analogien auf vorhandenes

Wissen zu generellen Technologieentwicklungen zurückzugreifen. Die Spezifikations-technik sowie zahlreiche Ansätze der integrativen Produkt- und Technologieplanung bedienen sich einzelner Ansätze zur Technologieanalyse.

A4: Antizipation der zukünftigen technologischen Leistungsfähigkeit

Die Systematik soll eine strukturierte Antizipation des zukünftigen, technologischen Lösungsraums unterstützen. Die vorgestellten Ansätze der Vorausschau erfüllen diese Anforderung. Hervorzuheben sind der Ansatz von MANN, der die Ableitung von Weiterentwicklungspotentialen für Technologien auf Basis der TRIZ Entwicklungsmuster ermöglicht, und die Delphi-Methode, mit der zukünftige Entwicklungen auf Basis von Expertenmeinungen abgeschätzt werden können.

A5: (Modulare) Unterstützung der Ermittlung von Technologiepotentialen

Die (modulare) Unterstützung der Identifikation von Technologiepotentialen in Abhängigkeit der vorhandenen Wissensbasis ist in allen Ansätzen unzureichend adressiert. Keiner der vorgestellten Ansätze liefert Bausteine für die Identifikation von Technologiepotentialen „auf der grünen Wiese“. Hierbei besteht noch Handlungsbedarf. Die TRIZ-Logik stellt einen vielversprechenden Ansatz dar. Über eine Analogie zwischen der Technologie und den abstrakten Lösungen der TRIZ sowie eine Umkehr der TRIZ-Logik erscheint ein Rückschluss auf Widersprüche (abstrakte Probleme) denkbar, die durch die Technologie adressiert werden können. Es gilt, die Umkehr der TRIZ-Logik vor dem Hintergrund unzureichender Wissensbasis bei der Planung emergenter Technologien in die Systematik zu integrieren. Hervorzuheben ist ebenso die Möglichkeit einer Adaption des Blue Ocean Ansatzes für technologie-induzierte Innovationsprozesse.

A6: Unterstützung der Identifikation von Anwendungskontexten

Die Systematik soll eine methodische Unterstützung für die Ermittlung von Problemen, die durch die Technologie adressiert werden können, sowie Ideen für Marktsegmente und Marktleistungen bieten. Die vorgestellten Ansätze zur Generierung von Optionen sowie einzelne Bausteine der integrierten Ansätze ermöglichen in Kombination die Generierung von Ideen für Anwendungskontexte. Insbesondere das systematische Ideenmanagement sowie die Integration von Lead-Usern in den Prozess der Produkt- und Technologieplanung erscheinen vielversprechend, um frühzeitig Rückmeldung zu neuen Ideen, Bedürfnissen, Anforderungen, Designkonzepten etc. zu erhalten.

A7: Berücksichtigung zukünftiger Marktanforderungen

Zur Antizipation zukünftiger Marktanforderungen und Ableitung von Chancen und Risiken für die Technologie in potentiellen Anwendungskontexten bieten sich die Ansätze der Vorausschau an. Hervorzuheben ist das Szenario-Management nach GAUSEMEIER/PLASS als ein umfassender Ansatz, der das Denken in Alternativen und die Ableitung von Handlungsoptionen forciert. Einige integrative Ansätze greifen das Szenario-Management auf oder verwenden Trendanalysen.

Tabelle 3-1 Bewertung des untersuchten Stands der Technik

| Bewertung der untersuchten Ansätze | | Anforderungen (A) | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------------------------|--|--|---|--|---|---|--|
| | | Allgemein | | Lösungsraum | | | Problemraum | | Planung | |
| | | Integrative, technologie-induzierte Planung | Prägnante Darstellung der Ergebnisse | Strukturierung und Analyse der techn. Leistungsfähigkeit | Antizipation der zukünftigen techn. Leistungsfähigkeit | Unterstützung der Ermittlung von Technologiepotenzialen | Unterstützung der Identifikation von Anwendungskontexten | Berücksichtigung zukünftiger Marktanforderungen | Ermittlung Synergien f. Produkt- und Technologieplanung | Ableitung u. Operationalisierung von Handlungsoptionen |
| | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 |
| Ansätze zur Analyse von Technologien | Funktionenanalyse gemäß der VDI-Richtlinie 2803 | | | | | | | | | |
| | CONSENS – Integrative Spezifikation von Produkt- und Produktionssystemkonzepten nach GAUSEMEIER ET AL. | | | | | | | | | |
| | TRIZ – Theorie des erfinderischen Problemlösens nach ALTSCHULLER | | | | | | | | | |
| | Allgemeine Ansätze zur Analyse von Technologien (Überblick) | | | | | | | | | |
| Ansätze zur Vorausschau | Evolutionpotential-Konzept nach MANN | | | | | | | | | |
| | Technologie-Roadmapping nach SPECHT/BEHRENS | | | | | | | | | |
| | Szenario-Management nach GAUSEMEIER/PLOSS | | | | | | | | | |
| | Delphi-Methode | | | | | | | | | |
| Ansätze zur Generierung und Bewertung von Optionen | Systematisches Ideenmanagement | | | | | | | | | |
| | Lead-User Ansätze | | | | | | | | | |
| | Blue Ocean Ansatz nach KIM/MAUBORGNE | | | | | | | | | |
| | Quality Function Deployment/House of Technology nach BULLINGER | | | | | | | | | |
| | Marktsegmentierung nach LEHNER | | | | | | | | | |
| | Portfolio-Analysen | | | | | | | | | |
| | Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten nach RUMMEL ET AL. | | | | | | | | | |
| Ansätze zur integrierten Planung von Produkten und Technologien | Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO | | | | | | | | | |
| | Technology Application Selection nach LARSEN ET AL. (NELSON; BISHOP) | | | | | | | | | |
| | Verwertungsoptimierte Technologieentwicklung nach SPUR ET AL. | | | | | | | | | |
| | Dimensional Search nach MACMILLAN/MCGRATH | | | | | | | | | |
| | Integrative, prognosebasierte Technologieplanung nach GOMERINGER | | | | | | | | | |
| | Funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz nach HEUBACH | | | | | | | | | |
| | Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps nach VIENENKÖTTER | | | | | | | | | |
| | Integrierte informationstechnische Unterstützung des Innovationsmanagements nach IHMELS | | | | | | | | | |
| | Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien nach BRINK | | | | | | | | | |
| | Management Framework für Cross-Industry-Innovationen nach BRUNSWICKER ET AL. | | | | | | | | | |
| | Identifizierung und Nutzung unternehmensspezifischer Technologiepotenziale nach PELZER | | | | | | | | | |

A8: Ermittlung von Synergien für Produkt- und Technologieplanung

Die Systematik muss einen methodischen Rahmen bieten für: (1) die Auswahl Erfolg versprechender Anwendungen, (2) die Ermittlung von Synergien zwischen den einzelnen Anwendungen und (3) für die Ableitung korrespondierender Technologieprofile. Diese Anforderung wird nur im Rahmen der Technologiepotentialanalyse des FRAUNHOFER IAO und bei BRINK adressiert. Einzelne Bausteine der integrativen Ansätze bieten Potential zur Adaption für die zu entwickelnde Systematik.

A9: Ableitung und Operationalisierung von Handlungsoptionen

Die Systematik soll die Herleitung, Auswahl und Operationalisierung von Handlungsoptionen unterstützen. Die Ansätze von BRINK und GOMERINGER unterstützen die Ermittlung, Auswahl und Realisierung der Handlungsoptionen. Einige weitere Ansätze erfüllen die Anforderung teilweise.

Fazit

Derzeit existiert keine Systematik, die eine technologie-induzierte Produkt- und Technologieplanung durchgängig und in gefordertem Umfang unterstützt. Gleichwohl eignen sich einzelne Ansätze für bestimmte Aufgaben, stellen jedoch für sich Insellösungen dar. Andere Ansätze wiederum liefern eine Abfolge von Schritten; konkrete Werkzeuge zur Unterstützung der einzelnen Schritte fehlen. Die Ausführungen zeigen die Notwendigkeit für eine Adaption des Innovationsprozesses für technologie-induzierte Innovationsvorhaben. Insbesondere im Zusammenhang mit emergenten Technologien ist eine Adaption der Potentialfindung essentiell: Hier wird Wissen bzgl. der Technologiepotentiale generiert. Das Wissen über die Technologiepotentiale bildet die Basis für die Suche nach potentiellen Anwendungen.

4 Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung

„Was kann es Verlockenderes geben, als die Natur des schöpferischen Denkens aufzudecken und dieses Denken so zu gestalten, dass das seltene Aufblitzen erfinderischer Ideen in ein mächtiges und lenkbares Feuer der Erkenntnis umschlägt¹⁷.“

– G.S. ALTSCHULLER

In diesem Kapitel wird basierend auf dem identifizierten Handlungsbedarf die *Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung* vorgestellt. Sie fußt auf der Vorgabe einer Produkt- und/oder einer Produktionstechnologie und umfasst einen Ordnungsrahmen sowie ein Vorgehensmodell. Der Ordnungsrahmen repräsentiert eine Grundlogik; er strukturiert und verknüpft die im Vorgehensmodell zu erarbeitenden Ergebnisse. Das Vorgehensmodell beschreibt Phasen, Aufgaben und Meilensteine.

Im Folgenden werden Ordnungsrahmen und Vorgehensmodell beschrieben. Die einzelnen Phasen des Vorgehens werden in den Abschnitten 4.1 bis 4.5 erläutert. Abschnitt 4.6 gibt allgemeine Ergänzungen zu der Systematik. Abschließend erfolgt in Abschnitt 4.7 die Bewertung der Systematik hinsichtlich der in Kapitel 2 ausgearbeiteten Anforderungen. Die Systematik wird anhand eines Validierungsbeispiels erläutert. Gegenstand des Validierungsbeispiels sind Anwendungsideen für pulverbett-basierte Additive Manufacturing Technologien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung dieser Technologie¹⁸.

Ordnungsrahmen der Systematik

Der Ordnungsrahmen¹⁹ dient zur inhaltlichen Strukturierung von Elementen, die gängige Teilergebnisse eines Innovationsprozesses repräsentieren und über Beziehungen miteinander verknüpft sind. Je nach *Auslöser der Innovation* (vgl. Abschnitt 2.1.1) sind zwei grundsätzliche logische Pfade durch den Ordnungsrahmen zu unterscheiden: Technologie-induzierte Innovationsprozesse durchlaufen einen Informationsaufbau tendenziell

¹⁷ vgl. [Alt98, S. 20]

¹⁸ Das Validierungsbeispiel entstammt maßgeblich zwei Forschungsverbundprojekten im Bereich der Additive Manufacturing Technologie. Die Durchführung erfolgte durch das HEINZ NIXDORF INSTITUT in Kooperation mit dem DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER sowie dem dazugehörigen Industriekonsortium. Um die Vertraulichkeit der Projektergebnisse zu wahren, werden die Ergebnisse vereinfacht und in Auszügen dargestellt. Für weiterführende Informationen sei auf [GEK+11], [GEK+12a], [GEW13], [GWP13] verwiesen.

¹⁹ Ordnungsrahmen haben sich bei der Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen im Rahmen der strategischen Planung bewährt. Als ein Beispiel sei an dieser Stelle auf die Business Model Canvas für die kompakte Darstellung der Elemente eines Geschäftsmodells nach OSTERWALDER/PIGNEUR verwiesen [OP10, S. 18f.]. Es ist ein Werkzeug für die Erarbeitung und Dokumentation von Geschäftsmodellen. Ordnungsrahmen sind skalierbar, d.h. sie können individuell detailliert werden.

von unten nach oben (Push Innovation), bedürfnis-induzierte von oben nach unten (Pull Innovation; hier nicht behandelt). Es ergeben sich zwei Bereiche: der technologiebezogene Lösungsraum und der marktbezogene Problemraum, vgl. Bild 4-1.

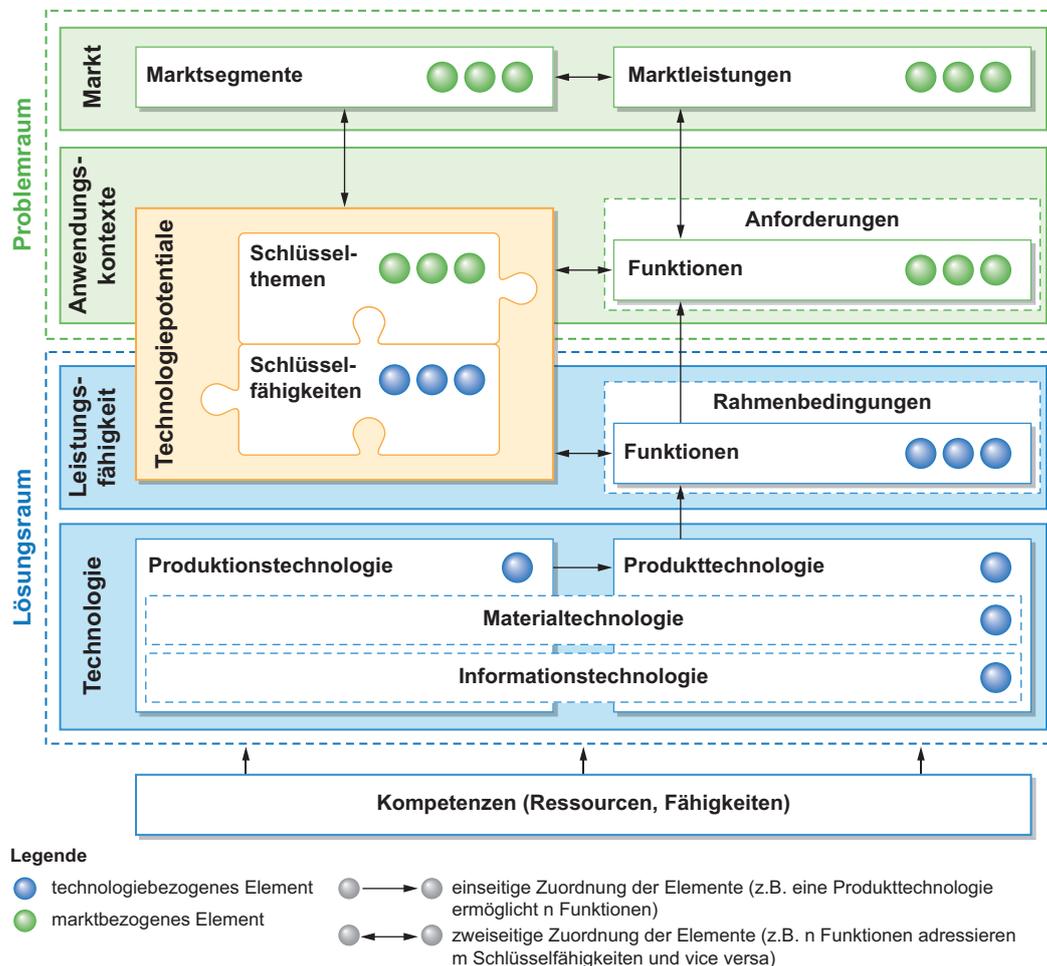


Bild 4-1 Ordnungsrahmen zur Strukturierung von Lösungs- und Problemraum in Anlehnung an [WGP14, S. 108]

Der **Lösungsraum** umfasst die zwei Ebenen *Technologie* und *technologische Leistungsfähigkeit*. Zu der Ebene *Technologie* gehören die Elemente *Produktions-, Produkt-, Material- und Informationstechnologien* [WGP14, S. 106]. Material- und Informationstechnologien können entweder Produktions- oder Produkttechnologien zugeordnet werden. Produktionstechnologien wiederum sind dazu nötig, um Produkttechnologien herzustellen (vgl. Abschnitt 2.1.2). Die Ebene *technologische Leistungsfähigkeit* umfasst die Elemente *Funktionen* und *Rahmenbedingungen*. Funktionen sind als *technische Standardfunktionen* zu verstehen; sie können unter bestimmten (produktionstechnologischen) Rahmenbedingungen realisiert werden. Rahmenbedingungen repräsentieren Leistungsparameter, innerhalb derer Produktions-, Material- und/oder Informationstechnologien eingesetzt werden können. Die beiden Ebenen sind über die Verknüpfung zwischen Produkttechnologie und Funktion miteinander verknüpft. Die Basis für die Beherrschung des

technologischen Lösungsraums bildet die Ebene *Kompetenzen*. Kompetenzen sind Fähigkeiten und Ressourcen eines Unternehmens [Leh14, S. 12ff.], [LA10, S. 159]. Der **Problemraum** umfasst die zwei Ebenen *Anwendungskontexte* und *Markt*. Zur Ebene *Markt* gehören die zwei Elemente *Marktsegmente* und *Marktleistungen* (vgl. Abschnitt 2.1.3). Der Ebene *Anwendungskontexte* werden die Elemente *Funktionen* (Funktionalität) und *Anforderungen* zugeordnet; diese Funktionen sind produktbezogen und resultieren aus Anforderungen des Marktes. Die Verknüpfung der Ebenen *Markt* und *Anwendungskontext* entsteht dadurch, dass Marktleistungen bestimmte Funktionen (Funktionalitäten) nachfragen. Lösungs- und Problemraum sind im Allgemeinen über Funktionen verknüpft. Die Suche nach Anwendungsideen mittels von Funktionen ist jedoch oftmals zu abstrakt (vgl. Abschnitt 2.1.5). Daher wird eine weitere Verknüpfung von Lösungs- und Problemraum über die Ebene *Technologiepotentiale* eingeführt. Technologiepotentiale umfassen die Elemente *Schlüsselfähigkeiten* und *-themen*. Schlüsselfähigkeiten beschreiben den objektiven technischen Mehrwert einer Technologie, Schlüsselthemen den gesellschaftlich-wirtschaftlichen Mehrwert (vgl. Abschnitt 2.1.5²⁰ und [WGP14, S. 107]). Der Ordnungsrahmen dient der Orientierung, welche Ergebnisse zu erarbeiten sind. Bei der Erarbeitung sollen drei Prinzipien unterstützen: *Konkretisierung*, *Synchronisation* und *Zukunftsorientierung*, vgl. Bild 4-2.

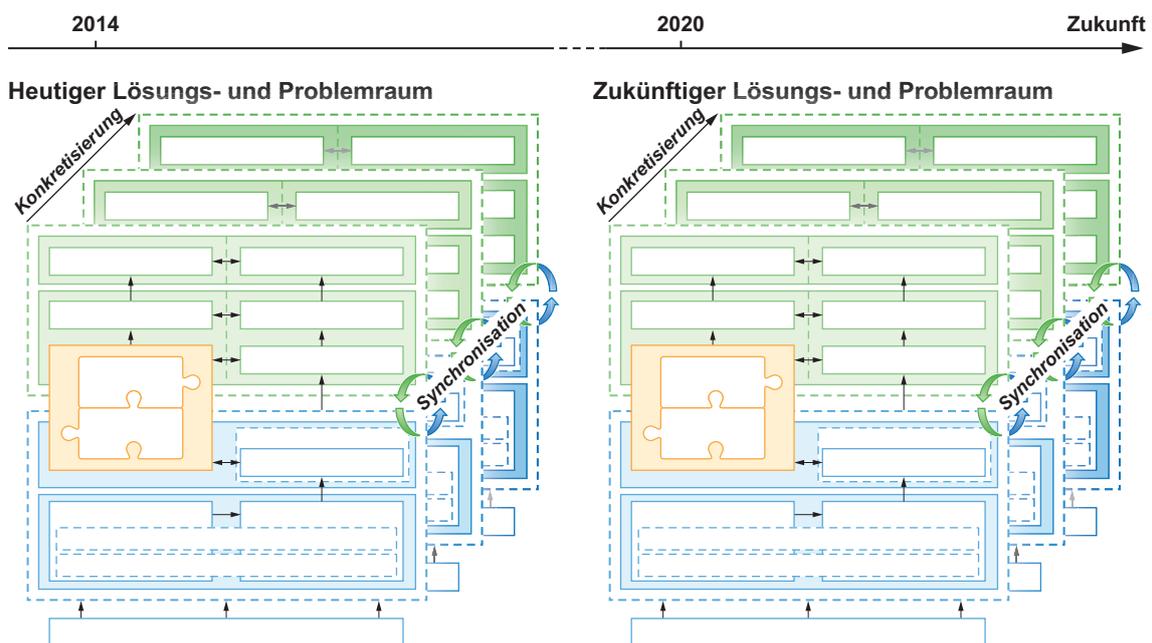


Bild 4-2 Konkretisierung, Synchronisation und Zukunftsorientierung im Rahmen einer technologie-induzierten Planung

²⁰ Die schrittweise Abstraktion des Lösungsraums auf unterschiedlichen Detaillierungsstufen bietet die Möglichkeit, verschiedene Anwendungskontexte für die Technologie zu finden. Dieser Grundgedanke hat sich in verschiedenen Ansätzen bewährt. Beispielweise unterstützt die Kreativitätstechnik *Progressive Abstraktion* die Provokation neuartiger Ideen durch die bewusste Veränderung der Perspektive/Detaillierungsstufe einer Problemstellung [VB13, S. 291], [Sch04, S. 64ff.], [Aer09, S. 224].

- **Konkretisierung:** Die Elemente werden kontinuierlich im Sinne des „*Probing and Learning from the Probes*“ verfeinert. Erkenntnisgewinn liegt in der Durchdringung.
- **Synchronisation:** Lösungs- und Problemraum sind miteinander verknüpft. Zwischen den Elementen wird eine kontinuierliche Synchronisation vorgenommen, um Markt- und Technologiesicht aufeinander abzustimmen. Erkenntnisgewinn liegt in dem Bewusstsein über die Kongruenz von Problem und Lösung.
- **Zukunftsorientierung:** Im Sinne der strategischen Planung wird der zukünftige Lösungs- und Problemraum in die Planung einbezogen. Erkenntnisgewinn liegt in dem Bewusstsein, dass zukünftig andere Limitierungen und Freiheitsgrade gelten.

Vorgehensmodell der Systematik

Die im Ordnungsrahmen dargestellten Elemente werden in einem Vorgehen, bestehend aus fünf Phasen, erarbeitet, vgl. Bild 4-3. Im Sinne der Prinzipien *Konkretisierung*, *Synchronisation* und *Zukunftsorientierung* ist das Vorgehen als Leitlinie zur systematischen Erarbeitung der Elemente zu verstehen. Das Vorgehen ist von einem interdisziplinären Innovationsteam durchzuführen. Ausgangspunkt des Vorgehens bildet ein Auftrag zur Entwicklung einer Technology Push (TP) Strategie.

Technologieanalyse und -vorausschau (Phase 1): Die Systematik beginnt mit der Technologieanalyse und -vorausschau, um den Lösungsraum zu beschreiben. Eingang in die Systematik ist eine Produkttechnologie oder alternativ eine Produktionstechnologie, die mindestens eine spezifische Produkttechnologie in ihrem Wesen determiniert. Zunächst wird die Aufgabe zur Entwicklung einer integrativen TP-Strategie im Kontext einer vielversprechenden Produkt- und/oder Produktionstechnologie spezifiziert. Produkt- und Produktionstechnologien werden dabei fortan integrativ betrachtet. Es werden die gegenwärtigen produktionstechnologischen²¹ Rahmenbedingungen abgebildet; daraufhin wird die fokussierte Produkttechnologie hinsichtlich ihrer gegenwärtigen Leistungsfähigkeit spezifiziert²². Anschließend werden zukünftige produktionstechnologische Rahmenbedingungen vorausgedacht. Zuletzt wird die zukünftig denkbare Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie antizipiert (Abschnitt 4.1).

Technologiepotentialfindung (Phase 2): Gegenstand dieser Phase ist die Suche nach Technologiepotentialen. Zunächst werden produktionstechnologische Potentiale ermittelt, anschließend die Potentiale der Produkttechnologie. Dazu wird die Produkttechnologie durch Innovationsprinzipien (abstrakte Lösungsprinzipien aus dem TRIZ-Ansatz)

²¹ Ebenso können Material- und Informationstechnologien wesentlicher Input oder Bestandteil eines Produktionsprozesses sein. In diesem Fall sind Rahmenbedingungen von Material- und/oder Informationstechnologien ebenfalls zu berücksichtigen.

²² Für den Fall, dass eine Produktionstechnologie Gegenstand des spezifizierten Auftrags sein sollte, ist in dieser Aufgabe zudem ein Fokus auf eine Produkttechnologie zu legen, die mittels der Produktionstechnologie in ihrem Wesen determiniert wird. Sollte die Produktionstechnologie mehrere vielversprechende Produkttechnologien hervorbringen, so kann das Vorgehen für jede ausgewählte Produkttechnologie separat durchlaufen werden.

abstrahiert. Den Innovationsprinzipien werden abstrakte (allgemeine) Probleme (Widersprüche) zugeordnet, die mit Widerspruchparametern beschrieben werden. Die Vernetzung der Widersprüche wird analysiert, um Potentiale der Produkttechnologie abzuleiten und diese zu beschreiben (Abschnitt 4.2).

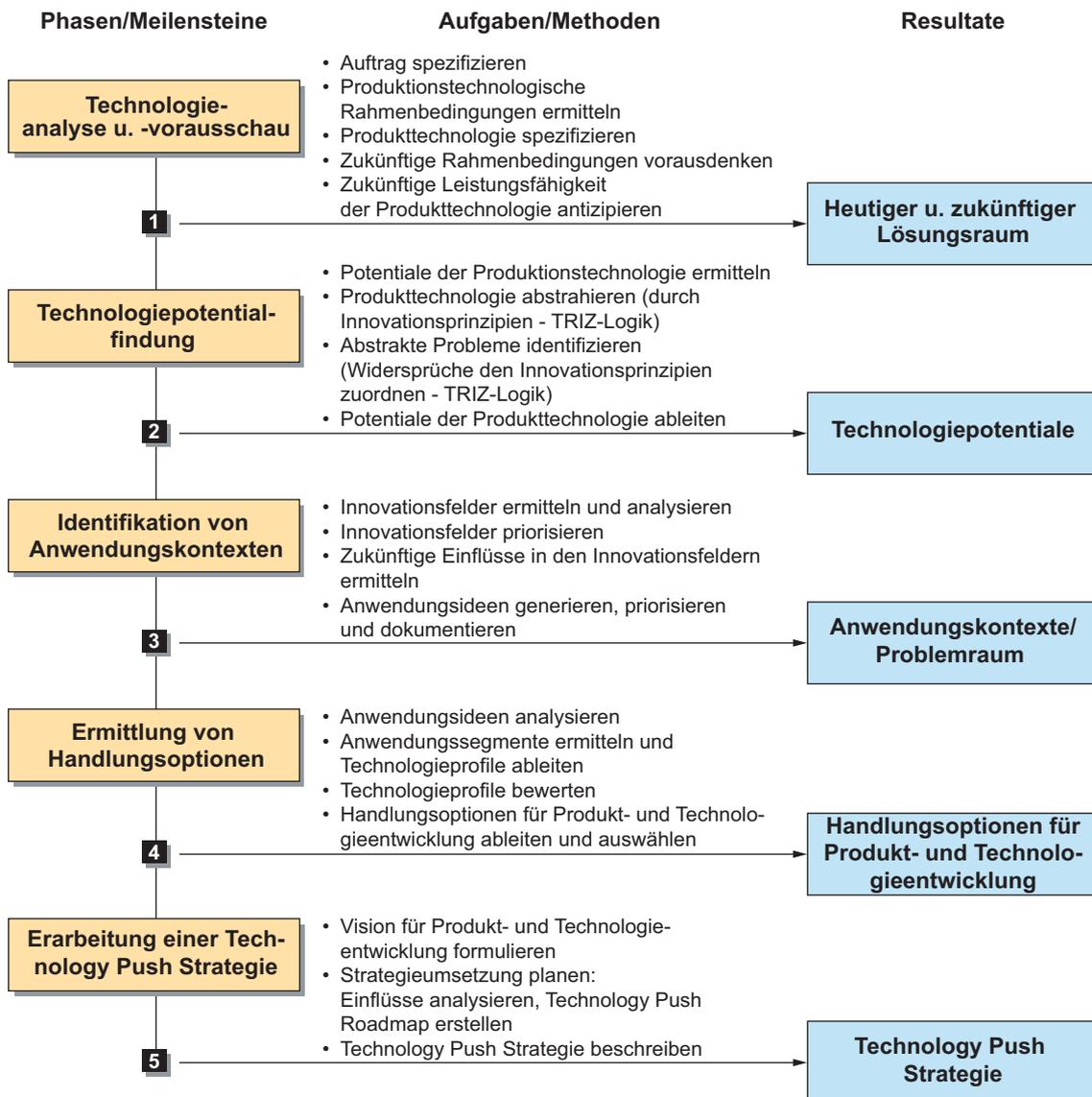


Bild 4-3 Vorgehensmodell der Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung in Anlehnung an [WGP14, S. 106]

Identifikation von Anwendungskontexten (Phase 3): Im Rahmen der Identifikation von Anwendungskontexten wird der Problemraum beschrieben, indem die ermittelten Technologiepotentiale in Anwendungskontexte versetzt werden. Hierfür werden zunächst Innovationfelder ermittelt und analysiert. Nach einer Priorisierung der Innovationfelder erfolgt eine Vorausschau zukünftiger Einflüsse in den ausgewählten Innovati-

onsfeldern, um potentielle Chancen und Risiken für die Technologie im Anwendungskontext zu antizipieren. Zuletzt werden Anwendungsideen in den priorisierten Innovationsfeldern generiert; priorisierte Ideen werden dokumentiert (Abschnitt 4.3).

Ermittlung von Handlungsoptionen (Phase 4): In dieser Phase erfolgt die Synchronisation von Lösungs- und Problemraum, um Handlungsoptionen für Produkt- und Technologieentwicklung abzuleiten. Hierfür werden die Anwendungsideen aus Phase 3 hinsichtlich Anforderungen und Kundennutzen analysiert. In der Anwendungssegmentierung werden die Ideen bezüglich Markt- und Technologieattraktivität sowie Zukunftsrelevanz bewertet, um anschließend vielversprechende Anwendungsideen entsprechend ihrer Ähnlichkeiten zu Anwendungssegmenten zusammenzufassen. Auf Basis der Anwendungssegmente werden Technologieprofile abgeleitet. Um zuletzt Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung zu ermitteln, werden die Technologieprofile in den Dimensionen strategische Relevanz, relative Technologiekompetenz und Realisierungshorizont bewertet, (Abschnitt 4.4).

Erarbeitung einer Technology Push Strategie (Phase 5): Basierend auf den ermittelten Handlungsoptionen wird in dieser Phase eine TP-Strategie erarbeitet. Zunächst wird eine Vision, inkl. Zielen, strategischen Positionen und Kompetenzen für die Produkt- und Technologieentwicklung beschrieben. Anschließend wird die Strategiem Umsetzung geplant; die Ergebnisse münden in einer TP-Roadmap. Diese enthält umsetzungsrelevante und zeitlich priorisierte (Zwischen-)Ziele und Maßnahmen für die zukünftige Produkt- und Technologieentwicklung. Zuletzt wird die TP-Strategie formuliert; diese beschreibt, ausgehend von der gegenwärtigen Situation, die Vision und Ziele für die Produkt- und Technologieentwicklung sowie die Umsetzungsplanung (Abschnitt 4.5). In den folgenden Abschnitten 4.1 bis 4.5 werden die Phasen des Vorgehens anhand des Validierungsbeispiels im Detail beschrieben.

4.1 Technologieanalyse und -vorausschau

Ziel der ersten Phase sind heutiger und zukünftiger Lösungsraum einer gegebenen Technologie. Ausgangspunkt ist ein Auftrag zur Entwicklung einer TP-Strategie. Zunächst wird der Auftrag spezifiziert (Abschnitt 4.1.1). Anschließend werden produktionstechnologische Rahmenbedingungen ermittelt (Abschnitt 4.1.2) und eine Produkttechnologie hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit spezifiziert (Abschnitt 4.1.3). Zuletzt erfolgt die Antizipation zukünftiger Rahmenbedingungen (Abschnitt 4.1.4) und der zukünftige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie (Abschnitt 4.1.5).

4.1.1 Auftrag spezifizieren

Ausgangspunkt für die Technologieanalyse und -vorausschau ist der Auftrag zur Entwicklung einer TP-Strategie. Der Auftrag wird i.d.R. von der Unternehmensführung an die Strategische Planung herangetragen. Gegenstand ist dabei eine Produkt- und/oder

Produktionstechnologie, um damit neuartige Marktleistungen zu ermöglichen. Sollte eine Produktionstechnologie im Fokus des Auftrags stehen, so sollten während der Auftragsbearbeitung die damit determinierten Produkttechnologien berücksichtigt werden und umgekehrt; diese integrative Sichtweise unterstützt das Vorgehensmodell im Folgenden.

Zunächst gilt es, den Auftrag zu spezifizieren und in einem Steckbrief zu beschreiben. Hierfür sind zunächst die dem Auftrag zugrundeliegende Technologie (Bezugsobjekt) sowie die Aufgabe zu spezifizieren. Ferner sind Randbedingungen festzulegen. Dazu zählen z.B. Vorgaben aus der übergeordneten Strategie des Unternehmens und der angestrebte Planungshorizont. Der Planungshorizont indiziert u.a., ob die Betrachtung des zukünftigen Lösungsraums erfolgen soll. Des Weiteren ist für das festgelegte Bezugsobjekt die gegenwärtige Marktsituation zu erfassen; es sind hierfür bereits etablierte Zielmärkte sowie Daten zur prinzipiellen Marktentwicklung darzustellen. Sofern vorhanden, sind die vom Unternehmen bedienten Zielmärkte zu erfassen.

Ausgangspunkt im Validierungsbeispiel ist ein Auftrag zur Entwicklung einer TP-Strategie für pulverbett-basierte Additive Manufacturing Technologien (Produktionstechnologie), vgl. Bild 4-4. Diese sind fortan das Bezugsobjekt der Technologieplanung.



Bild 4-4 Beispiel für einen Auftrag zur Entwicklung einer TP-Strategie

Ziel sind neue Anwendungsideen und Weiterentwicklungsrichtungen für die Technologie. Additive Manufacturing Technologien sind in der Lage, Produkttechnologien in ih-

rem Wesen zu determinieren (später näher illustriert). Als Basis ist eine Erfolg versprechende Produkttechnologie zu bestimmen. Rahmenbedingungen aus Materialtechnologien sind zu berücksichtigen; Informationstechnologien werden im Validierungsbeispiel nicht berücksichtigt. Eine Vorgabe aus der Strategie des Unternehmens ist die Fokussierung auf den professionellen (industriellen) Anwendungsbereich. Als Planungshorizont wurde das Jahr 2020 festgelegt. Damit sollte der heutige und zukünftige Lösungsraum betrachtet werden.

4.1.2 Produktionstechnologische Rahmenbedingungen ermitteln

Ziel dieses Schritts sind produktionstechnologische Rahmenbedingungen; es sind hierbei ebenfalls Rahmenbedingungen aus Material- und Informationstechnologien zu berücksichtigen. Es erfolgt eine Beschreibung der Produktionstechnologie auf Prozessebene. Hierfür wird eine Prozessfolge in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. und NORDSIEK erstellt [GLL12, S. 89ff.], [KNT09, S. 32]; dadurch werden einzelne Prozessschritte und Systemelemente bei der Erstellung einer Produkttechnologie abgebildet. Systemelemente sind dabei die gefertigten Halbzeuge zwischen den einzelnen Prozessschritten. In Bild 4-5 ist die Prozessabfolge für das Validierungsbeispiel dargestellt. Bei pulverbett-basierenden Additive Manufacturing Technologien entsteht eine räumliche Struktur durch die schichtweise Verbindung von Pulver. Das Pulver wird in den Raum eingebracht und auf der Bauplattform mittels einer Beschichterlippe verteilt. Aus der so entstandenen Pulverschicht wird die erste Geometrieschicht durch Laserschmelzen erzeugt. Dieser Prozess wiederholt sich, bis das Bauteil erstellt ist. Anschließend wird das Bauteil aus dem Bau- raum entnommen und bei Bedarf nachbehandelt. Das Beispiel dient der Veranschaulichung, dass eine Produktionstechnologie eine Produkttechnologie determinieren kann.

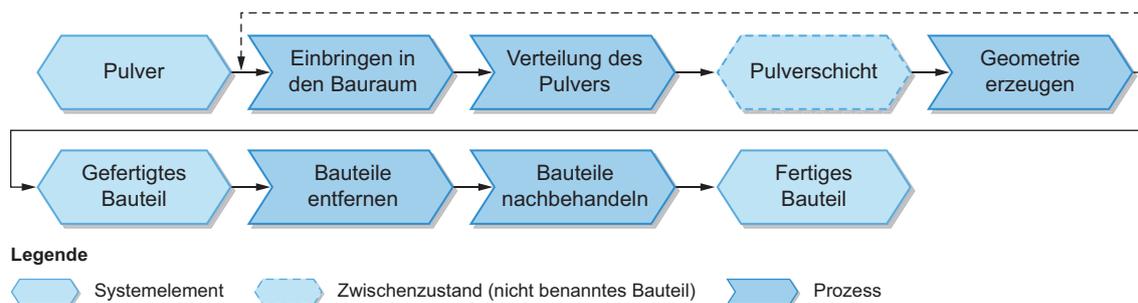


Bild 4-5 Prozessabfolge pulverbett-basierter Additive Manufacturing Technologien

Die Ableitung von Rahmenbedingungen der Produktions-, Material- und Informationstechnologien erfolgt auf Basis der Prozessschritte und Systemelemente. Hierzu sind Prozessschritte und Systemelemente durch Leistungsmerkmale zu spezifizieren. Die Leistungsmerkmale beschreiben bereits Rahmenbedingungen oder geben Hinweise auf diese (vgl. Abschnitt 2.1.5). Im Hinblick auf die Suche nach Anwendungskontexten für die Technologie (Phase 3) sind im besonderen Maße Rahmenbedingungen zu berücksichti-

gen, die Impulse im Rahmen der Ideengenerierung geben können. In Bild 4-5 ist exemplarisch die Spezifikation des Systemelements *Pulverschicht* und des Prozessschritts *Geometrie erzeugen* aus dem Validierungsbeispiel abgebildet.

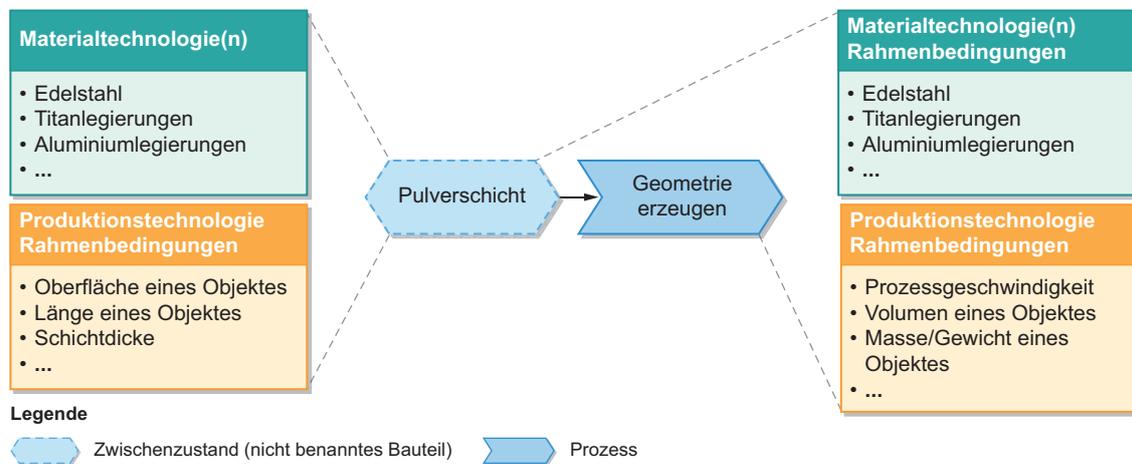


Bild 4-6 Ableitung von Rahmenbedingungen auf Basis der Prozessfolge (Auszug)

Das Systemelement *Pulverschicht* wird durch die verwendbaren Materialien spezifiziert (*Edelstahl, Titanlegierungen etc.*), die mit Leistungsmerkmalen wie *Dichte* und/oder *elektrische Leitfähigkeit* ausgeprägt werden. Die *Schichtdicke* einer zu erzeugenden *Pulverschicht* ist eine Rahmenbedingung, die seitens der Produktionstechnologie vorgegeben wird; eng mit der Schichtdicke ist die *Oberflächengüte eines Objekts* verknüpft. Beispielhafte Rahmenbedingungen für den Prozessschritt *Geometrie erzeugen* sind *Volumen eines Objekts* oder *Prozessgeschwindigkeit*; letztere ergibt sich u.a. aus der zu belichtenden *Fläche* und der verwendeten *Schichtdicke*. Die Genauigkeit von Software für die Simulation der Oberflächengüte oder des Prozesses sind beispielhafte Rahmenbedingungen von Informationstechnologien; im Validierungsbeispiel wurden Rahmenbedingungen aus Informationstechnologien nicht betrachtet (vgl. 4.1.1). Es existiert keine allgemeingültige Liste von Rahmenbedingungen; eine Prozessabfolge gibt einen Rahmen vor, innerhalb dessen nach Rahmenbedingungen gesucht werden kann. Die Granularität ist so zu wählen, dass Impulse für die Ideengenerierung (Phase 3) gegeben werden. **Ergebnis** dieses Schritts ist ein Verständnis für den Prozess und die produktionstechnologischen Rahmenbedingungen.

4.1.3 Produkttechnologie spezifizieren

Ziel dieses Schritts ist die heutige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie. Ist eine Produkttechnologie das Bezugsobjekt der Planung, so erfolgt direkt die Spezifikation ihrer Leistungsfähigkeit. Stellt dagegen eine Produktionstechnologie das Bezugsobjekt der Planung dar und kann die Produktionstechnologie mehrere Produkttechnologien realisie-

ren, ist zunächst eine Produkttechnologie für einen Durchlauf des Vorgehensmodells festzulegen²³; der Durchlauf kann separat für weitere Produkttechnologien wiederholt werden. Falls nicht bekannt ist, welche Produkttechnologien mittels der Produktionstechnologien realisierbar sind, sollte ein diskursiver Prozess zur Ermittlung von Produkttechnologien initiiert werden (hier nicht weiter thematisiert).

Mittels Additive Manufacturing Technologien sind mehrere Produkttechnologien realisierbar, so z.B. *Integrierte Kanäle*, *Integrierte Gitternetzstrukturen* und *Intelligente Metalle*. Im Validierungsbeispiel wird die Produkttechnologie *Integrierte Gitternetzstruktur* fokussiert. Gitternetzstrukturen gehören zur Gruppe der zellulären Strukturen, die durch die Art der inneren Hohlräume in geordnete und stochastische Strukturen klassifiziert werden, respektiv Waben/Gitter und Schaumstoffe [RJR+06, S. 2]. Durch Additive Manufacturing können Gitternetzstrukturen im Herstellungsprozess direkt in das Bauteil integriert werden. Sie verleihen dem Bauteil eine spezifische strukturelle Integrität; gleichzeitig können komplexe Geometrien, z.B. Hinterschnitte realisiert werden. Beispielhafte Anwendungen sind heute Hüftimplantate und Schmuckringe (vgl. [WGP12, S. 384f.]).

Für die Spezifikation der Leistungsfähigkeit von Produkttechnologien werden Funktionen verwendet. Eine Beschreibung mittels Funktionen ist kontextunabhängig (produkt- und technologieneutral); der Suchraum für mögliche Anwendungskontexte wird dadurch bewusst offen gelassen (vgl. Abschnitt 2.1.5). Die Spezifikation folgt der klassischen Funktionenanalyse. Es werden Funktionen gesammelt, gegliedert und spezifiziert [Aki91], [VDI2803, S. 5ff.], [DIN1325-1, S. 7], [WGP13, S. 68ff.], [WGP12, S. 383ff.], [GWP+12, S. 8].

- **Funktionen sammeln:** Für die festgelegte Produkttechnologie werden technische Standardfunktionen gesammelt. Hierfür wird die Produkttechnologie mit einem Standardfunktionenkatalog²⁴ abgeglichen, um Funktionen abzuleiten, die die Technologie erfüllt. Der im Rahmen der Systematik verwendete Katalog gliedert sich in die drei Kategorien *Stoff*, *Signale/Daten* und *Energie*. Jede Funktion wird durch ein Nomen und ein Verb beschrieben. Für das Validierungsbeispiel sind ausschließlich die Kategorien *Stoff* und *Energie* relevant. Beispielhafte Funktionen für die *Integrierte Gitternetzstruktur* sind *Energie aufnehmen* und *abgeben* sowie *Stoffe trennen*.

²³ Mittels Additive Manufacturing Technologien können verschiedene Produkttechnologien hergestellt werden. Demgegenüber wird mittels des Profil-Armierungs-Ziehens – der Gegenstand eines weiteren Validierungsprojekts – die Produkttechnologie *Endlosprofil* realisiert. In diesem Fall ist die Produkttechnologie bereits determiniert.

²⁴ Übersichten von Standardfunktionen liefern u.a. LANGLOTZ, ROTH und BIRKHOFFER [Lan00], [Rot00], [Bir80]. Im Rahmen der Validierungsprojekte wurde ein dem Technologieplanungskonzept des HEINZ NIXDORF INSTITUTS zugrundeliegender Standardfunktionenkatalog verwendet, zusammengestellt von VIENENKÖTTER basierend auf den o.g. Veröffentlichungen (vgl. [Vie07, S. A-22ff.]).

- Funktionen gliedern:** Für eine Beschreibung der Technologie werden die identifizierten Funktionen analysiert und nach AKIYAMA in Haupt- und Unterfunktionen gegliedert [Aki91], [VDI2803, S. 5]. Eine Unterfunktion für die Hauptfunktion *Energie aufnehmen* ist z.B. *thermische Energie aufnehmen*.
- Funktionen spezifizieren:** Die Funktionen werden anschließend durch Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen charakterisiert. *Leistungsmerkmale* sind übergeordnete Funktionseigenschaften. Die Funktion *mechanische Energie aufnehmen* wird bspw. durch die Leistungsmerkmale *Aufnahme von Normalkräften* oder *Schwingungen* spezifiziert, die Funktion *elektrische Energie übertragen* durch die Leistungsmerkmale *Leitfähigkeit* und *Oberflächenwiderstand*. Leistungsmerkmale werden schließlich durch kardinal bzw. nominal skalierte *Merkmalsausprägungen* spezifiziert. Grundsätzlich sind die limitierenden Merkmalsausprägungen aufzunehmen. Im Validierungsbeispiel wurde von der Festlegung der Merkmalsausprägungen abgesehen, da deren Wert in diesem spezifischen Fall von den Bauteilabmessungen abhängt.

Nach der Spezifikation der Produkttechnologie liegen alle Informationen vor, um zuletzt den Lösungsraum darzustellen, vgl. Bild 4-7.

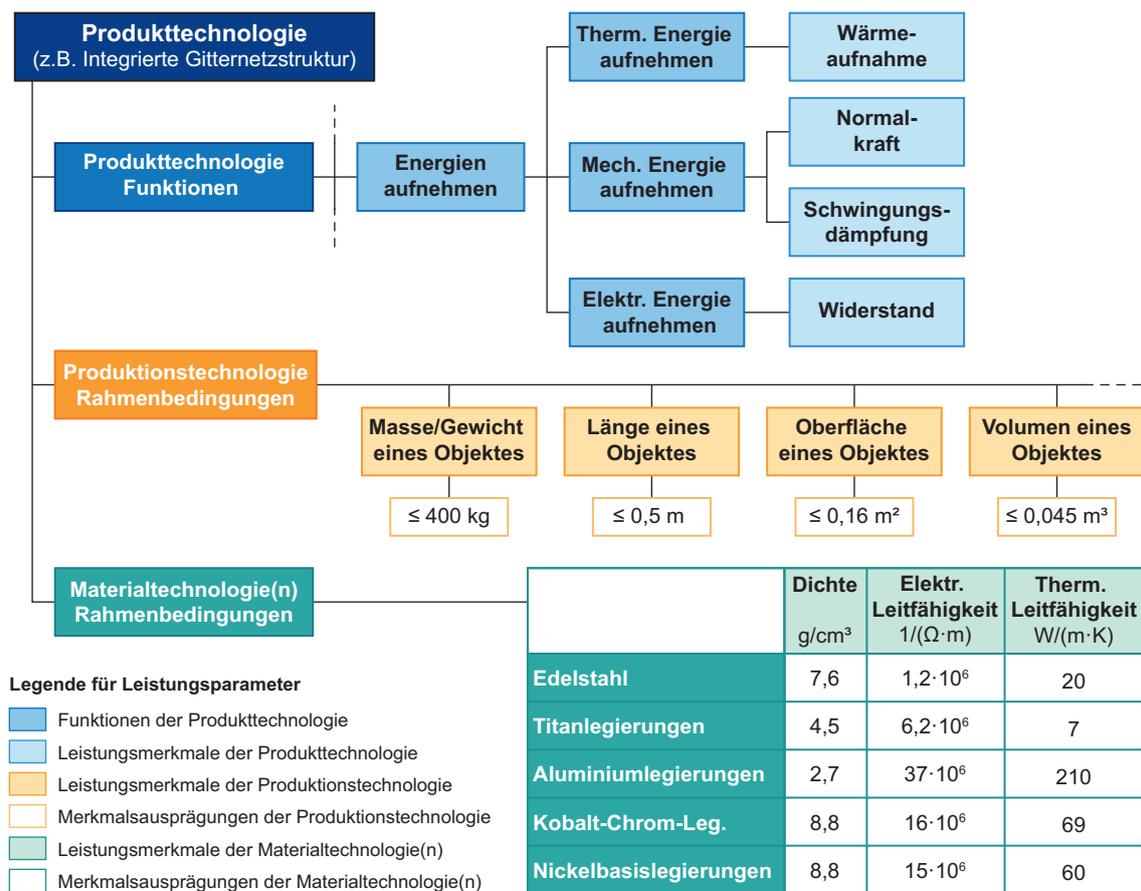


Bild 4-7 Beschreibung des heutigen Lösungsraums (Auszug)

Den Kern bildet die Produkttechnologie (Gitternetzstruktur), da sie Funktionen für potentielle Produkte zur Verfügung stellt (vgl. auch [WPG13, S. 5], [WGA13, S. 6], [WGP14, S. 110]). Von einer Spezifikation der Funktionen durch Merkmalsausprägungen wurde im Validierungsbeispiel abgesehen, da die Merkmalsausprägungen je nach Produkt variabel sind. Im Sinne einer integrativen Betrachtung werden ferner die Rahmenbedingungen der Produktions-, Material- und Informationstechnologie(n) (Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen) erfasst. Ergebnis dieses Schritts ist die heutige Leistungsfähigkeit der *Produkttechnologie*. Dies umfasst die Funktionen der Produkttechnologie sowie die Rahmenbedingungen, die seitens Produktions-, Material- und Informationstechnologie(n) vorgegeben sind. Nach diesem Schritt liegt ein gemeinsames Verständnis für den heutigen Lösungsraum vor.

4.1.4 Zukünftige Rahmenbedingungen vorausdenken

Emergente Technologien bieten Potentiale zur Weiterentwicklung; Erfolg versprechende Einsatzpotentiale können stetig auf unterschiedlichen Stufen der Leistungsfähigkeit erschlossen werden (vgl. Abschnitt 2.4.3). Zukünftige „Leistungsfähigkeiten“ öffnen den Suchraum für Anwendungen, die ggf. nicht mit der heutigen Leistungsfähigkeit der Technologie, jedoch mit einem hinreichend fokussierten Entwicklungsaufwand zukünftig erschließbar sind. Ziel der Abschnitte 4.1.4 und 4.1.5 ist daher der zukünftige Lösungsraum.

In diesem Abschnitt werden zukünftige, produktionstechnologische Rahmenbedingungen vorausgedacht. Hierfür werden auf Basis der in Abschnitt 4.1.2 aufgestellten Prozessfolge Forschungstrends und -entwicklungen identifiziert. Diese geben zum einen Hinweise auf zukünftige Entwicklungen der bereits gefundenen Rahmenbedingungen; zum anderen ist es denkbar, dass neue Rahmenbedingungen in Zukunft entstehen werden. Dabei sind Entwicklungen in der unternehmensinternen Forschung sowie aus dem Umfeld des Unternehmens (Forschungsinstitute, Konkurrenten) zu berücksichtigen. Erprobte Methoden zur Ermittlung von Forschungstrends sind Experteninterviews sowie die Analyse neuer Patente und wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Die Ergebnisse werden in einem Trendradar konsolidiert. Um die Tragweite einer Entwicklung bzw. den Zeithorizont zu bewerten, ist es sinnvoll die Forschungs- bzw. Entwicklungsintensität abzuschätzen. Zuletzt sind identifizierte Trends bzw. Entwicklungen in Steckbriefen zu dokumentieren.

Im Validierungsbeispiel wurden Forschungstrends und -entwicklungen in Delphi-Studien und Experteninterviews ermittelt (vgl. dazu [GEW13, S. 77ff.], [GWP13, S. 87ff.], [GPW13, S. 5f.], [GKW+14, S. 2ff.]). Die Trends wurden anhand von Stellhebeln beschrieben. In Bild 4-8 sind exemplarisch Trends abgebildet, die im Zusammenhang mit dem Systemelement *Pulverschicht* und dem Prozessschritt *Geometrie erzeugen* stehen. Ein Forschungstrend ist *Materialentwicklung und -qualifizierung*; adressiert werden z.B. biokompatible Materialien oder Funktionswerkstoffe [GWP13, S. 87ff.]. Der Prozessschritt *Geometrie erzeugen* liefert Hinweise auf den Forschungstrend *Systemproduktivität*; Stellhebel sind bspw. die Erhöhung von *Anzahl und Leistung der Laser* [SLM13-ol].

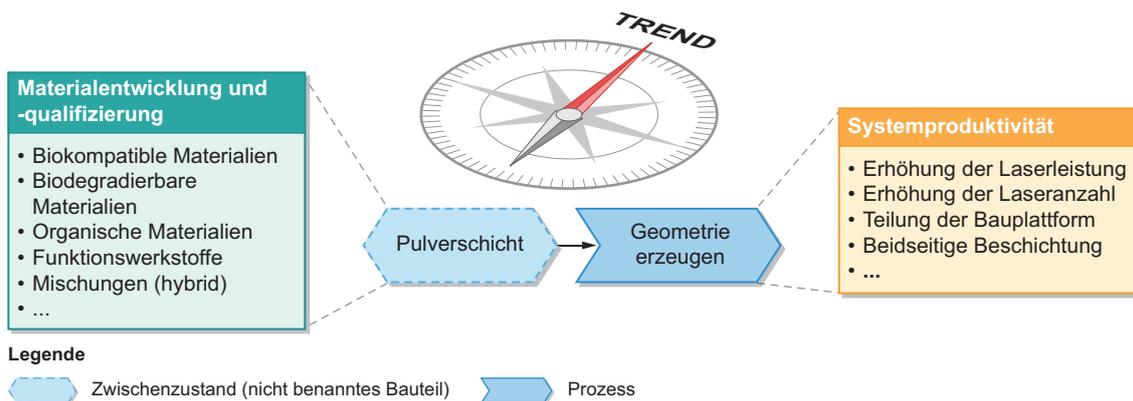


Bild 4-8 Identifikation von Forschungstrends und -entwicklungen (Auszug)

Insgesamt wurden zehn maßgebliche Forschungstrends und -entwicklungen in den vier Dimensionen *Produktionstechnologie in engerem und weiterem Sinne, Materialtechnologie* und *übergeordnete Entwicklungen* identifiziert, vgl. Bild 4-9.

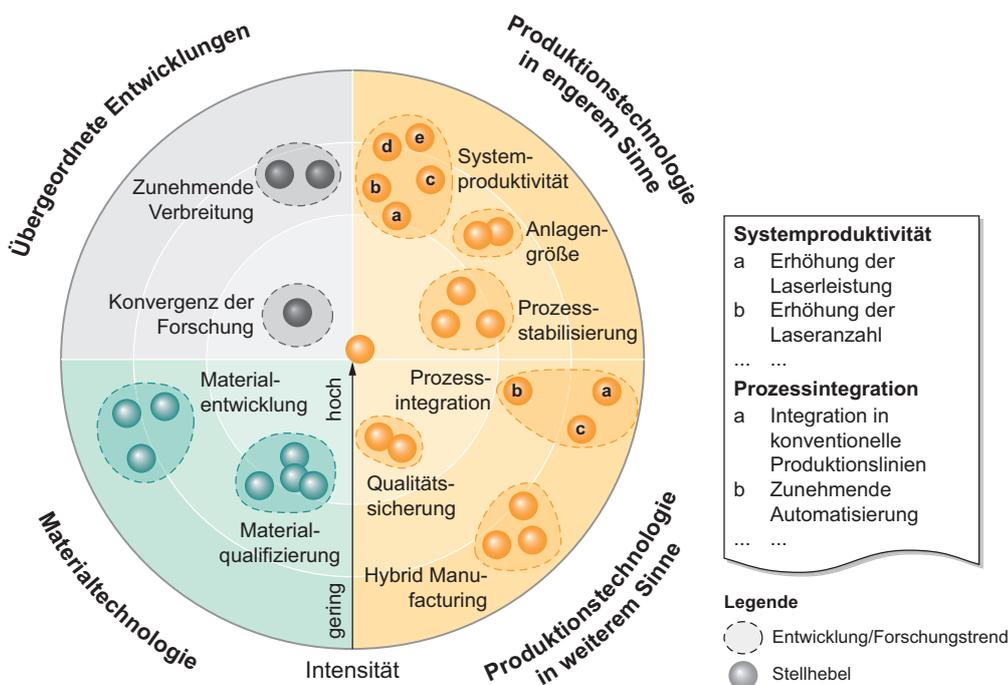


Bild 4-9 Radar für Forschungstrends und -entwicklungen (Auszug)

Über die Nähe der Forschungstrends und -entwicklungen zum Ursprung in dem Radar in Bild 4-9 ist die Forschungs- bzw. Entwicklungsintensität angegeben, wobei verschiedene Stellhebel in unterschiedlicher Intensität adressiert werden.

- Entwicklungen im Bereich *Produktionstechnologie in engerem Sinne* zielen auf die Erhöhung der Systemproduktivität, Anlagengröße und Prozessstabilisierung.
- Trends für die *Produktionstechnologie in weiterem Sinne* adressieren die Prozessintegration oder das Hybrid Manufacturing. Prozessintegration behandelt die Integration der Additive Manufacturing Technologien in konventionelle Produktionslinien. Das Hybrid Manufacturing ist die Kombination subtraktiver und additiver Verfahren in einer Anlage.
- Im Bereich *Materialtechnologie* sind zunehmende Aktivitäten in der Qualifizierung vorhandener Werkstoffe für die Prozesse des Additive Manufacturing zu beobachten und die Entwicklung neuer Materialien.
- *Übergeordnete Entwicklungen* sind Konvergenz der Forschung und zunehmende Verbreitung der Technologie im industriellen Umfeld.

Identifizierte Forschungstrends und -entwicklungen sind in Steckbriefen zu dokumentieren, vgl. Bild 4-10. Diese geben Hinweise auf zukünftige Entwicklungen der bereits gefundenen Rahmenbedingungen sowie auf neue Rahmenbedingungen.

| Forschungstrend 1: Erhöhung der Systemproduktivität | |
|---|---|
| <p>Kurzbeschreibung</p> <p>Die Systemproduktivität gibt das Verhältnis zwischen einer realisierten Leistung und den eingesetzten Ressourcen an. Im Additive Manufacturing definiert sich dieser Wert als die Prozessgeschwindigkeit. Während die Prozessgeschwindigkeit für die Einzelfertigung als hoch einzustufen ist, da z.B. die Herstellung von Werkzeugen obsolet wird, ist die Prozessgeschwindigkeit für eine Serie im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren selten wettbewerbsfähig. Daher wird die Forschung zur Optimierung der Prozessgeschwindigkeit zunehmend forciert. Die verschiedenen Stellhebel zur Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit werden unterschiedlich stark adressiert.</p> | <p>Einordnung im Trendradar</p> |
| <p>Stellhebel (Sub-Trends)</p> <p>a) Erhöhung der Laserleistung: Es werden zunehmend Laser mit höheren Leistungen eingesetzt.</p> <p>b) Erhöhung der Laseranzahl: Mehrere Laser ermöglichen verschiedene Belichtungsstrategien (Hülle-Kern-Strategie).</p> <p>c) Automatisierte Pulverführung: Das Zu- und Abführen des Pulvers erfolgt zunehmend voll- bzw. halbautomatisiert.</p> <p>d) Bauraumteilung: Die Bauplattform wird halbiert, so dass zwei Laser jeweils über eine optische Bank die halbe Plattform belichten.</p> <p>e) Beidseitige Beschichtung: Es werden (teilweise) zwei Pulverkammern verwendet, um eine Beschichtung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung zu realisieren.</p> | <p>Bezug zu anderen Trends</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Anlagengröße • Prozessintegration • Zunehmende Verbreitung der Technologie |
| | <p>Quellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • [SM02, S. 245ff.] • [Geb12, S. 442ff.] • [WGP13, S. 100ff.] • [SLM11-ol] |

Bild 4-10 Dokumentation der Forschungstrends und -entwicklungen in Steckbriefen

4.1.5 Zukünftige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie antizipieren

Ziel dieses Schritts ist die zukünftige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie, um den zukünftigen Lösungsraum zu komplettieren. Für diesen Schritt wird die Evolutionspotential-Analyse nach MANN verwendet (vgl. Abschnitt 3.2.1). Es werden relevante Entwicklungsmuster für die Produkttechnologie ausgewählt, um daran zukünftige Leistungsparameter abzuleiten (vgl. auch [WGA13, S. 7], [WGP14, S. 110ff.]).

Die Auswahl der Entwicklungsmuster wird aus Gründen der Komplexitätsreduktion zweistufig vorgenommen²⁵. Wie in Bild 4-11 dargestellt, werden zunächst mittels einer Checkliste Entwicklungsmuster ausgewählt, die für die Technologie grundsätzlich relevant sind (erste Spalte). Die ausgewählten Entwicklungsmuster werden in einem paarweisen Vergleich einer Relevanzanalyse unterzogen (vgl. [GP14, S. 53f.]). Zur Anwendung kommt eine Bewertungsskala, die von *null* bis *zwei* reicht. Es erfolgt eine Bewertung mit *zwei*, wenn das Entwicklungsmuster in der Zeile relevanter ist als das Entwicklungsmuster in der Spalte. Ist das Entwicklungsmuster in der Spalte relevanter, so wird mit *null* bewertet. Bei einer gleichwertigen Relevanz erfolgt eine Bewertung mit *eins*.

| Entwicklungsmuster-Auswahlmatrix | Integrierte Gitternetzstruktur | Entwicklungsmuster | Entwicklungsmuster | | | | | | Bi- und Poly-System | Zusammenwirkung | Σ Relevanzsumme | Rang [1:17] | |
|---|--------------------------------|--------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|----|
| | | | Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | 6 |
| Fragestellungen: a) „Ist das Entwicklungsmuster i (Zeile) für die betrachtete Technologie (erste Spalte) relevant?“ b) „Ist das Entwicklungsmuster i (Zeile) für die betrachtete Technologie wichtiger als Entwicklungsmuster j (Spalte)?“ | | | | | | | | | | | | | |
| Bewertungsmaßstab: a) <input checked="" type="checkbox"/> = ja <input type="checkbox"/> = nein b) <input type="checkbox"/> 0 i ist unwichtiger als j <input type="checkbox"/> 1 i und j sind gleich wichtig <input type="checkbox"/> 2 i ist wichtiger als j | | | | | | | | | | | | | |
| Entwicklungsmuster | | | | | | | | | | | | | |
| Dynamik von Objekten | x | 1 | | 2 | 0 | | | | | 2 | 1 | 23 | 4 |
| Dynamik von Stoffen | x | 2 | 0 | | 0 | | | | | 1 | 0 | 6 | 16 |
| Dynamik von Feldern | x | 3 | 0 | 2 | | | | | | 1 | 0 | 11 | 12 |
| Koordination der Frequenz | | 4 | | | | | | | | | | | |
| Koordination der Wirkung | | 5 | | | | | | | | | | | |
| Evolution der Wirkung | | 6 | | | | | | | | | | | |
| ⋮ | | | | | | | | | | | | | |
| Bi- und Poly-System | x | 24 | 0 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 10 | 14 |
| Zusammenwirkung | x | 25 | 1 | 2 | 2 | | | | | 1 | | 27 | 2 |

Bild 4-11 Relevanzanalyse zur Auswahl von Entwicklungsmustern

²⁵ Es wird die Zusammenstellung von 25 Entwicklungsmustern nach KOLTZE/SOUCHKOV verwendet, da sie vergleichsweise übersichtlich ist [KS11, S. 154ff.].

Aus den Bewertungen wird je Entwicklungsmuster die Zeilensumme gebildet, um die Rangfolge der Entwicklungsmuster hinsichtlich ihrer Relevanz für die Ermittlung von Weiterentwicklungspotentialen abzuleiten. Wie viele Entwicklungsmuster für die weitere Ausarbeitung zu berücksichtigen sind, ist individuell festzulegen. Im Validierungsbeispiel wurden die zwölf Entwicklungsmuster mit der höchsten Relevanz ausgewählt, u.a. das Entwicklungsmuster *Dynamisierung – Erhöhung der Dynamik von Objekten* (EM1), (Rang 4). Auf Basis der ausgewählten Entwicklungsmuster erfolgt die Ableitung des Weiterentwicklungspotentials für die Produkttechnologie²⁶. Zunächst ist die Produkttechnologie in die Entwicklungsmuster einzuordnen. Hierfür ist zu bewerten, welche Entwicklungsetappen eines jeden Entwicklungsmusters die Produkttechnologie bereits erreicht hat, wie in Bild 4-12 (links) dargestellt. Die in jedem Entwicklungsmuster erreichte Entwicklungsetappe wird zuletzt in einem Netzdiagramm konsolidiert²⁷, vgl. Bild 4-12 (rechts). Dabei stellt die blau ausgefüllte Fläche den heutigen Stand der Technologie dar; die nicht ausgefüllte Fläche indiziert das Weiterentwicklungspotential – also die Entwicklungsetappen, die entlang der Entwicklungsmuster (theoretisch) erreichbar sind.

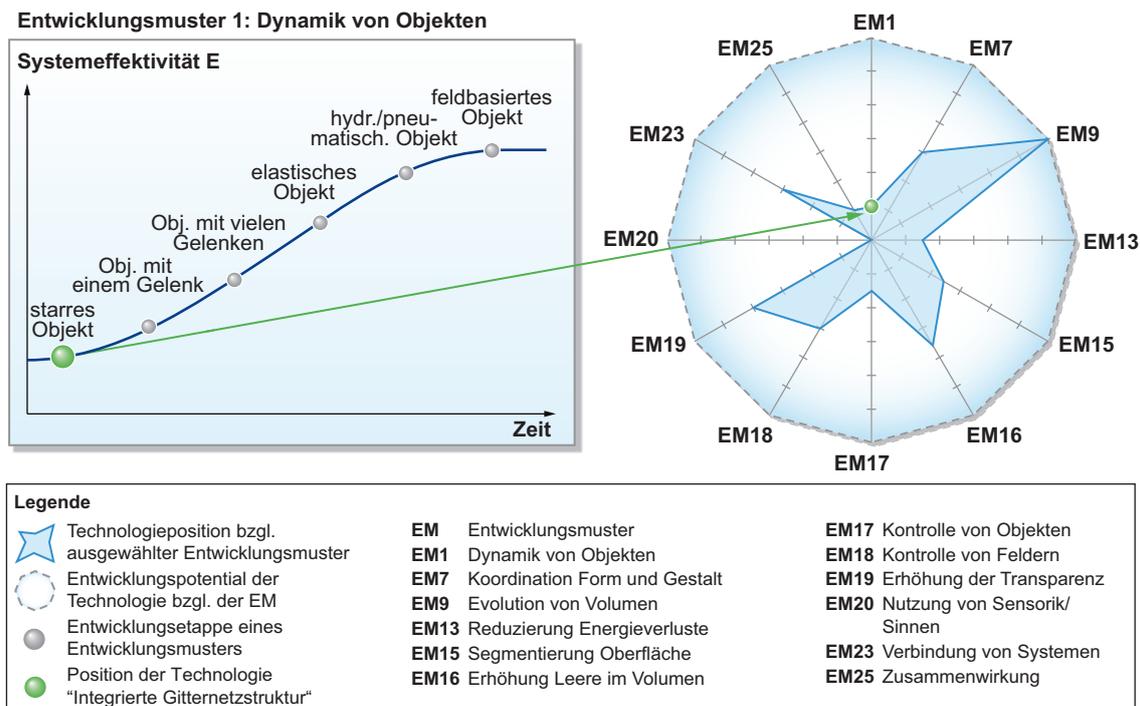


Bild 4-12 Einordnung der Produkttechnologie in das Entwicklungsmuster „Dynamisierung – Erhöhung der Dynamik von Objekten“ (links) und Ableitung des Weiterentwicklungspotentials für alle ausgewählten Entwicklungsmuster (rechts) in Anlehnung an [WGP14, S. 112]

²⁶ Das Vorgehen zur Ableitung des Weiterentwicklungspotentials wurde in einem weiteren Projekt am Beispiel der Umformung von Magnesium validiert. Die Validierung erfolgte im Rahmen einer von der Autorin betreuten Studienarbeit (vgl. [And13, S. 56ff.]).

²⁷ Die Anzahl der Entwicklungsetappen wird normiert, da sie je nach Entwicklungsmuster variiert.

Im Validierungsbeispiel wurde die *Integrierte Gitternetzstruktur* u.a. hinsichtlich des Entwicklungsmusters *Dynamisierung – Erhöhung der Dynamik von Objekten* (kurz: *Dynamik von Objekten*) (EM1) eingeordnet. Die bisherige Ausgestaltung der *Integrierten Gitternetzstruktur* erfährt keine Dynamisierung (*starres Objekt*). Für alle ausgewählten Entwicklungsmuster wird ein Netzdiagramm erstellt. Dieser konsolidierte Darstellung zeigt, dass die Gitternetzstruktur bzgl. der *Evolution von Volumen* bereits die letzte Etappe erreicht hat (Etappen: *Fläche, Kiste, Zylinder, sphärische Form, komplexe 3D-Form*). Weiterentwicklungspotentiale ergeben sich demgegenüber hinsichtlich der *Dynamik von Objekten* (EM1) oder der *Nutzung von Sensorik/Sinnen* (EM20) [WGP14, S. 111].

Vor dem Hintergrund der noch nicht erschlossenen Entwicklungsetappen werden zuletzt Impulse für zukünftige Leistungsparameter (Funktionen, Leistungsmerkmale) der Technologie ausgearbeitet. Das Finden zukünftiger Leistungsparameter ist eine kreative Aufgabe. Dabei ist die Technologie den bisher unerreichten Etappen eines jeden Entwicklungsmusters gegenüberzustellen. In Bild 4-13 ist exemplarisch die Gegenüberstellung der jeweils vierten Entwicklungsetappe für drei ausgewählte Entwicklungsmuster abgebildet. Es resultieren zukünftige Funktionen und zukünftige Leistungsmerkmale; ggf. ergeben sich im Rahmen dieser kreativen Aufgabe ebenso Funktionen, die bereits heute realisiert werden können, bei der Analyse der Technologie jedoch nicht offensichtlich waren. Die vierte Etappe *elastisches Objekt* des Entwicklungsmusters *Erhöhung der Dynamik von Objekten* (EM1) adaptiert auf die *Integrierte Gitternetzstruktur* könnte zu Anwendungen führen, die zum Balancieren eingesetzt werden; die resultierende, zukünftig denkbare Funktion ist *Stoffe justieren* [WGP14, S. 111f.].

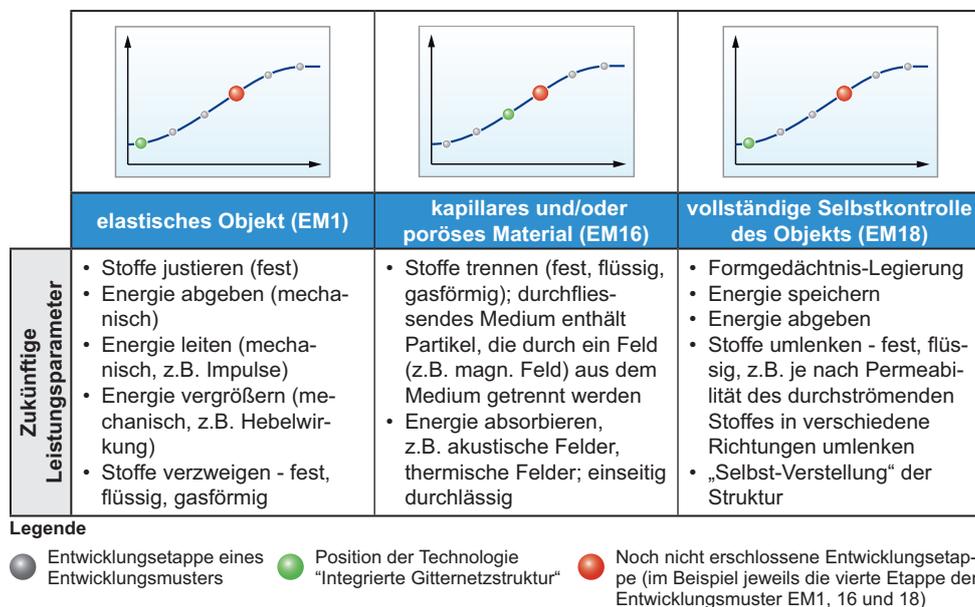


Bild 4-13 Ableitung von zukünftigen Leistungsparametern auf Basis des identifizierten Weiterentwicklungspotentials (Auszug) in Anlehnung an [WGP14, S. 112]

Durch die Kombination mit der vierten Stufe *kapillares und/oder poröses Material* des Entwicklungsmusters *Übergang auf die Mikroebene – Erhöhung von Leeren im Volumen*“ (EM16) resultiert die zukünftige Funktion *Stoffe trennen* mit den Leistungsmerkmalen *fest, flüssig* und *gasförmig* oder die Funktion *Felder/Energie abschirmen* mit den Leistungsmerkmalen *akustisch*“, *magnetisch* etc. [WGP14, S. 113]. In Validierungsprojekten hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse dieses Schritts umso avantgardistischer sind, je höher die Entwicklungsetappe ist, mit der die Technologie gegenübergestellt wird. Die identifizierten Leistungsparameter sind in der Beschreibung in Bild 4-7 zu ergänzen und, sofern möglich, zu spezifizieren.

Ergebnis sind denkbare zukünftige Leistungsfähigkeiten der Produkttechnologie. Zusammen mit den in Abschnitt 4.1.4 ermittelten Rahmenbedingungen der Produktions-, Material- und Informationstechnologie(n) beschreiben diese den zukünftigen Lösungsraum. **Ergebnis der ersten Phase** sind der heutige und zukünftige Lösungsraum.

4.2 Technologiepotentialfindung

In dieser Phase werden auf Grundlage des heutigen und zukünftigen Lösungsraums Technologiepotentiale ermittelt, um eine Brücke zum Problemraum zu schaffen. Zunächst werden produktionstechnologische Potentiale ermittelt (Abschnitt 4.2.1). Anschließend erfolgt die Identifikation von Potentialen der Produkttechnologie mittels der für die Systematik adaptierten TRIZ-basierten Potentialfindung. Hierbei wird die Produkttechnologie durch Innovationsprinzipien (abstrakte Lösungsprinzipien aus dem TRIZ-Ansatz) abstrahiert (Abschnitt 4.2.2). Den Innovationsprinzipien werden abstrakte Probleme (Widersprüche) zugeordnet, die mit Widerspruchsparemtern beschrieben werden (Abschnitt 4.2.3). Um zuletzt Potentiale der Produkttechnologie abzuleiten, wird die Vernetzung der Widersprüche analysiert (Abschnitt 4.2.4).

Für die Identifikation von Technologiepotentialen können, je nach Wissensbasis bzgl. bereits verwerteter Technologiepotentiale, unterschiedliche Vorgehen gewählt werden. Im Rahmen der Arbeit werden *kreative, empirisch²⁸-kognitive* und *empirisch-maschinelle* Ansätze differenziert (vgl. Abschnitt A1). Bei der Anwendung der Systematik sind diese als alternative und/oder als ergänzende Methoden zu verstehen. Im Folgenden werden die Ansätze exemplarisch am Validierungsbeispiel vorgestellt.

4.2.1 Produktionstechnologische Potentiale ermitteln

Im Folgenden wird die Ermittlung produktionstechnologischer Potentiale mittels eines kreativen und eines empirisch-maschinellen Ansatzes vorgestellt. Ein kreativer Ansatz ist bei einer geringen Wissensbasis zu wählen. Zur Unterstützung können Fragenkataloge

²⁸ Der Begriff *empirisch* leitet sich aus dem griechischen Wort *empeirikós* oder *émpeiros* und steht für *erfahren, kundig*. Gemäß Duden wird der Begriff als *aus der Erfahrung, Beobachtung, auf dem Wege der Empirie gewonnen, auf ihr beruhend* definiert [Dud14a-ol].

verwendet werden, bspw. das für die Systematik adaptierte Vier-Aktionen-Format des Blue-Ocean-Ansatzes nach KIM/MAUBORGNE. In seiner ursprünglichen Form umfasst das Vier-Aktionen-Format vier Fragestellungen/Aktionen, anhand derer neue Nutzenkurven in einer Branche erzeugt werden können (vgl. Abschnitt 3.3.3). Adaptiert für die Technologiepotentialfindung ist zu prüfen, ob die Technologie etwas *reduziert*, *schafft*, *erhöht* oder *eliminiert*, vgl. Bild 4-14. Dieses Vorgehen entspricht ebenfalls dem Gedanken von MACMILLAN/MCGRATH; die Autoren verstehen die Technologiepotentiale als Optimierung positiver und Reduzierung negativer Attribute (vgl. Abschnitt 3.4.4). Attribute sind i.d.R. technologiespezifisch; exemplarische Attribute können der VDI-Richtlinie zur Technikbewertung entnommen werden [VDI3780], [Gom07, S. 91].

Im Validierungsbeispiel wurde durch die Anwendung des adaptierten Vier-Aktionen-Formats u.a. ermittelt, dass mittels Additive Manufacturing Technologien *Fertigungsschritte reduziert*, *Funktionsintegration geschaffen*, *Individualisierung erhöht* und *Werkzeuge eliminiert* werden können.

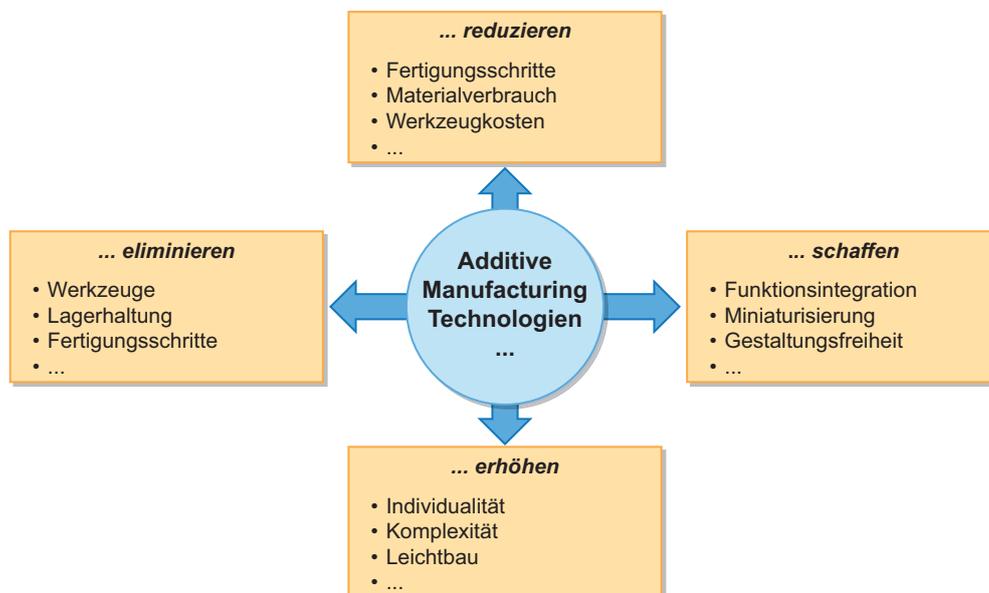


Bild 4-14 Ermittlung produktionstechnologischer Potentiale mittels des adaptierten Vier-Aktionen-Formats nach KIM/MAUBORGNE [KM05, S. 26]

Ein auf Empirie beruhender Ansatz ist bei einer vorhandenen Wissensbasis zu den Einsatzgebieten einer Technologie zu wählen. Beispielsweise sind Beschreibungen von Produkten, in denen die Technologie bereits eingesetzt wird, manuell oder maschinell auszuwerten. Eine maschinelle²⁹ Auswertung bietet die Möglichkeit breitflächiger, bibliometrischer Analysen. In der Systematik wird eine N-Gramm-Analyse eingesetzt – eine Analyse von Dokumenten hinsichtlich häufig vorkommender Wortsequenzen. Hierzu

²⁹ Eine maschinelle Auswertung von Dokumenten bietet viele Vorteile gegenüber dem manuellen Sichten. U.a kann in der gleichen Zeit eine höhere Anzahl von Dokumenten analysiert werden. Für eine umfassende Diskussion der Vorteile sei auf [KEA+13, S. 432f.] verwiesen.

sind zunächst entsprechende Dokumente zu sammeln, die Suche durchzuführen und die Suchergebnisse zu analysieren. Das Vorgehen ist in A1.1 im Detail beschrieben.

In Bild 4-15 ist das Ergebnis der N-Gramm-Analyse für das Validierungsbeispiel dargestellt. In Anlehnung an die Nutzenkategorisierung von Technologien nach SCHÖNING, vgl. [Sch06, S. 77], werden die ermittelten Technologiepotentiale zu prozess- und produktorientierten Potentialen, respektive *Flexibilisierung des Prozesses* und *Flexibilisierung des Produktes*, zusammengefasst. Die *Flexibilisierung des Produktes* umfasst Potentiale (Wortsequenzen), die zur *Komplexität* und *Individualisierung* aggregiert werden können. Die *Flexibilisierung des Prozesses (Produktentstehung)* impliziert u.a. die *Reduktion von time-to-market* oder die *werkzeuglose Fertigung*. Der *Flexibilisierung des Produktlebenszyklus* ist u.a. das Potential *Reduktion der Lagerhaltung*, einhergehend mit geringeren Lagerhaltungskosten, zugeordnet.

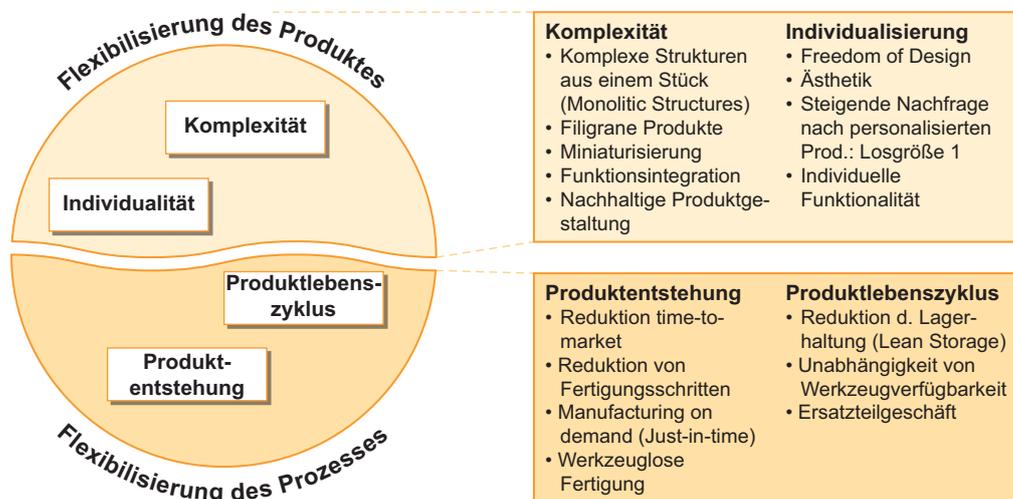


Bild 4-15 Zusammenfassung der Potentiale der Produktionstechnologie

4.2.2 Produkttechnologie abstrahieren

Ziel dieses Schritts sind Potentiale der Produkttechnologie. Hierfür wurde die TRIZ-basierte Potentialfindung entwickelt, um durch einen Rückgriff auf die TRIZ-Wissensbasis fehlendes Wissen zu den Potentialen emergenter Technologien (zumindest teilweise) zu kompensieren. In der TRIZ-Logik wird ein konkret formuliertes Problem durch Abstraktion in einen Widerspruch (Widerspruch in zwei Anforderungen) aus der TRIZ-Wissensbasis überführt. Für das Auflösen von Widersprüchen stellt die TRIZ-Wissensbasis ein Set an abstrakten Lösungen zur Verfügung, die sog. Innovationsprinzipien (vgl. Abschnitt 3.1.3.2). Diese Logik wird für die Systematik adaptiert; hierfür erfolgt eine Umkehr der Logik, wie in Bild 4-16 dargestellt.

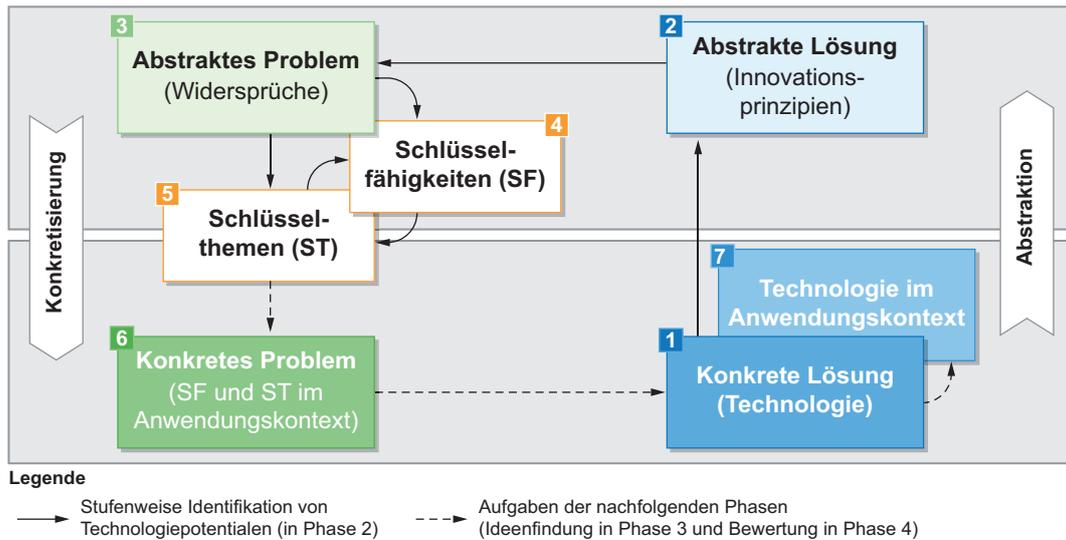


Bild 4-16 Für technologie-induzierte Innovationsprozesse adaptierte TRIZ-Logik in Anlehnung an [WGP14, S. 114]

In der umgekehrten Logik wird die Produkttechnologie als eine *konkrete Lösung* verstanden (Block 1). Zunächst gilt es, die Produkttechnologie durch abstrakte Lösungen der TRIZ, sog. *Innovationsprinzipien* (Block 2), zu abstrahieren³⁰. Den abstrakten Lösungen sind abstrakte Probleme in Form von *Widersprüchen* zuzuordnen (Block 3). Die gefundenen Widersprüche sind Grundlage für die Ermittlung von Technologiepotentialen (*Schlüsselfähigkeiten und -themen*, Blöcke 4 und 5). Liegen Technologiepotentiale (*Schlüsselfähigkeiten und -themen*) vor, sind sie anschließend in Anwendungskontexte zu versetzen. Die Technologie ist final im Anwendungskontext zu beschreiben (vgl. gestrichelte Pfeile in Bild 4-16). Es wird respektive abgeleitet, welche konkreten Probleme durch die Technologie gelöst werden können (Block 6) und wie die Technologie für einen identifizierten Anwendungskontext beschaffen sein muss (Block 7). Diese Aufgaben werden in Phase 3 und 4 des Vorgehens thematisiert.

Die Abstraktion der Produkttechnologie wird aus Gründen der Komplexitätsreduktion in zwei Stufen durchgeführt. In der ersten Stufe sind Innovationsprinzipien, die mit der Technologie korrespondieren, anhand einer Checkliste auszuwählen. Im zweiten Schritt sind die ausgewählten Innovationsprinzipien nach ihrer Relevanz zu bewerten³¹. Für die Auswahl werden die 40 Innovationsprinzipien der TRIZ in einer Checkliste bewertet, vgl.

³⁰ Dieses Vorgehen korrespondiert mit dem Prinzip der Synektik, welches 1944 von GORDON entwickelt wurde. Synektik basiert entweder auf der Verfremdung des Bekannten oder der Bekanntmachung von Fremdem (Analogie) [Ama83, S. 191], [WW04, S. 44], [Gor61, S. 33ff.], [VB13, S. 295]. In der TRIZ-basierten Potentialfindung erfolgt die Verfremdung der Technologie durch eine Analogiebildung zu der TRIZ-Wissensbasis; durch das Versetzen der abstrakten Probleme (Widersprüche) in einen konkreten Anwendungskontext wird „Fremdes bekannt gemacht“.

³¹ Für einen maßgeblichen Teil der in dieser Phase beschriebenen Bewertungen wurde eine Bewertungs-, Auswahl- und Berechnungsgrundlage mit der Software Microsoft Excel erstellt. Nach den erforderlichen Eingaben werden die Berechnungen automatisiert durchgeführt. Der manuelle Aufwand für den Anwender der Systematik ist daher als gering einzustufen.

Bild 4-17 (links). Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus Phase wird bewertet, ob die Technologie sich durch ein Innovationsprinzip i (Zeile) abstrahieren lässt.

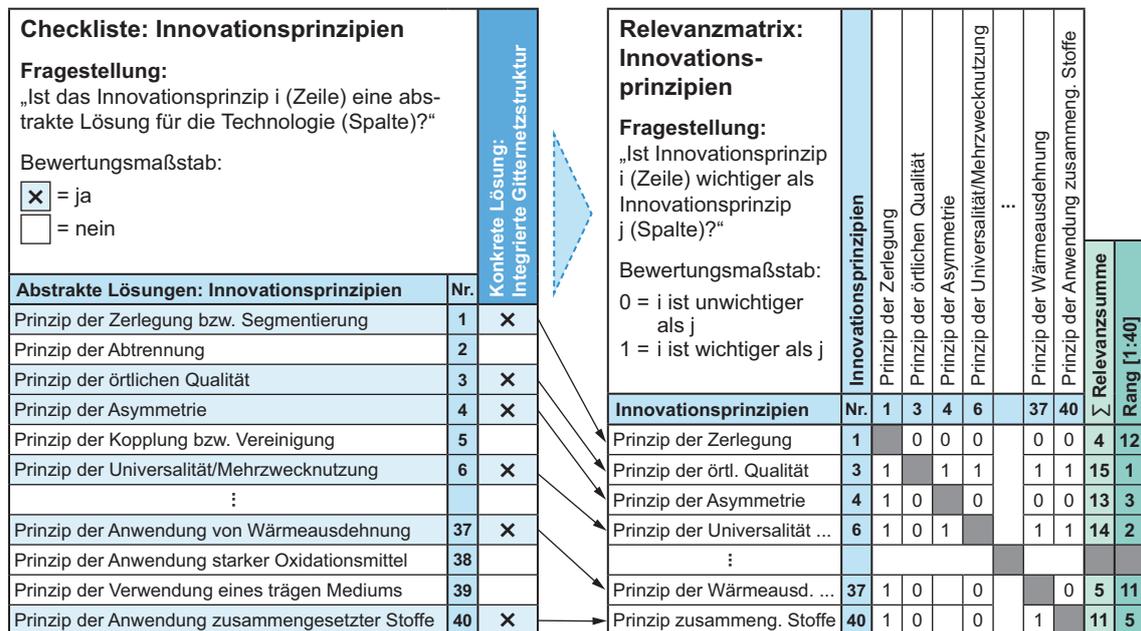


Bild 4-17 Identifikation von abstrakten Lösungen mittels einer Checkliste und durch eine Relevanzanalyse in Anlehnung an [WGP14, S. 115]

Um hoch relevante Innovationsprinzipien für die Produkttechnologie auszuwählen, erfolgt eine Priorisierung der ausgewählten Innovationsprinzipien in einem paarweisen Vergleich. Die Fragestellung lautet: Ist das Innovationsprinzip i in der Zeile für die Technologie relevanter als das Innovationsprinzip j in der Spalte? Es wird aus Gründen der Komplexitätsreduktion eine binäre Bewertung vorgenommen (0 = nein / 1 = ja), vgl. Relevanzmatrix in Bild 4-17 (rechts). Für jedes Innovationsprinzip ist abschließend die Zeilensumme aus allen Bewertungen, die sog. Relevanzsumme, zu bilden, um Innovationsprinzipien für die weitere Ausarbeitung auszuwählen; die Anzahl ist individuell festzulegen. Im Validierungsbeispiel wurden für die weitere Ausarbeitung die drei Innovationsprinzipien mit der höchsten Relevanz ausgewählt: das Prinzip der örtlichen Qualität (IP 3), das Prinzip der Universalität (IP 6) sowie das Prinzip der biegsamen Hüllen und dünnen Folien (IP 30).

Ergebnis dieser Phase sind Innovationsprinzipien (abstrakte Lösungen), durch die sich die Produkttechnologie beschreiben lässt. Diese bilden die Grundlage für die Identifikation abstrakter Probleme und sind damit Eingangsgröße für den nachfolgenden Schritt.

4.2.3 Abstrakte Probleme identifizieren

Ziel dieses Schritts sind abstrakte Probleme (Widersprüche) für die priorisierten abstrakten Lösungen (Innovationsprinzipien) der Produkttechnologie. In der TRIZ-Logik erfolgt

die Verknüpfung von Innovationsprinzipien und Widersprüchen in der Widerspruchsmatrix (vgl. Abschnitt 3.1.3.4). Es gilt, diejenigen Widersprüche aus der Widerspruchsmatrix zu extrahieren, zu deren Auflösung die Innovationsprinzipien am häufigsten beigetragen haben (vgl. auch [WGA13, S. 11f.], [WGP14, S. 115f.]). Wie in Bild 4-18 dargestellt, sind dies diejenigen Widersprüche, für die die ausgewählten Innovationsprinzipien in den entsprechenden Zellen der Widerspruchsmatrix links oben angeordnet sind.

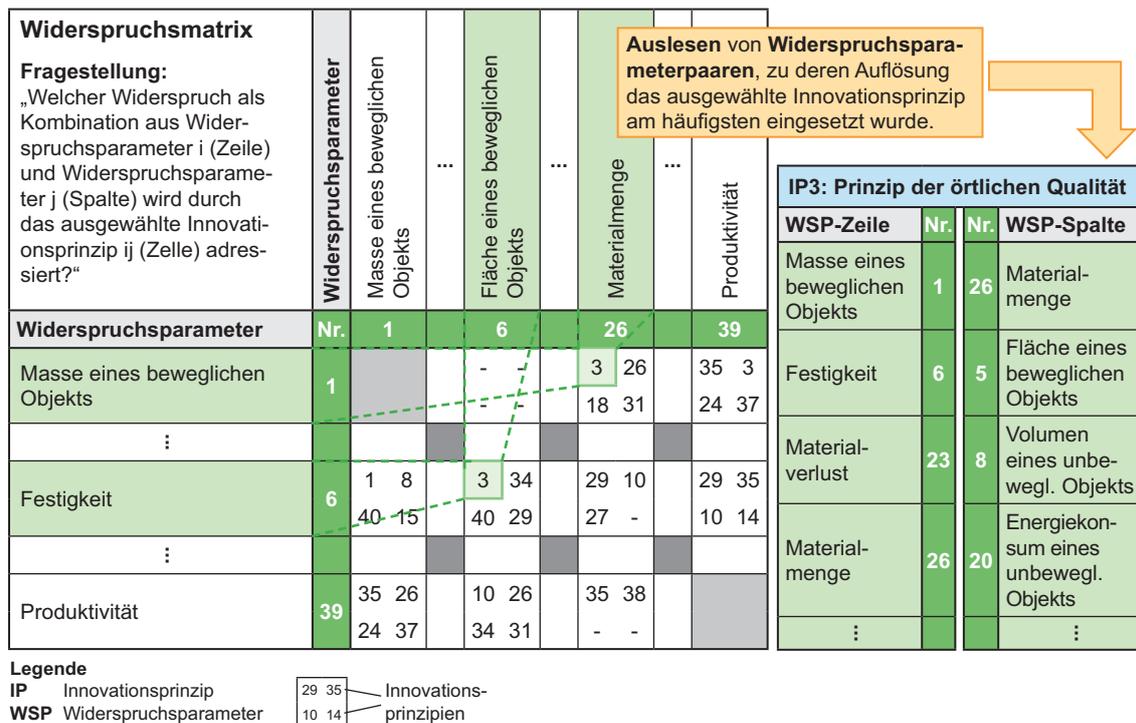


Bild 4-18 Identifikation von abstrakten Problemen auf Basis der Widerspruchsmatrix (automatisierte Ausgabe für ausgewählte Innovationsprinzipien) in Anlehnung an [WGP14, S. 116]

Ein Widerspruch ergibt sich aus der Kombination zweier Widerspruchsparemetri; um diese zu identifizieren, muss lediglich der Zeilen- und Spaltenname der ausgewählten Zelle in der Widerspruchsmatrix identifiziert werden. Die Anzahl der Widersprüche variiert je nach ausgewähltem Innovationsprinzip. Das für die Systematik entwickelte Tool gibt automatisiert jeweils eine Liste von Widersprüchen für die drei als höchst relevant bewerteten Innovationsprinzipien. Die Liste enthält in der linken Spalte jeweils die zu verbessernden Widerspruchsparemetri, die rechte Spalte die sich dadurch verschlechternden Widerspruchsparemetri.

Für das *Prinzip der örtlichen Qualität (IP3)* ist im Validierungsbeispiel in Erwägung zu ziehen, dass durch die Technologie Widersprüche aufgelöst werden können, die durch die Kombination der Widerspruchsparemetri *Masse eines beweglichen Objekts* und *Materialmenge* sowie *Festigkeit* und *Fläche eines beweglichen Objekts* resultieren. So kann zum Beispiel mittels der *Integrierten Gitternetzstruktur* die Festigkeit eines Objekts erhöht werden, ohne die Fläche eines Objekts zu vergrößern. **Ergebnis** dieses Schrittes sind

Widersprüche, zu deren Auflösung die Produkttechnologie durch die ausgewählten Innovationsprinzipien beitragen kann.

4.2.4 Potentiale der Produkttechnologie ableiten

Ziel dieses Schritts sind Potentiale der Produkttechnologie. Diese Potentiale bilden die Grundlage für die in Phase 3 des Vorgehens anschließende Identifikation von Anwendungskontexten für die Technologie; sie sollen also die Suche nach potentiellen Anwendungsideen lenken. Ausgangspunkt für die Ableitung von Technologiepotentialen bilden die für jedes ausgewählte Innovationsprinzip erstellten Listen von Widersprüchen (vgl. Abschnitt 4.2.3). Für jedes Innovationsprinzip sind die Widersprüche zu vernetzen. Auf dieser Basis sind Technologiepotentiale, also Schlüsselfähigkeiten und -themen, zu identifizieren und schließlich aufzubereiten.

Die Suche nach Potentialen ist ein kreativer Prozess, der i.d.R. einen gezielten Einsatz von Kreativitätstechniken erfordert [WGP14, S. 115]. Eine Auflistung der Widersprüche, wie in Bild 4-18 dargestellt, ist zur Anregung der Kreativität nur bedingt geeignet. Ferner kann die Liste vereinfacht werden, da ein Widerspruchparameter i (Zeile) in Kombination mit mehreren Widerspruchparametern j (Spalte) auftreten kann. Zudem kann ein Widerspruch zweifach auftreten, wenn in etwa das ausgewählte Innovationsprinzip für beide Optimierungsrichtungen der Kombination aus Widerspruchparameter i und Widerspruchparameter j gilt. Daher werden im Rahmen der Systematik zunächst die Beziehungen der einzelnen Widerspruchparameter durch eine Vernetzung zueinander abgebildet. Eine Vernetzung reduziert die Komplexität, da jeder Widerspruchparameter nun einmalig abgebildet wird; die Zusammenhänge zwischen den Widerspruchparametern sind so leichter zu erfassen. Indes eröffnet eine derartige Vernetzung die Möglichkeit, *assoziative Ketten/Cluster* von Widersprüchen abzubilden. Diese Vernetzung und Bildung von assoziativen Ketten/Clustern sind als Kreativitätstechnik zu verstehen.

Im Grundgedanken folgt diese entwickelte Kreativitätstechnik dem *Storytelling-Ansatz*. Der Ansatz basiert auf der Annahme, dass das menschliche Gehirn Verbunde von gemeinsam auftretenden Elementen, sog. Muster speichert. Diese Muster werden i.d.R. autoassoziativ abgerufen; daher verfügen Geschichten über eine *unbewusst wirkende Anziehungskraft* [Fuc12, S. 141], [WGP14, S. 116]. Deshalb gilt Storytelling als ein wichtiges Marketinginstrument [Fuc12, S. 139]. Die entwickelte Kreativitätstechnik unterstützt eine Vernetzung der Widersprüche zu einer *Geschichte*. Die Vernetzung kann manuell erfolgen und/oder software-technisch unterstützt werden. Eine manuelle Vernetzung wird mit steigender Anzahl von Widersprüchen schwieriger³². Im Rahmen der Systematik wird der Design Structure Matrix (DSM) Ansatz verfolgt. Dieser ermöglicht es, diese Aufgabe handhabbar zu lösen [Bro01, S. 292ff.]. Eine software-technische Unterstützung ist durch die Software Loomeo gegeben: Die Software unterstützt die Erstellung einer DSM und

³² Die Anzahl der Widersprüche variiert je nach ausgewähltem Innovationsprinzip zwischen 2 und 151 Widersprüchen; der Durchschnittswert liegt bei 30 Widersprüchen.

die anschließende Abbildung der Vernetzung. In einer DSM werden die Widerspruchparameter einander gegenübergestellt, vgl. Bild 4-19 [WGP14, S. 116]. Hierfür sind die Widerspruchparameter jeweils in den Zeilen und Spalten der DSM aufzunehmen und zu bewerten. Die Fragestellung lautet: Bilden Widerspruchparameter i (Zeile) und Widerspruchparameter j (Spalte) einen Widerspruch für das ausgewählte Innovationsprinzip? Eine zwischen zwei Widerspruchparametern bestehende Beziehung wird durch ein Kreuz angegeben. Im Validierungsbeispiel wurde für das *Prinzip der örtlichen Qualität (IP3)* die DSM auf Basis der generierten Liste von Widersprüchen erstellt, vgl. Bild 4-19.

| Vernetzungsmatrix | | Widerspruchparameter | Masse eines beweglichen Objekts | Masse eines unbeweglichen Obj. | ... | Materialmenge | Zuverlässigkeit | ... | Anpassungsfähigkeit | Komplexität der Struktur | Schwierigkeit d. Kontrolle ... | Automatisierungsgrad | Produktivität |
|---|----|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----|---------------|-----------------|-----|---------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------|
| Fragestellung: „Bilden Widerspruchparameter i (Zeile) und j (Spalte) einen Widerspruch für das ausgewählte Innovationsprinzip?“ | | Nr. | 1 | 2 | 26 | 27 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | | |
| Bewertungsmaßstab: <input checked="" type="checkbox"/> = ja <input type="checkbox"/> = nein | | | | | | | | | | | | | |
| Widerspruchparameter | | | | | | | | | | | | | |
| Masse eines. bewegl. Obj. | 1 | | | | X | | | | | | | | |
| Masse eines unbewegl. Obj. | 2 | | | | | | | | | | | | |
| ⋮ | | | | | | | | | | | | | |
| Materialmenge | 26 | | | | | | | | X | | | | |
| Zuverlässigkeit | 27 | X | X | | | | | | | | | | |
| ⋮ | | | | | | | | | | | | | |
| Anpassungsfähigkeit | 35 | | | | X | | | | | | | | |
| Komplexität | 36 | | | | | | | | | | | | |
| Schwierigkeit d. Kontrolle ... | 37 | | | | | | | | | | | | |
| Automatisierungsgrad | 38 | | | | | | | | | | | | |
| Produktivität | 39 | | | | | | | | | | | | |

In der Vernetzungsmatrix werden die Beziehungen zwischen den einzelnen Widerspruchparametern für das ausgewählte Innovationsprinzip abgebildet.

Bild 4-19 Abbildung der Beziehungen zwischen den Widerspruchparametern in Anlehnung an [WGP14, S. 117]

Die Software Looemo generiert automatisch auf Basis der in der DSM indizierten Beziehungen einen Vernetzungsgraphen, vgl. Bild 4-20. Aus dieser Darstellung lassen sich sog. Cluster ableiten, die sich um stark vernetzte Widerspruchparameter bilden. Diese Widerspruchparameter werden im Folgenden als Brückenelemente verstanden. Brückenelemente und Cluster sind individuell festzulegen. Im Validierungsbeispiel wurden am Beispiel des *Prinzips der örtlichen Qualität* sechs Cluster um die Brückenelemente *Materialmenge*, *Haltbarkeit*, *Messgenauigkeit*, *Fertigungsgenauigkeit*, *Temperatur* und *Zuverlässigkeit* ermittelt. Die Vernetzung der Widersprüche sollte analog für alle selektierten Innovationsprinzipien durchgeführt werden [WGP14, S. 116f.].

Die Vernetzung ist die Grundlage für das „*Storytelling*“, das sehr effektiv in einem Kollektiv im Rahmen von Workshops angewendet werden kann. Ein Workshop-Moderator

verknüpft die Widerspruchsparameter eines Clusters zu Ketten von Widersprüchen, die eine *Geschichte* ergeben. Auf diese Weise werden klassische Denkprozesse nachgeahmt, eine Inspiration für die Suche nach Potentialen gegeben und so die Kreativität der Workshop-Teilnehmer angeregt. Eine beispielhafte Widerspruchskette um das Brückenelement *Materialmenge* wurde wie folgt formuliert: Mittels der Integrierten Gitternetzstruktur können Masse sowie negative Effekte eines Objekts bei gleichzeitiger Erhöhung der Haltbarkeit und Anpassungsfähigkeit und gleichbleibender Materialmenge reduziert werden. Analog können Cluster-übergreifende Widerspruchsketten formuliert werden.

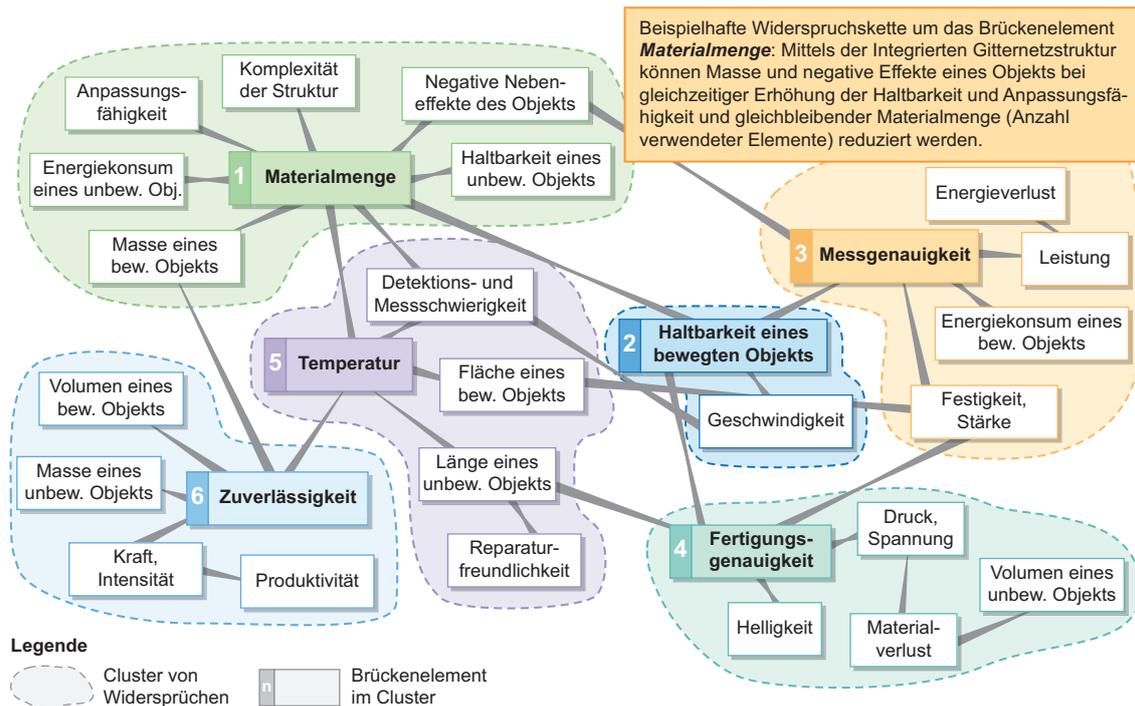


Bild 4-20 Vernetzung der Widerspruchsparameter zu Widerspruchs-Clustern für das Storytelling in Anlehnung an [WGP14, S. 117]

Die formulierten Ketten von Widersprüchen („Geschichten“) dienen als Inspiration für die kreative Identifikation von Potentialen. Dazu sind die Workshop-Teilnehmer gefragt, Potentiale (Schlüsselfähigkeiten und/oder -themen) zu identifizieren, die sie mit den Widersprüchen innerhalb eines Clusters assoziieren. Die Sammlung der Potentiale erfolgt in einer Verflechtungsmatrix, vgl. Bild 4-21. In den Zeilen der Matrix sind die Brückenelemente der Cluster gelistet; die innerhalb des jeweiligen Clusters assoziierten Potentiale werden als Unterpunkte dokumentiert (1. Schleife). Erfahrungsgemäß entstehen durch eine Cluster-übergreifende Kombination der bereits identifizierten Potentiale Inspirationen und/oder Assoziationen für weitere Potentiale. Diese sind in den Zellen der Verflechtungsmatrix zu dokumentieren (2. Schleife) [WGP14, S. 118]. Im Folgenden werden die Potentiale in den Zeilen der Verflechtungsmatrix als Widerspruchs-Cluster-interne, die in den Zellen als Widerspruchs-Cluster-übergreifende Technologiepotentiale bezeichnet.



Bild 4-21 Verflechtungsmatrix zur Ableitung von Technologiepotentialen in Anlehnung an [WGP14, S. 118]

Für das Validierungsbeispiel wurden z.B. für das Cluster um das Brückenelement *Fertigungsgenauigkeit* die Potentiale *Topologie-optimiertes Design*, *Topologie für Transparenz*, *Topologie für Raumeinnahme* etc. abgeleitet. Mit dem Cluster um das Brückenelement *Materialmenge* werden u.a. Potentiale wie *Leichtbau*, *Energie- und Ressourceneffizienz*, „komplex und zugleich einfach“ etc. assoziiert. *Topologie-optimiertes Design* ist eine Schlüsselfähigkeit der Integrierten Gitternetzstruktur, d.h. hochbeanspruchte Bauteile lassen sich belastungsgerecht konstruieren, indem jede einzelne Gitterstrebe gemäß ihrer (Belastungs-)Richtung im Bauteil hinsichtlich Stärke und Ausrichtung anforderungsgerecht ausgelegt wird. Volumenelemente ohne unmittelbare Funktionen entfallen. Damit wird u.a. das Schlüsselthema *Leichtbau* assoziiert. Ferner könnte mittels der Gitternetzstruktur eine hohe Steifigkeit des Bauteils bei gleichzeitig gezielter *Steuerung der Transparenz* realisiert werden, um in Anwendungen Transluminenz-Anforderungen

gerecht zu werden. Die Gitternetzstruktur passt sich entsprechend an individuelle Umgebungen an bzw. erfüllt situationsspezifische Funktionen. Die Möglichkeit der Verknüpfung verschiedener Funktionen in einer Struktur adressiert das Schlüsselthema *Funktionsintegration*; werden diese Funktionen in einem kleinen Raum integriert, wird *Miniatürisierung* ein mögliches Schlüsselthema [WGP14, S. 118f.]. Die identifizierten Technologiepotentiale sind zuletzt in einem Potentialkatalog zu dokumentieren, um für alle am Prozess Beteiligten das gleiche Begriffsverständnis zu schaffen (vgl. Abschnitt A1.2).

Ergebnis dieses Schritts sind Potentiale der Produkttechnologie. Diese unterscheiden sich in ihrer Güte: einige stellen technologische Fähigkeiten dar, andere repräsentieren gegenwärtige und zukünftige „brennende Themen“ aus Marktsicht. Gesamtergebnis von Phase 2 sind Potentiale aus dem Lösungsraum.

4.3 Identifikation von Anwendungskontexten

Ziel dieser Phase sind Anwendungskontexte für die Technologie – also ein initial skizzierter Problemraum, vgl. Bild 4-1. Die Identifikation von Anwendungskontexten erfolgt primär auf Basis der ermittelten Technologiepotentiale. Konkret geht es darum, eine erste Vorstellung davon zu schaffen, wo und wie diese Potentiale einen Nutzen stiften können. **Anwendungskontexte** umfassen *Innovationsfelder* und *Anwendungsideen*. **Innovationsfelder** umreißen grob potentielle Marktsegmente, z.B. in Form einer Industrie oder Branche, und geben damit den Suchraum für die Suche nach Anwendungsideen vor. Eine **Anwendungsidee** ist eine Idee für eine mögliche Marktleistung, in der die Technologie einen Mehrwert schaffen kann. Dieser Struktur folgend, werden zunächst Innovationsfelder ermittelt und analysiert, um eine Priorisierung von Innovationsfeldern vorzunehmen. Es folgt die Vorausschau zukünftiger Einflüsse in den Innovationsfeldern, um potentielle Chancen und Risiken zu antizipieren. Zuletzt werden Anwendungsideen in den priorisierten Innovationsfeldern generiert, priorisiert und dokumentiert.

4.3.1 Innovationsfelder ermitteln und analysieren

Ziel dieses Schritts sind Innovationsfelder für die Suche nach Anwendungsideen³³. Hierfür werden zunächst Innovationsfelder ermittelt und anhand der Potentiale aus den pro-

³³ Grundlage und Vorgehen für die Ermittlung von Innovationsfeldern unterscheiden sich je nach Anwender der Systematik. Wird die Systematik von einem Technologieanbieter angewendet – ein Unternehmen, das über die Technologie verfügt – so ist im Allgemeinen ein generischer Ansatz zu wählen. Ein Technologieanbieter hat i.d.R. den Anspruch, neue Innovationsfelder zu erschließen, die möglichst viele Synergiepotentiale hinsichtlich der erforderlichen Technologieleistungsfähigkeit aufweisen. Dabei wird i.d.R. auf Industrielisten bzw. Branchenklassifikationen zurückgegriffen. Bei einem Technologienutzer – ein Unternehmen, das das Ziel verfolgt, die betrachtete Technologie für das eigene Geschäft zu adaptieren, bildet i.d.R. eine Analyse der gegenwärtigen Geschäftsstruktur den Ausgangspunkt für die Suche nach Innovationsfeldern, vgl. A2.

duktionstechnologischen Rahmenbedingungen grob priorisiert. Die priorisierten Innovationsfelder werden abschließend hinsichtlich ihrer Konformität zu den Technologiepotentialen sowie bzgl. der Innovationsaktivität und Strategiekonformität bewertet.

Grundlage für die Ermittlung von Innovationsfeldern bilden Industrielisten. Prinzipiell kann auf verschiedene Listen zurückgegriffen werden³⁴. Im Rahmen der Systematik wird die *statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE)* verwendet. Für diese Wirtschaftszweige werden in definierten Abständen Marktkennzahlen erhoben, auf die zu einem späteren Zeitpunkt zurückgegriffen werden kann [Eur08, S. 65ff.]. Die NACE-Klassifikation ist in die vier Ebenen *Abschnitte, Abteilungen, Gruppen* und *Klassen* gegliedert³⁵. Die Abschnitte sind nach allgemeinen Merkmalen produzierter Waren und Dienstleistungen spezifiziert; jeder Abschnitt ist in Abteilungen gegliedert, die Abteilungen in Gruppen. Abteilungen und Gruppen unterscheiden sich durch die Art der produzierten Waren und Dienstleistungen, den Verwendungszweck der Waren und Dienstleistungen, den Faktoreinsatz und die Produktionstechnik. Gruppen sind in Klassen gegliedert; Unternehmen sind einer Klasse zugeordnet, wenn sie Waren und Dienstleistungen unter Einsatz ähnlicher Technologien herstellen [Eur08, S. 21ff.].

Die Ermittlung von Innovationsfeldern auf Basis der NACE-Klassifikation erfolgt stufenweise. In eine Checkliste ist ausgehend von der höchsten Hierarchieebene hin bis zur gewünschten Ebene der NACE-Klassifikation zu prüfen, ob die Potentiale aus den Rahmenbedingungen übergeordnet einen Beitrag stiften können. Dabei ist unternehmens- und technologiespezifisch zu entscheiden, auf welcher Hierarchieebene eine Eingrenzung erfolgen soll³⁶. Wie in Bild 4-22 dargestellt, wurde im Validierungsbeispiel die Frage beantwortet, ob die in Abschnitt 4.2.1 ermittelten Potentiale *Flexibilisierung des Produktes und/oder des Prozesses* in Abschnitt, Abteilung und Gruppe i (Zeilen) beitragen können.

³⁴ Industrielisten bieten eine umfassende Übersicht existierender Branchen; deren Anwendung findet in verschiedenen Bereichen des Innovationsmanagements statt. GASSMANN ET AL. setzen beispielsweise Industrielisten im Rahmen von Cross-Industry-Projekten ein; ARDILIO/LAIB verwenden Industrielisten im Rahmen der Technologiepotentialanalyse [GS08, S. 231], [EG10, S. 262f.], [AL08, S. 187]. Zu den gängigen Klassifikationen zählen der deutsche *WZ2008-Katalog (Klassifikation der Wirtschaftszweige)*, der NACE-Code als europäische Klassifizierung von Wirtschaftszweigen (*Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne*) und die internationale Klassifikation *ISIC (International Standard Industrial Classification)* [Sta07], [Eur08], [Dep08].

³⁵ Die NACE-Klassifizierung umfasst insgesamt 21 Abschnitte mit 88 Abteilungen. Die Abteilungen gliedern sich in 272 Gruppen und diese wiederum in 615 Klassen [Eur08, S. 51].

³⁶ Die Klassen sind bereits sehr spezifisch. Werden diese als Innovationsfelder ausgewählt, wird die Suche nach Anwendungsideen stark eingegrenzt. Ferner ist die Anzahl der Klassen das Doppelte der Anzahl von Gruppen. Zur Komplexitätsreduktion ist daher eine Eingrenzung des Suchfeldes bis auf die Gruppen sinnvoll; dies hat sich in den Validierungsprojekten bestätigt. Selbstredend kann von dieser Empfehlung in Individualfall abgewichen werden.

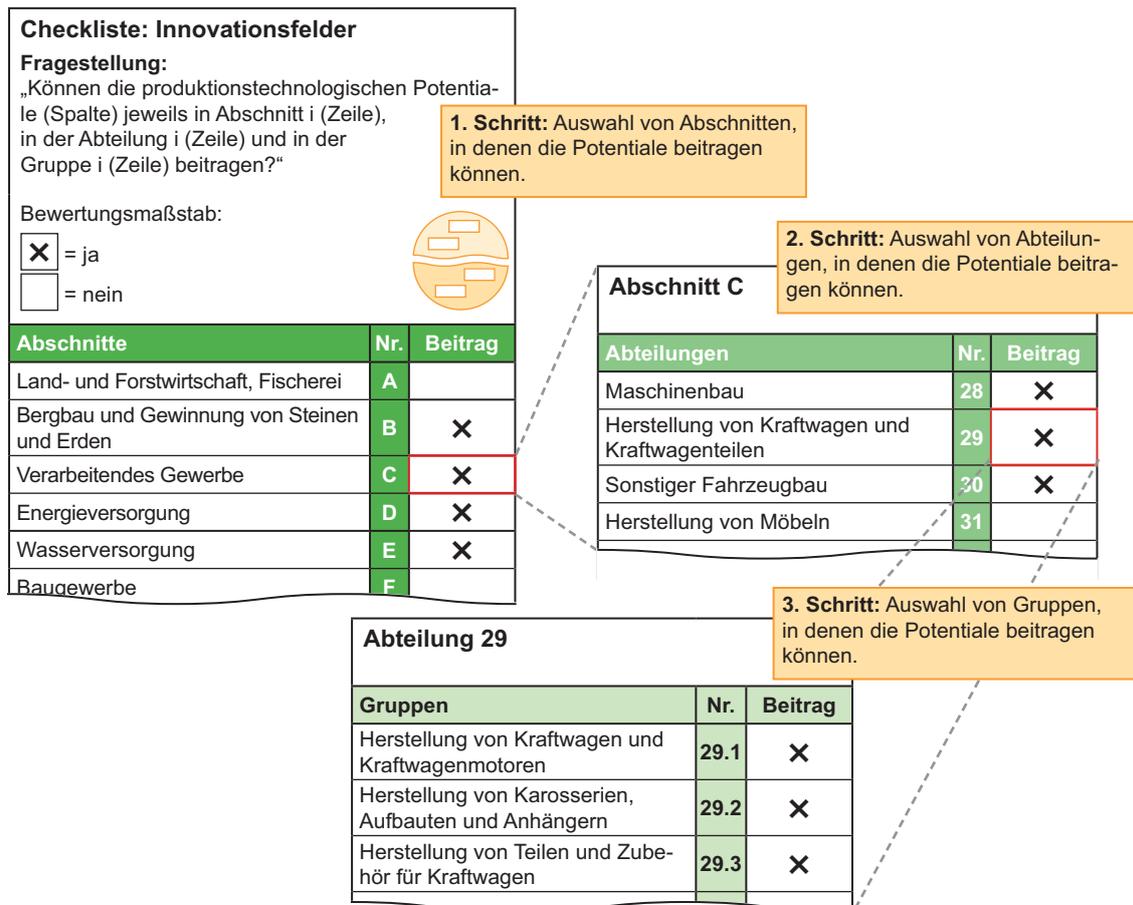


Bild 4-22 Stufenweise Selektion von Innovationsfeldern auf Basis von Industrielisten

Unter anderem wurde der Abschnitt C *Verarbeitendes Gewerbe* für die weitere Ausarbeitung ausgewählt, da hier sowohl die *Flexibilisierung des Produktes* als auch die *Flexibilisierung des Prozesses* einen Mehrwert schaffen können. Auf der Ebene der Abteilungen kann die Technologie u.a. in der *Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen* einen Beitrag leisten, z.B. durch die *Reduktion von time-to-market* oder durch die *Individualisierung* spezieller Kraftwagenteile. Auf diese Weise wurde die Anzahl der im Folgenden zu betrachtenden Gruppen von 615 auf 20 Gruppen reduziert. Zu den ausgewählten Gruppen zählen u.a. die *Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren* und *Herstellung von Teilen und Zubehör von Kraftwagen*.

Die identifizierten Innovationsfelder sind anschließend hinsichtlich der Potentialkonformität, Innovationsaktivität und Strategiekonformität zu analysieren. Die Potentialkonformität spiegelt die Attraktivität der Technologie für die Innovationsfelder wieder. Es sind die Potentiale der als Bezugsobjekt ausgewählten Technologie zu betrachten. Im Validierungsbeispiel wurden Produkt- und Produktionstechnologie als Bezugsobjekt ausgewählt. Die Bewertung erfolgt in einer Matrix, vgl. Bild 4-23.

| Bewertungsmatrix: Innovationsfelder | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-------------|-----------------|-----------------------|------------|--|--|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|--|--|
| Fragestellung: „Wie hoch ist die Konformität des Innovationsfelds i (Zeile) mit den Technologiepotentialen j (Spalte)?“ Bewertungsmaßstab: 3 = sehr hohe Konformität 2 = hohe Konformität 1 = mittlere Konformität 0 = geringe Konformität | Technologiepotentiale | | | | | | | |  | | | | |
| | Materialmenge | Haltbarkeit | Messgenauigkeit | Fertigungsgenauigkeit | Temperatur | Zuverlässigkeit | Potentialkonformität PT_i und $PT_{\bar{u}}$ | Potentialkonformität (PTT) | | Strategiekonformität (SK) | Innovationsaktivität (IA) | | |
| Innovationsfelder | Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PT | PTT | SK | IA | | |
| Gewinnung von Erdöl | 06.1 | 1 1 | 2 1 | 3 2 | 1 1 | 2 2 | 2 3 | 1,8 1,7 | 0,9 | 1 | 1,10 | | |
| Gewinnung von Erdgas | 06.2 | 1 1 | 2 1 | 3 2 | 1 1 | 3 2 | 2 3 | 2,0 1,7 | 1,0 | 1 | 2,00 | | |
| Herstellung von keramisch. Baumaterialien | 23.3 | 0 2 | 1 1 | 1 1 | 2 1 | 3 2 | 3 2 | 1,7 1,5 | 1,2 | 1 | 0,70 | | |
| Herst. von Porzellan/keram. Erzeugnissen | 23.4 | 0 2 | 1 1 | 1 1 | 2 1 | Die Innovationsfelder werden hinsichtlich der Potentialkonformität (PT und PTT) bewertet. Ferner erfolgt eine Beurteilung bzgl. der Strategiekonformität (SK) und Innovationsaktivität (IA) . | | | | | | | |
| : | | | | | | | | | | | | | |
| Herstellung von Kraftwagen und -motoren | 29.1 | 3 3 | 3 3 | 3 1 | 2 1 | 2 0 | 2 3 | 1,8 1,8 | | | | | |
| Herstellung von Karosserien, Aufbauten etc. | 29.2 | 3 3 | 3 3 | 1 1 | 3 1 | 0 0 | 3 3 | 2,2 1,8 | 1,4 | 3 | 2,10 | | |
| Herstellung von Teilen, Zubehör | 29.3 | 1 3 | 2 3 | 2 3 | 2 3 | 1 0 | 2 3 | 1,7 2,5 | 2,9 | 3 | 2,40 | | |
| Schiffs- und Bootsbau | 30.1 | 2 1 | 3 3 | 2 3 | 3 3 | 1 2 | 3 2 | 2,3 2,0 | 2,1 | 2 | 0,00 | | |
| Schienenfahrzeugbau | 30.2 | 2 3 | 2 3 | 2 2 | 2 2 | 1 2 | 2 3 | 1,8 2,5 | 2,0 | 2 | 1,00 | | |
| Luft- und Raumfahrzeugbau | 30.3 | 3 3 | 3 3 | 3 3 | 3 3 | 2 2 | 3 3 | 2,8 2,8 | 3,0 | 3 | 2,00 | | |
| : | | | | | | | | | | | | | |
| Handel mit Kraftwagenteilen und -zubehör | 45.3 | 2 1 | 2 3 | 1 2 | 1 2 | 1 1 | 0 0 | 1,3 1,8 | 3,0 | 1 | 1 | | |

Widerspruchs-Cluster-interne Potentialkonformität PT_i

Widerspruchs-Cluster-übergreifende Potentialkonformität $PT_{\bar{u}}$

Der Beitrag der Technologiepotentiale aus Widerspruchs-Cluster „Temperatur“ ist im Schienenfahrzeugbau mittel.

Der Beitrag der übergreifenden Technologiepotentiale aus Widerspruchs-Cluster „Zuverlässigkeit“ ist im Luft- und Raumfahrzeugbau sehr hoch.

Bild 4-23 Bewertung der Innovationsfelder hinsichtlich Potentialkonformität, Strategiekonformität und Innovationsaktivität (Auszug)

Bei der Bewertung der **Konformität zu den Potentialen der Produkttechnologie (PT_i und $PT_{\bar{u}}$)** werden Widerspruchs-Cluster-interne und Widerspruchs-Cluster übergreifende Technologiepotentiale unterschieden (vgl. Abschnitt 4.2.4, Bild 4-21). Wie in Bild 4-23 dargestellt, ist die Konformität des Innovationsfelds i (Zeile) mit den Cluster-internen Potentialen j (Spalten 1 bis 6) (Potentialkonformität PT_i) sowie die Konformität des Innovationsfelds i (Zeile) mit den Cluster-übergreifenden Potentialen j (Spalten 1 bis 6) (Potentialkonformität $PT_{\bar{u}}$) zu beurteilen. Die Bewertungsskala reicht von *null* (*geringe Konformität*) bis *drei* (*sehr hohe Konformität*). Die siebte Spalte enthält die normierten Potentialkonformitätswerte PT_i und $PT_{\bar{u}}$.

Zur Beurteilung der Innovationsfelder hinsichtlich der **Konformität zu den Potentialen der Produktionstechnologie (Potentialkonformität PTT)** wird das in Tabelle 4-1 dargestellte Bewertungsschemata verwendet. Es gilt, eine Einschätzung der Konformität der

Innovationsfelder zu den in Abschnitt 4.2.1 ermittelten, produktionstechnologischen Potentialen vorzunehmen. Es wird die oben vorgestellte Bewertungsskala verwendet. Im Validierungsbeispiel wurde eine Beurteilung hinsichtlich der *Flexibilisierung des Produkts* und der *Flexibilisierung des Prozesses* vorgenommen, vgl. Bild 4-23 (achte Spalte).

Tabelle 4-1 Schema für die Bewertung der Konformität zu den Potentiale der Produktionstechnologie

| Produktionstechnologie-Potentialkonformität PTT | | Bewertungsmaßstab | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|---|--|--|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Bewertungs-kriterien | Flexibilisierung des Produkts | 1 | Die Potentialkonformität ist gering | Die Potentialkonformität ist mittel | Die Potentialkonformität ist hoch | Die Potentialkonformität ist sehr hoch |
| | Flexibilisierung des Prozesses | 2 | Der Beitrag durch das Potential ist geringfügig | Der Beitrag durch das Potential ist mittel | Der Beitrag durch das Potential ist hoch | Der Beitrag durch das Potential ist herausragend |

Im Rahmen technologie-induzierter Innovationsprozesse stellen Innovationsfelder Suchfelder für Anwendungsideen dar. Auf dieser Basis werden in letzter Instanz Weiterentwicklungsrichtungen für die Technologie abgeleitet. Es ist demnach bereits bei der Auswahl von Innovationsfeldern³⁷ auf deren Konformität zu Unternehmenszielen und -strategie zu achten [GL99, S. 31], [SH00, S. 87], [Abe06, S. 129], [SW85, S. 82]. Die **Strategiekonformität (SK)** ist ein wichtiges Kriterium dafür [Ste13, S. 43]. Zur Bewertung wird eine Bewertungsskala verwendet, die von *null* (keine Strategiekonformität) bis *drei* (sehr hohe Strategiekonformität) reicht. Die Bewertungen sind in der Matrix in der neunten Spalte zu ergänzen, vgl. Bild 4-23.

Zuletzt erfolgt eine Evaluation der **Innovationsaktivität (IA)**. Es wird angenommen, dass eine neue Technologie eher in einem Innovationsfeld mit hoher Innovationsaffinität Anklang findet. Die Innovationsaktivität lässt sich durch die *Investitionen in F&E* und die *Länge der Produktlebenszyklen* charakterisieren³⁸ (vgl. [Ech14, S. 113f.]). Ergänzend wird die Anzahl der Patente als Kriterium herangezogen. Tabelle 4-2 zeigt das Bewertungsschema. Der Bewertungsmaßstab ist individuell festzulegen; als Grundlage für die Bewertung können Studien, wie z.B. [Eur13a], [Eur13b], herangezogen werden. Die Bewertungen der über alle Kriterien konsolidierten Innovationsaktivität sind zuletzt in der zehnten Spalte der Matrix zu ergänzen, vgl. Bild 4-23 (zehnte Spalte).

³⁷ Konkret sprechen GESCHKA/LENK von Suchfeldern für FuE-Programme, SPECHT und HARLAND von Technologiemanagement-Programmplanung [GL99, S. 31], [SH00, S. 87]. Die Auswahl der Innovationsfelder fließt in die Planung der Technologieentwicklung ein; daher ist es sinnvoll und notwendig, die Innovationsfelder hinsichtlich der Strategiekonformität zu beurteilen.

³⁸ Die Länge der Produktlebenszyklen charakterisiert die durchschnittliche Dauer für die Existenz einer Leistung am Markt, ausgehend von der Produktplanung über Wachstum, Reife, Abnahme bis zur Einführung der nächsten Produktgeneration, vgl. [Bul94, S. 109f.]. Für eine dedizierte Herleitung der Innovationsaktivität als Bewertungsdimension sei auf [Ech14, S. 113f.] verwiesen.

Tabelle 4-2 Schema für die Bewertung der Innovationsaktivität der Innovationsfelder

| Innovationsaktivität | | Bewertungsmaßstab | | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------------|--|--|---|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Bewertungskriterien | Länge der Produktlebenszyklen | 1 | Die Produktlebenszyklen sind lang: PLZ > 6 Jahre | Die Produktlebenszyklen sind mittel: 3 Jahre ≤ PLZ ≤ 6 Jahre | Die Produktlebenszyklen sind kurz: 1 Jahr ≤ PLZ < 3 Jahre | Die Produktlebenszyklen sind sehr kurz: PLZ < 1 Jahr |
| | Investitionen in FuE | 2 | Das Investitionsniveau ist niedrig | Das Investitionsniveau ist durchschnittlich | Das Investitionsniveau ist hoch | Das Investitionsniveau ist sehr hoch |
| | Anzahl von Patentanmeldungen | 3 | Kaum Patentaktivitäten vorhanden | Die Patentaktivitäten sind durchschnittlich | Die Patentaktivitäten sind hoch | Die Patentaktivitäten sind herausragend |

4.3.2 Innovationsfelder priorisieren

Bei der Bewertung der in Abschnitt 4.3.1 vorgestellten Kriterien geht es um eine tendenzielle Einordnung der Innovationsfelder. Auf dieser Basis erfolgt die Priorisierung der Innovationsfelder, die durch Nutzwertanalysen und Portfolio-Techniken unterstützt werden kann³⁹. Für die Systematik werden zwei Auswahlportfolios vorgeschlagen, die je nach festgelegtem Bezugsobjekt zu verwenden sind. Bei der Verwendung des ersten Portfolios, dargestellt in Bild 4-24, kann eine Auswahl der Innovationsfelder rein auf Basis der Potentialkonformität zur Produkttechnologie vorgenommen werden; im zweiten Portfolio wird zusätzlich die Potentialkonformität zur Produktionstechnologie betrachtet, vgl. Bild 4-25. Ist letztere kein Bezugsobjekt, ist das zweite Portfolio obsolet.

Im ersten Portfolio werden die Cluster-interne (PT_i) und -übergreifende ($PT_{\bar{i}}$) Potentialkonformität respektive auf der Ordinate und Abszisse abgetragen, vgl. Bild 4-24. Über die Positionierung der Innovationsfelder entlang der Diagonalen resultiert die **gesamte Potentialkonformität PT_{Ges}** der Innovationsfelder zu der **Produkttechnologie**; PT_{Ges} ist das arithmetische Mittel von PT_i und $PT_{\bar{i}}$. Die Konformität der Innovationsfelder zur übergeordneten Strategie ist über die Farbe symbolisiert, die Innovationsaktivität über den Durchmesser.

³⁹ Nutzwertanalysen sind ein probates und nachvollziehbares Werkzeug der Entscheidungsfindung [GP14, S. 129ff.], [PBF+07, S. 166f.]. Portfolio-Techniken haben sich zur grafischen Unterstützung von Auswahlentscheidungen in der Praxis bewährt [GP14, S. 156], [HSK+11, S. 337], [Bul94, S. 144f.].

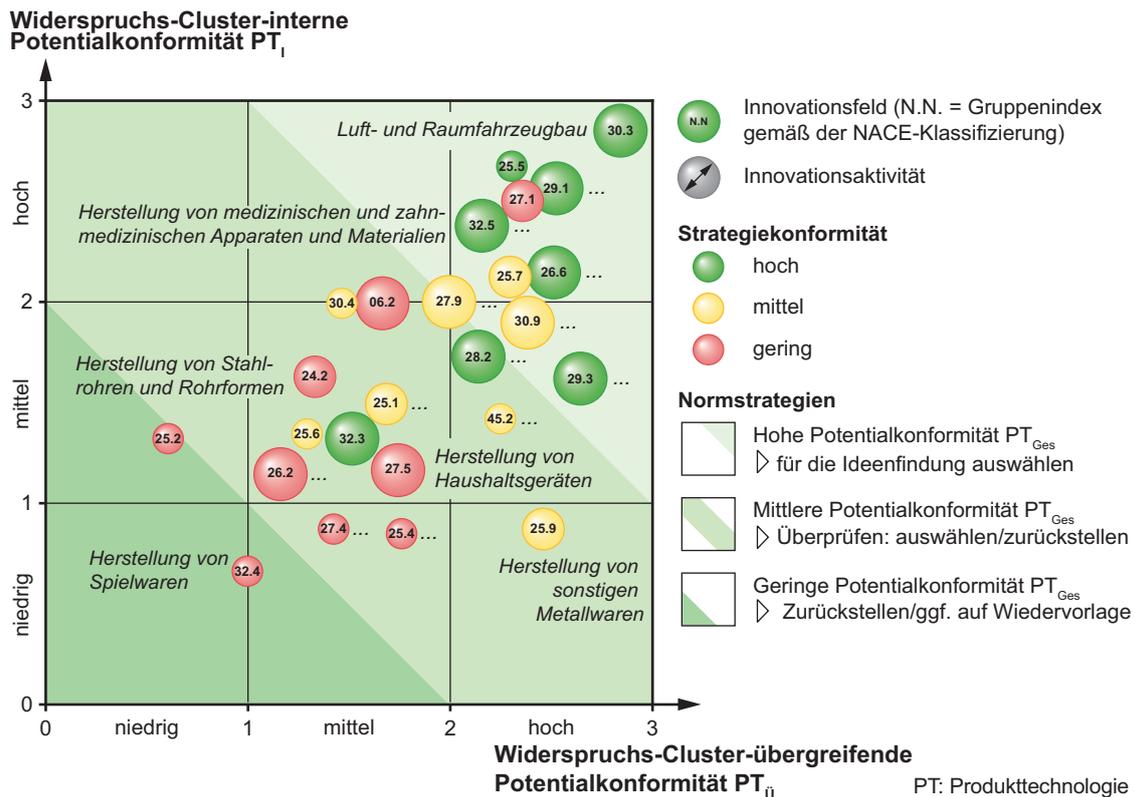


Bild 4-24 Auswahl von Innovationsfeldern auf Basis der Konformität zu den Potentialen der Produkttechnologie PT_i und PT_u (Auszug)

- **Hohe Potentialkonformität PT_{Ges} :** Innovationsfelder im oberen rechten Feld besitzen eine hohe PT_i und PT_u ; in diesen Innovationsfeldern sind sowohl die Cluster-internen als auch die Cluster-übergreifenden Potentiale der Produkttechnologie relevant. Diese Innovationsfelder sind für die Ideengenerierung auszuwählen. Besitzen viele Innovationsfelder eine hohe Potentialpriorität und soll die Auswahl enger eingegrenzt werden, so sind die beiden Kriterien Strategiekonformität und Innovationsaktivität bei der Auswahl zu berücksichtigen.
- **Mittlere Potentialkonformität PT_{Ges} :** Innovationsfelder im mittleren Teil des Portfolios weisen eine mittlere Potentialkonformität auf. Es ist individuell zu entscheiden, ob eine Ideengenerierung in diesen Innovationsfeldern erfolgen soll.
- **Geringe Potentialkonformität PT_{Ges} :** Innovationsfelder im unteren linken Teil des Portfolios sind durch eine geringe Potentialkonformität PT_i und PT_u gekennzeichnet; sie sind daher nicht für die Ideenfindung zu berücksichtigen.

Im Validierungsbeispiel besitzen die Innovationsfelder *Luft- und Raumfahrzeugbau* (IF 30.3) und *Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien* (IF 32.5) eine hohe PT_{Ges} und eine hohe Strategiekonformität. Die Innovationsfelder *Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten* (IF 27.9) und

Gewinnung von Erdgas (IF 06.2) besitzen eine mittlere PT_{Ges} und eine geringe bis mittlere Strategiekonformität.

Da Produkt- und Produktionstechnologie oftmals integrativ betrachtet werden müssen, wird eine detailliertere und vor allem gemeinsame Bewertung der beiden Technologieklassen vorgestellt. Die Auswahl der Innovationsfelder erfolgt auf Basis eines Potentialprioritäts-Portfolios. In diesem Portfolio indiziert die Ordinate die Potentialkonformität PT_{Ges} bzgl. der Produkttechnologie, als arithmetische Mittel von PT_I und $PT_{\bar{U}}$. Die Abszisse gibt die Bewertung der Innovationsfelder hinsichtlich der Konformität zu den Potentialen der Produktionstechnologie PTT an, vgl. Bild 4-25⁴⁰. Es resultieren vier charakteristische Bereiche im Portfolio:

- **Hohe Potentialpriorität PT_{Ges} und PTT :** Innovationsfelder in diesem Bereich besitzen eine hohe übergeordnete Potentialpriorität. Sowohl Produkttechnologie als auch Produktionstechnologie bieten eine Reihe von Potentialen, deren Erschließung in den jeweiligen Innovationsfeldern einen Mehrwert liefern kann. Das Ideenpotential ist hoch: Diese Innovationsfelder sollten in der Ideenfindung fokussiert werden.
- **Hohe Potentialpriorität PT_{Ges} :** Innovationsfelder besitzen eine hohe Potentialkonformität zu der Produkttechnologie, bei gleichzeitig mittlerer bis geringer Konformität zu den Potentialen der Produktionstechnologie. Bei der Auswahl von Innovationsfeldern aus diesem Bereich ist selektiv vorzugehen; grundsätzlich ist zu prüfen, ob die Potentiale der Produkttechnologie den Einsatz der Produktionstechnologie rechtfertigen. Zur Entscheidungsfindung können zudem die Innovationsaktivität sowie die Strategiekonformität herangezogen werden. Ggf. ist eine andere Produktionstechnologie in Betracht zu ziehen. Ferner sind diese Innovationsfelder hinsichtlich verändernder Anforderungen zu beobachten; ggf. werden die Potentiale der Produktionstechnologie im Verlauf der Zeit für die Innovationsfelder relevant.
- **Hohe Potentialpriorität PTT :** Innovationsfelder, die in diesem Bereich lokalisiert sind, weisen eine hohe Konformität zu den Potentialen der Produktionstechnologie, aber eine geringe Konformität zu den Potentialen der Produkttechnologie. Bei diesen Innovationsfeldern ist selektiv vorzugehen. Ist die Produkttechnologie fest vorgegeben, so sind diese Innovationsfelder zurückzustellen oder ggf. in einem Ideenspeicher zu sammeln: Ggf. kann in einem anderen Kontext darauf zurückgegriffen werden. Wird die Produkttechnologie lediglich als Bindeglied zwischen der untersuchten Produktionstechnologie und potentiellen Produkten verwendet, so ist im Einzelfall zu entscheiden, ob diese Innovationsfelder verworfen werden soll oder ob ggf. eine andere Produkttechnologie mehr Potentiale bieten kann.
- **Geringe Potentialkonformität PT_{Ges} und PTT :** Diese Innovationsfelder weisen insgesamt eine geringe Potentialkonformität auf; sie sind für den Einsatz der Technologie uninteressant und vice versa. Diese sind für die Ideenfindung zu vernachlässigen.

⁴⁰ Entsprechend des in Phase 1 ausgewählten Bezugsobjekts können die Achsen des Portfolios variieren.

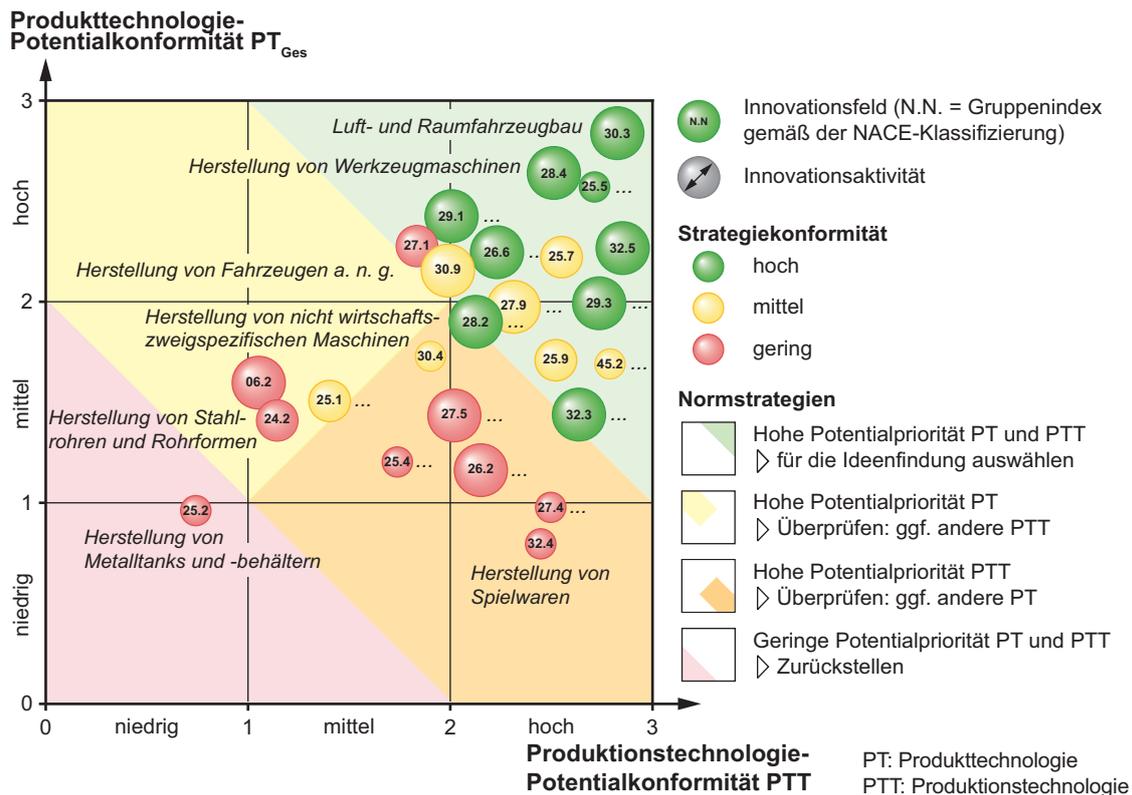


Bild 4-25 Auswahl von Innovationsfeldern auf Basis der Konformität zu den Potentialen der Produkt- (PT_{Ges}) und Produktionstechnologie (PTT) (Auszug)

Im Validierungsbeispiel wurden auf Basis des in Bild 4-25 dargestellten Portfolios vier Innovationsfelder für die weitere Bearbeitung ausgewählt:

- Der *Luft- und Raumfahrzeugbau* (IF 30.3) liegt im Bereich einer hohen Potentialpriorität. Aus projektspezifischen Gründen wurde entschieden, ausschließlich den Luftfahrzeugbau zu fokussieren und den Raumfahrzeugbau zunächst zurückzustellen.
- Die *Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien* (IF 32.5) besitzt ebenfalls eine hohe Potentialpriorität sowie eine hohe Strategiekonformität und Innovationsaktivität.
- Die *Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen* (IF 29.3) weist eine hohe Potentialpriorität auf; zudem wurde in diesem Innovationsfeld ein ausgesprochen hohes Marktpotential gesehen.
- Das vierte ausgewählte Innovationsfeld ist die *Herstellung von Maschinenbauerzeugnissen*. Unter diesem Innovationsfeld wurden drei Gruppen aus dem Abschnitt 28 der NACE-Klassifizierung zusammengefasst, da diese viele Gemeinsamkeiten besitzen: *Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen* (IF 28.1), *Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen* (28.2) sowie *Herstellung von Werkzeugen* (IF 28.4).

Ausgewählte Innovationsfelder sind zu analysieren. Hierfür ist eine erste Einschätzung aus Unternehmens-, Markt- und Technologiesicht vorzunehmen, vgl. Bild 4-26. In der Unternehmenssicht wird beschrieben, welcher Umsatz in dem Innovationsfeld bereits generiert wird und wie hoch der Umsatz wächst. Analog werden das Marktvolumen und die Marktentwicklung erfasst. Zuletzt sind die Reife der Technologie und die Entwicklungstendenz hinsichtlich Technologieeinsatz im Anwendungskontext abzuschätzen.

| Unternehmenssicht | Marktsicht | Technologiesicht |
|-------------------|---------------|------------------|
| 6 Mio. US\$ | 719 Mrd. US\$ | 🟡 |
| ➡ 2 | ⬆ 4 | ➡ |

| Unternehmenssicht | Marktsicht | Technologiesicht |
|---------------------------------------|------------------------------|---|
| Umsatz [€/US\$] | Marktvolumen [€/US\$] | TRL-Reifegrad |
| Hoher Umsatz | Hohes Marktvolumen | 🟢 hoch |
| Mittlerer Umsatz | Mittleres Marktvolumen | 🟡 mittel |
| Niedriger Umsatz | Niedriges Marktvolumen | 🔴 schlecht |
| Umsatzwachstum zum Vorjahr [%] | Marktentwicklung [%] | Entwicklungstendenz [Richtung/Farbe] |
| ⬆ > 3% | ⬆ > 3% | ⬆ zunehmend |
| ➡ ≥ 0% | ➡ ≥ 0% | ➡ gleichbleibend |
| ⬇ < 0% | ⬇ < 0% | ⬇ abnehmend |
| | | 🟢 vorhanden |
| | | 🟡 geplant |
| | | 🔴 nicht vorhanden |

Bild 4-26 Kriterien zur Charakterisierung der Innovationsfelder

Die Ergebnisse für jedes Innovationsfeld sind in Steckbriefen zu dokumentieren. Die Steckbriefe umfassen eine allgemeine Beschreibung und die Einordnung des Innovationsfeldes hinsichtlich der Potentialpriorität sowie eine erste Einschätzung des Marktes und der Technologie. Initial erstellte Steckbriefe werden kontinuierlich erweitert (vgl. Abschnitt 4.3.3, Bild 4-31).

4.3.3 Zukünftige Einflüsse in den Innovationsfeldern ermitteln

Eine systematische Ableitung von *Anforderungen an die Produkte zur Eroberung der Märkte von morgen* ist eine Hauptaufgabe der strategischen Planung [GEK01, S. 49]. Ziel dieses Schritts sind daher zukünftige Einflüsse in den priorisierten Innovationsfeldern; hierbei gilt es, ein lebendiges und strukturiertes Zukunftsbild der Technologie im Kontext der ausgewählten Innovationsfelder zu erarbeiten. Für diese Aufgabe können wahlweise Zukunftsszenarien erstellt sowie Trendanalysen und/oder Delphi-Studien durchgeführt werden⁴¹ [GP14, S. 41]. Mit der Delphi-Methode kann ein größeres Expertenkollektiv adressiert werden [GP14, S. 90]. Die Trendanalyse ist ein pragmatischer und in vielen

⁴¹ Ggf. kann auf im Unternehmen bestehende Daten zurückgegriffen werden. Viele Unternehmen investieren viele Ressourcen in die Ermittlung zukünftiger Einflüsse in den Märkten, in denen sie agieren.

Unternehmen etablierter Ansatz [GLR+00, S. 111], [Sto09, S. 86]. In der Systematik wird das Szenario-Management⁴² nach GAUSEMEIER/PLASS eingesetzt. Dieses erlaubt es, alternative zukünftige Entwicklungen zu antizipieren und ein Bild von der Welt zu erstellen, in der die Technologie künftig eingesetzt werden soll. In den Validierungsprojekten hat es sich bewährt, Experten aus den ausgewählten Innovationsfeldern in die Erstellung der Szenarien einzubinden. Um zukünftige Einflüsse umfassend zu erfassen, sind Experten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu involvieren [Gom07, S. 83]. Im Folgenden wird die Szenario-Erstellung anhand des Validierungsprojekt am Beispiel des Innovationsfelds *Luftfahrzeugbau* vorgestellt (vgl. [GEK+11, S. 51ff.], [GEK11, S. 16ff.], [GEK+12b, S. 2ff.], [KW12, S. 22f.], [WGP13, S. 9ff.], [GW13, S. 32ff.]).

In der **Szenario-Vorbereitung** wird das Gestaltungsfeld definiert. Das Gestaltungsfeld ist der Bereich, der basierend auf den Erkenntnissen aus den Szenarien gestaltet werden soll. Im Validierungsbeispiel ist das Gestaltungsfeld *die betrachtete Technologie im Kontext des Innovationsfeldes im Jahr 2020*. Weiterhin sind übergeordnete Entwicklungen des *globalen Umfelds* ins Kalkül zu ziehen, um Einflüsse wie z.B. die Wirtschaftsentwicklung oder die Verfügbarkeit von Fachkräften zu berücksichtigen.

In der **Szenariofeld-Analyse** sind integrativ das Gestaltungsfeld sowie das globale Umfeld mittels Einflussbereichen und -faktoren zu beschreiben. Hierfür bieten sich interdisziplinäre Workshops an. Es sind Technologieexperten (Forscher, Technologielieferanten, Dienstleister) und Experten⁴³ mit Bezug zum entsprechenden Innovationsfeld (Forschungsinstitute, Zulieferer, Original Equipment Manufacturer) einzubinden. Mittels einer Einfluss- und Relevanzanalyse⁴⁴ sind die wesentlichen Einflussfaktoren für die Szenario-Erstellung, die sog. Schlüsselfaktoren, zu ermitteln. Wie in Bild 4-27 dargestellt, wurde die Zukunft des Luftfahrzeugbaus durch 13 Schlüsselfaktoren aus den Einflussbereichen *Markt (Kunden)*, *Branchentechnologien*, *Regularien* und *Lieferanten* beschrieben (vgl. [GEK+11, S. 51], [GEK11, S. 16], [GEK+12b, S. 2]).

⁴² Die Szenario-Technik ist ein probates Werkzeug, eine gemeinsame Vorstellung von der Zukunft zu entwickeln (vgl. Abschnitt 3.1.1 und [GP14, S. 41]).

⁴³ Experten verfügen i.d.R. über ein umfangreiches Wissen in dem entsprechenden Innovationsfeld. Die Integration von Experten unterstützt dabei, dass die Workshop-Ergebnisse bei einer Entscheidungsfindung auf Managementebene Berücksichtigung finden [VB13, S. 297].

⁴⁴ Für eine ausführliche Beschreibung sei auf [GP14, S. 51ff.] verwiesen.

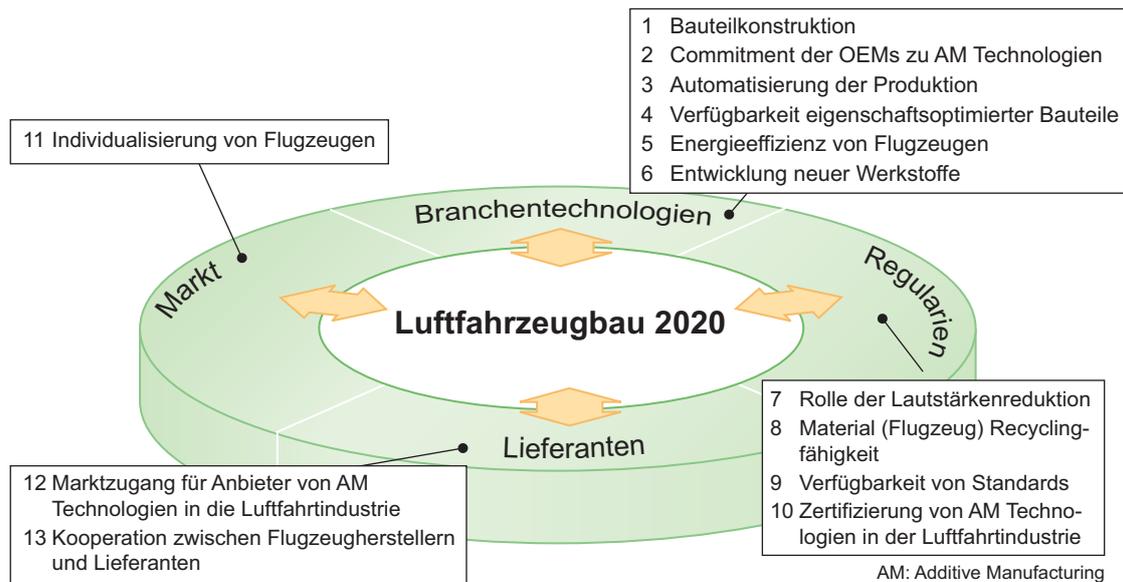


Bild 4-27 Einflussbereiche und Schlüsselfaktoren für den Luftfahrzeugbau in Anlehnung an [GEK+11, S. 51], [GEK11, S. 16], [GEK+12b, S. 2]

Für das globale Umfeld wurden 17 Schlüsselfaktoren aus den Bereichen *Politik*, *Ökonomie*, *Gesellschaft* und *Umwelt* ausgewählt, vgl. Bild 4-28 [GEK+11, S. 49f.], [GEK11, S. 15.], [GEK+12b, S. 2].

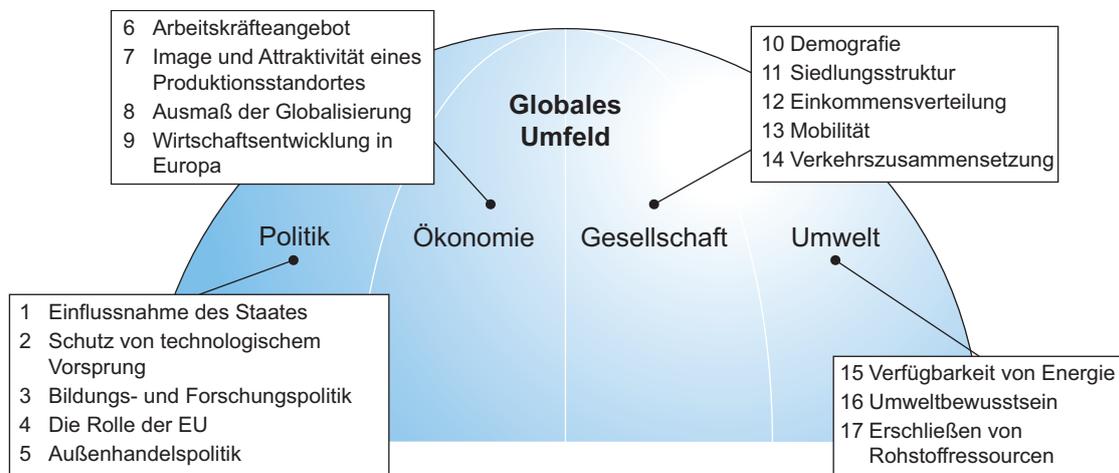


Bild 4-28 Einflussbereiche und Schlüsselfaktoren für das globale Umfeld in Anlehnung an [GEK+11, S. 50], [GEK11, S. 15], [GEK+12b, S. 2]

In der **Projektions-Entwicklung** erfolgt der eigentliche „Blick in die Zukunft“. Hierzu sind alternative, zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten (Projektionen) für die ermittelten Schlüsselfaktoren zu erarbeiten. Die Projektionen sind ausführlich zu beschreiben. Im Validierungsbeispiel ist für den Schlüsselfaktor *Bauteilkonstruktion* zukünftig denkbar, dass sich *Funktionsorientiertes Konstruieren* als ein Erfolgsfaktor im Luftfahrzeugbau erweist (Projektion 1A). Andererseits ist auch vorstellbar, dass das *Konstruieren auf die Produktionstechnologie ausgerichtet* bleibt (Projektion 1B) oder dass beide Formen der

Konstruktion in der Bauteilkonstruktion koexistieren werden (Projektion 1C) [GEK+11, S. 91ff.], [GEK11, S. 16f.], [GEK+12b, S. 2], [GEW12, S. 1f.].

In der **Szenario-Bildung** erfolgt die Entwicklung von Zukunftsszenarien, basierend auf den erarbeiteten Projektionen. Hierzu ist in einer Konsistenzmatrix die paarweise Bewertung der Verträglichkeit der Projektion durchzuführen. Die Projektionen *Funktionsorientiertes Konstruieren ist der Schlüssel zum Erfolg* und *Jedes Flugzeug ist individuell* sind hoch konsistent; daher begünstigen sie sich in einem Szenario. Hingegen sind die Projektionen *Jedes Flugzeug ist individuell* und *Produktionstechnologieorientiertes Konstruieren* in einem Szenario inkonsistent. Mittels einer Konsistenz- und Clusteranalyse werden die Projektionen zu konsistenten Szenarien kombiniert. Im Validierungsbeispiel wurden drei Branchenszenarien für die Luftfahrtproduktion sowie drei Szenarien für das globale Umfeld entwickelt [GEK+11, S. 50f.], [GEK11, S. 18f.], [GEK+12b, S. 2f.].

Ziel des **Szenario-Transfers** sind Chancen, Gefahren und Anforderungen an das zukünftige Geschäft; hierzu ist nach GAUSEMEIER/PLOSS eine Fokussierung auf ein sog. Referenzszenario anzustreben [GP14, S. 69]. Hierfür ist im ersten Schritt ein Mapping der entwickelten Szenarien durchzuführen, um eine Konsistenz zwischen Branchenszenarien und Szenarien des globalen Umfelds sicherzustellen. Ergebnis sind kombinierte Gesamtszenarien. Die Gesamtszenarien sind im zweiten Schritt hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und der Stärke der Auswirkung auf das Gestaltungsfeld zu analysieren. Auf dieser Basis ist ein Referenzszenario auszuwählen [GEK+11, S. 53f.]. In einem dritten Schritt sind auf Grundlage der in den Szenarien enthaltenen Projektionen eines jeden Schlüsselfaktors heutige und zukünftige Anforderungen an das Gestaltungsfeld abzuleiten. Auf dieser Basis ist zuletzt eine erste strategische Stoßrichtung zu formulieren [GEK+11, S. 66ff.].

Bild 4-29 zeigt die Gegenüberstellung der Szenarien sowie das Ergebnis des Konsistenzchecks des Validierungsbeispiels. Die Szenario-Kombination LF1/G2 bildet ein hochkonsistentes Gesamtszenario; gleiches gilt für die Kombinationen LF2/G3 und LF3/G1. Das Gesamtszenario LF1/G2 stellt eine zukünftige Situation dar, in der der Luftfahrzeugbau durch eine zunehmende Individualisierung geprägt ist; die Individualisierung wiederum treibt die Verbreitung der Technologie voran. Das globale Umfeld, in dem der Luftfahrzeugbau eingebettet ist, charakterisiert Europa als einen Schrittmacher in einer globalisierten Welt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Gesamtszenarios ist geringer als die der anderen Gesamtszenarien; sein Eintreten suggeriert einen fundamentalen Wandel für den Einsatz der Technologie im betrachteten Innovationsfeld. Daher wurde dieses als Referenzszenario ausgewählt [GEK+11, S. 52f.], [GEK11, S. 20ff.], [GEK+12b, S. 3f.].

| | | | |
|--|---|--|---|
|  <p>Globales Umfeld Luftfahrzeugbau</p> | Szenario 1 (G1): „Europa am Scheideweg“ | Szenario 2 (G2): „Europa als Schrittmacher der globalisierten Welt“ | Szenario 3 (G3): „Europäische Festung“ |
| Szenario 1 (LF1): „Individualisierung von Luftfahrzeugen forciert Additive Manufacturing“ | |  | |
| Szenario 2 (LF2): „Unsicherheiten erfordern verbesserte Kooperation von Anbietern und Anwendern von Additive Manufacturing“ |  | |  |
| Szenario 3 (LF3): „Additive Manufacturing erfüllt nicht die Erwartungen“ |  | |  |

 Hochkonsistent
  Konsistent

Bild 4-29 Konsistenzbewertung der Szenarien in Anlehnung an [GEK+11, S. 52], [GEK11, S. 20], [GEK+12b, S. 3]

Wie in Bild 4-30 dargestellt, wurden aus den Projektionen dieses Gesamtszenarios Anforderungen abgeleitet. Die *Bauteilkonstruktion* (Schlüsselfaktor 1) erfolgt heutzutage *produktionstechnologieorientiert*. Das Referenzszenario suggeriert, dass sich *funktionsorientiertes Konstruieren als Schlüssel zum Erfolg* durchsetzen wird. Daraus resultiert die Anforderung bzgl. der *Bereitstellung von Konstruktionsregeln (A_{H1})*. Eine zukünftige Anforderung ist die Befähigung der Mitarbeiter zum *funktionsorientierten Konstruieren (A_{Z1})*. Ferner sind *CAD-Software-Werkzeuge zur Unterstützung einer funktionsorientierten Bauteilgestaltung (A_{Z3})* erforderlich [GEK+11, S. 67f.], [GEK11, S. 21f.], [GEK+12b, S. 4]. Die abgeleitete strategische Stoßrichtung für den Luftfahrzeugbau ist *die Definition von Standards für die Konstruktion und Prüfung additiv gefertigter Teile durch die OEMs und die Etablierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette*.



Bild 4-30 Ableitung von Anforderungen in Anlehnung an [GEK+11, S. 67f.], [GEK11, S. 21f.], [GEK+12b, S. 4]

Ergebnis dieses Schritts sind zukünftige Einflüsse in Form von Anforderungen an die Gestaltung des zukünftigen Geschäfts in den priorisierten Innovationsfeldern. Diese geben zum einen erste Hinweise auf die erforderliche Leistungsfähigkeit der Technologie bzw. auf notwendige Weiterentwicklungen der Technologie. Zum anderen werden organisatorische Rahmenbedingungen, die für die Technologie im entsprechenden Anwendungskontext von Relevanz sind, adressiert. Alle Informationen sind in den, im vorherigen Abschnitt erstellten Steckbriefen der Innovationsfelder zu ergänzen, vgl. Bild 4-31.

Innovationsfeld: Luft- und Raumfahrzeugbau/Aerospace (Nr. 30.2)

Beschreibung

Der Luft- und Raumfahrzeugbau umfasst nach der NACE-Klassifikation u.a. die Herstellung von Luftfahrzeugen für die Beförderung von Gütern und Personen sowie für militärische, sportliche und andere Zwecke. Dazu gehören Hubschrauber, Segelflugzeuge u.v.m. Ferner ist die Produktion jeglicher Teile und jeglichen Zubehörs für Luft- und Raumfahrzeuge dieser Gruppe zugeordnet. Dazu zählen Rümpfe, Tragflächen, Türen, Steuerflächen, Fahrwerke, Treibstofftanks, Motoren, Triebwerke, Sitze u.v.m. Nach wie vor sind Umweltschutz und Nachhaltigkeit die Schlüsselthemen dieser Gruppe. Heutige FuE-Aktivitäten zielen daher im besonderen Maße auf die Steigerung der Effizienz von Flugzeugen, die Reduktion von Kohlendioxid- und Stickoxid-Emissionen sowie Lärmbelästigung. Dabei kommt der Gewichtsreduktion von Luftfahrzeugen eine herausragende Bedeutung zu.

Potentialpriorität

The matrix plots Potential (y-axis, 0-3) against Priority (x-axis, 0-3). The 'Luft- und Raumfahrzeugbau' (30.2) is located in the top-right cell (3,3), which is shaded green. Other cells are shaded yellow (top-left), orange (middle), and pink (bottom-left).

Marktentwicklung und Technologieverbreitung

| Unternehmenssicht | Marktsicht | Technologiesicht |
|-------------------|---------------|------------------|
| 6 Mio. US\$ | 719 Mrd. US\$ | |
| ➔ 2 | ⬆ 4 | ➡ |

Quellen

- [Bul09, S. 309]
- [Eur11, S. 14f.]
- [DLR14-ol]
- [Eur08, S. 196]
- [Pri14] ...

Chancen

- G2: EU-Förderung eröffnet neue Möglichkeiten
- G2: Hohe Reputation von Additive Manufacturing bedingt durch Nachhaltigkeitsaspekte [...]
- Ai1: Funktionsorientiertes Design gewinnt an Bedeutung; Kostenreduktion über Produktlebenszyklus (TCO)
- Ai1: Gestaltungsmöglichkeiten in der Wertschöpfung; (dynamische) Geschäftsmodelle

Bedrohungen

- G2: Verbreitung von Low-Cost-Maschinen; zunehmender Wettbewerb; Qualitätsmangel führt zu Imageverlust
- G2: Mangel an Experten/Nachwuchs
- Ai1: Veränderungen in der Wertschöpfungskette
- Ai1: Der geringe Durchsatz schränkt die Durchsetzung der Technologie ein

Heutige Anforderungen (A_H)

A_H1: Gestaltungsregeln: Entwicklung von Gestaltungsregeln

A_H2: Prozesskosten: Reduktion der Maschinenkosten und der Einführungskosten

A_H3: CAD-Software: Entwicklung spezifischer, leicht-anwendbarer CAD-Software

[...]

Zukünftige Anforderungen (A_Z)

A_Z1: Gestaltungsregeln: Mitarbeiterschulungen zur Beherrschung der Gestaltungsregeln und des funktionsorientierten Designs

A_Z2: Prozesskosten: Reduktion der Materialkosten

A_Z3: CAD-Software: Weiterentwicklung, z.B. Integration einer autom. Überprüfung von Gestaltungsregeln [...]

Bild 4-31 Steckbrief für die Beschreibung von Innovationsfeldern

4.3.4 Anwendungsideen generieren, priorisieren, dokumentieren

Ziel dieses Schritts sind Anwendungsideen für den Einsatz der Technologien in den Innovationsfeldern. Den Input bilden die bisher generierten Ergebnisse aus dem Lösungsraum sowie die Technologiepotentiale, vgl. Bild 4-1. Diese Ergebnisse sind durch unterschiedliche Detaillierungsstufen charakterisiert und sie unterscheiden sich durch ihre Nähe zur Technologie bzw. zum Markt⁴⁵. Dadurch ist eine breite Basis für die Gestaltung der Ideenfindung⁴⁶ geschaffen, sowohl in Bezug auf den Suchprozess als auch in Bezug auf die im Prozess zu involvierenden Experten. Die ermittelten Widersprüche bzw. Schlüsselfähigkeiten der Technologie können in Kombination mit einem priorisierten Innovationsfeld für bibliometrische Analysen eingesetzt werden, z.B. für das Durchsuchen von Patentdatenbanken⁴⁷. Ferner stellen Kreativitätsworkshops eine geeignete Möglichkeit der Ideengenerierung dar. Für die Systematik wurden eine Kreativitätstechnik und ein Workshop-Konzept erarbeitet; beide unterstützen eine technologie-induzierte Ideenfindung⁴⁸. Im Folgenden werden zunächst für das bessere Verständnis der nachfolgenden Schritte die Rahmenbedingungen für eine technologie-induzierte Ideenfindung kurz dargestellt sowie das Workshop-Konzept vorgestellt (Abschnitt 4.3.4.1). Anschließend werden die drei Runden des Workshops im Detail erläutert (Abschnitte 4.3.4.2 bis 4.3.4.4).

4.3.4.1 Rahmenbedingungen schaffen

In diesem Abschnitt werden die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erarbeiteten Erfolgsfaktoren einer technologie-induzierten Ideengenerierung⁴⁹ und ein Workshop-Konzept vorgestellt. Die Erfolgsfaktoren eines technologie-induzierten Ideengenerierungsprozesses sind in fünf übergeordneten Kategorien zusammengefasst, vgl. Bild 4-32.

⁴⁵ So stellen bspw. Funktionen eine eher abstrakte und technologiebezogene Beschreibung der Technologie dar; die Technologiepotentiale sind demgegenüber marktnähere Elemente; die Widersprüche sind zwischen den beiden zuerst genannten Detaillierungsstufen anzusiedeln.

⁴⁶ In der Literatur wird eine breite Basis für die Ideensuche gefordert [SU97, S. 143], [Sch91a, S. 15ff.].

⁴⁷ ALTSCHULLER ermittelte die Widersprüche und Innovationsprinzipien retrospektiv durch eine Analyse von Patenten [Alt84a, S. 31], [Alt84b, S. 37]. Im Umkehrschluss bietet es sich an, Patentschriften nach den für die betrachtete Technologie identifizierten Widersprüchen zu durchsuchen. Sind entsprechende Patentschriften identifiziert, ist zu prüfen, inwieweit die Technologie dort einen Nutzen stiften kann.

⁴⁸ Im Prinzip kann jede gängige Kreativitätstechnik oder eine Kombination mehrerer Kreativitätstechniken verwendet werden. Die Entscheidung ist in Abhängigkeit von der konkreten Aufgabenstellung und den zur Verfügung stehenden personellen und zeitlichen Ressourcen zu treffen (vgl. [SW85, S. 101]).

⁴⁹ An dieser Stelle wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben; es sind stellvertretend die Aspekte erläutert, die für eine technologie-induzierte Ideenfindung besonders wichtig sind. Für mehr Informationen sei auf die Kreativitätsforschung verwiesen (vgl. [SW85], [Sch88a], [Sch88b], [VB13], [Lan69], [Ama83], [MH09], [SL99], [CA99]).

- 1) Zu Beginn der Ideengenerierung gilt es, eine **Vision für den Ideenfindungsprozess** darzustellen; *sie bewirkt einen Innovationsimpuls [Sch91b, S. 21]*. Zudem ist eine Vision für die Motivation⁵⁰ der Teilnehmer entscheidend [MH09, S. 253]. In den Validierungsprojekten hat es sich bewährt, die Ideengenerierung mit den Technologiepotentialen einzuleiten. Dadurch werden die Grenzen der Technologie zunächst zurückgestellt und die Kreativität gefördert; Beteiligte werden inspiriert, die Technologiepotentiale in ihren spezifischen Anwendungskontext zu versetzen.

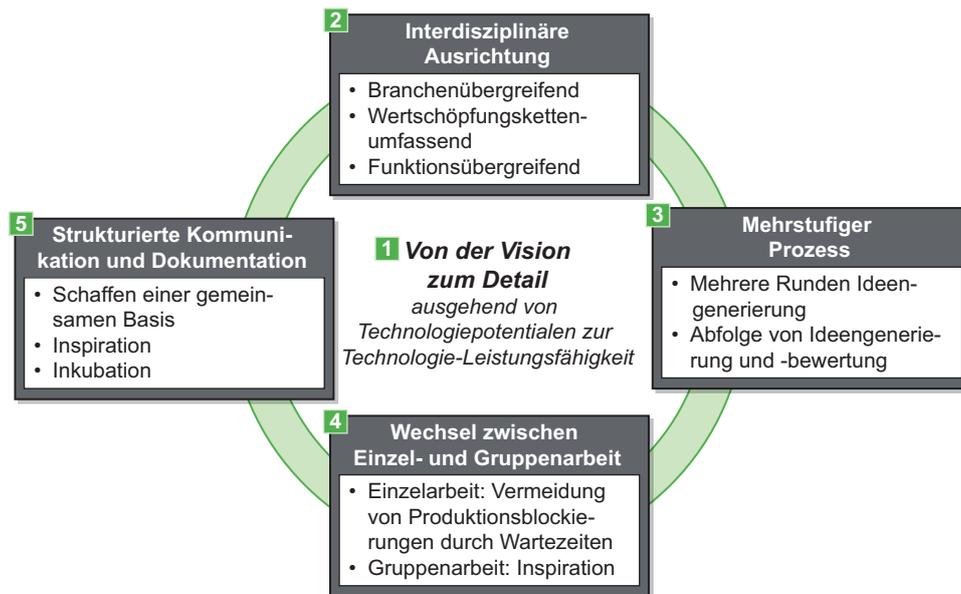


Bild 4-32 Erfolgsfaktoren für eine technologie-induzierte Ideenfindung⁵¹

- 2) Gestaltungsprobleme der Technik richten sich *nicht nach der Einteilung der herkömmlichen Disziplinen [Rop10-ol, S. 4]*. Daher ist eine **interdisziplinäre Ausrichtung der Ideenfindung** notwendig⁵². Dabei ist auf eine branchenübergreifende, wertschöpfungskettenumfassende und funktionsübergreifende Ausrichtung zu achten⁵³.

⁵⁰ In der Kreativitätsforschung besteht die Erkenntnis, dass eine intrinsische Motivation (engl. *task motivation*) eine entscheidende Rolle für das persönliche Engagement der Teilnehmer im Ideengenerierungsprozess spielt [Ama83, S. 79], [SL99, S. 8f.].

⁵¹ Die Erfolgsfaktoren resultieren aus den Erfahrungen in den Validierungsprojekten. Eine Durchsicht der einschlägigen Literatur untermauert die synthetisierten Erfolgsfaktoren; stellvertretende Referenzen sind an den entsprechenden Stellen gegeben.

⁵² Andere Autoren sprechen auch von Heterogenität und unterscheiden aufgabenbezogene und demografische Heterogenität (vgl. stellvertretend [MH09, S. 254ff.]). Es ist anzumerken, dass Technologieanbieter gut mit der Technologie vertraut sind. Ideen für den Einsatz der Technologie bewegen sich in einem eingespielten Bereich; es ist indes wichtig, Ideenquellen möglichst breit zu streuen [KR86, S. 300].

⁵³ BREM/VOIGT bezeichnen derartig interdisziplinär ausgerichtete Workshops als Stakeholder-Workshops (vgl. [BV09, S. 361f.]).

- **Branchenübergreifende Ausrichtung:** Die Technologieentwicklung ist oftmals ein unternehmens-, branchen- und institutionsübergreifender Prozess, d.h. die Entwicklung erfolgt synchron aus unterschiedlichen Richtungen und konvergiert im Verlauf der Zeit. Im Sinne des Cross-Industry-Gedankens liefern fremde Branchen Inspirationen für Ideen; durch Übertragung können Ideen für das eigene Geschäft adaptiert werden. Ein branchenübergreifender Teilnehmerkreis ist daher im Rahmen einer technologie-induzierten Ideengenerierung ins Kalkül zu ziehen.
- **Wertschöpfungskettenumfassende Ausrichtung:** Innovationen bedingen oftmals Veränderungen im gesamten Geschäftssystem [Sch91b, S. 28]. Aus diesem Grund empfiehlt sich eine Ausweitung des Blickwinkels für Ideenquellen auf ganze Geschäftssysteme bzw. Wertschöpfungsketten, um Akteure der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen in die Ideenfindung zu integrieren. Dazu zählen u.a. Lieferanten und Kunden [SU97, S. 143], [Sch91b, S. 22ff.]⁵⁴. Es wird hierbei von vertikalen Innovationskooperationen gesprochen (vgl. Abschnitt 3.3.1 und [Nag93, S. 36]).
- **Funktionsübergreifende Ausrichtung:** Ferner sind bei der Auswahl von Experten verschiedene Unternehmensbereiche zu integrieren. Zum Beispiel wird durch die Integration des Vertriebs eine höhere Kundennähe im Innovationsprozess realisiert [SW85, S. 43f.], [Sch91b, S. 33].

Eine interdisziplinäre Ausrichtung der Ideenfindung eröffnet zudem die Möglichkeit anschließender *konglomerater Innovationskooperation*. Bei dieser handelt es sich um branchenübergreifende Entwicklungskooperationen, mit dem Ziel geteilter FuE-Aufwendungen bei Entwicklungsprojekten [Nag93, S. 34].

- 3) Ein **mehrstufiger Prozess** im Sinne des Ideentrichters hat sich für die Ideenfindung bewährt; dabei ist auf eine Trennung zwischen der eigentlichen Ideengenerierung und der Ideenbewertung zu achten [Ama83, S. 190], [Os63].
- 4) Durch einen **Wechsel zwischen Einzel- und Gruppenarbeiten** kann die Qualität der Ergebnisse erfahrungsgemäß gesteigert werden [RCP+11, S. 105]. Denn sowohl die Einzel- als auch Gruppenarbeit haben ihre Vor- und Nachteile für die Kreativität. Das Wissen eines Kollektivs ist i.d.R. größer als Wissen eines Individuums. Demgegenüber erfordert Gruppenarbeit mehr Zeit, da Gruppenprozesse i.d.R. unstrukturierter verlaufen [RCP+11, S. 105]. Neuartige Ansätze werden oftmals durch Gruppendruck verhindert. Insgesamt ist die Ideenakzeptanz tendenziell höher, je stärker die Beteiligten in die Ideenfindung eingebunden sind [Sch07, S. 18].

⁵⁴ Eine umfassende Übersicht zu internen und externen Ideenquellen/Experten liefern bspw. MEFFERT, oder SAVIOZ vgl. [Mef91, S. 383], [Sav04, S. 70].

- 5) Von den Beteiligten wird ein hohes Maß an Kommunikations- und Lernfähigkeit gefordert, um ihre Teilbeiträge zu einer Synthese zusammenzuführen [Rop10-ol, S. 5]. Kommunikations- und Lernfähigkeit werden durch das kontinuierliche Schaffen einer gemeinsamen Basis – also eine **Strukturierte Kommunikation und Dokumentation** – unterstützt. Die Kommunikation ist von einem erfahrenen Moderator zu lenken und zu strukturieren; die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Die dargestellten Erfolgsfaktoren sind in die Entwicklung eines Workshop-Konzepts für eine technologie-induzierte Ideengenerierung eingeflossen. Das Konzept umfasst drei Runden, vgl. Bild 4-33, die dem Prinzip des Ideentrichters nach DECHAMPS/NAYAK/LITTLE folgen [DNL96, S. 139], [GHK+06, S. 353ff.].

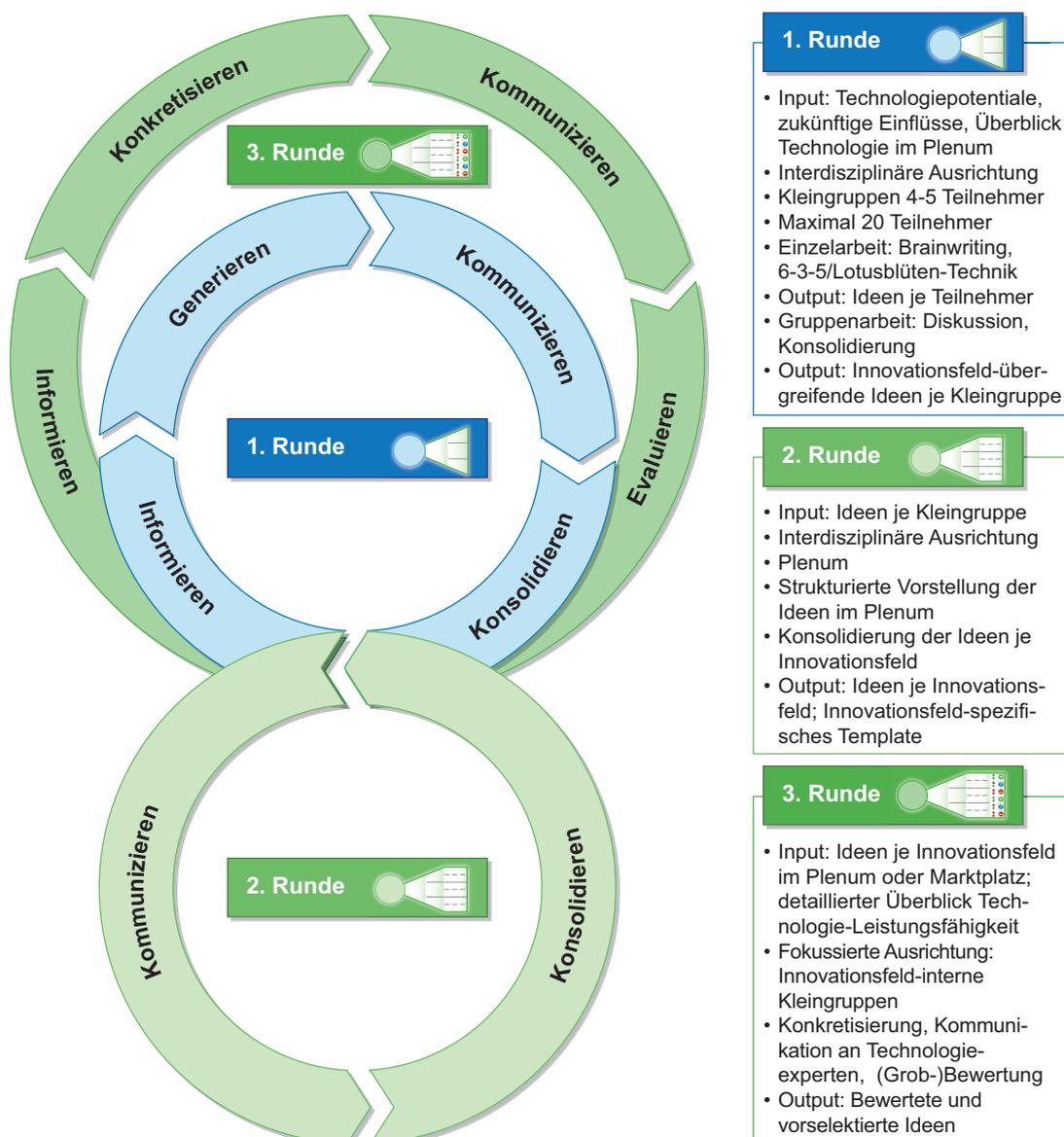


Bild 4-33 3-stufiges-Workshop-Konzept für die technologie-induzierte Ideenfindung

Die **erste Runde**, dargestellt durch den blauen Kreis, ist eine **Ideengenerierung in Kleingruppen** und stellt eine interdisziplinäre Brainwriting-Session mit einer anschließenden Diskussion dar. Hierbei werden insbesondere die Vorteile der Einzelarbeit und der interdisziplinären Ausrichtung ausgenutzt. Die **zweite Runde** stellt einen Gruppenprozess dar und dient der **Strukturierung und Dokumentation** der Ergebnisse zu brancheninternen Ideen (vgl. grüner, unterer Kreis in Bild 4-33). Die **dritte Runde** ist eine **fokussierte Ideenkonkretisierung/-generierung in Kleingruppen**, (vgl. grüner, oberer Kreis in Bild 4-33). Hier werden die brancheninternen Ideen ausgearbeitet und beurteilt.

4.3.4.2 Erste Runde der Ideenfindung

Ziel der ersten Runde sind Anwendungsideen für die Technologie. Das Vorgehen gliedert sich in die vier Schritte *Informieren*, *Generieren*, *Kommunizieren* und *Konsolidieren*. Grundsätzlich ist beim **Informieren** ein Überblick zu den bisherigen Ergebnissen zu vermitteln. Dabei sind *Innovationsfeld-unabhängige* und *Innovationsfeld-spezifische Ergebnisse* zu unterscheiden. **Innovationsfeld-unabhängige Informationen** adressieren die Aspekte der Technologie. Hierbei gilt es, im Plenum die Teilnehmer durch die Potentiale der Technologie mit einer **Vision** zu inspirieren. Zum technologischen Prinzip der Technologie wird lediglich ein kurzer Überblick gegeben; vielmehr stehen in dieser Runde die Vernetzung der Widersprüche sowie die daraus resultierenden Technologiepotentiale im Vordergrund⁵⁵. **Innovationsfeld-spezifische Informationen** sind u.a. die zukünftigen Einflüsse aus den Innovationsfeldern. Zur Vermittlung dieser Ergebnisse hat sich das sog. Marktplatz-Konzept bewährt; hierbei sind die Ergebnisse in mehreren parallelen Ausstellungen von Moderatoren vorzustellen⁵⁶. Unterstützend sind folgende Fragen zur Inspiration ins Plenum zu stellen:

- Sind die dargestellten Technologiepotentiale von Bedeutung⁵⁷?
- Sind die skizzierten Widersprüche eine offensichtliche Konfrontation?
- Sind Anforderungen vorhanden, die bisher nicht vollumgänglich erfüllt werden?
- Sind zukünftige Anforderungen bekannt, die durch die Potentiale der Technologie adressiert werden können?

Generieren von Ideen bedeutet, schöpferisch und kreativ sein. Ziel sind Ideen für den Einsatz der Technologie. Für die Ideengenerierung sind *heterogene* Kleingruppen zu bilden; im Validierungsbeispiel wurden die Teilnehmer entsprechend der vier ausgewählten

⁵⁵ Vgl. dazu Ausführungen zum Storytelling in Abschnitt 4.2.4.

⁵⁶ Der Marktplatz ist eine Methode der Großgruppenmoderation, die aus der Open Space Methode hervorgegangen ist (vgl. Abschnitt 3.3.1). Die Erfahrung zeigt, dass mit Hilfe dieser Methode innerhalb einer vorgegebenen Zeit eine größere Informationsmenge vermittelt werden kann.

⁵⁷ Die Workshop-Teilnehmer werden aufgefordert, die Technologiepotentiale im Kontext ihres Innovationsfeldes zu sehen. Es geht dabei um die Aktivierung der Technologiepotentiale (vgl. [Pei92, S. 33]).

Innovationsfeldern in vier Kleingruppen eingeteilt, jeweils bestehend aus fünf Teilnehmern⁵⁸. Die Zusammensetzung der Teilnehmer je Kleingruppe ist in allen drei o.g. Aspekten interdisziplinär, mit dem Ziel Assoziationen zwischen verschiedenen Disziplinen (Branchen, Stufen in der Wertschöpfungskette, Funktionen) zu forcieren und die Kreativität zu stimulieren [BSA09, S. 66ff.]. Als Kreativitätstechnik für die Ideengenerierung in Kleingruppen werden das Brainwriting mittels der Methode 6-3-5 und die Lotusblüten-Technik kombiniert⁵⁹. Die Ideengenerierung ist ein kognitiver Prozess, bei dem jedes Individuum eine individuelle Abfolge von Denkprozessen durchläuft [Ama83, S. 80]. Dieser Prozess wird z.B. durch einen verbalen Austausch⁶⁰ unterbrochen [SN04, S. 4ff.], [MH09, S. 256]. In Folge von Wartezeiten in Gruppen entstehen so *Produktionsblockierungen* [TK09, S. 265], [SN04, S. 4ff.]. In der Systematik wird daher **Brainwriting**⁶¹ empfohlen. Dadurch wird Produktionsblockierungen entgegengewirkt [SN04, S. 7].

Die **Methode 6-3-5** wird eingesetzt, um die Bildung von Assoziationen zu fördern (vgl. Abschnitt 3.3.1). Durch die rotierende Weitergabe der individuell entwickelten Ideen wird die Übertragung von Wissen aus anderen (fremden) Bereichen in den eigenen Bereich unterstützt (Synektik) [SW85, S. 95]. Das Aufgreifen fremder Ideen besitzt gemäß der SIAM-Theorie⁶² weitere Vorzüge. Beispielsweise kann durch die Erstellung einer sog. *Sondierungs-Cue* ein Bild im Langzeitgedächtnis, welches üblicherweise nur schwer zugänglich ist, schneller aktiviert werden [SN04, S. 7]. Die Suche nach relevantem Wissen im Gedächtnis wird erheblich verkürzt. Durch Assoziationen zu anderen Ideen ist die Güte der Ideen i.d.R. höher [SW85, S. 95].

Das Dokumentationsschema der **Lotusblüten-Technik** wird für eine strukturierte Kommunikation und Dokumentation der Ideen verwendet. Wie in Bild 4-34 dargestellt, ist das Dokumentationsschema analog zum Workshop-Konzept in drei Stufen gegliedert. In der ersten Runde steht die Technologie im Kern, vgl. Bild 4-34 oben. In der interdisziplinären Kleingruppe verfügt jeder Teilnehmer über eine Lotusblüte. Jeder Teilnehmer notiert die eigenen Ideen. Die Lotusblüte ist innerhalb der Kleingruppe nach dem Prinzip der Methode 6-3-5 weiterzureichen. Der Nachfolger ergänzt die Ideen seines Vorgängers oder

⁵⁸ Eine zunehmende Teilnehmeranzahl korreliert mit Leistungsverlusten [SN04, S. 4]. Eine optimale Teilnehmeranzahl für Kreativitäts-Workshops ist bei 12 bis 16 Teilnehmern [BSA09, S. 23]. Um dem Gedanken der Interdisziplinarität gerecht zu werden, wird in dem vorgestellten Workshop-Konzept ein größeres Expertenkollektiv favorisiert; das Kollektiv wird entsprechend in Kleingruppen eingeteilt und es ist ein Wechsel zwischen Gruppen- und Einzelarbeit vorgesehen.

⁵⁹ Vergleiche dazu die Ausführungen in der von der Autorin betreuten Studienarbeit [Nie15, S. 85ff.].

⁶⁰ Verbaler Austausch findet z.B. beim Brainstorming statt. Diese von OSBORN entwickelte Kreativitätstechnik ist in Gruppenprozessen weit verbreitet [Ama83, S. 190], [TK09, S. 269f.], [Osb63].

⁶¹ Ein ähnlicher Grundgedanke liegt dem sog. Nominal Group Process zu Grunde. Hierbei werden Ideen zunächst individuell generiert. Anschließend erfolgt ein Ideenaustausch, bei dem die Teilnehmer im Wechsel ihre Ideen präsentieren [RCP+11, S. 105].

⁶² SIAM (Search in Ideas of Associate Memory) ist eine kognitive Theorie der Ideengenerierung in Gruppen, vgl. A3 [SN04, S. 7].

greift diese Ideen als Inspiration für neue Ideen auf. Beim **Kommunizieren** sind die Teilnehmer gefragt, die generierten Ideen innerhalb der Kleingruppe vorzustellen und zu diskutieren. Ergebnis des Schritts **Konsolidieren** ist eine Ideensammlung – also eine redundanzfreie, aber branchenübergreifende Lotusblüte je Kleingruppe.

4.3.4.3 Zweite Runde der Ideenfindung

Ziel der zweiten Runde sind konsolidierte Ideen für jedes Innovationsfeld, also ein Lotusblüten-Template je Innovationsfeld. Hierzu sind Redundanzen zu beseitigen. Das Vorgehen gliedert sich in die Aufgaben *Kommunizieren* und *Konsolidieren*, die integrativ zu bearbeiten sind. Bei **Kommunizieren** sind die innerhalb der Kleingruppen generierten Ideen im Plenum reihum vorzustellen; Ideen, die nicht angemessen kommuniziert werden können, gilt es, direkt zurückzustellen. Um Produktivitätsverluste zu reduzieren, ist eine festgelegte Reihenfolge für die Vorstellung der Ideen festzulegen [SN04, S. 4]. Bei der Vorstellung der Ideen hervorgerufene Inspirationen sollten von jedem Teilnehmer in einem sog. Ideenspeicher⁶³ festgehalten werden, damit neue Ideen nicht verloren gehen. Integrativ sind die vorgestellten Ideen beim **Konsolidieren** durch einen erfahrenen Moderator an einer Metaplanwand in einem Lotusblüten-Template zu branchenspezifischen Ergebnissen zu strukturieren. Ähnliche Ideen der anderen Kleingruppen sind direkt abzufragen. Für die Konsolidierung wird ein Template je Innovationsfeld verwendet, vgl. Bild 4-34 mittig. Diese Runde ist abgeschlossen, wenn die Ideen jeder Kleingruppe vorgestellt sind. Die Konsolidierung liefert damit ein gemeinsames Verständnis für die Ideen.

4.3.4.4 Dritte Runde der Ideenfindung

Die interdisziplinäre Stimulierung ist für eine gute Ausbeute der Ideenproduktion wichtig (vgl. Abschnitt 4.3.4.2). Zur Erhöhung der Verarbeitungstiefe ist die homogene Fokussierung wichtiger. Daher werden in dieser Runde die Ideen in brancheninternen Kleingruppen weiterentwickelt. Sie werden konkreter und je Kategorie resultieren mehr Ideen [SN04, S. 8]. Es ist sinnvoll, diese Runde an einem nachfolgenden Tag durchzuführen. Auf diese Art und Weise wird bewusst Raum für eine Inkubation⁶⁴ und Illumination⁶⁵

⁶³ Ein Ideenspeicher hat sich in den Validierungsprojekten als sehr sinnvoll erwiesen. Hier können, neben zunächst zurückgestellten Ideen, neue Ideen, die durch Inspiration entstehen, festgehalten werden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann auf diese zurückgegriffen werden.

⁶⁴ Inkubation ist ein Vorgang, bei dem bewusst nicht an der Frage- bzw. Problemstellung gearbeitet wird [Ama83, S. 85]. Die gesammelten Informationen und Problemaspekte werden dabei unbewusst zueinander in Beziehung gesetzt und verarbeitet [Pre76, S. 45], [Lan69, S. 65ff.].

⁶⁵ Eine Illumination ist ein schlagartiger Einfall für eine Lösung auf eine Frage- bzw. Problemstellung. Durch den Einfall wird die Inkubationsphase beendet [Pre76, S. 45f.]. Durch den unbewussten bzw. unorganisierten Ablauf der Inkubationsphase wird die Lösung oftmals als eine überraschende Inspiration wahrgenommen [Ama83, S. 85], [Lan69, S. 66f.].

geschaffen. Das Vorgehen in dieser Runde gliedert sich in die Schritte *Informieren*, *Konkretisieren*, *Kommunizieren* und *Evaluieren*.

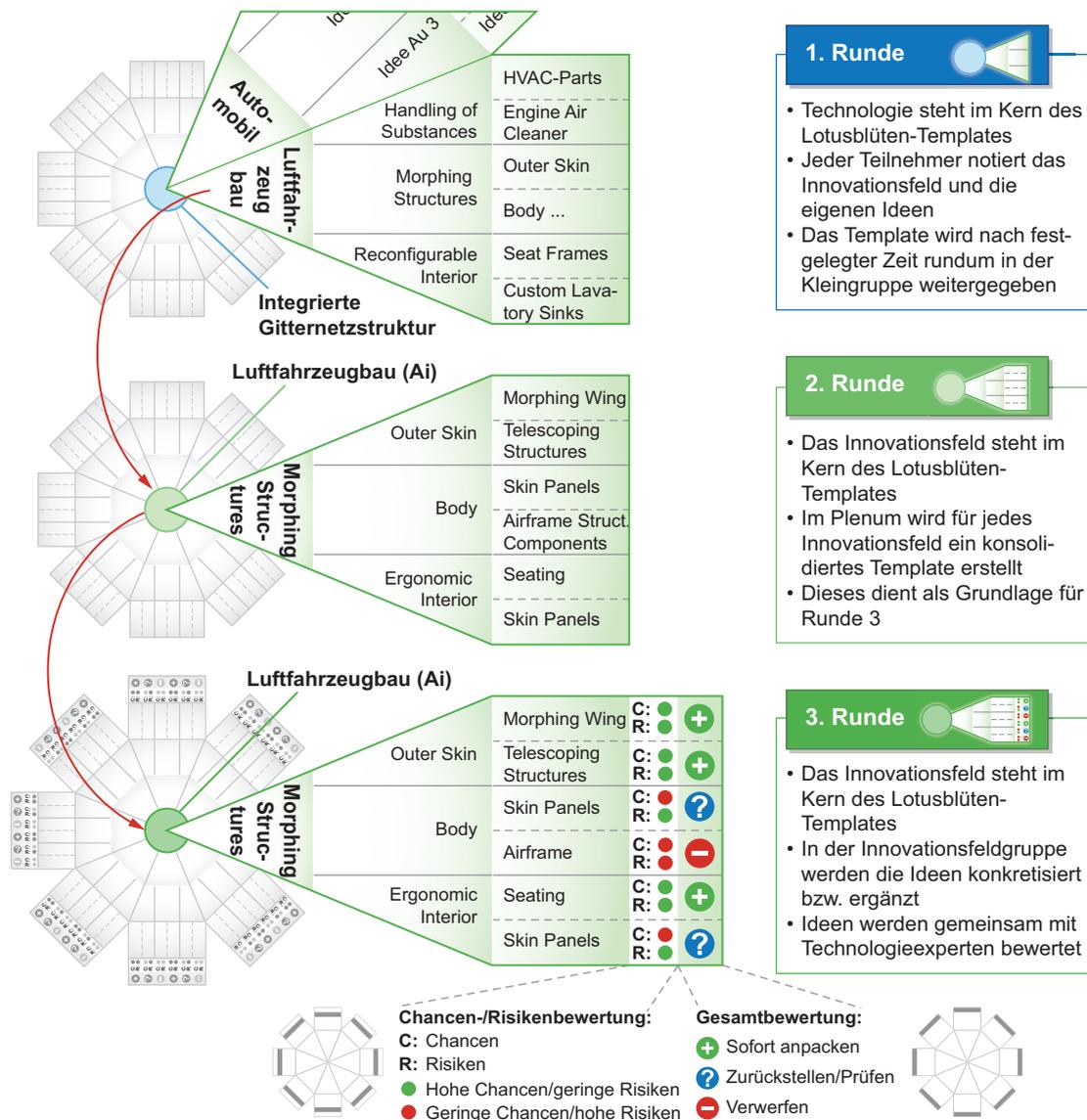


Bild 4-34 3-stufiges-Dokumentations-Template

Beim *Informieren* in dieser Runde wird der Schwerpunkt auf die technologische Leistungsfähigkeit gelegt. Im Plenum werden alle Informationen aus dem Lösungsraum vorgestellt, vgl. Bild 4-1. Im Anschluss werden die am Vortag konsolidierten, branchenspezifischen Lotusblüten-Templates in Form sog. Marktplätze je Innovationsfeld von Moderatoren vorgestellt. Das *Konkretisieren* dient der brancheninternen Ausarbeitung von Ideen, z.B. indem übergeordnete Ideen in Teilideen ausdetailliert werden. Beim anschließenden *Kommunizieren* der Ideen werden Technologieexperten involviert; die Teilnehmer sind gefragt, die Ideen den Technologieexperten plausibel vorzustellen. Ziel des *Evaluierens* ist eine Vorselektion der Ideen. Die Vorselektion ist der qualitativen Grobbewertung zuzuordnen [SW85, S. 104]. Es geht um eine tendenzielle Einschätzung der einzelnen Ideen hinsichtlich Chancen und Risiken. Je nach Anwendungskontext werden

i.d.R. unterschiedliche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit einer Technologie gestellt; diese suggerieren unterschiedliche Weiterentwicklungsrichtungen für die Technologie, die sich wiederum in unterschiedlich hohen FuE-Investitionen niederschlagen [KL86, S. 280]. Die Technologieexperten können i.d.R. Aussagen zur Technologiereife und der technologischen Machbarkeit treffen; die Experten aus den Innovationsfeldern können i.d.R. eine gute Einschätzung von Marktgrößen vornehmen. Auf Basis der Einschätzung erfolgt eine Grobbewertung der Ideen. Es gilt zu entscheiden, welche Ideen für den weiteren Verlauf weiterverfolgt, geprüft oder zurückgestellt werden sollen. Zur vollständigen Erfassung der Ideen inkl. der Bewertung wird das erweiterte Lotusblüten-Template verwendet, vgl. Bild 4-34 unten. Diesem Vorgehen folgend wurden im Validierungsbeispiel Ideen für die vier ausgewählten Innovationsfelder gesucht. In Bild 4-35 sind die Ergebnisse für den Luftfahrzeugbau auszugsweise dargestellt.

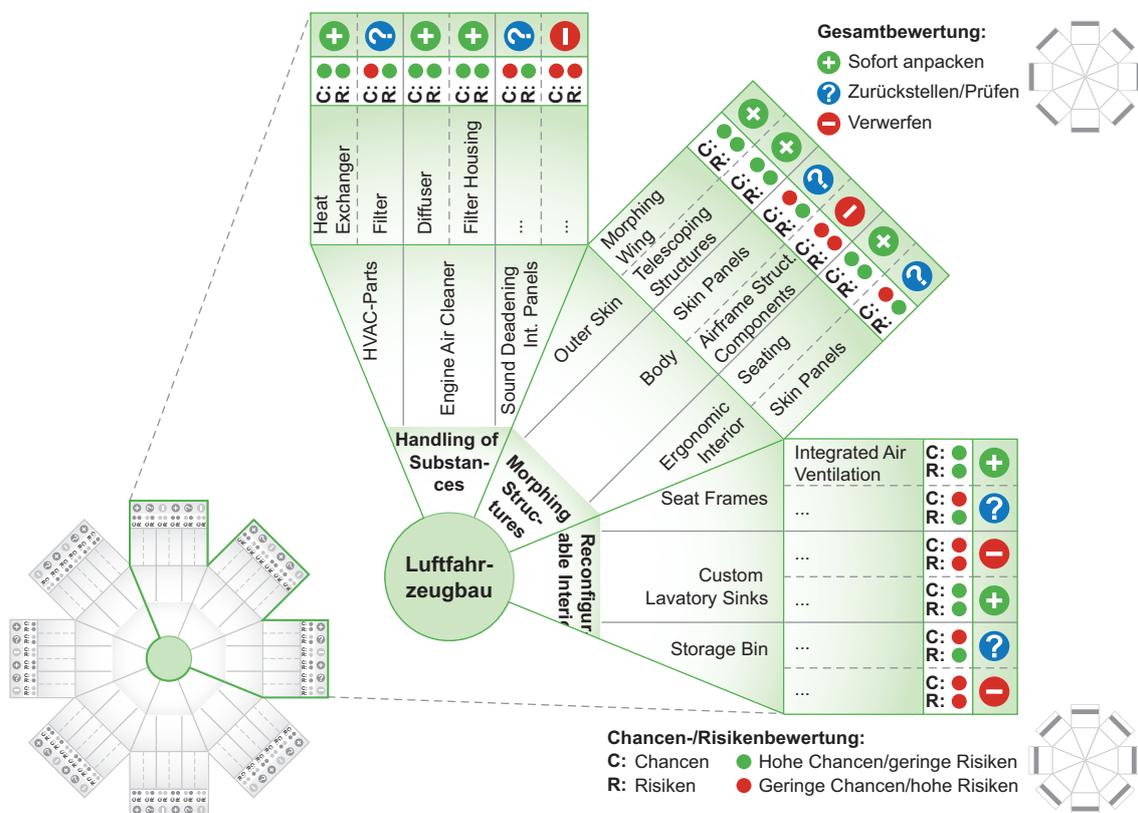


Bild 4-35 Dokumentations-Template für das Innovationsfeld Luftfahrzeugbau (Auszug, vereinfacht)

U.a. ist die Idee *Adaptiver Flugzeugflügel (Morphing Wing)* entstanden. Bei einem *Morphing Wing* handelt es sich um Tragflächen, die sich *kontinuierlich* verformen können. Durch eine kontinuierliche Verformung ist eine flexible Anpassung der Wölbung denkbar, wodurch ein optimiertes aerodynamisches Verhalten realisiert werden kann, in etwa wenn eine Anpassung an äußere Einflüsse (z.B. Windböen) erfolgt [WGP12, S. 392], [GEK+12a, S. 42], [KW12, S. 23], [GPW13, S. 3], [GEW12, S. 3].

4.4 Ermittlung von Handlungsoptionen

Investitionen in Produkt- und Technologieentwicklung müssen zum einen auf einem soliden Marktpotential fußen; zum anderen muss Konsistenz zwischen der Leistungsfähigkeit der Technologie und den Anforderungen aus den Anwendungsideen gegeben sein. Ziel dieser Phase sind daher Handlungsoptionen, die auf Erfolg versprechenden Anwendungsideen und korrespondierenden Technologieprofilen fußen. Es geht hierbei um die Synchronisation von Lösungs- und Problemraum, vgl. Bild 4-2. Die Synchronisation erfolgt in drei Schritten. Zuerst sind die Anwendungsideen zu analysieren, um eine Priorisierung vorzunehmen (Abschnitt 4.4.1). Priorisierte Anwendungsideen sind zu Anwendungssegmenten zu clustern. Anwendungssegmente sind Gruppen von Anwendungsideen, die hinsichtlich der erforderlichen technologischen Leistungsfähigkeit homogen sind. Auf Basis der Anwendungssegmente sind Technologieprofile zu ermitteln (Abschnitt 4.4.2). Diese sind hinsichtlich strategischer Relevanz, relativer Technologiekompetenz, Weiterentwicklungsintensität sowie zeitlicher Realisierbarkeit zu bewerten (Abschnitt 4.4.3), um zuletzt Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung abzuleiten (Abschnitt 4.4.4).

4.4.1 Anwendungsideen analysieren

Ziel der Analyse ist die Beschreibung der gegenwärtigen Defizite der Technologie. Die Defizite werden dabei anhand derer Leistungsparameter identifiziert, die die Anwendungsideen zwar erfordern, von der Technologie derzeit allerdings noch nicht in gefordertem Umfang erbracht werden. Defizite stellen dementsprechend anwendungsspezifische Weiterentwicklungspotentiale der Technologie dar. Hierzu sind die Anwendungsideen hinsichtlich der Anforderungen zu analysieren und durch Funktionen zu beschreiben. Die Funktionen der Anwendungsideen sind in die Funktionen des Lösungsraums zu übersetzen, um die durch den Lösungsraum bisher nicht oder nur bedingt erfüllten Leistungsparameter zu ermitteln. Daraus ergibt sich das aktuelle anwendungsspezifische Defizit der Technologie. Zuletzt sind der durch die Technologie induzierte Nutzen sowie die potentiellen Risiken zu beschreiben. Das Vorgehen wird im Folgenden näher erläutert.

Die Analyse der Anwendungsideen erfolgt in Anlehnung an die klassische Entwicklungsmethodik, vgl. [VDI2221, S. 9ff.], [PBF+07, S. 193ff.], [Vie07, S. 115ff.]. Zunächst werden die Anwendungen hinsichtlich der Anforderungen untersucht. Dabei werden technologische und infrastrukturelle Anforderungen unterschieden. Technologische Anforderungen indizieren die geforderte Leistungsfähigkeit der fokussierten Technologie; es sind solche Anforderungen aufzudecken, die zwar die Technologie direkt betreffen, bisher von der Technologie allerdings nicht erfüllt werden. Infrastrukturelle Anforderungen sind übergeordnet; sie indizieren den Rahmen, der für die Anwendung der Technologie im

Anwendungskontext zu schaffen ist⁶⁶. Diese Anforderungen sind, wenn sinnvoll, ebenfalls zu berücksichtigen. Ein Beispiel aus dem Validierungsprojekt ist die *Bereitstellung von Konstruktionsregeln* (vgl. auch [GEK+12a, S. 87ff.]).

Die Ermittlung der Anforderungen kann zum einen im Rahmen von Interviews oder in fokussierten Experten-Workshops in den Innovationsfeldern erfolgen⁶⁷. Zum anderem liefern die in Abschnitt 4.3.3 erarbeiteten Szenarien insbesondere Hinweise auf infrastrukturelle Anforderungen. Alle Anforderungen sind in Anforderungslisten nach PAHL/BEITZ zu dokumentieren; die Anforderungslisten sind kontinuierlich um neue Erkenntnisse zu erweitern [PBF+07, S. 225], [VDI2221, S. 10], [Sto10, S. 105].

Basierend auf den ermittelten Anforderungen werden im nächsten Schritt für jede Anwendungsidee Funktionen abgeleitet und Funktionshierarchien⁶⁸ erstellt (vgl. Abschnitt 3.1.2). Funktionen spezifizieren dabei einen gewünschten Input-Output-Zusammenhang; die Gesamtfunktion ist in Haupt- und Unterfunktionen zu gliedern [PBF+07, S. 44], [VDI2221, S. 10]. Eine entsprechende Funktion aus der Validierung ist zum Beispiel *Strukturbauteil vertikal stabilisieren*. Anschließend sind die Funktionen in Standardfunktionen zu übersetzen [Vie07, S. 87] und durch erforderliche Leistungsmerkmale und Merkmalsausprägungen zu spezifizieren. Mittels dieser Notation können die Anwendungsideen schließlich in die Funktionen des Lösungsraums übersetzt werden. Beispiel für die obige Funktion ist die Standardfunktion *mechanische Energie aufnehmen*, mit dem Leistungsmerkmal *Normalkraft* und der Merkmalsausprägung *hoch*. Analog sind die erforderlichen Rahmenbedingungen an die Produktions-, Material- und Informationstechnologie aus den Anforderungen abzuleiten und zu spezifizieren.

In Bild A-1 ist eine vereinfachte Gegenüberstellung einer Anwendungsidee mit der Leistungsfähigkeit der Produkt- und Produktionstechnologie dargestellt. Es zeigt sich u.a.,

⁶⁶ In einem weiteren Validierungsprojekt wurden infrastrukturelle Anforderungen zur Entwicklung von Forschungsstrategien mittels des Verfahrens VITOSTRA[®] verwendet. VITOSTRA[®] ist ein am HEINZ NIXDORF INSTITUT erarbeitetes Verfahren zur Entwicklung intelligenter, technologieorientierter Geschäftsstrategien [GP14, S. 177ff.], [Bät04, S. 93ff.]. Infrastrukturelle Anforderungen wurden hierfür abstrahiert und mit alternative Ausprägungen ausgeprägt. Durch die Kombination konsistenter Ausprägungsbündel resultierten ideale Forschungsstrategien. Ebenso konnten anhand der Ausprägungen die Strategien der Wettbewerber charakterisiert werden. Für umfassende Informationen sei auf [GWP13, S. 107ff.], [GKW+14, S. 4ff.].

⁶⁷ Im Sinne des Lead-User Ansatzes sollte die Anforderungsanalyse gemeinsam mit Experten aus den Innovationsfeldern durchgeführt werden. Die durchgängige Integration der Experten aus den Innovationsfeldern bietet den Vorteil, dass im Anschluss an den durchlaufenen Planungsprozess Forschungs- und Entwicklungskooperationen angestoßen werden können. In einem der verfolgten Innovationsfelder wurde zur Anforderungsaufnahme und -analyse einer ausgewählten Anwendungsidee ein fokussierter Workshop bei einem Unternehmen durchgeführt. Es wurden Experten entlang der Wertschöpfungskette von Additive Manufacturing Technologien eingebunden (Technologie- und Materiallieferant, Dienstleister und Kunde/Zielmarkt); auf dieser Basis wurde eine erste Machbarkeitsstudie durchgeführt.

⁶⁸ Alternativ werden in der Entwicklungsmethodik Funktionsstrukturen verwendet; diese stellen zusätzlich zu der hierarchischen Gliederung der Funktionen Stoff-, Signale- und Energieflüsse dar [Bri10, S. 123], [PBF+07, S. 44ff.]. In der strategischen Planung ist eine derart detailliert Darstellung kaum möglich und auch nicht erforderlich [Bri10, S. 123].

dass die Produktionstechnologie hinsichtlich des Bauraums weiterentwickelt werden muss, um z.B. eine Bauteilbemaßung von mehr als 1,5m zu ermöglichen. Zu den ermittelten infrastrukturellen Anforderungen zählen z.B. die Bereitstellung entsprechender Konstruktionsregeln, die Schulung der Zielanwender, diese zu implementieren, und die Etablierung von Zertifizierungsprozessen für Produktions- und Materialtechnologien (vgl. Abschnitt 4.3.3 und Bild 4-30).

Für die Erfolgsabschätzung eines spezifischen technologiebasierten Produkts ist das Herausstellen des Mehrwerts, den eine Anwendung durch den Einsatz der betrachteten Technologie erfährt, maßgeblich [Day00, S. 148]. Mit dem Einsatz neuer Technologien in Produkten verbindet ein Kunde i.d.R. eine Produktverbesserung bzw. eine Kompensation bekannter Schwachstellen. Zumindest gilt es, die ggf. höheren (Anschaffungs-)Kosten durch einen geschaffenen Mehrwert aufzuwiegen [Kuh07, S.105f.]. Daher ist der **durch die Technologie induzierte Nutzen** zu ermitteln, um damit Technologiepotentiale zu beschreiben (vgl. Abschnitt 4.2.4). Die Technologiepotentiale sind i.d.R. generisch. Daher sind hier die Technologiepotentiale in dem jeweiligen Anwendungskontext zu betrachten, vgl. Bild 4-16, *Block 6*. Diese Aufgabe ist für einen Technologieanbieter nicht trivial; daher bietet es sich an, Experten aus den Innovationsfeldern zu involvieren. Es ist zu beschreiben, welche Bedürfnisse und Probleme durch den Einsatz der Technologie in einer Anwendung adressiert werden. Hierzu kann bspw. auf die vier Fragen aus dem adaptierten Vier-Aktionen-Format nach KIM/MAUBORGNE zurückgegriffen werden, vgl. Bild 4-14. Ferner können folgenden Fragen unterstützen:

- Können in der Anwendung Potentiale der Technologie adressiert werden?
- Wird dadurch beim Kunden ein konkretes Problem gelöst? Ist die Lösung des Problems (ausschließlich) auf den Einsatz der Technologie zurückzuführen? Wie groß ist das Problem für den Kunden, das durch den Einsatz der Technologie gelöst wird⁶⁹?
- Wird ggf. durch den Einsatz der Technologie (im Sinne der TRIZ-Logik) ein Widerspruch in einer Anwendung aufgelöst (vgl. Abschnitt 4.2.3)⁷⁰?

Für die Anwendungs idee *Morphing Wing* wurde z.B. abgeleitet, dass der Einsatz einer Gitternetzstruktur eine signifikante Material- und Gewichtsreduktion ermöglicht; das Fliegen wird wirtschaftlicher, da der Kerosinverbrauch sinkt. Ebenso können sich durch den Einsatz einer neuen Technologie anwendungsspezifische Risiken ergeben. Ein potentiell Risiko im Validierungsbeispiel ist die Haltbarkeit der Materialien, die in Tests zu überprüfen ist.

⁶⁹ Nach VANSTON ist die Größe des adressierten Problems maßgeblich für die Akzeptanz bzw. für den Nutzen einer Technologie [Van09, S. 180].

⁷⁰ Nach ALTSCHULLER ist nicht die Größe der im Produkt oder im Prozess eingebrachten Änderung ausschlaggebend, vielmehr ist die Auflösung eines technischen Widerspruchs das „Nutzenbringende“ einer Erfindung [AS83, S. 61].

Ergebnis dieses Schritts sind Anforderungen an den Lösungsraum sowie der technologie-induzierte Nutzen und potentielle Risiken für die ermittelten Anwendungsideen.

4.4.2 Anwendungssegmente und Technologieprofile ermitteln

Ziel dieses Schritts sind Technologieprofile, die kongruent zu den Anwendungsideen sind. Technologieprofile indizieren die geforderte Leistungsfähigkeit der Technologie und zeigen denkbare Weiterentwicklungsrichtungen⁷¹ der Technologie auf. Die Basis für das Ableiten von Technologieprofilen bilden Erfolg versprechende Anwendungsideen. Daher ist auf Basis der Analyseergebnisse aus Abschnitt 4.4.1 eine Priorisierung der Anwendungsideen vorzunehmen⁷². Priorisierte Anwendungsideen sind anschließend hinsichtlich der geforderten, technologischen Leistungsfähigkeit zu homogenen Anwendungssegmenten zu clustern, um Technologieprofile ableiten zu können.

Die Priorisierung der Anwendungsideen erfolgt mittels einer Nutzwertanalyse; die Ergebnisse werden anschließend in einem Portfolio dargestellt. Die Bewertung erfolgt anhand der Dimensionen *Markt- und Technologieattraktivität*⁷³ sowie *Zukunftsrelevanz*. Zur Bewertung der **Marktattraktivität** werden die Kriterien *Marktvolumen*, *Marktentwicklung* und *Differenzierungspotential* im Wettbewerb herangezogen, vgl. Tabelle 4-3 (vgl. [GP14, S. 129], [Vie07, S. 123ff.], [Bri10, S. 152f.]).

Es wird ein einheitlicher Bewertungsmaßstab von *null* bis *drei* verwendet. Die Größen *Marktvolumen* und *-entwicklung* sind individuell mit kardinalskalierten Werten auszuprägen. Mit dem Kriterium *Differenzierungspotential* im Wettbewerb ist abzuschätzen, ob die Anwendung einem Standard entspricht oder ob eine radikale Neuerung in dem Zielmarkt realisiert wird.

⁷¹ ARDILLIO/LAIB sprechen von Technologieentwicklungsoptionen, wie z.B. Optimierung von Größe in Kombination mit Optimierung von Energieverbrauch oder Messdauer. Technologieentwicklungsoptionen resultieren aus den Anforderungen identifizierter Marktsegmente [AL08, S. 197].

⁷² Die Bewertung und Auswahl der Anwendungsideen ist der frühen Phase des Innovationsprozesses zuzuordnen; zu diesem Zeitpunkt liegen nur wenige belastbare Informationen vor. Beispielsweise hat ein Technologieanbieter i.d.R. keine umfassenden Informationen bzgl. der Zielmärkte für die Technologie [SG13, S. 211]. Es soll hier eine tendenzielle Einschätzung vorgenommen werden.

⁷³ Weitere Kriterien zu Bewertung der Marktattraktivität liefert [Ard12, S. 143]. Selbstredend steht es dem Anwender der Systematik frei, Kriterien und Gewichtungen individuell festzulegen.

Tabelle 4-3 Schema für die Bewertung der Marktattraktivität

| Marktattraktivität | | Bewertungsmaßstab | | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------------|---|--|--|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Bewertungskriterien | Marktvolumen | 1 | Die Anwendung adressiert einen sehr kleinen Markt | Die Anwendung adressiert einen kleinen Markt | Die Anwendung adressiert einen mittleren Markt | Die Anwendung adressiert einen großen Markt |
| | Marktentwicklung | 2 | Die Marktentwicklung verzeichnet einen Rückgang | Die Marktentwicklung verzeichnet eine Stagnation | Die Marktentwicklung verzeichnet ein durchschnittliches Wachstum | Die Marktentwicklung verzeichnet ein hohes Wachstum |
| | Differenzierungspotential | 3 | Die Anwendung ist ein Standard | Die Anwendung ist eine Verbesserung | Die Anwendung ist eine Neuheit | Die Anwendung ist eine radikale Neuerung |

Die **Technologieattraktivität** wird mittels der Kriterien *Technologiereife*⁷⁴ und *Technologie-induzierter Nutzen im Anwendungskontext* bestimmt, vgl. Tabelle 4-4. Die Technologiereife wird in dieser Arbeit als die derzeitige Leistungsfähigkeit der Technologie, bezogen auf die Anwendung, verstanden und in Anlehnung an das Technology-Readiness-Level Konzept bewertet (vgl. Abschnitt 2.1.5 und [PA12, S. 323], [Vie07, S. 98ff.], [PMS+91, S. 87]). Es ist eine tendenzielle Einschätzung vorzunehmen, ob die Technologie sich eher im Forschungsstadium befindet oder ob bereits eine Tendenz in Richtung einer Serienproduktion zu erkennen ist. Der *technologie-induzierte Nutzen* suggeriert den Beitrag der Technologie in der Anwendung (vgl. Abschnitt 4.4.1).

Tabelle 4-4 Schema für die Bewertung der Technologieattraktivität

| Technologieattraktivität | | Bewertungsmaßstab | | | | |
|--------------------------|--|-------------------|--|--|--|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Bewertungskriterien | Technologie-reife* | 1 | Die Technologie befindet sich im Forschungsstadium (TRL 1-3) | Die Technologie befindet sich in der Entwicklung/Demonstration (TRL 4-6) | Die Technologie wurde in ersten Anwendungen/Prototypen erprobt (TRL 7-8) | Die Technologie wird in der (Klein-) Serienproduktion eingesetzt (TRL 9 (-10)) |
| | Technologie-induzierter (Zusatz-)Nutzen* | 2 | Die Technologie induziert einen marginalen Nutzen | Die Technologie induziert einen mittleren Nutzen | Die Technologie induziert einen hohen Nutzen | Die Technologie induziert einen überproportionalen Nutzen |

*im Anwendungskontext
TRL: Technology Readiness Level

Die **Zukunftsrelevanz** einer Anwendungs idee drückt aus, wie Erfolg versprechend die Anwendung bei Eintreten des ausgewählten Referenzszenarios ist (vgl. Abschnitt 4.3.3). Wie in Tabelle 4-5 dargestellt, ist zu prüfen, inwieweit die Anwendungsideen zukünftige Anforderungen der Innovationsfelder adressieren (vgl. [Vie07, S. 123]).

⁷⁴ Innovationen treten auf verschiedenen Leistungsfähigkeitsstufen von Technologien auf und unterschiedliche Anwendungskontexte stellen unterschiedliche Anforderungen an eine Technologie (vgl. Abschnitt 2.4.3). Mit dem Kriterium *Technologiereife* werden diese Aspekte berücksichtigt.

Tabelle 4-5 Schema für die Bewertung der Zukunftsrelevanz

| Zukunftsrelevanz | | Bewertungsmaßstab | | | |
|----------------------|--|--|---|---|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Bewertungs-kriterium | Fit zu zukünftigen Anforderungen des IFs | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | Anwendung adressiert zukünftige Anforderungen kaum | Anwendung adressiert zukünftige Anforderungen teilweise | Anwendung adressiert zukünftige Anforderungen stark | Anwendung adressiert zukünftige Anforderungen überdurchschnittlich |

IF: Innovationsfeld

Die Priorisierung der Anwendungsideen erfolgt in einem Auswahlportfolio⁷⁵, vgl. Bild 4-36. Auf der Ordinate wird die Marktattraktivität abgetragen, auf der Abszisse die Technologieattraktivität. Über den Durchmesser wird die Zukunftsrelevanz indiziert; die Farbe gibt Aufschluss über das zugehörige Innovationsfeld. Aus der Positionierung der Anwendungsideen im Portfolio resultiert eine geringe, mittlere und hohe Selektionspriorität.

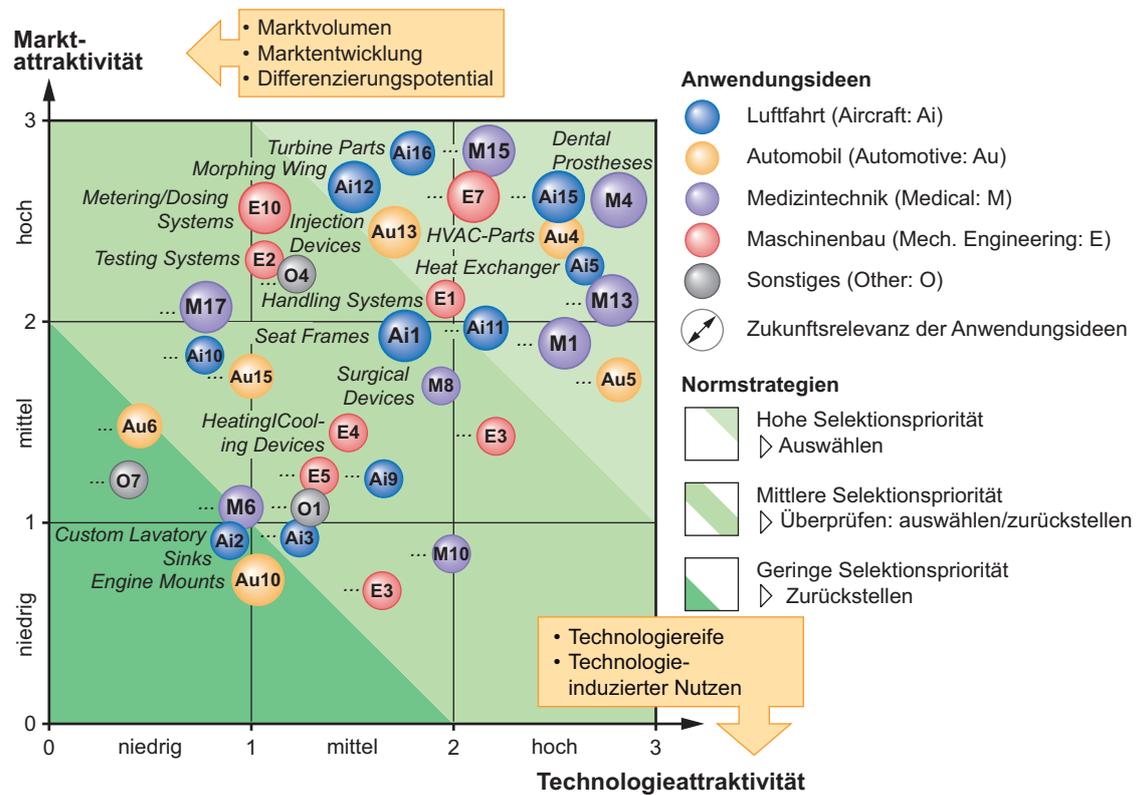


Bild 4-36 Portfolio zur Auswahl von Anwendungsideen (Auszug)

⁷⁵ Aus Sicht eines (potentiellen) Technologienutzers ist im Anschluss an die Auswahl der Anwendungsideen eine klassische Make-or-Buy-Entscheidung vorzunehmen [Vie07, S. 129ff.].

Anwendungsideen mit einer hohen Markt- und Technologieattraktivität haben eine hohe Selektionspriorität, d.h. sie sind für die weitere Ausarbeitung auszuwählen. Beispiele sind *Turbine Parts* oder *Dental Prostheses*. Demgegenüber besitzen Ideen im Bereich der geringen Selektionspriorität eine geringe Markt- und Technologieattraktivität und sind daher zurückzustellen. Beispiele sind *Custom Lavatory Sinks* oder *Engine Mounts*. Im Bereich der mittleren Selektionspriorität ist selektiv vorzugehen und individuell zu entscheiden, welche Ideen zurückgestellt oder weiterverfolgt werden sollen. Im Validierungsbeispiel wurden insgesamt 45 Anwendungsideen für die weitere Ausarbeitung ausgewählt.

Zuletzt sind Ideen, die weiterverfolgt werden sollen, in Steckbriefen zu dokumentieren⁷⁶, (vgl. auch [Küh03, S. 103]). Die Steckbriefe umfassen eine allgemeine Beschreibung, ggf. eine Skizze und die zukünftigen Einflüsse aus dem Innovationsfeld. Es sind ferner anwendungsspezifischer Nutzen, Risiken durch den Einsatz der Technologie und der Ideengeber zu notieren. In Bild 4-37 ist ein exemplarischer Steckbrief für die Anwendungs-idee *Morphing Wing* dargestellt.

In der anschließenden Anwendungssegmentierung sind ausgewählte Anwendungsideen hinsichtlich der geforderten technologischen Leistungsfähigkeit zu clustern; es sollen homogene Anwendungssegmente⁷⁷ entstehen, um Technologieprofile ableiten zu können. Technologieprofile sollen potentielle anwendungsorientierte Weiterentwicklungsrichtungen für die Technologie darstellen. Für die Anwendungssegmentierung wird in der Systematik auf das von LEHNER entwickelte Vorgehen zur Marktsegmentierung zurückgegriffen (vgl. Abschnitt 3.3.5). In Anlehnung an dieses Vorgehen werden entsprechend Bild 4-38 Anwendungsideen (Spalten) hinsichtlich der Merkmalsausprägungen der Leistungsmerkmale (Zeilen) der Technologie beurteilt. Es erfolgt eine binäre Bewertung. Es wird mit *eins* bewertet, wenn eine Merkmalsausprägung für eine Anwendungs-idee charakteristisch ist; andernfalls wird eine *Null* vergeben.

⁷⁶ Eine Dokumentation ist ein wichtiger Schritt, da ein technologie-induzierter Innovationsprozess i.d.R. einen langen Planungshorizont umfasst. Durch eine detaillierte Dokumentation kann zu einem späteren Zeitpunkt, z.B. bei einem Review der Planung, auf die Ergebnisse zurückgegriffen werden.

⁷⁷ SPUR ET AL. sprechen in diesem Kontext von Anwendungsprofilen (vgl. Abschnitt 3.4.3). ARDILIO/LAIB stellen die identifizierten Marktsegmente hinsichtlich der Anforderungen, die sie an die Technologie stellen, gegenüber. Auf diese Weise können Überschneidungen bei den Ausprägungen der Anforderungen ermittelt werden [AL08, S. 199]. Im Rahmen der Systematik erfolgt die Segmentierung anhand von Anwendungen, da mehrere Innovationsfelder (Marktsegmente) adressiert werden. Diese Vorgehensweise bietet die Möglichkeit, Cross-Industry-Synergie-Effekte zu berücksichtigen.

Anwendungsidee: Morphing Wing (Ai12)
Letztes Update: 31. Mai 2012

Ideengeber: S. Martin
Version: 2.1
Bearbeiter: M. Wall

Beschreibung

Adaptive Flugzeugflügel mit integrierten Gitternetzstrukturen ermöglichen eine schnelle und effiziente Anpassung an veränderte Umgebungsbedingungen. Durch die (kontinuierliche) Variation geometrischer Eigenschaften (z.B. Wölbung) lässt sich der Auftrieb variieren. Mittels Anpassung der Gitternetzstruktur und somit der gesamten Flügelgeometrie ist dies mit weniger Verwirbelung und effizienter realisierbar. Durch die Veränderung der Steifigkeit des Flügels lässt sich dieser wiederum jederzeit für verschiedene Flugsituationen optimieren. So können bspw. Böen schneller ausgeglichen werden und eine Anpassung an verschiedene Fluggeschwindigkeiten erfolgen.

Skizze

Flügel-Querschnittsgeometrie

Zukünftige Einflüsse (Chancen) +

- Leichtbau und Energieeffizienz gewinnen zunehmend an Bedeutung
- Bedarf an neuen Materialien wird nach und nach in der Forschung adressiert
- Automatisierung der Produktion wird bedeutender
- Additive Manufacturing im Kontext Industrie 4.0 [...]

Zukünftige Einflüsse (Bedrohungen) -

- Vorteile der Technologie sind nicht bekannt
- Zunehmende Konsolidierung der Wertschöpfungsketten
- [...]

Anforderungen an Lösungsraum (technologisch)

Technologiepotentiale

- Morphologie
- Stabilität, Topologie-Optimierung für Kraftaufnahme, Leichtbau
- Effizienz, Wirtschaftlichkeit
- Haltbarkeit, Flexible Werkstoffe
- [...]

Infrastrukturelle Anforderungen

- Bereitstellung von Konstruktionsregeln, Schulung potentieller Anwender
- Erarbeitung und Etablierung von Prozessen für Zertifizierung (Prozess: Produktionstechnologie; Material: Materialtechnologie)
- Bereitstellung einer Datenbasis für Materialeigenschaften
- [...]

Anwendungsspezifischer Nutzen

- Hohe Steifigkeit durch Gitternetzstruktur
- Material-/Gewichtsreduktion
- Wirtschaftliches Fliegen: Reduktion Kerosinverbrauch durch Gewichtseinsparung
- Weniger bewegliche Teile, keine/geringere Belastung von Verbindungsstellen
- [...]

Anwendungsspezifische Risiken

- Haltbarkeit der Materialien
- Notflugeigenschaften bei Systemausfall
- Hohe Material-/Reparaturkosten
- [...]

Priorisierung

Quellen

- [GEK+11]
- [Wei06-ol]
- [Nat11-ol]
- [HKF10]
- [Hei11]
- [...]

Bild 4-37 Exemplarischer Steckbrief für die Anwendungsidee „Morphing Wing“

Für die Anwendungsidee *Seat Frames* (Spalte Ai1) ist die Merkmalsausprägung *Aufnahme hoher Normalkräfte* (Zeile 2A) charakteristisch, für einen *Heat Exchanger* (Spalte Ai5) eher die *hohe Wärmeaufnahme* (Zeile 1A), vgl. Bild 4-38. Die Zeilensumme gibt die Häufigkeit des Vorkommens einer Merkmalsausprägung über alle Ideen an. Daraus

können Implikationen für die TP-Strategie abgeleitet werden; insbesondere resultieren daraus sog. Querschnittsthemen. Ein Beispiel ist die *Verarbeitbarkeit von Magnesium* und/oder *faserverstärkten Werkstoffen*. Diese Ausprägung für zahlreiche Anwendungen erforderlich bzw. wünschenswert. Es ist im Individualfall zu entscheiden, ob es sinnvoll und notwendig ist, derartige Ausprägungen bei der Ableitung von Weiterentwicklungsrichtungen der Technologie zu berücksichtigen. Das Validierungsbeispiel zeigt ferner, dass in Summe die Richtung einer Ausprägung nicht eindeutig sein muss. So ist z.B. die Ausprägung für das Merkmal *Volumen des Objekts* diametral, d.h. zukünftige Anwendungen fragen die Technologie sowohl in größeren als auch kleineren Ausmaßen nach. Eine weitere Besonderheit tritt bei der Materialtechnologie auf.

| Anwendungssegmentierung | | Anwendungssegmentierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------|-------------|-----|-----|------------------------|----------------|---|---------------------------|------------|-----|--------|------------|--------------------|-----|-------------------------|---------------|------------------|-------|--|
| Fragestellung: „Trifft die Ausprägung i (Zeile) des Merkmals für die Anwendungs idee j (Spalte) zu?“ Bewertungsmaßstab: 0 = Ausprägung trifft zu 1 = Ausprägung trifft nicht zu | | Anwendungs idee | Seat Frames | | | Sound Deadening Panels | Heat Exchanger | ... | Lightweight Body-in-White | HVAC-Parts | ... | Screws | Prostheses | Orthopedic Devices | ... | Metering/Dosing Systems | Spray Systems | Robotic Grip Arm | Summe | |
| Merkmal | Merkmalsausprägung | Nr. | Ai1 | Ai4 | Ai5 | | | Au3 | Au4 | | M1 | M2 | M3 | | E10 | E11 | E12 | | | |
| Wärmeaufnahme | hohe Wärmeaufnahme | 1A | 0 | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 13 | |
| | mittlere Wärmeaufnahme | 1B | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 0 | | 10 | |
| | geringe Wärmeaufnahme | 1C | 1 | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 1 | | 30 | |
| Normalkraftaufnahme | hohe Normalkraft | 2A | 1 | 0 | 0 | ... | | 1 | 0 | ... | 0 | 1 | 1 | ... | 0 | 0 | 0 | | 11 | |
| | mittlere Normalkraft | 2B | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | 18 | |
| | geringe Normalkraft | 2C | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 4 | |
| : | | | | : | | | : | | | | : | | | | : | | | | | |
| Volumen eines Objekts | großes Volumen | 20A | 0 | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 19 | |
| | mittleres Volumen | 20B | 1 | 1 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 1 | | 20 | |
| | geringes Volumen | 20C | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 28 | |
| | | | | | | | | Beispiel Die Merkmalsausprägung <i>geringes Volumen eines Objekts</i> (Zeile 20C) trifft auf die Anwendungs idee <i>Heat Exchanger</i> (Spalte Ai5) zu. | | | | | | | | | | | | |
| Prozessgeschwindigkeit | hohe Prozessgeschwindigkeit | 21A | 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 23 | |
| | mittlere Prozessgeschwindigkeit | 21B | 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | 30 | |
| Integration der Produktion | hohe Integration | 22A | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | 32 | |
| | mittlere Integration | 22B | 0 | 1 | 1 | | | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | | 0 | 0 | 1 | | 22 | |
| Notwendigkeit neuer Materialeigenschaften | Feuerfestigkeit | 23A | 1 | 1 | 1 | ... | | 1 | 1 | ... | 0 | 0 | 0 | ... | 1 | 1 | 0 | | 22 | |
| | Thermische Leitfähigkeit | 23B | 0 | 0 | 1 | | | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 0 | | 12 | |
| | Elektrische Leitfähigkeit | 23C | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 0 | | 6 | |
| | Selbstheilungseigenschaften | 23D | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | |
| Notwendigkeit neuer Materialien | Keramik | 24A | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 4 | |
| | Magnesium | 24B | 0 | 0 | 0 | | | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 18 | |
| | CFRP | 24C | 0 | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 20 | |
| | Shape Memory | 24D | 1 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 9 | |

Bild 4-38 Anwendungssegmentierung: Charakterisierung der Anwendungs ideen hinsichtlich der geforderten Merkmalsausprägungen (Auszug)

Auf Basis der Bewertung sind die Anwendungsideen entsprechend ihrer Ähnlichkeit zu Clustern zusammenzufassen; hierzu ist der relative Anteil gemeinsamer Merkmalsausprägungen zu ermitteln und in einer Ähnlichkeitsmatrix abzubilden. Auf dieser Basis können die Anwendungen mittels einer multidimensionalen Skalierung (MDS) in einer Anwendungslandkarte visualisiert werden⁷⁸. Dabei werden die Anwendungen so angeordnet, dass ähnliche Anwendungen möglichst nah bei einander liegen; Anwendungen, die sich unähnlich sind, liegen weit auseinander (vgl. [GP14, S. 117f.]). Ähnliche Anwendungen werden zu Gruppen zusammengefasst. Dabei gilt, je heterogener ein Anwendungssegment ist, desto heterogener ist das dafür erforderliche Technologieprofil.

Im Validierungsbeispiel wurden zwölf in sich homogene Anwendungssegmente ermittelt, vgl. Bild 4-39.

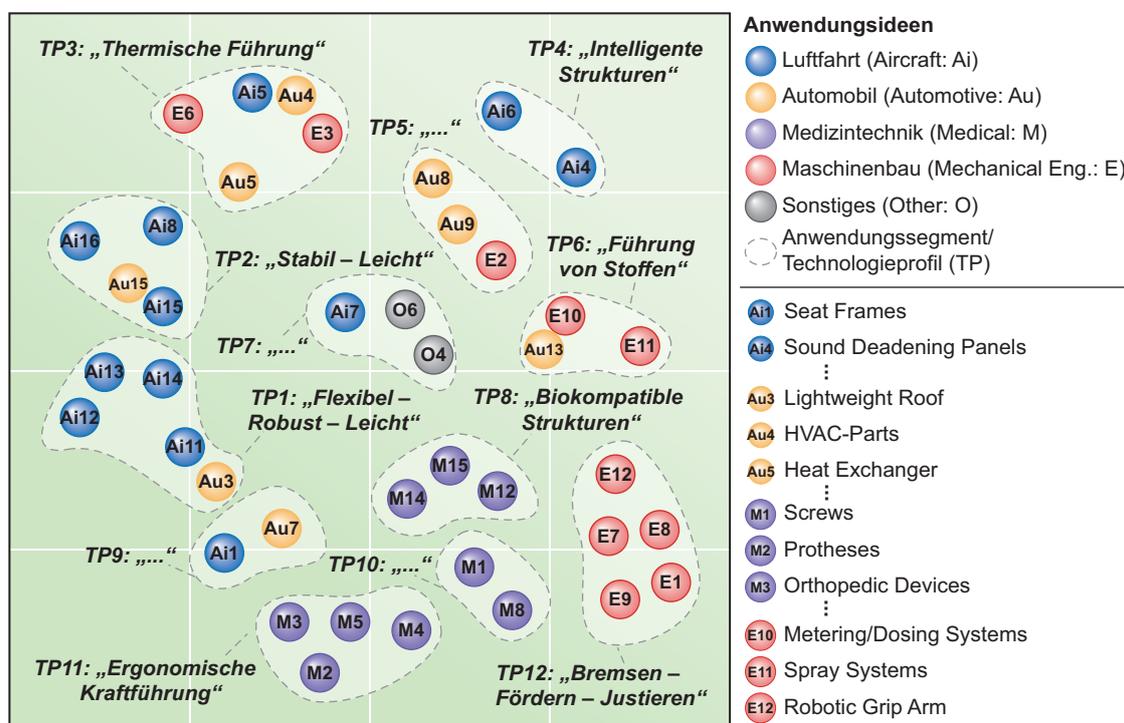


Bild 4-39 Visualisierung der Anwendungsideen mittels einer multidimensionalen Skalierung auf Basis geforderter Merkmalsausprägungen (Auszug)

⁷⁸ Die Berechnung der Ähnlichkeitsmatrix erfolgt automatisiert mit einem Excel-Tool. Zur Erstellung einer MDS wird eine Distanzmatrix ermittelt, in dem die Werte der Ähnlichkeitsmatrix invertiert werden. Die Erstellung der MDS kann mit der Open Source Software Permap erfolgen. Die Software ist unter: <http://permap.software.informer.com> verfügbar.

Diese geben die erforderliche Leistungsfähigkeit der Technologie an und entsprechen damit den kongruenten Technologieprofilen⁷⁹. Zum Beispiel adressiert das Technologieprofil 1 (TP1): „*Flexibel – Robust – Leicht*“ Gitternetzstrukturen mit einer hohen strukturellen Integrität, die bei gleichzeitiger Beweglichkeit/Verstellbarkeit große Kräfte aufnehmen und starke Vibrationen dämpfen können. Gleichzeitig profitieren die Anwendungen von dem Potential des Leichtbaus, stellen aber hohe Anforderungen an die Zertifizierung von Erzeugnis und Prozess. Technologieprofil 12 (TP12): „*Bremsen – Fördern – Justieren*“ fokussiert auf die genannten Funktionen.

4.4.3 Technologieprofile bewerten

In diesem Schritt erfolgt die Bewertung der Technologieprofile. Für die Bewertung werden vier Dimensionen herangezogen: *strategische Relevanz*, *relative Technologiekompetenz*, *Weiterentwicklungsintensität* sowie *zeitliche Realisierbarkeit*. Die Bewertung erfolgt mittels einer Nutzwertanalyse; die Bewertungskriterien der Dimensionen werden im Folgenden erläutert, vgl. Tabelle A-6. Die Gewichtung der Kriterien ist unternehmensspezifisch auszuprägen; die Bewertungsskala für die Kriterien reicht von *null* bis *drei*. Für die zeitliche Realisierbarkeit wird eine gesonderte Skala verwendet.

In Anlehnung an GOMERINGER, GERYBADZE, VIENENKÖTTER und BRINK wird die **strategische Relevanz** als eine vom Unternehmen nicht beeinflussbare Dimension definiert, vgl. [Gom07, S. 116ff.], [Ger04, S. 173ff.], [Vie07, S. 131], [Bri10, S. 152ff.]. Zur Bewertung der *strategischen Relevanz* werden vier Kriterien verwendet. Zunächst sind sog. *Cross- Synergie-Effekte* aufzuzeigen [PMS+91, S. 88]. Es gilt zu prüfen, ob potentielle Märkte in Summe ausreichend groß sind, um eine Entwicklung der Technologie und die damit verbundenen Investitionen zu rechtfertigen [Day00, S. 148]. Eine solche Effizienz wird in der Regel erreicht, wenn die Anforderungen an die Entwicklung der Technologie über möglichst viele Anwendungen und Innovationsfelder homogen sind [Abe80, S. 181]. Ein Technologieprofil verfügt über hohe Cross-Synergie-Effekte, wenn es für viele Anwendungen und viele Innovationsfelder relevant ist (vgl. auch Abschnitt 3.4.3 und Bild 3-24). Zudem stellen neue Technologien potentielle Quellen für zukünftige Kompetenzen dar, über die sich ein Unternehmen im Wettbewerb differenzieren kann [Ber06, S. 106]. Daher werden der *Beitrag zum langfristigen Kompetenzausbau*, die *Bedeutung für Know-how-Absicherung* sowie die *Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb* berücksichtigt. Bei der Differenzierung im Wettbewerb sind Anbietern der gleichen Technologie und Anbieter von Substitutionstechnologien zu evaluieren [Ard12, S. 131f.] (vgl. auch [Gom07, S. 102]).

⁷⁹ Technologieprofile können optional für eine Analyse von Wettbewerbstechnologien herangezogen werden. In einem weiteren Validierungsprojekt wurde am Beispiel der Technologie *kontaktlose Energieübertragung* eine Wettbewerbsanalyse auf Basis Erfolg versprechender Technologieprofile mittels des Verfahrens VITOSTRA[®] durchgeführt. Die Validierung erfolgt im Rahmen einer von der Autorin betreuten Masterarbeit (vgl. [Rac13, S. 84ff.]). Durch eine Analyse von Wettbewerbstechnologien können potentielle Wettbewerber oder Kooperationspartner identifiziert werden [Geh13, S. 99].

Über die **relative Technologiekompetenz** gilt es, die Frage zu beantworten, inwieweit das betrachtete Unternehmen über Ressourcen und Fähigkeiten verfügt, die für die Weiterentwicklung der Technologie erforderlich sind, vgl. Tabelle A-7. Die *Verfügbarkeit von Ressourcen* adressiert das Know-how, das Investitionskapital sowie abgesicherte Patente zur Weiterentwicklung der Technologie im Unternehmen. Die *Fähigkeit zur Umsetzung* charakterisiert die Innovationskultur und die Agilität des Unternehmens im Sinne einer schnellen Anpassungs- bzw. Veränderungsfähigkeit. Bei der Evaluation der *relativen Technologiekompetenz* erfolgt eine Verknüpfung von den ermittelten Technologieprofilen und der Ebene *Kompetenzen* im Ordnungsrahmen, vgl. Bild 4-1.

Ferner gilt es, die **Weiterentwicklungsintensität** der Technologie zur Erreichung eines Technologieprofils abzuschätzen. Nach ARDILIO/LAIB definiert sich die Weiterentwicklungsintensität über die Anzahl der zu optimierenden Leistungsparameter und darüber, wie „hoch der benötigte Sprung“ zur Erreichung der geforderten Leistungsfähigkeit ist [AL08, S. 195]. Eine ähnliche Bewertung wird bei SPATH ET AL. vorgenommen (vgl. Abschnitt 3.4.1 und Bild 3-21). Für die Systematik wird die Weiterentwicklungsintensität als die insgesamt erforderlichen *FuE-Aufwendungen* verstanden; diese sind abzuschätzen.

Die **zeitliche Realisierbarkeit** gibt an, wann ein Technologieprofil in etwa realisiert werden kann⁸⁰. Für die Auswertung werden die drei Bereiche *operativ* (1-3 Jahre), *taktisch* (3-5 Jahre) und *strategisch* (>5 Jahre) unterschieden. Die zeitliche Realisierbarkeit kann im Rahmen von Expertenbefragungen abgeschätzt werden. Die in Abschnitt 4.4.2 ermittelten Technologieprofile sind hinsichtlich der vier skizzierten Dimensionen zu bewerten.

4.4.4 Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung ableiten

Auf Basis der vorgenommenen Bewertung sind Erfolg versprechende Technologieprofile auszuwählen und Handlungsoptionen für den Umgang mit den Technologieprofilen abzuleiten. Ferner werden Querschnittsthemen (Querschnittsprofile), die aus den infrastrukturellen Anforderungen abgeleitet wurden, bewertet. Die Auswahl der Technologieprofile bzw. Querschnittsprofile erfolgt auf Basis einer Portfolio-Roadmap, vgl. Bild 4-40.

Es werden dabei die *strategische Relevanz* und die *relative Technologiekompetenz* respektive auf der Ordinate und der Abszisse aufgetragen. Über den Durchmesser wird die Weiterentwicklungsintensität des entsprechenden Technologieprofils indiziert. Die Projektion in den Raum bildet die abgeschätzte *zeitliche Realisierbarkeit* ab.

⁸⁰ Für die Evaluation der zeitlichen Realisierbarkeit hat sich im Validierungsprojekt die Delphi-Methode bewährt. Ziel ist eine konsolidierte Expertenmeinung zu einer Fragestellung in einem definierten Zukunftshorizont. Gegenstand der Methode ist eine mehrstufige Befragung von (unternehmensinternen und/oder -externen) Experten. Im ersten Schritt wurde die heutige Leistungsfähigkeit von Additive Manufacturing Technologien ermittelt; im zweiten Schritt haben Experten die zeitliche Realisierbarkeit abgeschätzt. Auf eine Darstellung des Vorgehens wird an dieser Stelle verzichtet; das Vorgehen ist auszugsweise in [GEK+12a, S. 84ff.], [WGP12, S. 386ff.], [GEW13, S. 68ff.] dargestellt.

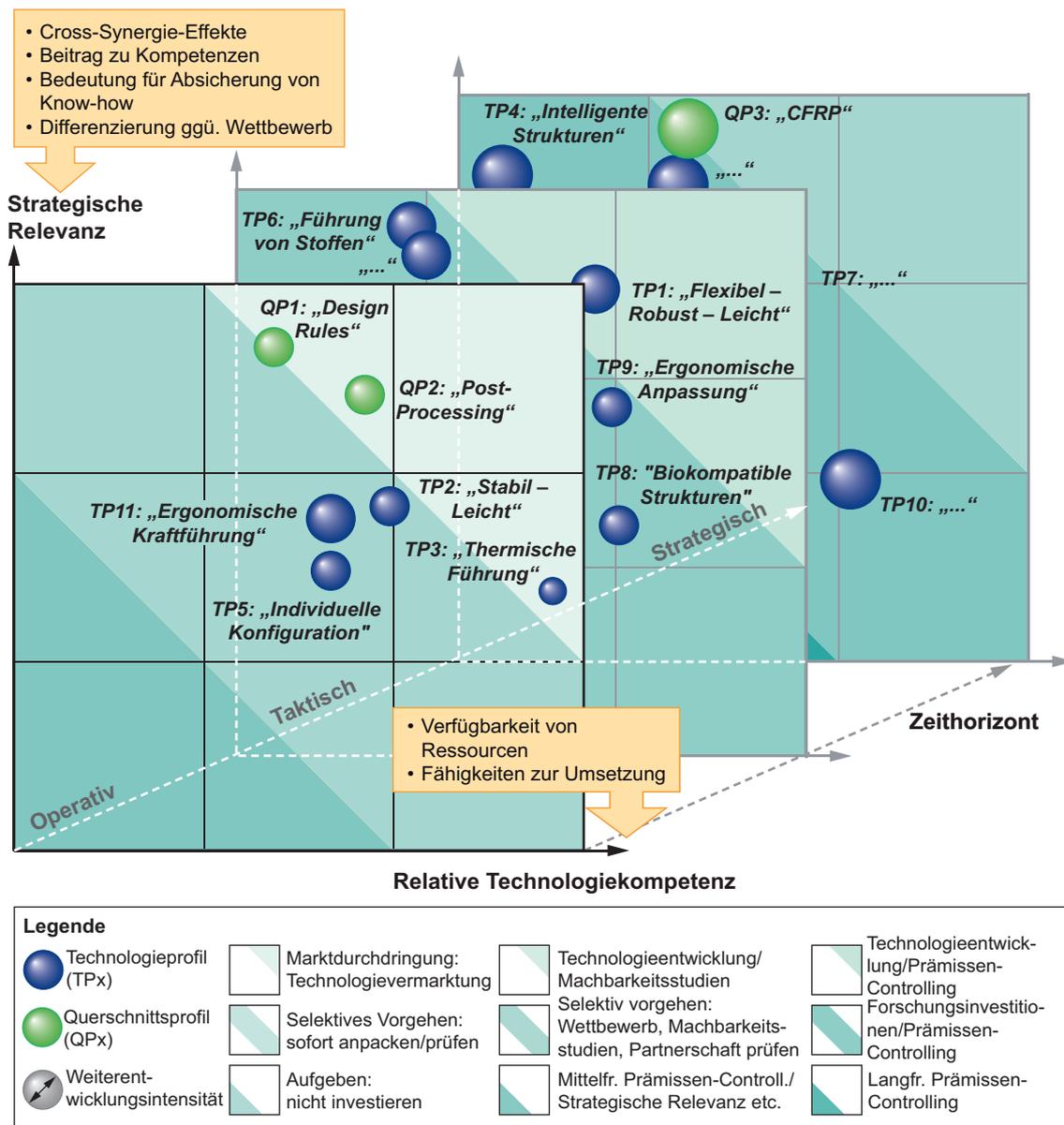


Bild 4-40 Portfolio-Roadmap zur Auswahl von Technologieprofilen

Aus der Positionierung der Technologieprofile in der Portfolio-Roadmap resultieren neun Bereiche, jeweils drei Bereiche für den taktischen, operativen und strategischen Zeithorizont. Jeder Bereich impliziert eine Normstrategie (vgl. auch Abschnitt 3.4.1).

- Aus dem **operativen Bereich** sind Technologieprofile auszuwählen, die eine hohe strategische Relevanz besitzen, relativ schnell umsetzbar sind und für deren Realisierung das Unternehmen bereits über Kompetenzen verfügt. Hier empfiehlt sich eine Technologievermarktung in den identifizierten Innovationsfeldern. Im Bereich des selektiven Vorgehens sind für Technologieprofile von hoher strategischer Relevanz, Möglichkeiten für kurzfristige Entwicklungskooperationen zu prüfen.
- Je weiter der Zeithorizont in der Zukunft liegt, desto mehr Zeit steht theoretisch zum Kompetenzaufbau zur Verfügung, um zukünftige Technologieprofile zu realisieren.

Aus dem **taktischen Bereich** empfehlen sich Investitionen in die Entwicklung von Technologieprofilen von hoher strategischer Relevanz und hoher relativer Technologiekompetenz. Im selektiven Bereich sind bei hoher strategischer Relevanz der Technologieprofile Machbarkeitsstudien durchzuführen und ggf. Möglichkeiten zum Aufbau von Entwicklungskooperationen zu prüfen; für sonstige Technologieprofile ist regelmäßig zu prüfen, ob sich die strategische Relevanz zum Positiven entwickelt.

- Im **strategischen Bereich** ist bei hoher bis mittlerer strategischer Relevanz der Technologieprofile eine mögliche Technologieentwicklung oder ein Forschungsvorhaben respektive aus eigener Kraft oder in einer strategischen Partnerschaft anzustoßen. Technologieprofile von niedriger strategischer Relevanz und niedriger relativer Technologiekompetenz sind in einem Controlling-Prozess kontinuierlich zu prüfen; ggf. führen sog. „*Game Changer*“ zu einer Veränderung der strategischen Relevanz oder der Kompetenzaufbau erfolgt zügiger als angenommen.

Wie viele Technologieprofile für die Weiterentwicklung ausgewählt werden, hängt sehr stark von der eingangs definierten Zielsetzung ab. So kann ein Technologieanbieter vier Arten von Strategien verfolgen, vgl. dazu auch [Gom07, S. 122]:

- **Fokussierungsstrategie:** Hierbei wird die Weiterentwicklung der Technologie in Richtung eines ausgewählten, den meisten Erfolg versprechenden Technologieprofils verfolgt.
- **Opportunistische Strategie:** Bei dieser Zielsetzung werden insbesondere die schnell umzusetzenden Technologieprofile realisiert.
- **Langfristige Strategie:** Die langfristige Strategie umfasst auch Technologieprofile, die langfristiger Investitionen in Forschung und Entwicklung erfordern.
- **Risikostreuungsstrategie:** Bei dieser Zielsetzung werden mehrere Technologieprofile verfolgt. Schnell umzusetzende Technologieprofile werden intensiv vermarktet. In zukünftig Erfolg versprechende Technologieprofile, die aus eigener Kraft entwickelt werden können, wird intensiv investiert. Ferner wird in langfristigen Kompetenzaufbau investiert, um strategisch wichtige Technologieprofile in Zukunft erschließen zu können.

Zuletzt sind auf Basis der ausgewählten Technologieprofile Handlungsoptionen abzuleiten. Die Handlungsoptionen liefern die wesentlichen Eckpunkte für die Entwicklung einer TP-Strategie. Im Validierungsbeispiel wurden zwölf Technologieprofile sowie fünf übergeordnete Entwicklungsaktivitäten evaluiert. Die übergeordneten Entwicklungsaktivitäten zeichnen sich durch die Häufigkeit ihres Auftretens in der Ausprägungsliste aus und haben damit einen Querschnittscharakter, da sie für viele Anwendungen und/oder Innovationsfelder relevant sind (vgl. Abschnitt 4.4.2 und Bild 4-38). Folgende Handlungsoptionen wurden u.a. formuliert, um vor dem Hintergrund der Zielsetzung das Risiko möglichst zu streuen:

- Es wurde die Entscheidung getroffen, das Technologieprofil *TP1*: „*Flexibel – Robust – Leicht*“ weiterzuentwickeln. Dieses besitzt eine vergleichsweise hohe strategische Relevanz, da u.a. hohe *Cross- Synergie-Effekte* realisiert werden können. Das Unternehmen verfügt über eine mittlere Technologiekompetenz für die Umsetzung, die ausbaufähig ist. Gleichzeitig kann dieses Technologieprofil mit relativ geringen FuE-Aufwendungen schnell erprobt werden.
- Für das Technologieprofil *TP3*: „*Thermische Führung*“ lautet die Handlungsoption: *höhere Marktdurchdringung*. Das Technologieprofil ist weitestgehend erschlossen; das Unternehmen verfügt über eine ausgeprägte Kompetenz, die Technologie für neue (bisher nicht bediente) Zielanwendungen zu qualifizieren. Ferner wurde die Durchführung eines kontinuierlichen Screenings nach neuen/angrenzenden Innovationsfeldern für den zukünftigen Einsatz des Technologieprofils festgelegt.
- Technologieprofil *TP6*: „*Führung von Stoffen*“ ist zu prüfen. Dieses ist von einer hohen strategischen Relevanz; hierfür sind insbesondere hohe *Cross- Synergie-Effekte* zwischen verschiedenen Innovationsfeldern maßgeblich. Hingegen ist die relative Technologiekompetenz des Unternehmens eher unterdurchschnittlich, die Weiterentwicklungsintensität des Profils ist dagegen hoch. Es wurde festgelegt, mögliche, vorwettbewerbliche Forschungspartnerschaften zu evaluieren. Ferner ist entschieden worden, potentielle Lead-User in die FuE-Aktivitäten einzubinden, da das Technologieprofil eine spezifische Klasse von Zielanwendungen adressiert.

Ergebnis dieser Phase sind Erfolg versprechende Technologieprofile, die sich zur Realisierung empfehlen sowie Handlungsoptionen für Produkt- und Technologieentwicklung. Die Erfahrung aus den Validierungsprojekten zeigt, dass die entwickelten Handlungsoptionen oftmals eine unterschiedliche Granularität aufweisen; dies ist maßgeblich auf die unterschiedlich Reife der zu Grunde liegenden Technologieprofile zurückzuführen. Diese variierende Granularität hat ihre Auswirkungen auf die TP-Strategie.

4.5 Erarbeitung einer Technology Push Strategie

Ziel der letzten Phase ist eine TP-Strategie. Im Allgemeinen ist eine Strategie als der „*Weg zu einer unternehmerischen Vision*“ zu verstehen (vgl. Abschnitt 2.1.6) [GP14, S. 189]. Sie umfasst neben einer Vision konkrete Konsequenzen und Maßnahmen für die betroffenen Handlungsbereiche [GP14, S. 38]. Entsprechend ist in erster Instanz eine Vision auszuarbeiten, die gleichermaßen die Technologie- und Produktentwicklung adressiert (Abschnitt 4.5.1). Nachfolgend ist die Strategieumsetzung zu planen (Abschnitt 4.5.2). Zuletzt ist die TP-Strategie zu beschreiben (Abschnitt 4.5.3).

4.5.1 Vision für Produkt- und Technologieentwicklung formulieren

Die Formulierung der Vision erfolgt ausgehend von den in Abschnitt 4.4.3 ausgewählten Handlungsoptionen und auf Basis der bisher generierten Erkenntnisse für den Lösungs-

und Problemraum. Es ist im Einzelfall zu entscheiden, welcher Detaillierungsgrad für die Vision sinnvoll und notwendig ist. Für die Systematik wird ein vereinfachtes Verständnis nach GAUSEMEIER⁸¹ verwendet; es sind demnach Ziele, zukünftige Positionen und zukünftige Kompetenzen darzustellen.

- **Ziele formulieren:** Zunächst sind Ziele zu formulieren, um die Frage zu beantworten, warum ein bestimmter Kurs verfolgt und was langfristig erreicht werden soll. Beispielsweise sind langfristige Forschungspartnerschaften mit den ausgewählten Lead-Usern ein Ziel aus dem Validierungsprojekt. Die (gemeinsam entwickelte) Technologie soll die Lead-User dazu befähigen, nachhaltige Vorteile im Wettbewerb zu generieren. Als Zwischenziel wurde festgelegt, ein „Leuchtturm-Projekt“ mit ausgewählten Lead-Usern zu etablieren.
- **Zukünftige Positionen beschreiben:** Anschließend sind zukünftige, strategische Positionen zu beschreiben. Hierfür sind die ausgewählten Technologieprofile zu konkretisieren. Ferner sind die angestrebten Positionen als Kombinationen aus Marktleistungen und Marktsegmenten zu spezifizieren. Dadurch erfolgt die Konkretisierung des Problemraums, vgl. Bild 4-1.
- **Zukünftige Kompetenzen ableiten:** Schließlich sind zukünftigen Kompetenzen zu ermitteln, um die Frage nach den strategisch relevanten Ressourcen und Fähigkeiten zu beantworten. Hierdurch wird ein Feedback an die Ebene *Kompetenzen* im Ordnungsrahmen in Bild 4-1 gegeben. So wurde bspw. festgelegt, sich mittelfristig Kompetenzen in den Bereichen *Design Rules* und *Post-Processing* zu erarbeiten. Diese Kompetenzen besitzen Querschnittscharakter, da sie für mehrere Anwendungen relevant sind. GOMERINGER bezeichnet derartige Projekte als Querschnittsprojekte [Gom07, S. 125]. Langfristiges Ziel ist wiederum ein rentables Geschäftsmodell für die neuen Kompetenzen.

Ergebnis ist eine Vision. Diese beschreibt die Ziele, zukünftigen Positionen und Kompetenzen, die das Unternehmen anstrebt zu erreichen bzw. zu besetzen.

4.5.2 Strategieumsetzung planen

Strategien scheitern oftmals an der Umsetzung; dies ist maßgeblich der operativen „Verzettelung“ geschuldet [GP14, S. 212]. Ziel dieser Phase ist daher eine Technology Push Roadmap; diese soll die Umsetzung der Strategie unterstützen. Die Strategieumsetzung beginnt mit der Operationalisierung; dies umfasst die Ableitung von Konsequenzen und Maßnahmen, die respektive Handlungsbereiche und Aktivitäten beschreiben, um die definierten Ziele, zukünftigen Positionen und Kompetenzen zu erreichen [GP14, S. 202].

⁸¹ Nach GAUSEMEIER umfasst eine Vision ein Leitbild sowie strategische Kompetenzen und strategische Positionen; im Leitbild wiederum werden die Elemente Zweck/Motivation, Mission, Ziele, Stakeholder-Strategien/-Nutzenversprechen sowie Kernwerte adressiert (vgl. Abschnitt 2.1.6) [GP14, S. 194ff.].

Insbesondere bei der Planung emergenter Technologien ist i.d.R. mit einer hohen Dynamik in der Markt- und Technologieentwicklung zu rechnen. Die Definition proaktiver Maßnahmen ist für eine vorausschauende Planung von besonderer Bedeutung. Für die Definition proaktiver Maßnahmen ist die Kenntnis potentieller Einflussfaktoren sowie deren Auswirkungen auf das eigene Geschäft maßgeblich. Daher sind zunächst Einflussfaktoren zu analysieren (Abschnitt 4.5.2.1). Schlussendlich sind Maßnahmen abzuleiten und in einer TP-Roadmap zu konsolidieren (Abschnitt 4.5.2.2).

4.5.2.1 Einflüsse analysieren

Bei der Analyse von Einflussfaktoren stehen Einflüsse aus dem Umfeld der Technologie und der Anwendungskontexte⁸² im Fokus. Die erarbeiteten Zukunftsszenarien und Anforderungslisten geben Hinweise auf Einflussfaktoren (vgl. Abschnitt 4.3.3 und 4.4.1). Sofern notwendig und sinnvoll sind Einflussfaktoren mit einer hohen Relevanz für den Betrachtungsgegenstand in einem paarweisen Vergleich zu ermitteln. Anschließend erfolgt eine Kategorisierung der Einflussfaktoren. Eine Abschätzung der Stärke der Auswirkung und der Eintrittswahrscheinlichkeit vervollständigt die Beurteilung. Für Faktoren, die einen hohen Einfluss auf das Unternehmen haben und deren Entwicklung von dem Unternehmen beeinflusst werden kann, sind direkte Maßnahmen zu entwickeln. Nicht beeinflussbare Faktoren sind in das Prämissen-Controlling zu überführen.

Aus der Bewertung der Faktoren werden vier Kategorien von Einflüssen definiert, die im Prämissen-Controlling zu betrachten sind:

- **Chance:** Einflussfaktoren, die grundsätzlich positiv zu bewerten sind, stellen Chancen dar; sie sind konsequent zu nutzen. Bei der Festlegung von Maßnahmen ist das Verhältnis von Aufwand und Stärke der Auswirkung zu berücksichtigen.
- **Risiken:** Faktoren, die als Bedrohung für die festgelegte Vision zu bewerten sind, stellen ein Risiko dar. Maßnahmen zur Abwendung der Risiken sind in Abhängigkeit von Eintrittswahrscheinlichkeit und Stärke der Auswirkung festzulegen.
- **Wildcards:** Wildcards sind Einflussfaktoren, die je nach (Markt-/Technologie-)Entwicklung positiv und/oder negativ bewertet werden können. Die Richtung der Auswirkung muss frühzeitig erkannt werden. Im Validierungsbeispiel stellt bspw. die *Entwicklung der Wettbewerbsintensität* eine Wildcard dar: Einige Technologieprofile weisen gegenwärtig eine geringe Wettbewerbsintensität auf. Aufgrund der sehr hohen Dynamik in Markt- und Technologieentwicklung bei Additive Manufacturing könnte die Wettbewerbsintensität schlagartig ansteigen.

⁸² In der Literatur finden sich zahlreiche Übersichten von Einflussfaktoren (vgl. [VB13, S. 71ff.], [SBA02, S. 26f.], [PS96, S. 70ff.], [GP14, S. 138ff.]). A6 liefert einige Impulse; es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

- **Stolpersteine:** Stolpersteine können je nach (Markt- und/oder Technologie-)Entwicklung positiv und/oder negativ bewertet werden. Die Tendenz der Entwicklung ist bereits leicht erkennbar, eine Kehrtwende aber nicht ausgeschlossen. Wird eine Kehrtwende übersehen, kann eine Chance ungenutzt bleiben oder ein Risiko übersehen werden. Beispielsweise kann das Interesse an einem bestimmten Technologieprofil momentan für die Mehrheit an Anwendungsideen eine Chance darstellen, für einige Ausreißer jedoch eine Gefahr.

Für die Ermittlung proaktiver Maßnahmen im Rahmen der Umsetzungsplanung sollten insbesondere Risiken mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit und einer starken Auswirkung berücksichtigt werden. Für eine eingängige Evaluierung der Risiken bietet sich ein Risiken-Portfolio an. In dem Portfolio wird die Eintrittswahrscheinlichkeit über der Stärke der Auswirkung aufgetragen. Das Portfolio weist drei charakteristische Bereiche auf: geringes, mittleres und hohes Risikopotential. Sind Stärke der Auswirkung und Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos gering, so kann das Risiko i.d.R. akzeptiert werden. Risiken mit einem mittleren Risikopotential sind kontinuierlich zu prüfen; es ist in Abhängigkeit von der Risikoaffinität eines Unternehmens zu entscheiden, ob das Ergreifen von Maßnahmen notwendig oder sinnvoll ist. Höchste Priorität für die Definition von Maßnahmen besitzen Risiken mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung. Ist es nicht möglich, Maßnahmen zu treffen, ist abzuwägen, das betroffene Element (Technologieprofil oder Anwendungsideen) zumindest vorerst zurückzustellen.

Im Validierungsbeispiel ist für die Entwicklung des Technologieprofils *TP5: „Führung von Stoffen“* spezifisches Know-how bzgl. der Zielanwendungen erforderlich. Ferner wurden strategische Partnerschaften mit ausgewählten Lead-Usern als Ziel festgelegt. Die Evaluation potentieller Entwicklungskooperationen ist eine Maßnahme zur Reduktion des Know-how-Risikos und trägt gleichzeitig zur Zielerreichung bei. Die steigende Anzahl von Forschungsinitiativen auf dem Gebiet des Additive Manufacturing ist Risiko und Chance zugleich. Es besteht das Risiko, dass Wettbewerber oder andere Institutionen auf einem spezifischen Forschungsgebiet einen Vorsprung erlangen; gleichzeitig ist eine Beteiligung an aufkommenden Forschungsinitiativen als Chance zu sehen. Ein weiteres Risiko ist der Mangel an qualifiziertem Personal, z.B. in der Entwicklung von Konstruktionsregeln. Ein kontinuierliches Monitoring der Forschungslandschaft kann dazu beitragen, Forschungsaktivitäten und potentielle Forschungspartner zu identifizieren und Know-how-Träger zu rekrutieren.

4.5.2.2 Technology Push Roadmap erstellen

Ziel dieses Schritts ist eine Technology Push Roadmap als eine zeitliche Abfolge von priorisierten Maßnahmen. Die Roadmap dient als Umsetzungsplan. Zum einen gilt es, Maßnahmen für die Technologie- und Produktentwicklung, also für den *Lösungs- und Problemraum*, zu definieren. Zum anderen sind übergeordnete Maßnahmen für den *infrastrukturellen Raum* aufzunehmen. Das Vorgehen zur Erstellung der Roadmap orientiert

sich an etablierten Ansätzen des Technologie-Roadmapping. Eine umfassendere Diskussion dieser Ansätze liefert VIENENKÖTTER in seiner Arbeit [Vie07, S. 34ff.].

In der Technology Push Roadmap wird der zeitliche Verlauf der Maßnahmen über die Abszisse indiziert, ausgehend von der Gegenwart bis zum Planungshorizont. Die Ordinate umfasst die drei Bereiche *Lösungsraum*, *Problemraum* und *infrastruktureller Raum* sowie die entsprechenden Ausprägungen, vgl. Bild 4-41.

- Der **Lösungsraum** der Roadmap stellt **Technologieprofile** sowie **technologiebezogene Maßnahmen** zur Realisierung der angestrebten Technologieprofile dar. Es wird aufgezeigt, in welche Richtung die Technologie weiterentwickelt werden soll. Die Zeilen geben die Leistungsparameter der Technologien wieder. Mit dem Balken in jeder Zeile ist für jeden Leistungsparameter die zeitliche Realisierbarkeit anzugeben. Der weiße Bereich indiziert, dass die Technologie noch nicht zur Anwendungsreife entwickelt wurde. Der transparente Bereich besagt, dass die Technologie in diesem Zeitraum prinzipiell anwendungsreif ist, dass jedoch Zeit benötigt wird, um Know-how aufzubauen. Der vollfarbliche Bereich gibt an, dass die Technologie ab diesem Zeitpunkt vollständig zur Verfügung stehen könnte, sofern alle Maßnahmen rechtzeitig initiiert würden und die Realisierbarkeit nachgewiesen ist.
- Der **Problemraum** stellt die als Erfolg versprechend identifizierten **Anwendungs-ideen** entsprechend der erforderlichen Leistungsparametern der Technologie aus dem Lösungsraum und deren zeitlich geschätzten Verfügbarkeit über der Zeit dar. Ferner sind **anwendungsideenbezogene Maßnahmen** zu erfassen, die zur Realisierung von Anwendungs-ideen zu ergreifen sind. Hierbei kann auf Lead-User Ansätze zurückgegriffen werden (vgl. Abschnitt 3.3.2); insbesondere sind hierbei, z.B. dem Ansatz von GEHRINGER folgend, die Phasen *Anwendungsentwicklung* und *Vermarktung* sowie die entsprechenden Aufgaben in diesen Phasen relevant (vgl. Bild 3-15). Eine Evaluierung etwaiger Kooperationsmöglichkeiten in der Produktentwicklung (vgl. Ansatz nach MACMILLAN/MCGRATH, Abschnitt 3.4.4) sowie möglicher Kooperationsformen⁸³ oder die Entwicklung eines tragbaren Geschäftsmodells sind Beispiele für Maßnahmen in diesem Bereich.
- Der **infrastrukturelle Raum** umfasst **übergeordnete Maßnahmen**. In diesem Bereich definierte Maßnahmen unterstützen die Realisierung der angestrebten Technologieprofile und Anwendungs-ideen und dienen damit ebenfalls der Strategieumsetzung. Im Validierungsbeispiel ist die kontinuierliche Evaluierung von Forschungsaktivitäten eine Maßnahme in diesen Bereich.

⁸³ Eine Übersicht zu möglichen Kooperationsformen zwischen Unternehmen liefern z.B. OHLHAUSEN/WARSCHAT [OW97, S. 29ff.].

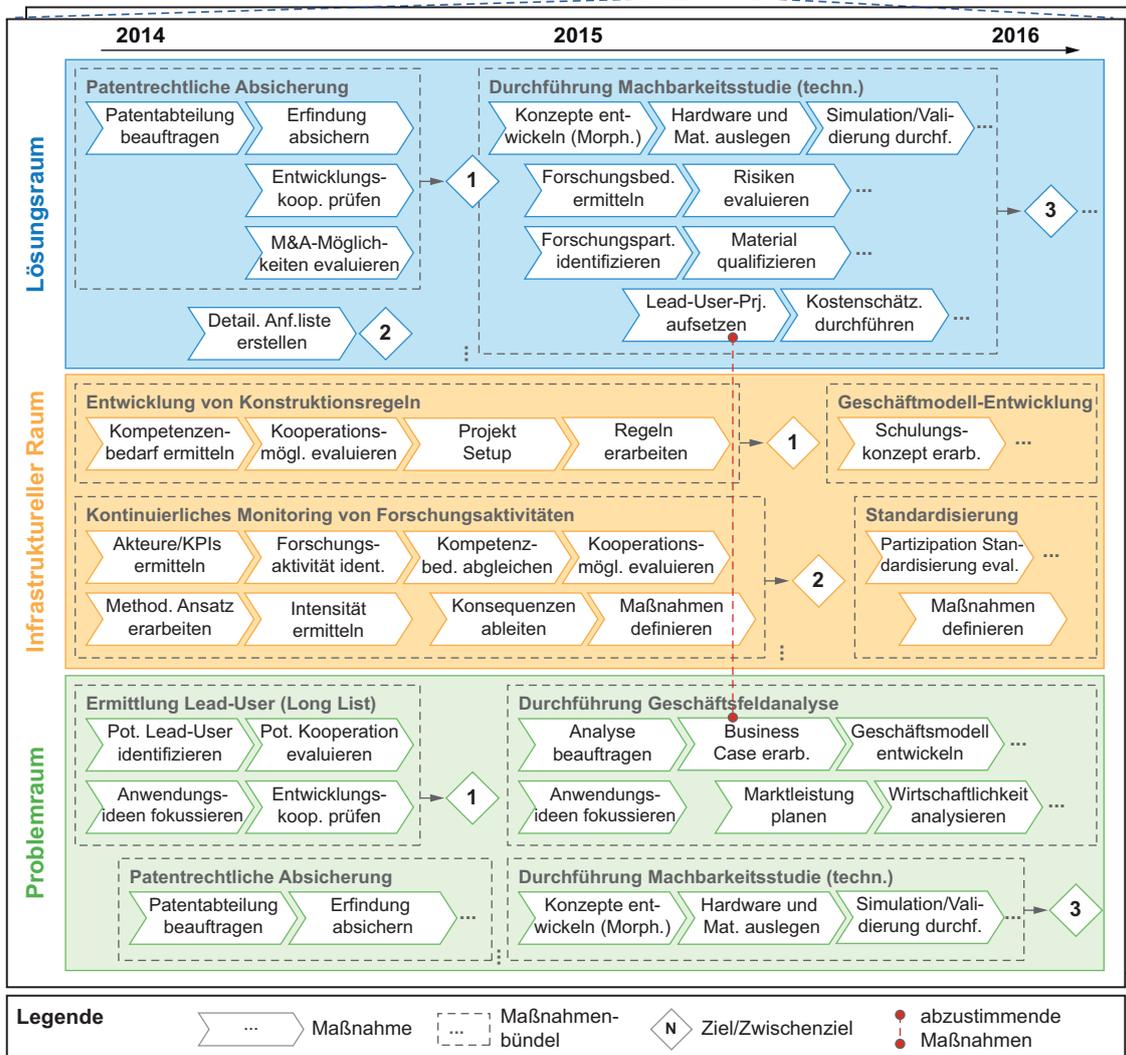
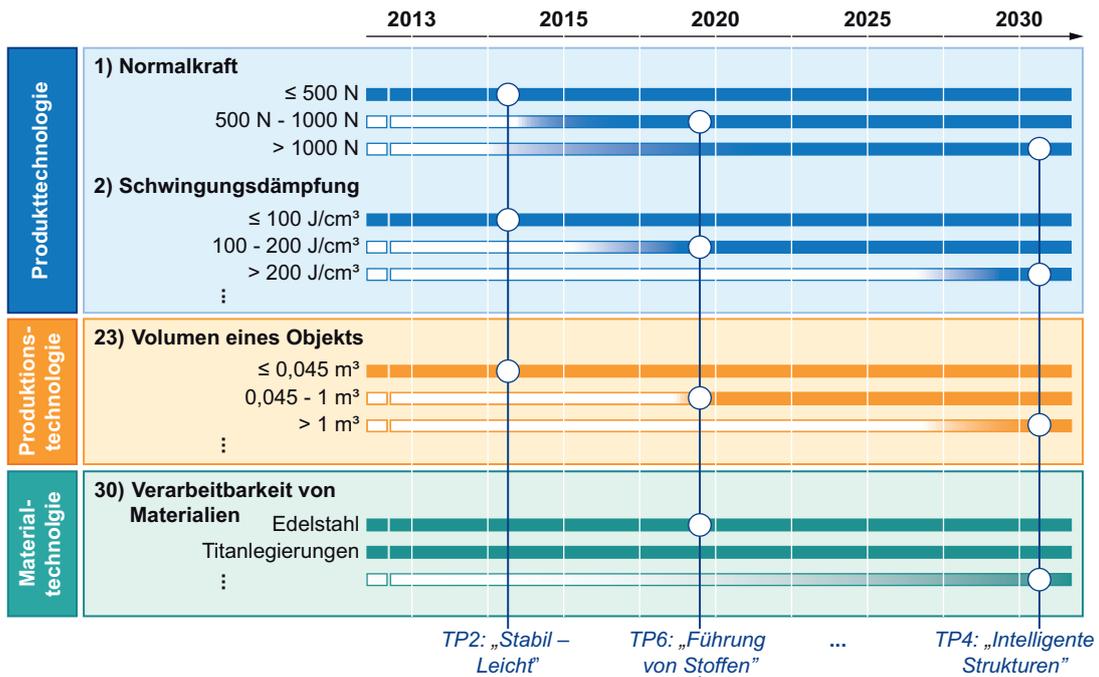
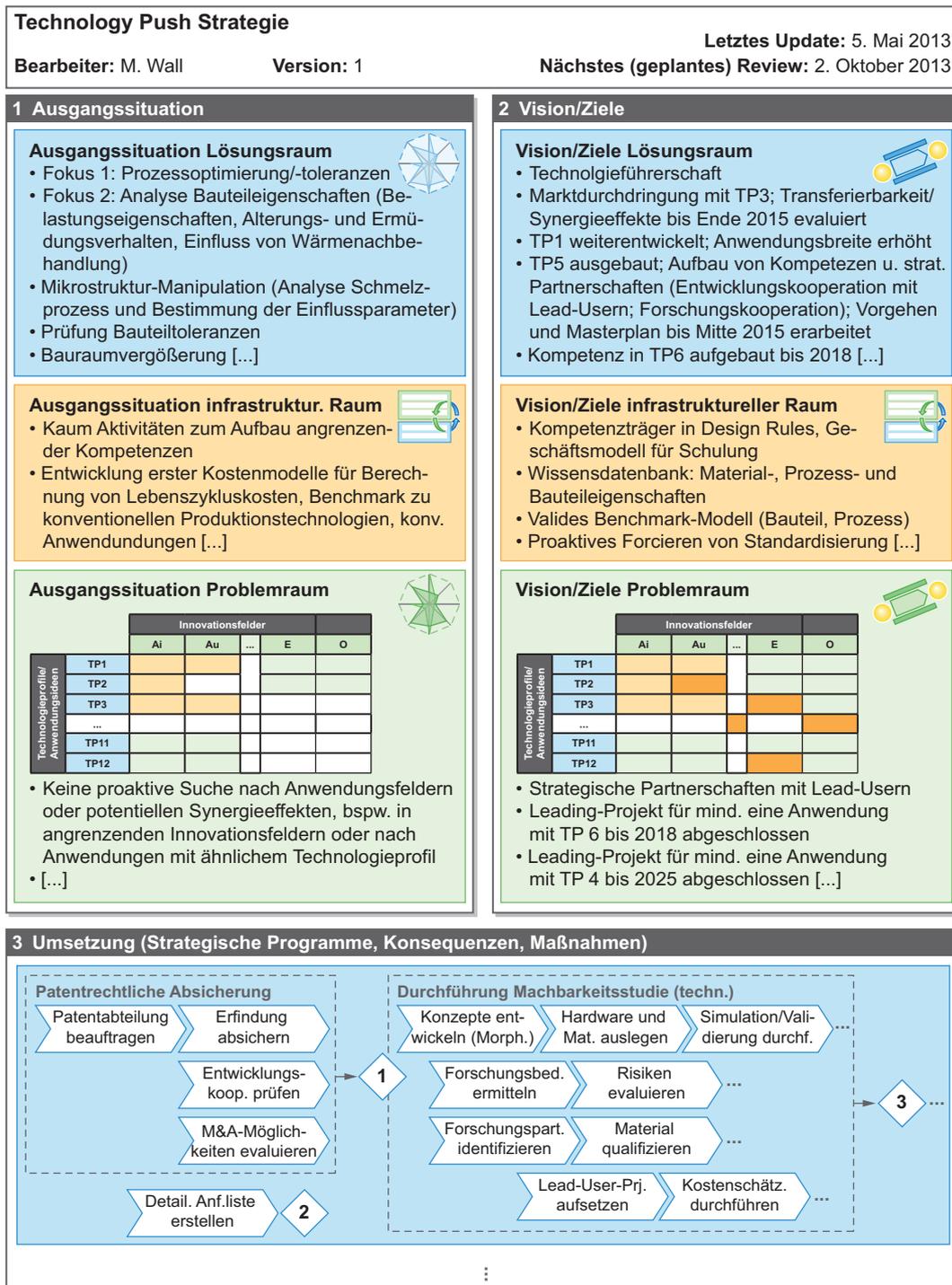


Bild 4-41 Technology Push Roadmap (Auszug; stark vereinfacht)

4.5.3 Technology Push Strategie beschreiben

Die TP-Strategie stellt die Vision sowie das Vorgehen zur Zielerreichung ausgehend von der heutigen Situation dar; die Strategie dient einer Orientierung in der Produkt- und Technologieentwicklung und der Kommunikation gegenüber dem Management. Es werden analog zur Technology Push Roadmap drei Bereiche unterschieden: *Lösungsraum*, *Problemraum* und *infrastruktureller Raum*, mit jeweils drei Abschnitten, vgl. Bild 4-42.



Im ersten Abschnitt erfolgt eine Beschreibung der Ausgangssituation; hier werden u.a. der gegenwärtige Leistungsstand der Technologie, die gegenwärtig bedienten Marktsegmente und Anwendungen beschrieben. Der zweite Abschnitt beinhaltet jeweils die Ziele bzw. die Vision für die Technologie- und/oder Produktentwicklung; hier werden die ausgewählten Technologieprofile sowie Anwendungen für den definierten Zukunftshorizont beschrieben. Der dritte Abschnitt spezifiziert das weitere Vorgehen im Form der Technology Push Roadmap. Bei dem Dokumentationsschema handelt es sich um einen Visualisierungsvorschlag, der individuell modifiziert werden kann.

Als Ergebnis der Systematik liegt eine TP-Strategie vor. Diese beschreibt ausgehend von dem heutigen Zustand den gewünschten Zielzustand (Vision, Ziele) und führt die Maßnahmen zur Umsetzung der Strategie in den Bereichen *Lösungsraum*, *Problemraum* sowie *organisatorischer/infrastruktureller Raum* in Form einer Technology Push Roadmap konsolidiert zusammen. Die drei Bereiche der Technology Push Roadmap dienen der Umsetzung der Strategie; hier sind Maßnahmen zur Realisierung einer Anwendung, entsprechender Technologieprofile und ggf. übergeordneter Initiativen konsolidiert. Durch die Roadmap ist das weitere Vorgehen beschrieben; die entsprechenden Maßnahmen sind zu implementieren, um die Strategie umzusetzen.

4.6 Allgemeine Ergänzungen zur Systematik

Die entwickelte Systematik liefert eine initiale TP-Strategie. Im Sinne des Prozesses der strategischen Führung gilt es, zum einen die Strategie und damit den festgelegten Kurs regelmäßig zu prüfen; zum anderen ist der Prozess kontinuierlich zu gestalten und am Leben zu erhalten [GP14, S. 116]. Zur Umsetzung der Maßnahmen und zur Überprüfung der getroffenen Annahmen sind ein Umsetzungs- und Prämissen-Controlling zu etablieren, vorgestellt in Abschnitt 4.6.1. Zur Wahrung der Kontinuität – im Sinne des eingangs diskutierten Prinzips „*Probing and Learning from the Probes*“ – ist eine regelmäßige Durchführung der Systematik im Unternehmen zu etablieren, diskutiert in Abschnitt 4.6.2. Abschließend wird in Abschnitt 4.6.3 beschrieben, welche Systematiken einen sinnvollen Anknüpfungspunkt zu der entwickelten Systematik bieten.

4.6.1 Strategieumsetzung: Controlling-Prozess etablieren

Die Planung der Strategieumsetzung ist der initiale Anstoß, der die Umsetzung nicht garantiert (vgl. Abschnitt 4.5.2). Um der Umsetzung ausreichend Beachtung zu schenken, ist die Implementierung eines Controlling-Prozesses sinnvoll und notwendig. Hierzu ist in erster Instanz ein Kurz-, Mittel- und Langfrist-Controlling zu etablieren. Dabei sind das Umsetzungs-Controlling und das Prämissen-Controlling zu differenzieren.

Das **Umsetzung-Controlling** dient der Überwachung bzw. Kontrolle von Maßnahmen zur Zielerreichung. Primäres Ziel ist das rechtzeitige Aufdecken von Abweichungen und

frühzeitiges Ergreifen von Maßnahmen. Die Grundlage bildet die in Abschnitt 4.5.2.2 erarbeitete Technology Push Roadmap.

Ein systematisches **Prämissen-Controlling** kann die Sicherung von Wettbewerbsvorteilen nachhaltig unterstützen. Dabei stehen das Monitoring und die regelmäßige Überprüfung aller zugrunde liegenden Annahmen bzgl. Markt- und Technologieentwicklung, Unternehmensentwicklung, Zukunftsbilder, Veränderungen im Wettbewerb etc. im Fokus. Dies umfasst die Auswertung von Veränderungen, das Ableiten von Konsequenzen für die TP-Strategie sowie das rechtzeitige Initiieren von Maßnahmen. Hierbei kann auf bestehende Ansätze zurückgegriffen werden. Stellvertretend sei auf die Wettbewerbsbeobachtung im Verfahren VITOSTRA[®] verwiesen; hierbei werden die Strategien der Wettbewerber in Form einer Ausprägungsliste der definierten Stellhebel (Technologieprofile) erfasst. Einen weiteren Ansatzpunkt im Controlling-Prozess liefern die in Abschnitt 4.5.2.1 analysierten Einflüsse. Es ist sinnvoll, die Liste der Einflussfaktoren sowie die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Auswirkung regelmäßig respektive auf Vollständigkeit und Aktualität zu prüfen. Für die Priorisierung von Themen für das Monitoring liefert GOMERINGER einen Portfolio-Ansatz ([Gom07, S. 127.]). Im Validierungsbeispiel wurde z.B. ein Prototyp (Excel-basiert) für das Controlling von Forschungsaktivitäten in Bereich des Additive Manufacturing entwickelt und erprobt.

4.6.2 Prozessgestaltung: „Probing and Learning from the Probes“

Im Sinne des eingangs diskutierten Prinzips „*Probing and Learning from the Probes*“ ist die **Durchführung der Systematik** als Prozess der strategischen Führung zu verstehen. Dieser Prozess ist zweierlei zu nutzen: erstens als **Lernprozess per se** und zweitens für den **Transfer des Gelernten** auf andere Bereiche. Die erstmalige Durchführung erfordert einen initialen Mehraufwand. Die geschaffene Informationsbasis ist im Sinne eines Lernprozesses kontinuierlich zu verfeinern, anzupassen und auszubauen. Dabei ist eine Auswertung der Erfolge und Misserfolge sinnvoll und notwendig [Gar09, S. 1198]. Wissen systematisch und kontinuierlich aufzubauen ist ein maßgeblicher Erfolgsfaktor des strategischen Managements [BCW09, S. 8]. Ebenso ist die Technology Push Roadmap als ein „*wachsendes*“ Instrument zu sehen; neue Erkenntnisse oder Implikationen aus dem Controlling-Prozess sind entsprechend zu ergänzen.

Ferner kann durch eine regelmäßige Durchführung der Systematik ein **Transfer des Gelernten** auf andere Bereiche zum Erfolg führen. Der Aufwand ist bei einer wiederholten Durchführung als geringer einzustufen, da die geschaffene Informationsbasis verwendet und lediglich aktualisiert werden muss. Die im Prozess gewonnenen Erkenntnisse bzw. Erfahrungen aus den bereits etablierten Innovationsfeldern können bei einer erneuten Suche sinnvoll verwendet bzw. in neue Innovationsfelder transferiert werden [LMP96, S. 17ff.], [Day00, S. 137]. So werden die Verbreitung der Technologie und entsprechende Weiterentwicklungen der Technologie kontinuierlich und proaktiv forciert.

4.6.3 Schnittstellen zu ergänzenden Systematiken

Bei der Entwicklung einer TP-Strategie, die als eine Strategie für die Weiterentwicklung einer betrachteten Technologie und/oder für die Erschließung neuer Produkte/Märkte zu verstehen ist, werden Methoden der Potentialfindung und Produktfindung genutzt. Die Strategie selbst gibt erste Impulse für die Geschäftsplanung. Weitere Systematiken und/oder Methoden können an die Systematik und/oder einzelne Phasen anknüpfen. Nachfolgend werden ausgewählte Themenfelder kurz skizziert.

- **Systematische Branchenanalyse:** Eine systematische Branchenanalyse kann implementiert werden, um die derzeit verfolgten Strategien in der Branche des Technologieanbieters zu erfassen. Ein geeigneter Ansatz ist die Branchenanalyse im Verfahren VITOSTRA[®]. Adaptiert auf die Systematik sind hierbei die Technologieprofile des Technologieanbieters und seiner Konkurrenten in allen Ausprägungen je Leistungsmerkmal zu analysieren. Es sind ebenso Merkmale aus dem infrastrukturellen Raum zu berücksichtigen. Als Ergebnis einer Branchenanalyse kann abgeleitet werden, welche der ermittelten, konsistenten Technologieprofile neuartig und besonders attraktiv sind, da sie von der Konkurrenz nicht verfolgt werden (vgl. [GP14, S. 177ff.], [Bät04, S. 93ff.]).
- **Stakeholder-Analyse:** Im Rahmen der Systematik werden viele unterschiedliche Akteure involviert. Zum einen werden Experten aus den Innovationsfeldern eingebunden, die potentielle, zukünftige Kunden und Entwicklungspartner darstellen, zum anderen Experten, die Wissen im Rahmen von Delphi-Studien zur Verfügung stellen. Letztere Experten können aus unterschiedlichen Bereichen kommen, so z.B. aus Verbänden, Politik, Forschung etc., und für den Aufbau von Kompetenzen oder für die Umsetzung bestimmter Vorhaben hilfreich sein. Beide Gruppen von Experten bieten Anknüpfungspunkte für den Aufbau strategisch relevanter Partnerschaften, die wiederum insbesondere bei emergenten Technologien nicht zu unterschätzen sind. Eine systematische Stakeholder-Analyse kann dabei unterstützen, das Stakeholder-Gefüge hinsichtlich Relevanz, Vernetzung und Machtgefüge zu beleuchten und Potentiale für strategische Partnerschaften abzuleiten. Exemplarisch sei auf die Stakeholder-Analyse nach LEHNER verwiesen [Leh14, S. 119ff.].
- **Geschäftsmodell-Entwicklung:** Die Analyse von Stakeholdern bzw. strategischen Partnerschaften sollte i.d.R. integrativ mit der Entwicklung von Geschäftsmodellen erfolgen. Stakeholder bzw. strategische Partnerschaften könnten an vielen Stellen im Geschäftsmodell verortet werden. So können strategische Partnerschaften Teil eines Wertversprechens sein, zum Wertschöpfungsmodell beitragen oder im Kundenmodell verortet sein. Ebenso kann die kontinuierliche Weiterentwicklung eines Technologieprofils eine stufenweise Implementierung der Technologie bedeuten, wenn z.B. unterschiedliche Marktsegmente unterschiedliche Leistungsfähigkeitsstufen auf dem Weg zu einem Ziel-Technologieprofil nachfragen. Exemplarische Ansätze der Geschäftsmodell-Entwicklung liefern LEHNER, KÖSTER und OSTERWALDER/PIGNEUR

[Leh14, S. 130ff.], [Kös14, S. 81ff.], [OP10, S. 10ff.]. Die Entwicklung produktlebenszyklus-orientierter Geschäftsmodelle wird z.B. bei PEITZ ET AL. adressiert [PGW14, S. 200ff.] [Pei15, S. 87ff.].

- **Formulierung einer Produktstrategie:** Anknüpfend an die Systematik ist die Produktstrategie zu formulieren. Bei einem Technologieanbieter ist die Technologie selbst als Produkt zu verstehen. Die Systematik liefert bereits den Fokus der zukünftigen Geschäftstätigkeit, die zu adressierenden Marktsegmente und Marktleistungen (Technologieprofile), Anforderungen und eine Technology Push Roadmap. Eine Konkretisierung der Technologieprofile mündet in einer Produktstrategie, sofern ein einzelnes Technologieprofil eine einzelne Variante der Technologie darstellt.

4.7 Kritische Bewertung der Systematik

In diesem Abschnitt erfolgt eine kritische Bewertung der Systematik. In Abschnitt 4.7.1 wird eine Beurteilung vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus Validierungsprojekten vorgenommen. Abschließend wird die Systematik in Abschnitt 4.7.2 anhand der in der Problemanalyse formulierten Anforderungen bewertet.

4.7.1 Kritische Beurteilung: Erfahrungen aus Validierungsprojekten

Die Systematik wurde in mehreren Projekten, teilweise auch in Auszügen, validiert. Dazu gehören Projekte im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Luftfahrt-, Automobil- und Elektroindustrie. Die jeweiligen Projektpartner haben die unterschiedlichen Facetten der Systematik als eine Bereicherung empfunden. Ein Beispiel ist die interdisziplinäre Diskussion von Technologiepotentialen und zukünftigen Einflüssen der Technologie in Anwendungskontexten. Ebenso liefert die interdisziplinäre Ideengenerierung, in der Experten entlang der Wertschöpfungskette der betrachteten Technologie involviert sind, wertvolle Impulse. In dem in dieser Arbeit vorgestellten Validierungsprojekt wurde zudem im Projektverlauf eine herausragende Vernetzung der Projektpartner mit externen Experten realisiert; eine Bereicherung für beide Parteien. Auszüge aus den Projektergebnissen sind z.B. in Arbeiten des Joint Research Centers der Europäischen Kommission eingeflossen sowie in Arbeiten von acatech – Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der AM Platform (vgl. [Eur14a], [Eur14b], [Eur15], [aca14-ol], [AS14]).

Im Kontext der gesamten Systematik hat sich die übergeordnete Technology Push Roadmap als besonders sinnvoll erwiesen. Technologieanwender können die dargestellte, abgeschätzte Entwicklung von Leistungsparametern der Technologie für die eigene Produktplanung verwerten. Technologienutzer erhalten durch die Gegenüberstellung von technologischen Leistungsparametern und Anforderungen aus den Anwendungsideen eine direkte Rückmeldung, in welche Richtung sie die Technologie entwickeln müssen. Ebenso ist das Verfahren für einen selektiven Einsatz geeignet, beispielweise für die Auf-

stellung eines Produktportfolios für eine Technologie, die bei einem Hersteller der elektrischen Verbindungstechnik erfolgreich durchgeführt werden konnte. Auch Projekte, die lediglich die Identifikation von Anwendungsideen oder die Antizipation der zukünftigen Leistungsfähigkeit für eine neue Technologie fokussieren, zeigen, dass nicht zwangsläufig alle Phasen der Systematik durchzuführen sind.

Zahlreiche Aufgaben in der Systematik bedürfen kreativer Leistung der Anwender. Nach Auffassung der Autorin ist eine vollständige Automatisierung der technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung nicht möglich, aber auch nicht wünschenswert – insbesondere bei emergenten Technologien, die einer hohen Markt- und Technologiedynamik unterliegen. Eine software-technische Unterstützung wurde in der Systematik an geeigneten Stellen implementiert, um den Aufwand für die Anwender zu reduzieren.

4.7.2 Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

Im Folgenden erfolgt die Beurteilung der in diesem Kapitel entwickelten Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung anhand der aus der Problemanalyse abgeleiteten Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.5).

A1: Integrative, technologie-induzierte Planung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie

Die Verknüpfung der Planung von Produkt, Produkttechnologie und Produktionstechnologie wird ausgehend von der Analyse der Technologie und Ableitung von Technologiepotentialen über die Identifikation von Anwendungskontexten bis hin zur Formulierung einer TP-Strategie durch die entwickelte Systematik unterstützt. Damit werden die Strukturierung der Technologie als Lösung, die Ermittlung von kongruenten Problemen für die zur Verfügung stehende Lösung sowie die Planung von Handlungsoptionen adressiert. Für die Bearbeitung der einzelnen Phasen werden Vorgehensmodelle, Werkzeuge und Dokumentationsschemata zur Verfügung gestellt.

A2: Prägnante Darstellung der Ergebnisse

Für die Darstellung der Zusammenhänge zwischen den zu erarbeitenden Elementen wird ein Ordnungsrahmen bereitgestellt. Für die prägnante Darstellung der Ergebnisse im Lösungs- und Problemraum liefert die Systematik geeignete Dokumentationswerkzeuge. Die Technologie wird anschaulich abstrahiert (Abschnitt 4.1), die Vernetzung der Technologiepotentiale abgebildet; die Technologiepotentiale werden in einem Potentialkatalog zusammengeführt (Abschnitt 4.2.4). Für den Prozess der Ideenfindung werden ein Dokumentations-Template, für die Dokumentation von Innovationsfeldern und Anwendungsideen Steckbriefe zur Verfügung gestellt (Abschnitt 4.3.3 und 4.3.4). Die Technology Push Roadmap und die Beschreibung der TP-Strategie in einem Steckbrief eignen sich für die Kommunikation der Strategie (Abschnitt 4.5); die Umsetzung der Strategie wird durch die Roadmap maßgeblich unterstützt.

A3: Strukturierung und Analyse der technologischen Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit der Technologie wird in der ersten Phase der Systematik kontextunabhängig beschrieben. Es werden auf Basis einer Prozessabfolge produktionstechnologische Rahmenbedingungen ermittelt (Abschnitt 4.1.2) und eine funktionale Beschreibung der Produkttechnologie durchgeführt (Abschnitt 4.1.3). Rahmenbedingungen und Funktionen werden durch Leistungsmerkmale und diese wiederum durch Merkmalsausprägungen spezifiziert. Die Granularität der Leistungsparameter kann dabei je nach Wissensbasis individuell festgelegt werden. Damit kann insbesondere bei der Ermittlung der Technologieprofile die Detaillierungstiefe beeinflusst werden.

A4: Antizipation der zukünftigen technologischen Leistungsfähigkeit

Die Dynamik von Technologieentwicklungen wird durch die Antizipation des zukünftigen Lösungsraums in der ersten Phase der Systematik berücksichtigt. Ausgehend von dem heutigen Lösungsraum werden zukünftige Rahmenbedingungen auf Basis der Prozessabfolge und mittels einer Analyse von Forschungstrends und -entwicklungen antizipiert (Abschnitt 4.1.4). Für Produkttechnologien werden das Weiterentwicklungspotential sowie zukünftige Funktionen von Produkttechnologie mittels der TRIZ-Entwicklungsmuster ermittelt (Abschnitt 4.1.5).

A5: (Modulare) Unterstützung der Ermittlung von Technologiepotentialen

Die (modulare) Unterstützung der Identifikation von Technologiepotentialen in Abhängigkeit von der vorhandenen Wissensbasis wird in der dritten Phase der Systematik adressiert (Abschnitt 4.2). Es werden verschiedene Ansätze vorgestellt. Mittels der Umkehr der Fragestellungen aus dem Blue Ocean Ansatz wird die kreative Ermittlung von Technologiepotentialen unterstützt (Abschnitt 4.2.1). Die skizzierte N-Gramm-Analyse erlaubt es, Technologiepotentiale bereits realisierter Anwendungen automatisiert zu ermitteln (Abschnitt 4.2.2). Die Umkehr der TRIZ-Logik stellt einen Ansatz dar, durch den über eine Analogiebildung zwischen Technologie und den abstrakten Lösungen der TRIZ ein Rückschluss auf Widersprüche (abstrakte Probleme) ermöglicht wird. In Kombination mit einer Vernetzung und dem Storytelling Ansatz ist die Identifikation von Technologiepotentialen „auf der grünen Wiese“ möglich (Abschnitt 4.2.3 und 4.2.4).

A6: Unterstützung der Identifikation von Anwendungskontexten

Die Systematik liefert einen Prozess für eine systematische Ermittlung von Problemen sowie Ideen für Marktsegmente und Marktleistungen. Potentielle Probleme, die durch die Technologie adressiert werden können, werden in der dritten Phase der Systematik ermittelt. Die Identifikation von Marktsegmenten in Form von Innovationsfeldern erfolgt durch den Abgleich von Industrieklassifikationen mit den Technologiepotentialen (Abschnitte 4.3.1 und 4.3.2). Für die Generierung von Anwendungsideen werden ein systematischer, mehrstufiger Ideenfindungsprozess sowie geeignete Methoden, Kreativitätstechniken und Dokumentationsschemata zur Verfügung gestellt; zudem werden Erfolgs-

faktoren der technologie-induzierten Ideenfindung herausgestellt. Die frühzeitige Integration der Kundenperspektive wird durch die Einbindung von Experten aus den Innovationfeldern in die Identifikation zukünftiger Einflüsse und Anwendungsideen realisiert (Abschnitte 4.3.3 und 4.3.4). Diese Experten stellen potentielle Lead-User dar.

A7: Berücksichtigung zukünftiger Marktanforderungen

Die Ableitung zukünftiger Marktanforderungen an die Technologie erfolgt in der dritten Phase der Systematik; hier werden Zukunftsszenarien für die Technologie in ausgewählten Anwendungskontexten erstellt. Aus den Szenarien ergeben sich Chancen und Risiken für die Technologie in den Anwendungskontexten; zudem resultieren heutige und zukünftige, infrastrukturelle Anforderungen an die Technologie (Abschnitt 4.3.3).

A8: Ermittlung von Synergien für Produkt- und Technologieplanung

In der Systematik wird die Ermittlung von Synergien für Produkt- und Technologieplanung unterstützt. Es werden die gefundenen Anwendungsideen in der vierten Phase hinsichtlich der Kompatibilität zu den Leistungsparametern der Technologie und des technologie-induzierten Nutzens bewertet (Abschnitt 4.4.1). Korrespondierend zu den Erfolg versprechenden Anwendungsideen werden mittels einer Anwendungssegmentierung Technologieprofile gebildet (Abschnitt 4.4.2). Durch die Bewertung der strategischen Relevanz, der relativen Technologiekompetenz und der Weiterentwicklungsintensität werden im Rahmen der Produkt- und Technologieplanung effektive und möglichst effiziente Handlungsoptionen abgeleitet (Abschnitte 4.4.3 und 4.4.4). Über die Beurteilung von Cross- Synergie-Effekte wird berücksichtigt, dass Technologieprofile weiterverfolgt werden, die für viele Anwendungen und gleichzeitig für möglichst viele Innovationsfelder relevant sind (Abschnitt 4.4.3).

A9: Ableitung von Handlungsoptionen und Operationalisierung

Die Systematik unterstützt die Ableitung (Abschnitt 4.4.4) und Operationalisierung von Handlungsoptionen (Abschnitt 4.5.2) in gefordertem Umfang. Für die Handlungsoptionen in Summe werden denkbare positive und negative Einflüsse ermittelt, die als potentielle „*Game Changer*“ berücksichtigt werden. Für die Umsetzung der TP-Strategie wird eine Roadmap erstellt, die Konsequenzen und Maßnahmen, respektiv Handlungsbereiche und Aktivitäten zur Umsetzung der TP-Strategie und damit zur Erreichung der Ziele, zukünftiger Positionen und Kompetenzen beschreibt.

Fazit

Die entwickelte Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung erfüllt die an sie gestellten Anforderungen in gefordertem Umfang. Die Praxistauglichkeit konnte in Validierungsprojekten gezeigt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen zweier Forschungsverbundprojekte in einer Kooperation des HEINZ NIXDORF INSTITUTS mit dem DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER entstanden. Gegenstand der Arbeit ist die technologie-induzierte Produkt- und Technologieplanung für emergente Technologien, Ziel eine Technology Push Strategie.

In **Kapitel 1** wurde die Bedeutung von Technologien für die herausragende Innovationskraft und die im internationalen Benchmark resultierende Spitzenposition Deutschlands im Maschinen- und Anlagenbau sowie verwandten Branchen herausgestellt. Um diese Position in Zukunft zu halten, setzen viele Initiativen weiterhin auf Technologien als Motor für Innovationen – so die *Hightech-Strategie* der Bundesregierung und *Horizon 2020* als eine Initiative auf europäischer Ebene. Insbesondere emergente Technologien bergen Potentiale für radikale Innovationen und Disruptionen ganzer Industrien. Zugleich ergeben sich im Kontext emergenter Technologien zahlreiche Unsicherheiten und Herausforderungen – z.B. die Frage nach Erfolg versprechenden Anwendungen. Resultierende Zielsetzung der Arbeit ist daher eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung, die die Erschließung der Potentiale emergenter Technologien unterstützt und gleichzeitig den Herausforderungen begegnet.

Die zahlreichen Herausforderungen, die sich im Kontext einer technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung ergeben, werden in **Kapitel 2** diskutiert. Auf dieser Basis werden Anforderungen an eine Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung ausgearbeitet. Maßgebliche Herausforderungen in technologie-induzierten Innovationsprozessen sind hohe Markt- und Technologieunsicherheiten. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, müssen die Technologiepotentiale frühzeitig ermittelt und in Anwendungskontexte versetzt werden. Für eine effiziente Produktentstehung und eine klare TP-Strategie sind Synergie-Effekte zwischen Produkt- und Technologieplanung zu berücksichtigen. Für die Strategieumsetzung im Sinne der strategischen Führung ist eine Operationalisierung der TP-Strategie maßgeblich. Diese und weitere Anforderungen werden für eine Beurteilung des Stands der Technik in **Kapitel 3** herangezogen. Die Beurteilung zeigt, dass etablierte Ansätze die Anforderungen nicht in dem erforderlichen Umfang erfüllen. Daraus resultiert Handlungsbedarf, gleichwohl können ausgewählte Ansätze bzw. Methoden in der Systematik unterstützend eingesetzt werden.

In **Kapitel 4** wird die Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung vorgestellt. Die Systematik umfasst einen Ordnungsrahmen sowie ein Vorgehensmodell. Eingang ist eine emergente Produkttechnologie und/oder Produktionstechnologie. Der Ordnungsrahmen repräsentiert eine Grundlogik; er strukturiert und verknüpft die im Vorgehen zu erarbeitenden Ergebnisse. Es werden der technologiebezogene Lösungsraum und der marktbezogene Problemraum differenziert. Der Lösungsraum umfasst die zwei Ebenen *Technologie* und *technologische Leistungsfähigkeit*. Der Problem-

raum unterteilt sich in die zwei Ebenen *Markt* und *Anwendungskontexte*. Die zu erarbeitenden Ergebnisse gliedern sich darin ein und unterstützen dabei, die notwendigen Erkenntnisse für die TP-Strategie kontinuierlich zu konkretisieren, zu synchronisieren und auf die Zukunft auszurichten.

Das Vorgehensmodell umfasst fünf Phasen; es stellt Methoden, Werkzeuge und an vielen Stellen eine software-technische Unterstützung zur Bearbeitung einzelner Aufgaben zur Verfügung. Ausgangspunkt des Vorgehens bilden eine Technologieanalyse und Technologievorausschau. Darin werden der Auftrag zur Entwicklung einer TP-Strategie analysiert, produktionstechnologische Rahmenbedingungen ermittelt und eine fokussierte Produkttechnologie spezifiziert, um die heutige Leistungsfähigkeit der Technologie zu beschreiben. Auf dieser Grundlage werden zukünftige Rahmenbedingungen sowie die zukünftige Leistungsfähigkeit der Produkttechnologie antizipiert (Phase 1). In der anschließenden Technologiepotentialfindung werden zum einen Potentiale aus den Rahmenbedingungen abgeleitet, zum anderen werden Potentiale der Produkttechnologie durch Abstraktion und Analogiebildung (TRIZ-Logik) ermittelt (Phase 2). Auf Basis der Technologiepotentiale wird die Identifikation von Anwendungskontexten vorgenommen. Hierfür werden zunächst Innovationsfelder gesucht, ausgewählt und hinsichtlich zukünftiger Einflüsse untersucht. Es schließt sich die Generierung, Priorisierung und Auswahl von Anwendungsideen an (Phase 3). Im nächsten Schritt werden Anwendungsideen analysiert, ähnliche Ideen werden zu Anwendungssegmenten zusammengefasst. Basierend darauf werden Technologieprofile ermittelt und bewertet, um Handlungsoptionen für die Produkt- und Technologieentwicklung abzuleiten (Phase 4). Zuletzt erfolgt eine Konsolidierung aller Ergebnisse zu einer TP-Strategie. Die Strategieumsetzung wird in einer Technology Push Roadmap geplant (Phase 5).

Die entwickelte Systematik liefert eine initiale TP-Strategie. Im Sinne des Prozesses der strategischen Führung ist diese regelmäßig zu prüfen und kontinuierlich zu gestalten. Ein etabliertes Umsetzungs- und Prämissen-Controlling sollen respektive zur Umsetzung der Maßnahmen und zur Überprüfung der getroffenen Annahmen beitragen. Zur Wahrung der Kontinuität ist eine regelmäßige Durchführung der Systematik im Unternehmen einzuplanen. Weitere bewährte Ansätze können einen sinnvollen Anknüpfungspunkt zu der entwickelten Systematik bieten, so z.B. Ansätze der Geschäftsmodellentwicklung.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die entwickelte Systematik die formulierten Anforderungen in gefordertem Umfang erfüllt. Die Praxistauglichkeit konnte im Rahmen von Validierungsprojekten am Beispiel von Additive Manufacturing Technologien und anderen Industrieprojekten, die jeweils ausgewählte Teilaspekte der Systematik adressieren, nachgewiesen werden.

Anknüpfend an die vorliegende Systematik resultiert weiterer Forschungsbedarf. Infrastrukturelle Maßnahmen (z.B. Engagement in der Standardisierung, Zertifizierung etc.) sind für die proaktive Durchsetzung emergenter Technologien von maßgeblicher Bedeutung. Solche Infrastrukturmaßnahmen werden im Stand der Technik kaum beachtet und

in der vorliegenden Systematik nicht im Kern adressiert. Es stellt jedoch einen großen Wert dar, eine Systematik zur **Planung von Infrastrukturmaßnahmen** für emergente Technologien in der strategischen Produkt- und Technologieplanung anzubieten.

Zudem gewinnen ergänzende Dienstleistungen für die Wertschöpfung von Industrieunternehmen zunehmend an Bedeutung. Genau wie Produkte und Dienstleistungen immer mehr ineinander übergehen, so sind auch Produkt- und Produktionstechnologien gekennzeichnet durch mehr Einfluss von Dienstleistungstechnologien – bedingt auch durch die zunehmende Vernetzung durch Informations- und Kommunikationstechnologien. In der Technologieplanung sollten daher Technologien nicht mehr nur als einzelne Bausteine angesehen werden. Es gilt, in Zukunft Technologie und Dienstleistungen integrativ zu planen. Analog zu der Entwicklung hybrider Leistungsbündel sollte also die systematische und vor allem **integrative Planung und Entwicklung von Produkt-, Produktions- und Dienstleistungstechnologien** in zukünftigen Arbeiten behandelt werden.

Emergente Technologien können nicht nur Marktleistungen determinieren. Auch Geschäftsmodelle können ganz neu gestaltet werden. Genauso wie jedoch die Technologie emergent, also unausgegoren ist, so können auch Geschäftsmodelle nur rudimentär durchdacht sein bzw. als emergent bezeichnet werden. Für die Bewertung von emergenten Technologien kann es jedoch wichtig sein, fundierte Erkenntnisse über die Machbarkeit von Geschäftsmodellen und über deren Entwicklungspotentiale abzuleiten. Eine sinnvolle Stoßrichtung ist daher eine Systematik für die Entwicklung **technologie-induzierter Geschäftsmodelle** basierend auf emergenten Technologien.

Wenn emergente Technologien entstehen, so stellt sich zügig die Frage nach dem Schutz der Erfindung und nach dem sinnvollen Aufbau und der sinnvollen Nutzung von Schutzrechten für die Technologie. Auch unter monetären Gesichtspunkten sind diese Fragen nicht zu vernachlässigen. Aus diesem Grund ist eine systematische und **vorausschauende Entwicklung von Schutzrechtstrategien** für emergente Technologien ein breites Feld für weitere Forschung.

Im Rahmen der Systematik werden viele unterschiedliche Akteure involviert, aus diesem Engagement können sich strategische Partnerschaften firmieren. Insbesondere im Zusammenhang mit emergenten Technologien erscheinen strategische Partnerschaften z.B. mit Lead-Usern notwendig und sinnvoll. Anknüpfend an die vorliegende Arbeit besteht Handlungsbedarf im **systematischen Management strategischer Netzwerke für neu aufkommende Technologien**. Auf einer Makro-Ebene sind Spitzenclusterprojekte ein Beispiel für Arbeiten in strategischen Netzwerken. Die systematische Ermittlung geeigneter Partnerschaften zum Aufbau von Kompetenzen und zur Umsetzung der erarbeiteten TP-Strategie auf Unternehmensebene sowie die Bestimmung des Return on Investment einer Partnerschaft und von Synergie-Effekten in einem Netzwerk sind anknüpfende Fragestellungen, die in zukünftigen Arbeiten behandelt werden können.

Ferner birgt die **Gestaltung emergierender Wertschöpfungsketten** Potential für zukünftige Forschungsarbeiten. Emergente Technologien mit Disruptionscharakter lösen

oftmals Veränderungen in bestehenden Märkten/Industrien aus oder sie schaffen gänzlich neue Strukturen. Derartige Technologien entwickeln sich also mitunter bei sehr volatilen Bedingungen. Die Anzahl der Akteure in entstehenden Märkten ist zunächst sehr begrenzt, die Wertschöpfungskette ist überschaubar, entwickelt sich aber rasch. Mit steigendem Bekanntheitsgrad und zunehmender Penetration treten neue Akteure in den Markt ein, sie besetzen Rollen in der existierenden Wertschöpfungskette. Innovative Akteure schaffen neue, anknüpfende und/oder vor- und nachgelagerte Rollen. Andere wiederum verfolgen eine Konsolidierung mehrerer Rollen, oftmals begleitet von massiven Mergers & Acquisitions (M&A) Aktivitäten. Dadurch entstehen neue Wertschöpfungsketten-Konfigurationen. Unternehmen, die eine vorteilhafte Position bzw. Rolle in einer volatilen Wertschöpfungskette anstreben, stehen vor der Problematik, dass sie beim Markteintritt Änderungen in der Wertschöpfung vorausdenken müssen. In der frühen Phase der Entwicklung von Wertschöpfungsketten drängen sich folgende Fragen auf: Wie entstehen neue Rollen und wie können diese ermittelt werden? Wie werden alte und neue Akteure auf die Rekonfiguration der Wertschöpfungskette reagieren? Können Rollen so miteinander verknüpft werden, dass ein neuartiger Ansatz zur Erschließung neuer, emergenter Technologien entsteht? Dies sind ebenfalls anknüpfende Fragestellungen für zukünftige Forschungsarbeiten.

6 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|--|
| Ai | Aircraft |
| AM | Additive Manufacturing |
| Au | Automotive |
| bspw. | beispielsweise |
| bzgl. | bezüglich |
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | circa |
| CAD | Computer Aided Design |
| CONSENS | CONceptual design Specification technique for the ENgineering of complex Systems |
| d.h. | das heißt |
| DMRC | Direct Manufacturing Research Center |
| DSM | Design Structure Matrix |
| E | Engineering (mechanical) |
| EM | Entwicklungsmuster |
| engl. | Englisch |
| et al. | et alii |
| etc. | et cetera |
| EU | Europäische Union |
| EUR | Euro |
| FAST | Funktionen-Analyse-System-Technik |
| FuE | Forschung und Entwicklung |
| GF | Geschäftsfeld |
| ggf. | gegebenenfalls |
| ggü. | gegenüber |
| HoQ | House of Quality |
| HoT | House of Technology |

| | |
|-------------------|---|
| i.d.R. | in der Regel |
| IA | Innovationsaktivität |
| IF | Innovationsfeld |
| IFR | Ideal Final Result |
| IKT | Informations- und Kommunikationstechnologie |
| inkl. | inklusive |
| IP | Innovationsprinzip |
| ISO | International Organization for Standardization |
| M | Medical |
| MDS | Multidimensionale Skalierung |
| Mrd. | Milliarden |
| MRL | Manufacturing Readiness Level |
| NACE | Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| O | Others |
| OEM | Original Equipment Manufacturer |
| PLZ | Produktlebenszyklus |
| PT | Produkttechnologie |
| PT _{Ges} | gesamte Potentialkonformität |
| PT _I | Cluster-interne Potentialkonformität |
| PTT | Produktionstechnologie |
| PT _Ü | Cluster-übergreifende Potentialkonformität |
| QFD | Quality Function Deployment |
| SF | Schlüsselfähigkeit |
| SGF | Strategisches Geschäftsfeld |
| SIAM | Search for Ideas in Associative Memory |
| SK | Strategiekonformität |
| SLM | Selectives Laserschmelzen (engl. Selective Laser Melting) |

| | |
|-------|--|
| sog. | sogenannte |
| ST | Schlüsselthema |
| TAS | Technology Application Selection |
| TCO | Total Cost of Ownership |
| TP | Technology Push |
| TRIZ | Theorie des erfinderischen Problemlösens |
| TRL | Technology Readiness Level |
| u.a. | unter anderem |
| U.S. | Unites States |
| u.v.m | und viele mehr |
| USD | US Dollar |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure |
| vgl. | vergleiche |
| vs. | versus |
| WSP | Widerspruchparameter |
| z.B. | zum Beispiel |

7 Literaturverzeichnis

- [Abe80] ABELL, D. F.: Defining The Business – The Starting Point of Strategic Planning. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980
- [Abe06] ABELE, T.: Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik, Universität Stuttgart, Jost-Jetter Verlag, Heimsheim, 2006
- [aca14-ol] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Additive / Generative Fertigung. Unter: <http://www.acatech.de/de/projekte/laufende-projekte/additive-fertigung.html>, 1. August 2015
- [Aer09] AERSSSEN, VAN B.: Revolutionäres Innovationsmanagement – Mit Innovationskultur und neuen Ideen zu nachhaltigem Markterfolg, Verlag mi-Wirtschaftsbuch, München, 2009
- [Aka92] AKAO, Y.: QFD – Quality Function Deployment. Deutsche Übersetzung: LIESEGAN, G. (Hrsg.), Verlag Moderne Industrie, Landsberg, Lech, 1992
- [Aki91] AKIYAMA, K.: Function Analysis – Systematic Improvement of Quality and Performance. Productivity Press, Cambridge, 1991
- [AL00] ADNER, R.; LEVINHAL, D. A.: Technology Speciation and the Path of Emerging Technologies. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 57-74
- [AL08] ARDILIO, A.; LAIB, S.: Technologiepotenzialanalyse – Vorgehensweise zur Identifikation von Entwicklungspotenzialen neuer Technologien. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie – Chancen erkennen, Leistung entwickeln. Carl Hanser Verlag, München, 2008, S. 175-218
- [Alt73] ALTSCHULLER, G. S.: Erfinden – kein Problem? Anleitung für Neuerer und Erfinder. Verlag Tribüne, Berlin, 1973
- [Alt84a] ALTSCHULLER, G. S.: Creativity as an Exact Science – The Theory of the Solution of Inventive Problems. Gordon and Breach Science Publishers Inc., New York, 1984
- [Alt84b] ALTSCHULLER, G. S.: Erfinden – Wege zur Lösung technischer Probleme. VEB Verlag Technik, Berlin, 2. Auflage, 1984
- [Alt98] ALTSCHULLER, G. S.: Erfinden – Wege zur Lösung technischer Probleme. VEB Verlag Technik, Berlin, Limitierter Nachdruck von MÖHRLE, M. G., 2. Auflage, 1998
- [Ama83] AMABILE, T. M.: The Social Psychology of Creativity. Springer Verlag, New York, 1983
- [And13] ANDRACZEK, A. C.: Entwicklung einer Methode zur Antizipation der zukünftigen Leistungsfähigkeit am Beispiel der Umformung von Magnesium. Studienarbeit, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2013
- [Ans57] ANSOFF, I.: Strategies for Diversification. In: Harvard Business Review, Volume 35, Issue 5, 1957, pp. 113-124
- [Ans65] ANSOFF, I.: Corporate strategy – an analytical approach to business policy for growth and expansions. McGraw-Hill, New York, 1965
- [Ard12] ARDILIO, A.: Fraunhofer MarktExplorer – Heute schon Märkte für morgen erkunden. In: BULLINGER, H. -J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Carl Hanser Verlag, München, 2012, S. 127-147
- [AS83] ALTSCHULLER, G. S.; SELJUZI, A.: Flügel für Ikarus – Über die moderne Technik des Erfindens. Leipzig Urania-Verlag, Moskau Verlag MIR, 1983

- [AS10] ARDILIO, A.; SCHIMPF, S.: Technologie-Potenzialanalyse – Potenziale erkennen. In: SPATH, D.; SCHIMPF, S.; LANG-LOETZ, C. (Hrsg.): Technologiemonitoring – Technologien identifizieren, beobachten und bewerten. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2010
- [AS14] ALLISON, A.; SCUDAMORE, R.: Additive Manufacturing: Strategic Research Agenda. AM Plattform (Ed.), Cambridge, 2014
- [AU09] ABERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M.: Patterns of Industrial Innovation. In: BURGELMANN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. (Eds.): Strategic Management of Technology and Innovation. McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 2009, pp. 253-258
- [Bac07] BACKHAUS, K.: Industriegütermarketing. Verlag Vahlen, München, 8. Auflage, 2007
- [Ban06] BANNERT-THURNER, V.: Technology Due Diligence. In: GASSMANN, O.; KOBE, C. (Hrsg.): Management von Innovation und Risiko – Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006
- [Bas88] BASALLA, G.: The Evolution of Technology. University Press Cambridge, Cambridge, 1988
- [Bät04] BÄTZEL, D.: Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategievarianten im Kontext Fertigungstechnik. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 141, Paderborn, 2004
- [BBD+10] BROUSSEAU, E.; BARTON, R.; DIMOV, S.; BIGOT, S.: A Methodology for Evaluating the Technological Maturity of Micro and Nano Fabrication Processes. In: RATCHEV, S. (Ed.): Precision Assembly Technologies and Systems – 5th IFIP WG 5.5 International Precision Assembly Seminar, IPAS 2010, February 14th-17th 2010, Volume 315, Chamonix, IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2010, pp. 329-336
- [BBW+13] BREUNINGER, J.; BECKER, R.; WOLF, A.; ROMMEL, S.; VERL, A.: Generative Fertigung mit Kunststoffen – Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern. Springer-Verlag, Berlin, 2013, S. 5
- [BCD+08] BERTHOLD, M. R.; CEBRON, N.; DILL, F.; GABRIEL, T. R.; KÖTTER, T.; MEINL, T.; OHL, P.; SIEB, C.; THIEL, K.; WISWEDEL, B.: KNIME – The Konstanz Information Miner. In: PREISACH, C.; BURKHARDT, H.; SCHMIDT-THIEME, L.; DECKER, R. (Hrsg.): Data Analysis, Machine Learning and Applications, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 319-326
- [BCW09] BURGELMANN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C.: Strategic Management of Technology and Innovation. Integrating Technology and Strategy: A General Management Perspektive. McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 2009, pp. 1-12
- [BD14] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V.; DEUTSCHE TELEKOM STIFTUNG (HRSG.): Innovationsindikator Deutschland 2014. BDI, Berlin, Bonn, 2014
- [Ber06] BERGER, T.: Methode zur Entwicklung und Bewertung innovativer Technologiestrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 176, Paderborn, 2006
- [BH10] BRUNSWICKER, S.; HUTSCHEK, U.: Crossing Horizons – Leveraging Cross-Industry Innovation Search in the Front-End of the Innovation Process. In: International Journal of Innovation Management, Volume 14, No. 4, Imperial College Press, London, 2010, pp. 683-702
- [BH14-ol] BRUNSWICKER, S.; HUTSCHEK, U.: Kreative Seitensprünge in den frühen Innovationsphasen. Unter: <http://www.iao.fraunhofer.de/images/iao-news/innowave.pdf>, 5. Mai 2015
- [Bir80] BIRKHOFFER, H.: Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik, TU Braunschweig, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1980
- [Bis04] BISHOP, G. L.: A Comprehensive Model for Technology Push Product Development. Masterarbeit, Department of Mechanical Engineering, Brigham Young University, 2004
- [BK96] BINDER, V.; KANTOWSKY, J.: Technologiepotentiale – Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des strategischen Technologiemanagement, DUV, Wiesbaden, 1996

- [Ble95] BLEICHER, K.: Technologiemanagement und organisationaler Wandel. In: ZAHN, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1995, S. 580-596
- [Ble11] BLEICHER, K.: Das Konzept Integriertes Management – Visionen – Missionen – Programm. Campus Verlag, Frankfurt a. M., 8. aktualisierte und erweiterte Auflage, 2011
- [BM04] BISHOP, G. L.; MAGLEBY, S.P.: A Review of Technology Push Product Development – Models and Processes. In: Proceedings of the 16th International Conference on Design Theory and Methodology, September 28th - Oktober 2nd, Salt Lake City, 2004
- [BMBF14] BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF): Bundesbericht Forschung und Innovation 2014. Eigene Produktion, Berlin, 2014
- [Bra02] BRANDENBURG, F.: Methodik zur Planung technologischer Produktinnovationen. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Band 7, 2002
- [Bri10] BRINK, V.: Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 280, Paderborn, 2010
- [BRN+03] BULLINGER, H.-J.; RICHTER, M.; NOHE, P.; KRÖLL, M.: An approach to handle risk aspects by technology assessment. In: JARDIM-GONCLAVES, R.; CHA, J. (Eds.): Concurrent Engineering – The Vision for the Future Generation in Research and Applications. In: Proceedings of the 10th. ISPE International Conference, July 26th-30th, 2003, Swets & Zeitlinger Publishers, Madeira, 2003
- [Bro92] BROCKHOFF, K.: Forschung und Entwicklung, Planung und Kontrolle. Oldenbourg Verlag, München, Wien, 3. Auflage, 1992
- [Bro01] BROWNING, T. R.: Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems – A Review and New Directions. In: IEEE Transactions on Engineering Management, Volume 48, No. 3, August 2001, pp. 292-306
- [Brü09] BRÜSEKE, U.: Einsatz der Bibliometrie für das Technologiemanagement. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 244, Paderborn, 2009
- [BS09] BURGELMANN, R. A.; SAYLES, L. R.: Transforming Invention into Innovation: The Conceptualization Stage. In: BURGELMANN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. (Eds.): Strategic Management of Technology and Innovation. Integrating Technology and Strategy: A General Management Perspective. McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 2009, pp. 730-738
- [BSA09] BEERMANN, S.; SCHUBACH, M.; AUGART, E.: Workshops-Vorbereiten, durchführen, nachbereiten. Rudolf Haufe Verlag, München, 2. Auflage, 2009
- [BSP12] BULLINGER, H.-J.; SLAMA, A.; POTINECKE, T.: Erfolgreiche Technologieentwicklung – krisensicher in die Zukunft. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2012
- [Buh12] BUHSE, W.: Enterprise 2.0 – Innovationsmanagement durch Managementinnovation. Was können Industrieunternehmen vom Digital Lifestyle der Internetgeneration lernen? In: PFEIFFER, S.; SCHÜTT, P.; WÜHR, D.: Smarte Innovationen – Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2012
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [Bul09] BULLINGER, H.-J.: Technology Guide – Principles, Applications, Trends. Springer Verlag, Berlin, 2009
- [BV09] BREM, A.; VOIGT, K.-I.: Integration of market pull and technology push in the corporate front end and innovation management – Insights from the German software industry. In: Innovation, Elsevier, Volume 29, No. 5, May 2009, pp. 351–367

- [BWH10] BRUNSWICKER, S.; WARSCHAT, J.; HUTSCHEK, U.: Crossing Horizons – Applying Analogies to Source Technologies in the Front-End of the Innovation Processes. In: KOCAOGLU, D. F. (Ed.): Technology Management for Global Economic Growth – Portland International Center for Management of Engineering and Technology, July 18th-22nd 2010, Phuket, Portland State University, Portland, 2010, pp. 736-743
- [CA99] Collins, M. A.; Amabile, T. M.: Motivation and Creativity. In: Sternberg, R. J. (Ed.): Handbook of Creativity. Cambridge University Press, Cambridge, 1999, pp. 297-312
- [CE07] COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.: Generating Breakthrough New Product Ideas: Feeding the Innovation Funnel. Product Development Institute, Canada, 2007
- [Che03] CHESBROUGH, H. W.: The Era of Open Innovation. In: MIT Sloan Management Review, MIT Press, Cambridge, 2003
- [Che14-ol] CHEMIE.DE INFORMATION SERVICE GMBH (Hrsg.): Porosität. Unter: <http://www.chemie.de/lexikon/Porosit%C3%A4t.html>, 8. Oktober 2014
- [Chr97] CHRISTENSEN, C. M.: The Innovator's Dilemma – When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1997
- [Cla67] CLAUSEWITZ, C. VON: Vom Kriege – Hinterlassenes Werk des Generals Carl von Clausewitz. Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung, Berlin, 1867
- [CK86] COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J.: An Investigation into the New Product Process – Steps, Deficiencies and Impact. In: Journal of Product Innovation Management, Volume. 3, No. 2, pp. 71-85
- [CT94] CAVNAR, W. B.; TRENKLE, J. M.: N-Gram-Based Text Categorization. In: Proceedings of the 3rd Annual Symposium on Document Analysis and Information Retrieval, April 11th-13th, Las Vegas, 1994, pp. 161-175
- [DAG13] DUMITRESCU, R.; ANACKER, H.; GAUSEMEIER, J.: Design Framework for the Integration of Cognitive Functions into Intelligent Technical Systems. Production Engineering – Research and Development 7(1), 2013, pp. 111-121
- [Day81] DAY, G. S.: Strategic Market Analysis and Definition – An Integrated Approach. In: Strategic Management Journal, Volume 2, 1981, pp. 281-299
- [Day00] Day, G. S.: Assessing Future Markets for New Technologies. In: Day, G. S.; Schoemaker, P. J. H.; Gunther, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 127-149
- [Dep08] DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS (Ed.): International Standard Industrial Classification of All Economic Activities. United Nations Publication, New York, Revision 4, 2008
- [DLR14-ol] DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR): Luftfahrt – Luftfahrtforschung. Unter: http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10195/337_read-279/#/gallery/105. 4. April 2014
- [DNL96] DESCHAMPS, J-P.; NAYAK, P. R.; LITTLE, D. A.: Produktführerschaft – Wachstum und Gewinn durch offensive Produktstrategien. Campus Verlag, Frankfurt a. M., 1996
- [DP00] DOERING, D. S.; PARAYRE, R.: Identification and Assessment of Emerging Technologies. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 75-98
- [Dro89] DROSDOWSKI, G. (Hrsg.): Duden Etymologie – Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache (Duden Band 7). Dudenverlag, Mannheim, Wien, Zürich, 2. Auflage, 1989
- [DS00a] DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.: Wharton on Managing Emerging Technologies. Preface. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. v-xv

- [DS00b] DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.: A Different Game. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 1-23
- [DS00c] DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.: Avoiding The Pitfalls of Emerging Technologies. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 24-55
- [Dud14a-ol] DUDEN ONLINE WÖRTERBUCH: Empirisch. Unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/empirisch>, 5. Oktober 2014
- [Dud14b-ol] DUDEN ONLINE WÖRTERBUCH: Morphologie. Unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Morphologie>, 10. Oktober 2014
- [Dud15-ol] DUDEN ONLINE WÖRTERBUCH: Idee. <http://www.duden.de/rechtschreibung/Idee>, 5. Januar 2015
- [Dül13] DÜLME, C.: Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Planung strategiekonformer Unternehmensübernahmen. Masterarbeit, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2013
- [Dür07] DÜR MÜLLER, C.: Der lohnende Blick über den eigenen Gartenzaun – Cross-Industry-Innovation. In: Innovation Management, Ausgabe März/Juni, Nr.1, 2007
- [Dür08] DÜR MÜLLER, C.: Technologieführerschaft durch kreative Seitenblicke. In: io new management, Ausgabe 10, Springer-Verlag, Zürich, 2008, S. 8-13
- [Dür12] DÜR MÜLLER, C.: Der Blick über den Tellerrand. In: io management, Ausgabe Mai/Juni, Nr. 3, 2012, S. 24-27
- [EBG+09] EVERSHEIM, W.; BREUER, T.; GRAWATSCH, M.; HILGERS, M.; KNOCHE, M.; ROSIER, C.; SCHÖNING, S.; SPIELBERG, D. E.: Methods Description. In: EVERSHEIM, W. (Hrsg.): Innovations Management for Technical Products – Systematic and Intergrated Product Development and Product Planning. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 117-210
- [Ech14] ECHTERHOFF, N.: Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 332, Paderborn, 2014
- [ED13] ENKEL, E.; DÜR MÜLLER, C.: Cross-Industry-Innovation – Der Blick über den Gartenzaun. In: GASSMANN, O.; SUTTER, P. (Hrsg.): Praxiswissen Innovationsmanagement. Carl Hanser Verlag, München, 3. Auflage, 2013
- [EG10] ENKEL, E.; GASSMANN, O.: Creative Imitation – Exploring the Case of Cross-Industry Innovation. In: R&D Management, Volume 40, No. 3, Blackwell Publishing, Oxford, Malden, 2010, pp. 256-270
- [Ehr07] EHRENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 3. Auflage, 2007
- [Enk09] ENKEL, E.: Chancen und Risiken von Open Innovation. In: ZERFAß, A.; MÖSLEIN, K. M. (Hrsg.): Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement – Strategien im Zeitalter der Open Innovation. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 177-192
- [Eos14-ol] ELECTRO OPTICAL SYSTEMS GMBH (Hrsg.): Funktionsintegration. Unter: http://www.eos.info/additive_fertigung/fuer_ihre_konstruktion/herausforderung_funktionsintegration, 2. Oktober 2014
- [Eur08] EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.): NACE Rev. 2 – Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft. eurostat, Methodologies and Working Papers. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 2008

- [Eur11] EUROPEAN UNION (Ed.): Flightpath 2050 – Europe’s Vision for Aviation – Maintaining Global Leadership & Serving Society’s Needs. Report of the High Level Group on Aviation Research, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011
- [Eur13a] EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES (Ed.): The 2013 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2013
- [Eur13b] EUROPEAN PATENT OFFICE AND THE OFFICE FOR HARMONIZATION IN THE INTERNAL MARKET (Ed.): Intellectual property rights intensive industries – contribution to economic performance and employment in the European Union, Industry-Level Analysis Report September 2013, Universal, München, 2013
- [Eur14a] EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES (Ed.): How will standards facilitate new production systems in the context of EU innovation and competitiveness in 2025? Final Report. Publications Office of the European Union, Bruxelles, 2014
- [Eur14b] EUROPEAN COMMISSION – DIRECTORATE-GENERAL RESEARCH & INNOVATION (Ed.): Additive Manufacturing in FP7 and Horizon 2020. Report from the EC Workshop on Additive Manufacturing held on 18 June 2014. Bruxelles, 2014
- [Eur15] EUROPEAN COMMISSION – EUROPÄISCHER WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS (Ed.): Die Welt von morgen. 3D-Druck, ein Werkzeug zur Stärkung der europäischen Wirtschaft (Initiativstellungnahme). Brüssel, 2015
- [Fal00] FALLBÖHMER, M.: Generieren alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung. Dissertation, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 2000
- [Fes13-ol] FESTO AG & CO. KG (Hrsg.): White Paper – Funktionsintegration bringt in Zeitvorteile in vielen Bereichen. Unter: http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/213875/WP_Funktionsintegration-Best-Practice_DE.pdf, 5. Oktober 2014
- [For88] FORD, D.: Develop your Technology Strategy. In: Long Range Planning – International Journal of Strategic Management, Volume 21, Issue 5, 1988, pp. 85-95
- [FOW09] FREIALDENHOVEN, A.; OLSCHESKI, I.; WALLENTOWITZ, H.: Strategien in der Automobilindustrie – Technologietrends und Marktentwicklung. Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009
- [FR08] FENN, J.; RASKINO, M.: Mastering the Hype Cycle – How to choose the right innovation at the right time. Harvard Business Press, Boston, 2008
- [Fra06] FRANK, U.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagschriftenreihe, Band 175, Paderborn, 2006
- [Fre10] Freund, R.: How to Overcome the Barriers between Economy and Sociology – With Open Innovation, Open Evaluation and Crowdfunding? In: International Journal of Industrial Engineering and Management, Volume 1, No. 3, International Research Publication House, Delhi, 2010, pp. 105-109
- [Fuc12] FUCHS, W.: Storytelling – Wie hirngerechte Marketing-Geschichten aussehen. In: Häusel, H.-G. (Hrsg.): Neuromarketing – Erkenntnisse der Hirnforschung für Markenführung, Werbung und Verkauf. Haufe-Lexware Verlag, Freiburg, 2. Auflage, 2012, S. 137-153
- [Gäl05] GÄLWEILER, A.: Strategische Unternehmensführung. Campus Verlag, Frankfurt a. M., 2005
- [Gar09] GARVIN, D. A.: Building a Learning Organization. In: BURGELMANN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. (Eds.): Strategic Management of Technology and Innovation. McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 2009, pp. 1193-1205

- [Gar14-ol] GARTNER, INC. (Ed.): Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business. Unter: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918>, 10. Februar 2015
- [Gar87] GARVIN, D. A.: Competing on the eight dimensions of quality. In: Harvard Business Review, Volume 65, Issue 6, 1987, pp. 101-109
- [GB04] GAUSEMEIER, J.; BERGER, T.: Ideenmanagement in der strategischen Produktplanung – Identifikation der Produkte und Geschäftsfelder von morgen. In: Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe, 9.te Ausgabe, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, 2004, S. 64-68
- [GBK10] GAUSEMEIER, J.; BRANDIS, R.; KAISER, I.: Auswahl von Montageverfahren auf Basis der Produktkonzeption. In: GAUSEMEIER J.; RAMMIG, F.; SCHÄFER, W.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, Paderborn, 2010, S. 343-356
- [GBR10] GAUSEMEIER, J.; BRANDIS, R.; REYES-PEREZ, M.: A Specification Technique for the Integrative Conceptual Design of Mechatronic Products and Production Systems. In: Proceedings of the Design 2010 – 11th International Design Conference. May 17-20 2010, Dubrovnik, Croatia, 2010
- [GD10] GAUSEMEIER, J.; DEYTER, S.: Spezifikation der Prinziplösung mechatronischer Systeme. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Carl Hanser Verlag, München, 2010, S. 54-64
- [GDS+13] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; STEFFEN, D.; CZAJA, A.; WIEDERKEHR, O.; TSCHIRNER, C.: Systems Engineering in der industriellen Praxis. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Lehrstuhl für Produktentstehung, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT – Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik, UNITY AG, Paderborn, 2013
- [Geh13] GEHRINGER, H.: Technology Push und Lead-User-Ansatz. In: Abele, T. (Hrsg.): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung – Methoden und Prozesse in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013, S. 81-110
- [GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBESMEYER, P.; KALLMAYER, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2001
- [GEK11] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; KOKOSCHKA, M.: Direct Manufacturing – innovative Fertigungsverfahren für die Produkte von morgen. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 7. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 24.-25. November 2011, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 300, Paderborn, 2011, S. 5-27
- [GEK+11] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Analysis of Promising Industries. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2011
- [GEK+12a] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Future Applications. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2012
- [GEK+12b] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; KOKOSCHKA, M.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Scenario-based Matching of Technology Push and Market Pull. In: Proceedings of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2012, March 15th-16th 2012, Berlin, 2012
- [Gep13] GEBHARDT, A.: Generative Fertigungsverfahren. Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion. Carl Hanser Verlag, München, 4. Auflage, 2013
- [Ger04] GERYBADZE, A.: Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie, Organisation und Implementierung. Verlag Franz Vahlen, München, 2004
- [Ger05] GERPOTT, T. J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2005

- [Ger96] GERYBADZE, A.: Technologie Vorhersagen. In: KERN, W.; SCHRÖDER, H.-H.; WEBER, J. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2. Auflage, 1996, Sp. 2027-2040
- [GEW12] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; WALL, M.: Die Zukunft der additiven Fertigung vorausdenken – Szenario-basierter Abgleich von Technology Push und Market Pull. In: Elektronischer Tagungsband der Rapid.Tech 2012, 8.-9. Mai 2012, Erfurt, 2012
- [GEW13] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; WALL, M.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Innovation Roadmapping of Required Advancements. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2013
- [GFD+09] GAUSEMEIER, J.; FRANK, U.; DONOTH, J.; KAHL, S.: Specification Technique for the Description of Self-optimizing Mechatronic Systems. Research in Engineering Design 20(4), Springer-Verlag, London, 2009, pp. 201-223
- [GG10] GAUSEMEIER, J.; GAUKSTERN, T.: Einführung. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Carl Hanser Verlag, München, 2010, S. 13-51
- [GHK+06] GAUSEMEIER, J.; HAHN, A.; KESPOHL, H. D.; SEIFERT, L.: Vernetzte Produktentwicklung – Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Networking. Carl Hanser Verlag, München, 2006
- [GKE05-ol] Gassmann, O.; Kausch, C.; Enkel, E.: Einbeziehung des Kunden in einer frühen Phase des Innovationsprozesses. Artikel Thesis, 2005. Unter: <https://www.alexandria.unisg.ch/export/DL/20412.pdf>, 21. März 2015
- [GKW+14] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; KLEMP, E.; PETER, S.: White Spots for Additive Manufacturing Research Strategies. In: Proceedings of the Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference 2014, March 12th-13th 2014, Berlin, 2014
- [GL99] GESCHKA, H.; LENK, T.: Von der Strategischen Orientierung zum FuE-Programm. In: MÖHRLE, M. G. (Hrsg.): Der richtige Projekt-Mix – Erfolgsorientiertes Innovations- und FuE-Management. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1999, S. 27-51
- [Gli03-ol] Glitza, K. H.: Elektronisches Aufklärungssystem ECHELON. In: Sicherheitsmelder Online-dienst, Richard Boorberg Verlag, Stuttgart, 2003, Unter: <http://www.sicherheitsmelder.de/xhtml/articleview.jsf;jsessionid=E2FA90B91F61F83A551AEE6E8EBF04B9.BoorbergSolrappLive?id=BA69B31A55.htm>, 5. August 2014
- [GLL12] GAUSEMEIER, J.; LANZA, G.; LINDEMANN, U. (Hrsg.): Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren – Modellbildung und Analyse in der frühen Phase der Produktentstehung. Carl Hanser Verlag, München, 2012
- [GLR+00] GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P. (Hrsg.): Kooperatives Produktengineering – ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens. HNI Verlagsschriftenreihe, Band 79, Paderborn, 2000
- [GLR09] GAUSEMEIER, J.; LEHNER, M.; REYMANN, F.: Zukunftsszenarien in der Retrospektive – was bringt die Szenario-Technik tatsächlich? In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19.-20. November 2009, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 265, Paderborn, 2009, S. 3-28
- [Gom07] GOMERINGER, A.: Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte. Dissertation, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart, Jost-Jetter Verlag, Heimsheim, 2007
- [Gor61] GORDON, W. J. J.: Syntectics – The development of creative capacity. Haper & Row, New York, 1961
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2. Auflage, 2014

- [GPW09] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.; WENZELMANN, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2009
- [GPW13] GAUSEMEIER, J.; PETER, S.; WALL, M.: Future-oriented Research Strategies for Additive Manufacturing. In: Elektronischer Tagungsband der Rapid.Tech 2013, 14.-15. Mai 2013, Erfurt, 2013
- [GRS10] GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B.: Additive Manufacturing Technologies – Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer Science+Business Media, LLC, New York 2010
- [GS08] GASSMANN, O.; SUTTER, P.: Praxiswissen Innovationsmanagement – Von der Idee zum Markterfolg. Carl Hanser Verlag, München, 2008
- [GS13] GASSMANN, O.; SUTTER, P.: Praxiswissen Innovationsmanagement – Von der Idee zum Markterfolg. Carl Hanser Verlag, München, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, 2013
- [GW11] GAUSEMEIER, J.; WIENDAHL, H.-P. (Hrsg.): acatech diskutiert – Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011
- [GW13] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.: Die Zukunft ist additiv. In: Industrieanzeiger, Konradin Mediengruppe, Nr. 30, Jg. 130, 2013, S. 32-35
- [GWP+12] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; PEITZ, C.; ECHTERHOFF, N.: Technology Push Based Product Planning – Thinking ahead Future Markets for Emerging Technologies. In: The XXIII ISPIIM Conference – Action for Innovation: Innovating from Experience, June 17th-20th 2012, Barcelona, 2012
- [GWP13] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; PETER, S.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Exploring the Research Landscape. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Paderborn, 2013
- [GZD+08] GAUSEMEIER, J.; ZIMMER, D.; DONOTH, J.; POOK, S.; SCHMIDT, A.: Proceeding for the Conceptual Design of Self-optimizing Mechatronic Systems. In: Proceedings of the 10th International Design Conference, DESIGN 2008, May 19th-22nd 2008, Dubrovnik, 2008, pp. 1277-1286
- [Häu12] HÄUSEL, H.-G.: Neuromarketing – Erkenntnisse der Hirnforschung für Markeneinführung, Werbung und Verkauf. Haufe-Lexware Verlag, Freiburg, 2. Auflage, 2012
- [Hau93] HAUSCHILDT, J.: Innovationsmanagement. Franz Vahlen Verlag, München, 1993
- [Ha883] HAB, W.-J.: Die Messung des technischen Fortschritts. Florentz Verlag, München, 1983
- [Hei11] Heinz Nixdorf Institut: Workshop Working Paper – Idea Creation for DM-Applications in the Aerospace Industry. St. Louis, May 2011
- [Heu08] Heubach, D.: Eine funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung. Dissertation, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart, Jost-Jetter Verlag, Heimsheim, 2008
- [HHK00] HERB, R.; HERB, T.; KOHNHAUSEN, V.: TRIZ – Der systematische Weg zu Innovation. Verlag Moderne Industrie, Landsberg, 2000
- [Hip86] HIPPEL, VON E.: LEAD USERS: A Source of Novel Product Concepts. In: Management Science, Volume 32, No. 7, 1986, pp. 791-805
- [Hip88] HIPPEL, VON E.: The Source of Innovation. Oxford University Press, New York, 1988
- [HKF10] HAYDOCK, H.; KOLLAMTHODI, S.; FALCONER, A.: EU Transport GHG: Routes to 2050 – Energy security and the transport sector. Didcot, United Kingdom, 2010
- [HL00] HERSTATT, C.; LETTL, C.: Management von technologie-getriebenen Entwicklungsprojekten. Arbeitspapier, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2000

- [HL04] HERSTATT, C.; LETTL, C.: Management of 'technology push' development projects. In: International Journal of Technology Management, Volume 27, 2004, pp. 155-175
- [HL06] HERSTATT, C.; LETTL, C.: Marktorientierte Erfolgsfaktoren technologiegetriebener Entwicklungsprojekte. In: GASSMANN, O.; KOBE, C. (Hrsg.): Management von Innovation und Risiko – Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2006, S. 145–170
- [HLL01-ol] HERSTATT, C.; LÜTHJE, C.; LETTL, C.: Innovation search fields with Lead Users. Working Paper No. 9, Mai 2001. Unter: https://www.tuhh.de/tim/downloads/arbeitspapiere/Working_Paper_9.pdf, 10. Juni 2015
- [HP91] HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K.: Corporate Imagination and Expeditionary Marketing. In: Harvard Business Review, July/August, 1991
- [HS07] HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement. Franz Vahlen Verlag, 4. Auflage, München, 2007
- [HS11] HOFBAUER, G.; SANGL, A.: Professionelles Produktmanagement – Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien. Verlag Publicis Publishing, Erlangen, 2011
- [HSK+11] HAAG, C.; SCHUH, G.; KREYSA, J.; SCHMELTER, K.: Technologiebewertung. In: SCHUH, G.; KLAPPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 309-366
- [HSR08] HEUBACH, D.; SLAMA, A.; RÜGER, M.: Der Technologieentwicklungsprozess. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie – Chancen erkennen, Leistungen entwickeln. Carl Hanser Verlag, München, 2008, S. 13-43
- [HSS+07] HORX, M.; HUBER, J.; STEINLE, A.; WENZEL, E.: Zukunft machen – Wie Sie von Trends zu Business-Innovationen kommen. Campus Verlag, Frankfurt a. M., 2007
- [HTS99] VON HIPPEL, E.; THOMKE, S.; SONNACK, M.: Creating Breakthroughs at 3M. In: Harvard Business Review, Volume 77, 1999
- [HTZ+98] HERB, R.; TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B.: TRIZ – der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt: Ideen produzieren – Nischen besetzen – Märkte gewinnen. Verlag Moderne Industrie, Landsberg, 1998
- [Hub90] HUBER, F.: Prozesstechnologie. In: TSCHIRKY, H.; HESS, W.; LANG, P. (Hrsg.): Technologie-Management – Erfolgsfaktor von zunehmender Bedeutung. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1990, S. 117-129
- [HW13] HIGGINS, J. M.; WIESE, G. G.: Innovationsmanagement – Kreativitätstechniken für den unternehmerischen Erfolg. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013
- [Ihm10] IHMELS, S.: Verfahren zur integrierten informationstechnischen Unterstützung des Innovationsmanagements. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 271, Paderborn, 2010
- [KEA+13] KÖCKERLING, M.; ECHTERHOFF, N.; AMSHOFF, B.; ECHTERFELD, J.; KAGE, M.: Effizient zu neuen Produkten – Cross-Industry-Innovationen bei Miele. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5.-6. Dezember 2013, Berlin, HNI Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013, S. 415-437
- [KL86] KLINE, S. J.; ROSENBERG, N.: An Overview of Innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Eds.): The Positive Sum Strategy – Harnessing Technology for Economic Growth. National Academy Press, Washington, 1986, pp. 275-305
- [KL07] KUNZE, C.; LEMNITZER, L.: Computerlexikographie – Eine Einführung. Gunter Narr Verlag, Tübingen, 2007

- [Kle07] KLEIN, B.: TRIZ/TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 2. Auflage, 2007
- [KM05] KIM, W.; MAUBORGNE, R.: Blue Ocean Strategy – How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 2005
- [KNI14a-ol] KNIME.COM AG (Ed.): Frequently Asked Questions. KNIME Homepage. Unter: <http://tech.knime.org/faq#q1>, 12. Juli 2014
- [Kno05] KNOCHE, M.: Komplementaritätsrelevante technologiebasierte Diversifikation. Dissertation, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 2005
- [KNT09] KAISER, L.; NORDSIEK, D.; TERFLOTH, A.: Softwaregestützte Konzipierung komplexer mechatronischer Systeme und der dazugehörigen Produktionssysteme. In: ATZ Elektronik, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009
- [Kös14] KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 326, Paderborn, 2014
- [Kow97-ol] KOWALICK, J. F.: Technology Forecasting with TRIZ. The TRIZ Journal. Unter: www.triz-journal.com/archives/1997/01/b/index.html, 8. Juli 2014
- [KS11] KOLTZE, K.; SOUCHKOV, V.: Systematische Innovation. TRIZ-Anwendung in der Produkt- und Prozessentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2011
- [KSA11] KLAPPERT, S.; SCHUH, G.; AGHASSI, S.: Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 5-10
- [KSM+11] KLAPPERT, S.; SCHUH, G.; MÖLLER, H.; NOLLAU, S.: Technologieentwicklung. In: SCHUH, G.; KLAPPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 223-239
- [Küh03] KÜHN, A.: Systematik des Ideenmanagements im Produktentstehungsprozess. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI Verlagsschriftenreihe, Band 130, Paderborn, 2003
- [Kuh07] KUHN, J.: Markteinführung neuer Produkte. Dissertation, Universität Mannheim, GWV Fachverlage, Wiesbaden, 2007
- [KW12] KLEMP, E.; WALL, M.: Die Produktion von morgen – Additive Fertigungsverfahren im industriellen Einsatz. In: Digital Engineering Magazin, 4/12, WIN-Verlag, Vaterstetten, 2012
- [LA10] LOMBRISER, R.; ABPLANALP, P. A.: Strategisches Management – Visionen entwickeln, Erfolgspotenziale aufbauen, Strategien umsetzen. Versus Verlag, Zürich, 5. Auflage, 2010
- [Lan00] LANGLOTZ, G.: Ein Beitrag zur Funktionsstrukturentwicklung innovativer Produkte. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, Universität Karlsruhe, Shaker Verlag, Aachen, 2000
- [Lan69] Landau, E.: Psychologie der Kreativität. Ernst Reinhardt Verlag, München, Basel, 1969
- [Leh14] LEHNER, M. W.: Verfahren zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 324, Paderborn, 2014
- [LMB09] LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T.: Structural Complexity Management – An Approach for the Field of Product Design. Springer-Verlag, Berlin, 2009
- [LMH01] LARSEN, J. B.; MAGLEBY, S.P.; HOWELL, L. L.: An Engineering Approach for Matching Technology to Product Applications. In: CULLEY, S. (Ed.); DUFFY, A.; MCMAHON, C.; WALLACE, K.: Design Management – Process and Information Issues. In: Proceedings of the 13th International Conference on Engineering Design ICED 01, August 21st-23rd 2001, Glasgow, Sohn Wiley & Sons, 2001

- [LMP96] LYNN, G.; MORONE, J. G.; PAULSON, A. S.: Marketing and Discontinuous Innovation – The Probe and Learn Process. In: California Management Review, Volume 38, No. 3, Spring 1996
- [LP10] LIVOTOV, P. (Hrsg.); PETROV, V.: TRIZ Innovationstechnologie – Produktentwicklung und Problemlösung – Handbuch. TriS Europe, Hannover, 2010
- [Man95] MANKINS, J. C.: Technology Readiness Levels – A White Paper. Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology (NASA), Washington D.C., 1995
- [Man01] MANN, D. L.: An Introduction to TRIZ – The Theory of Inventive Problem Solving. Creativity and Innovation Management, Volume 10, No. 2, Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, 2001, pp. 123-125
- [Man02] MANN, D.: Hands-on Systematic Innovation – For Technical Systems. CREAX Press, United Kingdom, 2002
- [Man03] MANN, D. L.: Better technology forecasting using systematic innovation methods. In: Technological Forecasting and Social Change International Journal, Volume 70, Elsevier, Oxford, 2003, pp. 779-795
- [Man07] MANN, D.: Hands-on Systematic Innovation for Business & Management. Lazarus Press, United Kingdom, 2007
- [MC09] MANN, D. L.; COLE, A. C.: Braking system technology – evolution potential and evolution limits. SYSTEMATIC INNOVATION LTD. (Ed.), United Kingdom, 2009
- [Mef91] MEFFERT, H.: Marketing – Grundlagen der Absatzpolitik. Gabler Verlag, Wiesbaden, 7. überarbeitete und erweiterte Auflage, 1991
- [MG00] MACMILLAN, I. C.; GUNTHER MCGRATH, R.: Technology Strategy in Lumpy Market Landscapes. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 150-171
- [MH09] MAIER, G. W.; HÜLSHEGER, U. R.: Innovation und Kreativität in Projekten. In: WASTIAN, M.; BRAUMANDL, I.; VON ROSENSTIEL, L.: Angewandte Psychologie für Projektmanager – Ein Praxishandbuch für die erfolgreiche Projektleitung. Springer Verlag, Heidelberg, 2009, S. 247-262
- [MI08] MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R.: Grundlagen des Technologie-Roadmappings. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 3. Auflage, 2008
- [Min01] MINDER, S.: Wissensmanagement in KMU – Beitrag zur Ideengenerierung im Innovationsprozess. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität St. Gallen, Verlag HSG, St. Gallen, 2001
- [Moe13] MOEHRLE, M. G.: TRIZ-Based Technology Roadmapping. In: MOEHRLE, M. G.; ISENMANN, R.; PHAAL, R. (Eds.): Technology Roadmapping for Strategy and Innovation – Charting the Route to Success. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 137-150
- [Möh08] MÖHRLE, M. G.: TRIZ-basiertes Technologie-Roadmapping. In: MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 3. Auflage, 2008, S. 185-203
- [MP97] MÖHRLE, M. G.; PANNENBÄCKER, T.: Das Konzept der Problemzentrierten Invention – Rahmenmodell und Grundlagen. In: Wissensmanagement – Zeitschrift für Innovationen, Heft 4, 3. Jg., 1997, S. 176-182
- [MS97] MALORNY, C.; SCHWARZ, W.: Die Sieben Kreativitätswerkzeuge (K7): Innovationsfähigkeit stärken. In: BIERMANN, T.; DEHR, G. (Hrsg.): Innovation mit System. Erneuerungsstrategien für mittelständische Unternehmen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997, S. 79-104

- [MS13] MENTHE, T.; SIEG, M.: Kundennutzen: die Anwendung im Verkaufsgespräch – So verhandeln Sie wert- und nutzenorientiert. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013
- [MU12] MAYER, H.; UHLMANN, E.: Hybride Leistungsbündel – ein neues Produktverständnis. In: Mayer, H.; Uhlmann, E. (Hrsg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2012, S. 1-21
- [NA92] NIASBITT, J.; ABURDENE, P.: Megatrend 2000. Econ Taschenbuchverlag, München, 2. Auflage, 1992
- [Nag93] NAGEL, R.: Lead-User-Innovation – Entwicklungskooperation am Beispiel der Industrie elektronischer Leiterplatten. Dissertation, Universität Köln, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1993
- [Nat11-ol] NATHAN, S.: Composite Class: Developing the Airbus A350-XWB. In: The Engineer Online. London (Ed.), United Kingdom, June 2011. Unter: <http://www.theengineer.co.uk/in-depth/the-big-story/composite-class-developing-the-airbusa350-xwb/1009059.article>, 10. Januar 2012
- [Nel05] NELSON, A.: A detailed approach for Product Development in a Technology Push Environment. Master Thesis, Department of Mechanical Engineering, Brigham Young University, 2005
- [Nie15] NIEWÖHNER, N.: Entwicklung eines Workshop-Konzeptes zur technologie-induzierten Ideenfindung. Bachelorarbeit, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2015
- [Nor12] NORDSIEK, D.: Systematik zur Konzipierung von Produktionssystemen auf Basis der Prinzipienlösung mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 304, Paderborn, 2012
- [Off11] OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE (Ed.): Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook. Department of Defense of the United States of America (Ed.), Version 2.0, Arlington County, Virginia, 2011
- [OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010
- [Orl06] ORLOFF, M. A.: Grundlagen der klassischen TRIZ – Ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure. Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2006
- [Osb63] OSBORN, A.: Applied Imagination – Principles and Procedures of Creative Thinking. Scribner, New York, 1963
- [OW97] OHLHAUSEN, P.; WARSCHAT, J.: Kooperation – Zusammenarbeit zwischen Unternehmen. In: BULLINGER, H. J.; WARSCHAT, J. (Hrsg.): Forschungs- und Entwicklungsmanagement – Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1997, S. 29-46
- [Owe09] OWEN, H.: Wave Rider – Leadership for High Performance in a Self-Organizing World. Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, 2009
- [PA12] PARASKEVOPOULOS, A.; ARDILLIO, A.: Visible Light Communications – eine zukunfts-trächtige Übergangstechnik via LED-Licht. In: BULLINGER, H. J.: Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Carl Hanser Verlag, München, 2012, S. 313-326
- [PBF+07] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Springer-Verlag, Berlin, 7. Auflage, 2007
- [Pei92] PEIFFER, S.: Technologie-Frühaufklärung – Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung. Steuer und Wirtschaftsverlag, Hamburg, 1992

- [Pei15] PEITZ, C.: Systematik zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 337, Paderborn, 2015
- [Pel99] PELZER, W.: Methodik zur Identifizierung und Nutzung strategischer Technologiepotentiale. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 1999
- [Per87] PERILLIEUX, R.: Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1987
- [PGW14] PEITZ, C.; GAUSEMEIER, J.; WALL, M.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodell-Roadmaps. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20. - 21. November 2014, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2014
- [Pil06] PILLER, F.: Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2006
- [PMS+91] PFEIFFER, W.; METZE, G.; SCHNEIDER, W.; AMLER, R.: Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder. Vandenhoeck & Ruprecht Verlag, Göttingen, 6. Auflage, 1991
- [Pop94] POPPER, K. R.: Alles Leben ist Problemlösen – Über Erkenntnis, Geschichte und Politik. Piper Verlag, München, 1994
- [Pop08] POPPER, R.: Foresight Methodology. In: GEORGHIOU, L.; CASSINGENA HARPER, J.; KEENAN, M.; MILES, I.; POPPER, R.: The Handbook of Technology Foresight – Concepts and Practice. Edward Elgar Publishing, Inc., Massachusetts, 2008
- [Por83] PORTER, M. E.: The Technological Dimension of Competitive Strategy. In: ROSENBLOOM, R. S. (Ed.): Research on Technological Innovation, Management and Policy. JAI Press Inc., Greenwich, 1983, pp. 1-33
- [Por99] PORTER, M. E.: Wettbewerbsstrategie – Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten. Campus Verlag, Frankfurt a. M., New York, 10. Auflage, 1999
- [Pre76] PREISER, S.: Kreativitätsforschung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1976
- [Pri14] PRICEWATERHOUSECOOPERS (Ed.): Aerospace & Defense 2013 year in review and 2014 forecast. Aerospace and Defense Innovation Study, 2014
- [PS96] PLESCHAK, F.; SABISCH, H.: Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1996
- [Rac13] RACHUBA, A. C.: Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungsmodells für die Aufstellung eines Produktportfolios am Beispiel der kontaktlosen Energie-, Daten- und Signalübertragung. Masterarbeit, Fakultät Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2013
- [RCP+11] ROPER, A.T.; CUNNINGHAM, S.W.; PORTER, A.L.; MASON, T.W.; ROSSINI, F.A.; BANKS, J.: Forecasting and Management of Technology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011
- [RE07] RAHMOUN, A.; ELBERRICHI, Z.: Experimenting N-Grams in Text Categorization. In: The International Arab Journal of Information Technology, Volume 4, No. 4, 2007, pp. 375-385
- [Rey13] REYMANN, F.: Verfahren zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 307, Paderborn, 2013
- [RGS+13] RUMMEL, S.; GOMERINGER, A.; SPATH, D.; WARSCHAT, J.: Reifegradbestimmung von Technologiekonzepten – Bewertungsbasierte Entscheidungsfindung in der Technologieentwicklung. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5.-6. Dezember 2013, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013, S. 179-198

- [RJR+06] ROSEN, D.; JOHNSTON, S.; REED, M.; WANG, H.: Design of general lattice structures for light-weight and compliance applications. In: Proceedings of the Rapid Manufacturing Conference, Loughborough University, 2006
- [Rop10-ol] ROPOHL, G.: Jenseits der Disziplinen – Transdisziplinarität als neues Paradigma. Unter: http://www.leibniz-institut.de/archiv/ropohl_21_03_10.pdf, 5. Mai 2014
- [Rot00] ROTH, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen – Band 1: Konstruktionslehre. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 3. erweiterte und neu gestaltete Auflage, 2000
- [RS10] REINHART, G.; SCHINDLER, S.: Reife von Produktionstechnologien – Konzeptionelle Bestimmung des Entwicklungsstadiums von Fertigungsverfahren und -prozessen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), Jg. 105, 7.-8.te Ausgabe 2010 Carl Hanser Verlag, München, 2010 S. 710-714
- [SAL09] SPATH, D.; ARDILIO A.; LAIB S.: The Potential of Emerging Technologies – Strategy-planning for technology-providers throughout an application-radar. In: Proceedings of the Management of Engineering & Technology, Portland International Conference, August 2nd-6th, Portland, 2009
- [Sau03] SAUBER, T.: Innovation strategy formulation process. Federal Institute of Technology, ETH Zürich, Zürich, 2003
- [Sav04] SAVIOZ, P.: Technology Intelligence – Concept design and implementation in technology-based SMEs. Palgrave Macmillan, New York, 2004
- [SB08] SPECHT, D.; BEHRENS, S.: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung. In: MÖHRLE, M.G.; ISENMANN, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 3. Auflage, 2008, S. 145-164
- [SBA02] SPECHT, G.; BECKMANN, C.; AMELINGMEYER, J.: F&E-Management – Kompetenz im Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2. Auflage, 2002
- [Sch39] SCHUMPETER, J. A.: Business Cycles – A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. Martino Pub, New York, London, 1939
- [Sch47] Schumpeter, J. A.: The Creative Response in Economic History. In: Journal of Economic History, Volume 7, No. 2, 1947, S. 149-159
- [Sch88a] SCHLICKSUPP, H.: Produktinnovation – Wege zu innovativen Produkten und Dienstleistungen. Vogel Verlag, Würzburg, 1988
- [Sch88b] SCHLICKSUPP, H.: Anstöße zum innovativen Denken. In: Henzler, H. A. (Hrsg.): Handbuch strategische Führung. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1988, S. 691-717
- [Sch91a] SCHUBERT, B.: Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjoint Analyse. Poeschel Verlag, Stuttgart, 1991
- [Sch91b] SCHRADER, J.: Innovationsförderung als Führungsaufgabe. In: Schüler, W. (Hrsg.): Aspekte des Innovationsmanagements. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1991, S. 15-45
- [Sch04] SCHLICKSUPP, H.: Innovation, Kreativität und Ideenfindung, Verlag Vogel Business Media, Würzburg, 6. Ausgabe, 2004
- [Sch06] SCHÖNING, S.: Potenzialbasierte Bewertung neuer Technologien. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 2006
- [Sch07] SCHERER, J.: Kreativitätstechniken – In 10 Schritten Ideen finden, bewerten, umsetzen. GABAL Verlag GmbH, Offenbach, 2007
- [Sch14] SCHINDLER, S.: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, 2014

- [SG13] SCHUH, G.; GRAW, M.: Verwertungsoptimierte Technologieentwicklung – Instrument zur Erschließung des branchenübergreifenden Verwertungspotentials von Fertigungstechnologien. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5.-6. Dezember 2013, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013, S. 199-216
- [SGS14] SCHUH, G.; GRAW, M.; SCHÖN, N.: Exploitation-oriented Manufacturing Technology Development. In: Proceedings of 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems, April 28th-30th 2014, Ontario, Canada, 2014
- [SH00] SPECHT, G.; HARLAND, P. E.: Integrierte F&E-Projektplanung, In: HÄFLIGER, G. E.; MEIER, J. D. (Hrsg.): Aktuelle Tendenzen im Innovationsmanagement – Festschrift für Werner Popp zum 65. Geburtstag, Physica-Verlag, Heidelberg, 2000, S. 73-91
- [SKM11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; MOLL, T.: Ordnungsrahmen Technologiemanagement. In: SCHUH, G.; KLAPPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 11-31
- [SKO11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; ORILSKI, S.: Technologieplanung. In: SCHUH, G.; KLAPPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 171-222
- [SKS+11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; SCHUBERT, J.; NOLLAU, S.: Grundlagen zum Technologiemanagement. In: SCHUH, G.; KLAPPERT, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2011, S. 33-54
- [SL99] STERNBERG, R. J.; LUBART, T. I.: The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms. In: STERNBERG, R. J. (Ed.): Handbook of Creativity. Cambridge University Press, Cambridge, 1999, pp. 3-15
- [SLM13-ol] SLM SOLUTIONS GMBH (Hrsg.): Update on latest developments in SLM 500-Technology, the fastest production machine so far. OptoNet – Workshop Additive Fertigung, 06.11.2013, Jena. Unter: http://spectronet.de/de/suche/video-update-on-latest-developments-in-slm-500-tec_hq67o09s.html, 7. Juli 2014
- [SM02] SPECHT, D.; MÖHRLE, M. G.: Gabler Lexikon Technologie Management – Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002
- [SMN+97] SPIVEY, W. A.; MUNSON, J. M.; NELSON, M. A.; DIETRICH, G. B.: Coordinating the Technology Transfer and Transition of Information Technology – A Phenomenological Perspective. In: IEEE Transactions on Engineering Management, Volume. 44, No. 4, 1997
- [SN04] STROEBE, W.; NIJSTAD, B. A.: Warum Brainstorming in Gruppen Kreativität vermindert: Eine kognitive Theorie der Leistungsverluste beim Brainstorming. In: Psychologische Rundschau, Volume 55, No. 1, Hogrefe Verlag, Göttingen, 2004
- [Spu06] SPUR, G. (HRSG.): acatech diskutiert – Wachstum durch Innovationen – Beiträge aus Wissenschaft und Wirtschaft, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006
- [SSM14] SCHENKL, S.; SAUER, R. M.; MÖRTL, M.: A Technology-centered Framework for Product-Service Systems. In: Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, May 1st-2nd, 2014, Ontario, Canada, 2014
- [Sta07] STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.): Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Ausgabe 2008 (WZ2008), 2007
- [Stä73] STÄHLIN, W.: Theoretische und technologische Forschung in der Betriebswirtschaftslehre. Poeschel Verlag, Stuttgart, 1973
- [Ste13] STERNAD, D.: Beurteilung und Auswahl von Zielmärkten. In: STERNAD, D.; HABER, G.; HÖFFERER, M. (Hrsg.): Grundlagen Export und Internationalisierung, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013, S. 41-60

- [Sto10] STOLL, K.: Planung und Konzipierung von Marktleistungen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 271, Paderborn, 2010
- [Str07] STREBEL, H.: Innovations- und Technologiemanagement. Facultas.wuv Universitätsverlag, Wien, 2. Auflage, 2007
- [SU97] STANKE, A.; ULBRICHT, B.: Modelle und Methoden der Neuproduktplanung. In: BULLINGER, H. J.; WARSCHAT, J. (Hrsg.): Forschungs- und Entwicklungsmanagement – Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1997, S. 133-173
- [SW85] SCHULTE, W.; WINCK, P.: Innovationsmanagement – Band 1 – Produktfindung. Fraser Verlag, Essen, 1985
- [SW00] SAMLI, A. C.; WEBER, J. A. E.: A theory of successful product breakthrough management – learning from success. In: Journal of Product & Brand Management, MCB University Press, Volume 9, No. 1, 2000, pp. 35-55
- [SW08] SPATH, D.; WARSCHAT, J.: Innovationen durch neue Technologien. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie – Chancen erkennen, Leistung entwickeln. Carl Hanser Verlag, München, 2008, S. 1-12
- [SWA11] Spath, D.; Warschat, J.; Ardilio, A.: Technologie Management – Radar für Erfolg. LOG_X Verlag, Ludwigsburg, 2011
- [SWR+12] SPATH, D.; WARSCHAT, J.; RÜGER, M.; HAHN, S.: Von der Technologieentwicklung zum Technologiemarkt. In: BULLINGER, H. J. (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt – Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. Carl Hanser Verlag, München, 2012, S. 1-5
- [Tho80] THOM, N.: Grundlagen des betrieblichen Innovationsmanagements. Verlag Hanstein, Königstein/Ts, 1980
- [Tie07] TIEFEL, T.: Technologielebenszyklus-Modell – Eine kritische Analyse. In: TIEFEL, T.; KLUG, A.; VERSCH, U. (Hrsg.): Gewerbliche Schutzrechte im Innovationsprozess. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2007, S. 25-50
- [TK09] TRAUT-MATTAUSCH, E.; KERSCHREITER, R.: Kreativitätstechniken. In: WASTIAN, M.; BRAUMANDL, I.; VON ROSENSTIEL, L. (Hrsg.): Angewandte Psychologie für Projektmanager – Ein Praxishandbuch für die erfolgreiche Projektleitung. Springer Verlag, Heidelberg, 2009, S. 263-281
- [TN09] THOMKE, S.; NIMGADE, A.: Linking New Technology and Novel Customer Needs. In: BURGELMANN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. (Eds.): Strategic Management of Technology and Innovation. Integrating Technology and Strategy: A General Management Perspective. McGraw-Hill, New York, Fifth Edition, 2009, pp. 799-806
- [Tri00] TRIPAS, M.: Commercializing Emerging Technology through Complementary Assets. In: DAY, G. S.; SCHOEMAKER, P. J. H.; GUNTHER, R. E. (Eds.): Wharton on Managing Emerging Technologies. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, pp. 172-186
- [Tsc90] TSCHIRKY, H.: Technologie-Management ein unterschätzter Erfolgsfaktor. In: TSCHIRKY, H.; HESS, W.; LANG, P. (Hrsg.): Technologie-Management – Erfolgsfaktor von zunehmender Bedeutung. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1990, S. 1-30
- [UE95] ULRICH, K. T.; EPPINGER, S.D.: Product Design and Development. McGraw-Hill, Boston, 2nd Edition, 1993
- [Van09] VANSTON, L. K.: Practical Tips for Forecasting New Technology Adoption. In: Teletronikk Journal, Volume 3/4, 2008, pp 179-189
- [Vas15] VABHOLZ, M.: Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 346, Paderborn, 2015

- [VB05] VAHS, D.; BURMESTER, R.: Innovationsmanagement – Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 3. überarbeitete Auflage, 2005
- [VB13] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement – Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 4. Auflage, 2013
- [VH07] VERWORN, B.; HERSTATT, C.: Strukturierung und Gestaltung der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: HERSTATT, C.; VERWORN, B. (Hrsg.): Management der frühen Innovationsphasen – Grundlagen – Methoden – Neue Ansätze. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2. Auflage, 2007
- [Vie07] VIENENKÖTTER, A.: Methodik zur Entwicklung von Innovations- und Technologie-Roadmaps. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 218, Paderborn, 2007
- [WA08] WELGE, M. K.; AL-LAHAM, A.: Strategisches Management – Grundlagen – Prozess – Implementierung. Gabler Verlag, Wiesbaden, 5. Auflage, 2008
- [WC92] WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B.: Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality. The Free Press, New York, 1992
- [Wei06-ol] WEISSHAAR, T. A.: Morphing Aircraft Technology – New Shapes for Aircraft Design. Aeronautics and Astronautics Department Purdue University (Ed.), 2006. Unter: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA479821>, 5. Dezember 2013
- [WGA13] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; ANDRACZEK, A. C.: Integrating TRIZ into Technology Push oriented Product Planning. In: HUIZINGH, K. R. E.; CONN, S.; TORKKELI, M.; BITRAN, I. (Eds.): In: Proceedings of the 6th ISPIM Innovation Symposium – Innovation in the Asian Century, December 8th-11th 2013, Melbourne, 2013
- [WGP12] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PEITZ, C.: Technology Push-orientierte Produktplanung. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 6.-7. Dezember 2012, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 306, Paderborn, 2012, S. 375-397
- [WGP13] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PEITZ, C.: Technology Push based product planning – future markets for emerging technologies. In: International Journal of Technology Marketing, Volume 8, No. 1, 2013, pp. 61-81
- [WGP14] WALL, M.; GAUSEMEIER, J.; PETER, S.: TRIZ-basierte Potentialfindung in technologie-induzierten Innovationsprozessen. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. Dezember 2014, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014, S. 95-123
- [Wie04] WIEHLER, G.: Mobility, Security and Web Services – Technologies and Service-oriented Architectures for a new Era of IT Solutions. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2004
- [Wil85] WILDE, K.D.: Bewertung von Produkt- und Marktstrategien – Theorie und Methoden. Duncker & Humblot, Berlin, 1985
- [Woh13] WOHLERS, T.: Wohlers Report 2013 – Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry. Wohlers Associates Inc., United States of America, 2013
- [Wol91] WOLFRUM, B.: Strategisches Technologiemanagement. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1991
- [Wol93] WOLFRUM, U.: Erfolgspotentiale – Kritische Würdigung eines zentralen Konzeptes der strategischen Unternehmensführung. Dissertation, Universität München, Münchener Schriften zur Angewandten Führungslehre, Band 72, München, 1993
- [WPG13] WALL, M.; PETER, S.; GAUSEMEIER, J.: Bridging the Gap between Technology Push and Market Pull for Emerging Technologies. In: Proceedings of the 2013 International Association for Management of Technology Conference (IAMOT), April 14th-18th 2013, Porto Alegre, 2013

- [WW04] WÖRDENWEBER, B.; WICKORD, W.: Technologie- und Innovationsmanagement in Unternehmen – Methoden, Praxistipps und Softwaretools. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. erweiterte Auflage, 2004
- [Zah95] ZAHN, E.: Handbuch Technologiemanagement. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1995
- [Zob09] ZOBEL, D.: Systematisches Erfinden – Methoden und Beispiele für den Praktiker. Expert-Verlag, Renningen, 2009
- [Zob11] ZOBEL, D.: TRIZ FÜR ALLE – Der systematische Weg zur Problemlösung. Expert-Verlag, Renningen, 3. Auflage, 2011
- [ZZ01] ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A.: Directed Evolution – Philosophy, Theory and Practice. Ideation International Publications, Southfield, Michigan, 2001

Normen und Richtlinien

- [DIN1325-1] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V (DIN) (Hrsg.): Value Management, Wertanalyse, Funktionenanalyse, Wörterbuch – Teil 1: Wertanalyse und Funktionenanalyse. Deutsche Fassung EN 1325-1, Beuth Verlag, Berlin, 1996
- [DIN8580] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V (DIN) (Hrsg.): Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung. Beuth Verlag, Berlin, 2003
- [VDI2220] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (Hrsg.): Produktplanung – Ablauf, Begriffe und Organisation. VDI-Handbuch Konstruktion, VDI-Richtlinie 2220, Beuth Verlag, Berlin, 1980
- [VDI2221] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (Hrsg.): Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. VDI-Handbuch Konstruktion, VDI-Richtlinie 2221, Beuth Verlag, Berlin, 1993
- [VDI2803] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (Hrsg.): Funktionenanalyse – Grundlagen und Methoden. VDI-Handbuch Konstruktion, VDI-Richtlinie 2803, Beuth Verlag, Berlin, 1996
- [VDI3780] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (Hrsg.): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. VDI-Handbuch Konstruktion, VDI-Richtlinie 3780, Beuth Verlag, Berlin, 2000

Bildquellen

- Bild 2-13 ©Direct Manufacturing Research Center, Universität Paderborn
- Bild A-3 ©Stefan Rajewski (Fotolia unter: www.fotolia.de); ©Steffen Zerrer (Fotolia unter: www.fotolia.de); ©higyou (Fotolia unter: www.fotolia.de); ©VRD (Fotolia unter: www.fotolia.de), ©iStockphoto (iStockphoto unter: www.deutsch.istockphoto.com)

Anhang

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|---|--------------|
| A1 Technologiepotentialfindung | A-1 |
| A2 Innovationsfelder für Technologienutzer suchen und analysieren | A-7 |
| A3 SIAM-Theorie | A-9 |
| A4 Gegenüberstellung Problem- und Lösungsraum | A-11 |
| A5 Kriterien zur Bewertung von Technologieprofilen | A-13 |
| A6 Einflussanalyse..... | A-15 |

A1 Technologiepotentialfindung

Im Folgenden wird eine Übersicht gegeben, welche Ansätze sich je nach vorliegender Wissensbasis bezüglich bereits verwerteter Technologiepotentiale mehr oder minder für die Suche nach Potentialen eignen. Gemäß Bild A-1 werden drei Kategorien von Ansätzen unterschieden: *Empirisch-kognitiv*, *empirisch-maschinell* und *diskursiv*. Bei den ersten beiden Ansätzen stehen die Ermittlung und die zielgerichtete Verwertung von vorhandenem Wissen im Vordergrund⁸⁴.

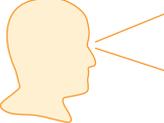
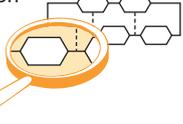
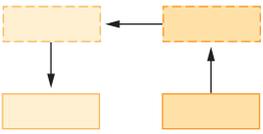
| | Wissen vorhanden | Wissen nicht vorhanden |
|------------|--|--|
| Manuell | <p>Empirisch-kognitive Potentialfindung ("scharfes Hinsehen")</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse von realisierten Anwendungen • Manuelles Sichten von Produktdatenblättern/ Success Stories • z.B. Fragenkataloge, Blue-Ocean-Ansatz  | <p>Diskursive Potentialfindung (z.B. TRIZ-Logik)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analogiebildung: Rückgriff auf empirische TRIZ-Wissensbasis • Umkehr der TRIZ-Logik • Abstraktion • Konkretisierung |
| Maschinell | <p>Empirisch-maschinelle Potentialfindung (Bibliometrie)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse von realisierten Anwendungen • Maschinelles Sichten von Produktdatenblättern/ Success Stories • z.B. Schlagworte, N-Gramm-Analyse  |  |

Bild A-1 Klassifizierung von Ansätzen für die Technologiepotentialfindung in Abhängigkeit von der vorhandenen Wissensbasis

Empirisch-kognitive Potentialfindung

Ist empirisches Wissen bereits vorhanden, kann dieses manuell eruiert werden; die Eruiierung erfolgt für bereits bekannte Einsatzgebiete⁸⁵ der Technologie. Zu den manuellen Methoden zählen „das scharfe Hinsehen“ sowie etablierte Marktforschungsmethoden, z.B. Interviews, Kundenbeobachtungen und -befragungen sowie Wettbewerbsanalysen [Sto10, S. 83]. Wird die Systematik von einem Unternehmen angewendet, welches die extern verfügbare Technologie in der eigenen Produktentwicklung einsetzen möchte, können ferner Recherchen oder Interviews mit Technologieanbietern oder anderen Tech-

⁸⁴ Diese beiden Ansätze sind der Dokumentenrecherche und damit der Sekundär-Marktforschung zuzuordnen, da im Wesentlichen die Auswahl und Evaluierung von relevanten, bereits verfügbaren Dokumenten erfolgt. Die Resultate einer Dokumentenrecherche liefern i.d.R. gute Anregungen für die neuartige Problemlösungen [VB13, S. 295f.].

⁸⁵ Die Analyse existierender Anwendungen ist konform zu dem Lead-User Ansatz. Lead-User sind in dem Fall die ersten Technologieanwender; diese sind im Sinne der Adoptionskurve neuer Technologien *innovators* oder *early adoptors* (vgl. dazu [Day00, S. 134ff.]). Sie haben i.d.R. bereits erste Erfahrungen mit der Technologie.

nologienutzern durchgeführt werden. Fragenkataloge können dabei unterstützen, die Potentiale zu ermitteln. Stellvertretend sei an dieser Stelle das adaptierte Vier-Aktionen-Format des Blue-Ocean-Ansatzes nach KIM/MAUBORGNE genannt⁸⁶.

A1.1 N-Gramm-Analyse

Eine maschinelle⁸⁷ Eruiierung vorhandenen Wissens bietet die Möglichkeit zur Durchführung von breitflächigen, bibliometrischen Analysen von Produkten, in denen die Technologie bereits eingesetzt wird. Dieses Vorgehen setzt voraus, dass ein Rückgriff auf einen gewissen Datenbestand möglich ist. Beispiele sind Produktbeschreibungen⁸⁸ oder sog. Success Stories zu bereits realisierten Produkten. Produktbeschreibungen werden von Unternehmen als Marketinginstrument genutzt. Sie stellen Vorteile bzw. Mehrwert eines realisierten Produktes dar und sind i.d.R. leicht zugänglich [Brü09, S. 111f.].

Für eine medienbasierte Ableitung von Potentialen mittels softwarebasierter Verfahren des Text Mining und der Bibliometrie kann die sog. N-Gramm-Analyse verwendet werden⁸⁹. Das 1995 von der NSA patentierte Verfahren ist eine semantische Analyse zur Themenerkennung in Textkorpora. Dabei werden Textkorpora dahingehend untersucht, ob definierte Schlüsselworte in bestimmten Kontexten auftreten [Gli03-ol]. N-Gramme resultieren aus der Zerlegung von Texten; dabei werden die Texte in linguistische Elemente des gleichen Typs, z.B. in Buchstaben oder Worte, gebrochen [KL07, S. 190]. N Elemente (N Buchstaben/Worte) werden zu einem N-Gramm aggregiert; so ist ein Wort-4-Gramm eine aus 4 Worten bestehende Wortsequenz. Damit ist die N-Gramm-Analyse eine Form der Clusterbildung in der Computerlexikographie [KL07, S. 271].

In erster Instanz findet die N-Gramm-Analyse in der Textkategorisierung Anwendung. Es wird postuliert, dass ähnliche Texte ähnliche N-Gramm-Häufigkeiten aufweisen, d.h. dass zwei Texte sich ähneln, wenn ähnliche Wortsequenzen häufig auftreten [CT94, S. 163]. Basierend auf diesem Postulat ist eine inhaltliche Zuordnung von Texten zu definierten Kategorien möglich. Hierfür wird vorab eine Liste von Kategorien erstellt, die durch Vektoren bestehend aus N-Grammen charakterisiert werden [RE07, S. 377].

⁸⁶ Ferner sei auf den Erfolgsfaktoren-Ansatz verwiesen. Erfolgsfaktoren sind branchen- und/oder produkt-spezifische Faktoren, die für eine Kaufentscheidung maßgeblich sind [GP14, S. 139]. GARVIN stellt bspw. acht Dimensionen zur Steigerung der Qualität/des Erfolgs eines Produktes für den Kunden heraus, u.a. zählen dazu *Verlässlichkeit*, *Ästhetik* und *Performance* eines Produktes [SSM14, S. 297], [Gar87, S. 101ff.]. Für die Ermittlung von Potentialen der Technologie ist stets die Frage zu beantworten, ob die Technologie in einem potentiellen Zielmarkt einen Erfolgsfaktor adressiert.

⁸⁷ Eine maschinelle Auswertung von Dokumenten bietet viele Vorteile gegenüber dem manuellen Sichten. So kann bspw. in der gleichen Zeit eine höhere Anzahl von Dokumenten analysiert werden. Für eine umfassende Diskussion der Vorteile sei auf [KEA+13, S. 432f.] verwiesen.

⁸⁸ Eine Übersicht über mögliche Publikationsarten, die je nach Zielsetzung für bibliometrische Analysen herangezogen werden können, liefert BRÜSEKE [Brü09, S. 106ff.].

⁸⁹ Eine medienbasierte Analyse von Dokumenten mittels der N-Gramm-Analyse hat in Validierungsprojekten zu guten Ergebnissen geführt.

Anschließend werden aus dem zu analysierenden Dokument N-Gramme einer vordefinierten Größe extrahiert und zu einem Vektor zusammengefasst. Für die Zuordnung eines Dokumentes zu einer Kategorie erfolgt eine Distanzberechnung zwischen dem Dokumenten-Vektor und den Kategorie-Vektoren. Zur Berechnung der Distanz kommen multivariate Methoden zum Einsatz, wie z.B. die Chi-Quadrat-Methode (χ^2) [RE07, S. 378].

Für die Systematik ist die sog. Clusterungsfunktion der N-Gramm-Analyse relevant. Mittels dieser Funktion können Dokumente hinsichtlich definierter N-Gramm-Längen untersucht werden; die N-Gramme werden nach der Häufigkeit ihres Vorkommens sortiert [KL07, S. 271]. Häufig vorkommende Wortsequenzen stellen wiederkehrende Muster dar; sie geben Hinweise auf Technologiepotentiale. Das Vorgehen gliedert sich in die drei Schritte *Dokumente auswählen und downloaden*, *Suche durchführen* und *Suchergebnisse analysieren* und wird im Folgenden erläutert.

Dokumente auswählen und downloaden

Für die Ermittlung von Technologiepotentialen haben sich Produktbeschreibungen/Success Stories bewährt. Produktbeschreibungen beschreiben Produkte, in denen die Technologie bereits eingesetzt wird; sie können über eine Suche im Internet oder in Datenbanken gesucht werden [Brü09, S. 111f.], [VB13, S. 296]. Im Validierungsbeispiel wurden ca. 250 Produktbeschreibungen/Success Stories als Datenbasis verwendet.

Suche durchführen

Für die Durchführung der Suche wurde die von ECHTERHOFF ET AL. individualisierte Version der Open Source Software KNIME⁹⁰ adaptiert. In Anlehnung an ECHTERHOFF ET AL. erfolgt zunächst die Erstellung einer Wortliste durch die Extraktion von Wörtern aus den Dokumenten. Mittels Text Mining Bausteinen wird eine Reduktion der Wörter vorgenommen. So werden bspw. Stoppwörter, Zahlen und Satzzeichen entfernt und die Wörter auf ihren Stamm reduziert⁹¹ [KEA+13, S. 429], [Ech14, S. 125].

Die Auswertung der Wortliste erfolgt mittels eines N-Gramm-Algorithmus. Hierfür wird zunächst die Länge des N-Gramms festgelegt. Zu beachten gilt, dass längere N-Gramme in einer geringen Häufigkeit auftreten. Es ist ferner empfehlenswert, für die Extraktion von Wortsequenzen 4-Wort-Gramme bestehend aus einem Subjekt, Verb, Adjektiv und Objekt zu wählen. Dadurch können Technologiepotentiale in der folgenden beispielhaften Konstellation extrahiert werden: „*accelerate product development optimize*“ oder „*freedom design optimize structure*“. Die KNIME-Software generiert eine Liste aller 4-Wort-Gramme, sortiert nach der Häufigkeit des Vorkommens. Es werden zwei Kennwerte ausgegeben: (1) die allgemeine Häufigkeit einer Wortsequenz im analysierten Textkorpus und (2) die Anzahl der Dokumente, in denen eine Wortsequenz vorkommt.

⁹⁰ KNIME (Konstanz Information Miner) ist ein modular aufgebautes IT-Werkzeug zum Data-Mining. Der Lehrstuhl für Bioinformatik und Information Mining der Universität Konstanz entwickelt seit 2004 dieses Werkzeug [KNI14a-ol], [BCD+10].

⁹¹ Eine Beschreibung der verwendeten Text Mining Bausteine liefert ECHTERHOFF in [Ech14, S. 125f.].

Suchergebnisse analysieren

Die Liste wird hinsichtlich Hinweisen auf Technologiepotentiale untersucht. Die Hinweise sind von unterschiedlicher Qualität: Während bestimmte Wortsequenzen direkt Potentiale darstellen, geben andere Impulse für die Ableitung von möglichen Potentialen. Eine mögliche und eingängige Darstellung zur Auswahl von Wortsequenzen ist in Bild A-2 visualisiert. Im dem Diagramm sind die Wortsequenzen nach der Anzahl der Dokumente und der Häufigkeit des Auftretens jeweils nach Rang abgebildet.

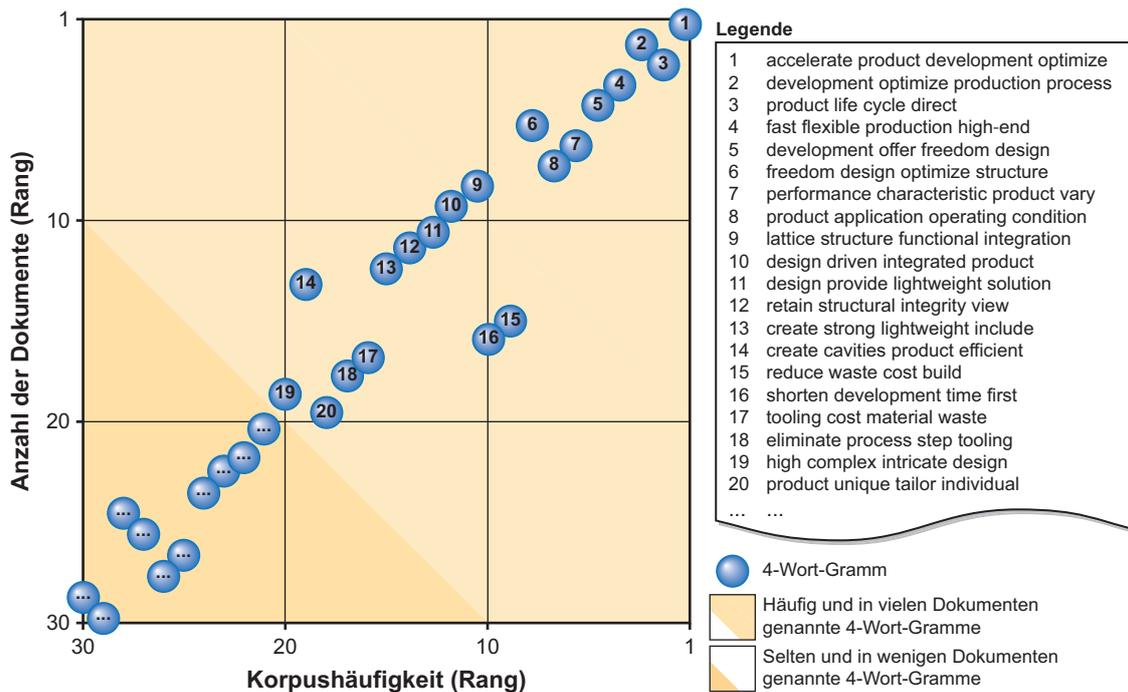
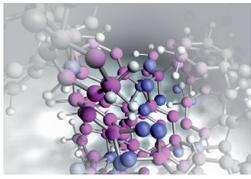
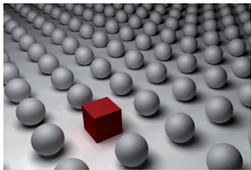


Bild A-2 Gegenüberstellung der Korpshäufigkeit und der Anzahl der Dokumente für das Vorkommen der Wortsequenzen (nach Vorselektion)

Im oberen rechten Quadranten sind die häufig und in vielen Dokumenten genannten Wortsequenzen lokalisiert. Gegebenenfalls sind die final ausgewählten Wortsequenzen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zusammenzufassen, da erfahrungsgemäß viele Wortsequenzen ähnlich sind, aber schlichtweg in verschiedenen Konstellationen vorkommen.

A1.2 Technologiepotentiale dokumentieren

| | |
|---|--|
| Morphologische Anpassung | |
|  | Unter der morphologischen Anpassung wird die Fähigkeit der Gitternetzstruktur verstanden, ihre Form bzw. Gestalt durch eine (beinahe) kontinuierliche Verstellung/Verformung zu verändern und diese an bestimmte Umgebungssituationen zu adaptieren. Durch diese Fähigkeit kann einem Bauteil bzw. einer Struktur die Eigenschaft eines biegsamen Körpers oder einer biegsamen Hülle verliehen werden. Der Begriff <i>Morphologie</i> ist in vielen Disziplinen vertreten, u.a. in der Biologie. Es handelt sich dabei um die Lehre von Struktur und Form [Dud14b-ol]. |
| Steuerbare Porosität | |
|  | In der Chemie wird unter der Porosität die relative Dichte eines Stoffes oder Stoffgemisches mit Hohlräumen im Vergleich zum massiven Stoff verstanden [Che14-ol]. Die Gitternetzstruktur kann als eine poröse oder kapillare Struktur ausgelegt werden. Dabei ist eine gradierte Porosität denkbar, d.h. die Gitternetzstruktur kann mit lokal unterschiedlichen „Porositäten“ gestaltet werden. Diese erfüllen je nach Funktion im Bauteil unterschiedliche Eigenschaften. |
| Funktionsintegration | |
|  | Funktionsintegration beschreibt in der Konstruktionslehre die Eigenschaft, mit einer geringen Anzahl von Bauteilen viele Funktionen zu realisieren. Durch eine erhöhte Funktionalität in einem einzigen Bauteil werden die Sicherheit erhöht, die Schnittstellen reduziert, Zeit und Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Produktes eingespart [Fes13-ol, S. 1]. Additive Manufacturing bietet die Möglichkeit, funktionsintegrierte und -fähige Bauteile herzustellen. Integrierte Komponenten sind bspw. Federn, Scharniergelenke oder pneumatische Aktoren [Eos14-ol]. |
| Miniaturisierung | |
|  | Miniaturisierung bezeichnet den Prozess der Verkleinerung von Bauteilen unter Beibehaltung der Funktionalität. Daraus resultiert eine hohe Dichte mechanischer/elektronischer Funktionsträger auf kleinem Bauraum [GG10, S. 15]. Durch Additive Manufacturing wird die Herstellung filigraner Bauteile, die eine große Oberfläche mit einem geringen Volumen vereinen, in einem bisher unbekanntem Ausmaß möglich. Miniaturisierte, leistungsfähige Mikrobauteile gewinnen in der Produktentwicklung vieler Domänen zunehmend an Bedeutung [GG10, S. 15ff.]. |
| Mass Customization | |
|  | Mass Customization vereint zwei sich widersprechende Ansätze: die effiziente Massenfertigung und die kundenspezifische Einzelfertigung. Additive Manufacturing eröffnet Potentiale für Mass Customization und damit die Möglichkeit, die Produktentwicklung an den Wünschen und Bedürfnissen einzelner Kunden auszurichten, unter gleichzeitiger Beibehaltung der Effizienz in der Fertigung. Trotz der hohen Individualisierung bleiben Produkte erschwinglich, deren Herstellung bleibt für das Unternehmen profitabel [Pil06, S. 154ff.]. |

Legende

- Technologiepotential resultiert durch Produkttechnologie
- Technologiepotential resultiert durch Produktionstechnologie

Bild A-3 *Katalog zur Dokumentation von Technologiepotentialen (Auszug), (Bildquellen siehe Bildverzeichnis)*

A2 Innovationsfelder für Technologienutzer suchen und analysieren

Ein Technologienutzer ist ein Unternehmen, das das Ziel verfolgt, die betrachtete Technologie für das eigene Geschäft zu adaptieren. Für einen Technologienutzer bildet i.d.R. eine Analyse der gegenwärtigen Geschäftsstruktur⁹² den Ausgangspunkt für die Suche nach Innovationsfeldern. Hierfür ist zunächst eine Geschäftsstrukturanalyse durchzuführen (vgl. z.B. [GP14, S. 117ff.], [Leh14, S. 98f.]). Ausgehend davon können anschließend Innovationsfelder ermittelt werden.

Zur strukturierten Darstellung der Geschäftsstruktur wird eine Marktleistung-Marktsegmente-Matrix verwendet. Die Zeilen beinhalten die Marktleistungen; die Spalten die Marktsegmente. Für die Marktleistung-Marktsegmente-Kombinationen sind für die in Bild 4-26 dargestellten Kriterien Daten zu erheben. Hierfür kann i.d.R. auf bestehende Unterlagen im Unternehmen zurückgegriffen werden. Im nächsten Schritt gilt es, Innovationsfelder für den Einsatz der Technologie zu ermitteln. Die Stoßrichtung für die Suche unterscheidet sich je nachdem, welche Ziele das Unternehmen verfolgt. In Anlehnung an ANSOFF werden im Rahmen der Systematik zwei Norm-Stoßrichtungen differenziert: *Produktentwicklung (Feld 2)* und/oder *Diversifikation (Feld 3)*, vgl. Bild A-4.

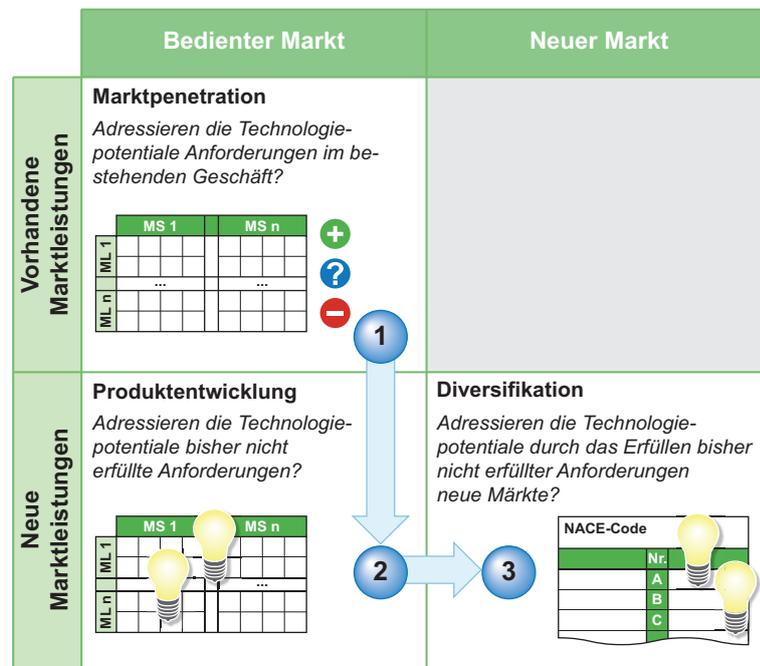
In Anlehnung an die Produkt-Markt-Matrix nach ANSOFF entspricht die *Produktentwicklung* dem Einsatz der Technologie in neuen/modifizierten Marktleistungen für bestehende Marktsegmente. Hierbei gilt es, den Anforderungserfüllungsgrad in bekannten Märkten zu erhöhen bzw. zukünftige Anforderungen mittels der Technologie zu erschließen, z.B. durch die Entwicklung neuer Produkteigenschaften, neuer Produktvarianten oder vollständig neuer Produkte [Ans57, S. 114], [Ans65, S. 109ff.], [GP14, S. 155f.].

Bei der *Diversifikation* handelt es sich um das Anbieten neuer Marktleistungen in neuen Marktsegmenten [Ans57, S. 114], [Ans65, S. 110], [GP14, S. 156]. Übertragen auf den technologie-induzierten Innovationsprozess wird bei der Diversifikation der Einsatz der Technologie in modifizierten/neuen Produkten in für das Unternehmen neuen Märkten⁹³ angestrebt. Für diese Aufgabe wird im Rahmen der Systematik analog das Vorgehen zur

⁹² Gegenstand der Geschäftsstrukturanalyse ist die Charakterisierung des gegenwärtigen Geschäfts eines Unternehmens; dabei gilt es, die Geschäftstätigkeit aufzugliedern und Schwerpunkte, sog. Hauptgeschäftsfelder, zu identifizieren. Als Werkzeug wird eine sogenannte Marktleistung-Marktsegmente-Matrix eingesetzt. Für eine detaillierte Diskussion der Geschäftsstrukturanalyse mittels der Marktleistung-Marktregionen-Matrix sei auf GAUSEMEIER/PASS verwiesen [GP14, S. 117ff.]. Weitere Ansätze zur Strukturierung des Geschäfts finden sich beispielsweise in [Por99], [Bac07].

⁹³ Diese Zielsetzung umfasst gleichzeitig die erst genannte Geschäftsoption *Produktentwicklung*. Ginge es schlicht darum, neue Märkte für eine vorhandene Marktleistung zu finden, so ist es eine Aufgabe, die keine Besonderheit in einer technologie-induzierten Planung darstellt. Daher sei an dieser Stelle auf bereits etablierte Methoden verwiesen, z.B. [Bri10, S. 97ff.], [Sto10, S. 83ff.], [Bra02, S. 57ff.].

Identifikation von Innovationsfeldern basierend auf Industrielisten eingesetzt, wie es bereits für den Technologieanbieter geschildert wurde (vgl. Abschnitt 4.3.1). Analog sind die Elemente der NACE-Klassifizierung auf die Konformität zur Unternehmensstrategie zu prüfen; analog ist das in Abschnitt 4.3.2 skizzierte Vorgehen zur Vorselektion und Bewertung durchzuführen. Ergebnis dieses Schrittes sind bewertete Innovationsfelder.



- 1 Ausgangspunkt: Analyse der gegenwärtigen Geschäftsstruktur, bspw. mittels einer adaptierten Marktleistung-Marktsegmente-Matrix
- 1 → 2 Ermittlung des Anforderungserfüllungsgrades, Evaluierung des Beitrags der Technologie zur Steigerung des Anforderungserfüllungsgrades, Ideengenerierung (neue/modifizierte Produkte)
- 2 → 3 Abgleich der Ideen (neue/modifizierte Produkte) mit Industrielisten zur Identifikation neuer Marktsegmente; Vorgehen analog zu einem Technologieanbieter (vgl. Phase 3 des Vorgehens)

Bild A-4 Stoßrichtungen für die Suche nach Innovationsfeldern für einen Technologienutzer

Aus der Sicht eines Anbieters ist zudem zu prüfen, ob eine technologiebasierte Diversifikation Synergie-Effekte zu den bereits im Unternehmen vorhandenen Technologien aufweist. Hierzu liefert bspw. KNOCHE einen umfassenden Ansatz [Kno05, S. 76ff.].

A3 SIAM-Theorie

SIAM (Search for Ideas in Associative Memory) ist eine kognitive Theorie der Ideengenerierung. Gemäß dieser von NIJSTAD/STROEBE entwickelten Theorie werden bei der Ideenproduktion zwei Phasen durchlaufen – die Wissensaktivierung und die Ideengenerierung. Dabei wird im ersten Schritt relevantes Wissen durch eine Zusammenstellung eines *Sondierungs-Cues* im Kurzzeitgedächtnis erstellt. *Sondierungs-Cues* werden als Hinweismerkmale von Reizkonstellationen verstanden; sie lenken die Suche nach adäquatem Wissen im Langzeitgedächtnis.

Das Langzeitgedächtnis umfasst verschiedene Elemente, die untereinander vernetzt sind. Semantisch verwandte Elemente bilden jeweils ein Objekt; Objekte werden als *Images* bezeichnet. Durch ein erstelltes *Sondierungs-Cues* wird im Langzeitgedächtnis ein *Image* aktiviert, welches einen Impuls für die Ideengenerierung liefert. Nach der SIAM-Theorie wird der beschriebene Prozess im Rahmen der Ideengenerierung im Gehirn eines jeden Einzelnen ausgelöst. Während dieses Prozesses sind Produktionsblockierungen zu vermeiden, die z.B. durch verbalen Austausch oder Wartezeiten entstehen [SN04, S. 4ff.].

Die Dauer der Wartezeiten ist für die Produktivität maßgeblich, da Wartezeiten die Länge eines Clusters verkürzen, vgl. Bild A-5. Dies begründet sich darin, dass bei einer langen Unterbrechung von Gedankengängen ein aktiviertes *Image* wieder deaktiviert wird. Es erfolgt eine Rückkehr ins Langzeitgedächtnis; der Suchprozess nach einem *Image* beginnt erneut. Das Individuum verliert den Faden, es werden weniger Ideen pro *Image* erzeugt [SN04, S. 6].

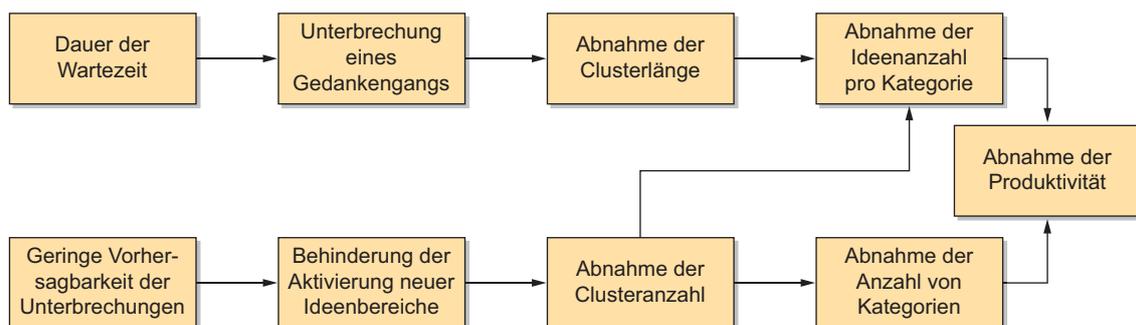


Bild A-5 Die Zwei-Phasen Hypothese der Produktionsblockierung nach der SIAM-Theorie [SN04, S. 7]

Grundsätzlich behindern Unterbrechungen die Aktivierung eines Images, da sie eine zusätzliche Belastung für das Kurzzeitgedächtnis darstellen. Denn während einer Unterbrechung, bspw. wenn ein anderes Individuum seine Ideen vorstellt, müssen die im Gedächtnis entstandenen Ideen wiederholt werden. Ansonsten würde sich das Image wieder verlieren. Durch den Vorgang des Zuhörens kann nur eine geringere Anzahl von Clustern

von semantisch miteinander verwandten Ideen erzeugt werden [SN04, S. 6]. Um Produktionsblockierung zu vermeiden, sind geeignete Kreativitätstechniken zu verwenden. So belegen bspw. Studien, dass durch einen schriftlichen Ideenaustausch mittels der Brainwriting-Methoden die Produktivität im Rahmen der Ideengenerierung gesteigert werden kann [SN04, S. 7].

A4 Gegenüberstellung Problem- und Lösungsraum

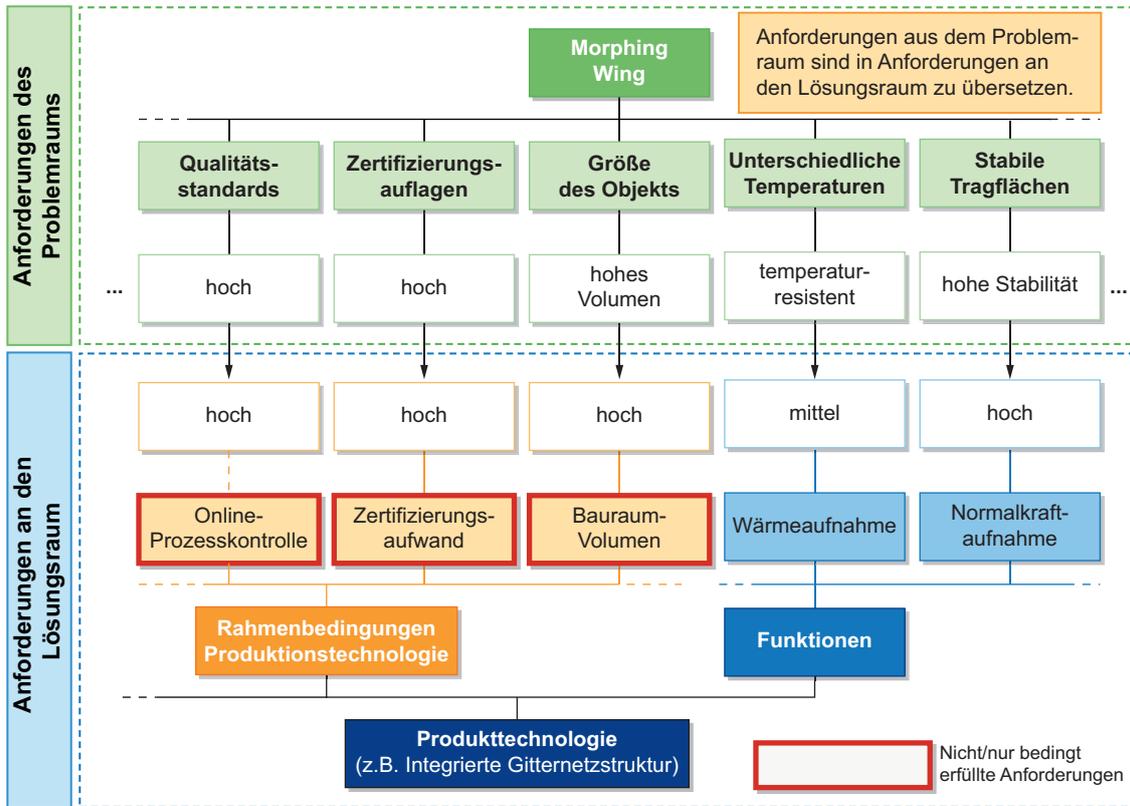


Bild A-6 Ableitung erforderlicher Weiterentwicklungen der Technologie durch Gegenüberstellung von Problem- und Lösungsraum

A5 Kriterien zur Bewertung von Technologieprofilen

Tabelle A-1 Kriterien und -maßstäbe für die Bewertung der Technologieprofile

| Strategische Relevanz | | | Bewertungsmaßstab | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Bewertungskriterien | Cross-Synergieeffekte | 1 | Das Profil adressiert wenige AI/ ein IF | Das Profil adressiert einige AI/ein IF | Das Profil adressiert zahlreiche AI/ zwei IF | Das Profil adressiert zahlreiche AI/ mehrere IF |
| | Beitrag zum langfristigen Kompetenzausbau | 2 | Das Profil leistet einen geringen Beitrag zum Kompetenzausbau | Das Profil leistet einen mittelmäßigen Beitrag zum Kompetenzausbau | Das Profil leistet einen hohen Beitrag zum Kompetenzausbau | Das Profil leistet einen außerordentlichen Beitrag zum Kompetenzausbau |
| | Bedeutung für Absicherung von Know-how | 3 | Generierung von IP ist nicht zu erwarten | Geringe Wahrscheinlichkeit zur Generierung von IP ist gegeben | Mittlere Wahrscheinlichkeit zur Generierung von IP ist gegeben | Hohe Wahrscheinlichkeit zur Generierung von IP ist gegeben |
| | Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb | 4 | Das Profil ist ein Standard/Substitut* | Das Profil ist eine Verbesserung/besser als ein Substitut | Das Profil ist eine Neuheit/kein adäquates Substitut vorhanden | Das Profil ist eine radikale Neuerung/kein adäquates Substitut vorhanden |
| *Substitutionstechnologie bzw. Konkurrenztechnologie AI: Anwendungsidee; IF: Innovationsfeld; IP: Intellectual Property | | | | | | |
| Relative Technologiekompetenz | | | Bewertungsmaßstab | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Bewertungskriterien | Verfügbarkeit von Ressourcen (Know-how, Kapital, Patente) | 1 | Das Unternehmen verfügt über keine Ressourcen | Das Unternehmen verfügt über geringe Ressourcen | Das Unternehmen verfügt über durchschnittliche Ressourcen | Das Unternehmen verfügt über herausragende Ressourcen |
| | Fähigkeit zur Umsetzung | 2 | Das Unternehmen scheitert häufig an der Umsetzung | Das Unternehmen ist langsam in der Umsetzung | Das Unternehmen ist stark in der Umsetzung | Das Unternehmen besitzt eine außerordentlich Agilität in der Umsetzung |
| | | | | | | |
| Weiterentwicklungsintensität | | | Bewertungsmaßstab | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Bewertungskriterien | FuE-Aufwendungen (Investitionen, Personal etc.) | 1 | Die FuE-Aufwendungen zur Erschließung des Profils sind hoch | Die FuE-Aufwendungen zur Erschließung des Profils sind durchschnittlich | Die FuE-Aufwendungen zur Erschließung des Profils sind hoch | Die FuE-Aufwendungen zur Erschließung des Profils sind außerordentlich |

A6 Einflussanalyse

Tabelle A-2 Einflüsse aus dem Lösungsraum

| Exemplarische Einflüsse aus dem Lösungsraum | | | |
|---|---|---|--|
| Nr. | Einflussfaktoren | Chancen | Risiken |
| 1. | Entwicklung der Technologieleistungsfähigkeit | <ul style="list-style-type: none"> • Es resultieren neue Gestaltungsmöglichkeiten durch die Technologieleistungsfähigkeit. • Ein Problem kann effektiver und effizienter gelöst werden. | <ul style="list-style-type: none"> • Die Technologie ist (noch) nicht ausgereift und fehleranfällig. • Eine prognostizierte Technologieleistungsfähigkeit kann nicht erreicht werden. • Die Realisierung geplanter Anwendungsideen ist (vorerst) nicht möglich. |
| 2. | Realisierung von Synergieeffekten/ Cross-Selling-Potential von Technologieprofilen | <ul style="list-style-type: none"> • Die Leistungsparameter eines Technologieprofils werden in zahlreichen Anwendungsideen verwendet. • Diese Synergieeffekte helfen, weitere Anwendungsideen schneller bzw. günstiger zu realisieren. | <ul style="list-style-type: none"> • Die Leistungsparameter eines Technologieprofils sind sehr spezifisch und können nur bedingt für andere Anwendungsideen genutzt werden. • (Offensichtliche) Synergieeffekte konnten nicht bestätigt werden. |
| 3. | Substitutionspotential/Differenzierungspotential | <ul style="list-style-type: none"> • Die Technologie/das Technologieprofil verfügt im Vergleich zu etablierten Technologien über Alleinstellungsmerkmale. • Die Technologie/das Technologieprofil kann (vorerst) nicht durch eine Konkurrenztechnologie ersetzt werden. | <ul style="list-style-type: none"> • Die Technologie/das Technologieprofil ist mit etablierten Technologien vergleichbar. • Die Technologie/das Technologieprofil kann durch eine Konkurrenztechnologie ersetzt werden. |
| 4. | Entwicklung von Material(-verfügbarkeit, -eigenschaften) | <ul style="list-style-type: none"> • Neue Materialien werden entwickelt. • Das Material besitzt neue bzw. verbesserte Eigenschaften im Vergleich zu etablierten Materialien. | <ul style="list-style-type: none"> • Es gelingt nicht, neue Materialien zu entwickeln. • Die Realisierung einer Anwendungsidee ist aufgrund von Materialversagen nicht möglich. • Es ist kein Material verfügbar, das die Anforderungen einer Anwendungsidee erfüllen kann. |
| 5. | Entwicklung der Wettbewerbsintensität | <ul style="list-style-type: none"> • Der Markt ist durch wenige bzw. durch schwache Konkurrenten geprägt. • Es ergeben sich Chancen, Marktanteile zu gewinnen. | <ul style="list-style-type: none"> • Es herrscht ein hoher Konkurrenzdruck (viele bzw. starke Konkurrenten). • Die Gewinnung von Marktanteilen ist äußerst schwierig. |

Tabelle A-3 Einflüsse aus dem Problemraum

| Einflüsse aus dem Problemraum | | | |
|-------------------------------|--|---|---|
| Nr. | Einflussfaktoren | Chancen | Risiken |
| 1. | Größe des Marktvolumens | <ul style="list-style-type: none"> Das große Marktvolumen der Zielanwendung bietet gute/herausragende Absatzmöglichkeiten für die Technologie/die Anwendungs idee. | <ul style="list-style-type: none"> Das geringe Marktvolumen der Zielanwendung bietet nur geringe Absatzmöglichkeiten für die Technologie/die Anwendungs idee. |
| 2. | Entwicklung des Marktwachstums | <ul style="list-style-type: none"> Der Markt der Zielanwendung wächst überdurchschnittlich. Es ergeben sich ggf. zukünftig Absatzmöglichkeiten. | <ul style="list-style-type: none"> Der Markt der Zielanwendung stagniert bzw. ist im Rückgang. Zukünftige Absatzrisiken sind hoch. |
| 3. | Entwicklung der Wettbewerbsintensität | <ul style="list-style-type: none"> Der Markt ist durch wenige bzw. durch schwache Konkurrenten geprägt. Es ergeben sich Chancen, Marktanteile zu gewinnen. | <ul style="list-style-type: none"> Es herrscht ein hoher Konkurrenzdruck (viele bzw. starke Konkurrenten). Die Gewinnung von Marktanteilen ist äußerst schwierig. |
| 4. | Substituierbarkeit/ Imitation der Produktidee | <ul style="list-style-type: none"> Die Anwendungs idee ist schwer zu imitieren/nicht substituierbar. Eine langfristige Sicherung von Marktanteilen ist möglich. | <ul style="list-style-type: none"> Die Anwendungs idee ist leicht imitierbar/substituierbar. Ein langfristiges Aufbauen und Halten von Marktanteilen ist äußerst schwierig. |
| 5. | Herausstellen des Kundennutzens | <ul style="list-style-type: none"> Der (zusätzliche) (Kunden-)Nutzen ist herausragend. Die Anwendungs idee verfügt über Alleinstellungsmerkmale. | <ul style="list-style-type: none"> Die Anwendungs idee besitzt keine Alleinstellungsmerkmale. Die Anwendungs idee liefert keinen (zusätzlichen) (Kunden-)Nutzen. |
| 6. | Handhabbarkeit | <ul style="list-style-type: none"> Die Anwendungs idee ist sehr benutzungsfreundlich. Die Akzeptanz beim Zielkunden ist als hoch einzustufen. | <ul style="list-style-type: none"> Die Anwendungs idee ist sehr komplex und nicht benutzungsfreundlich. Die Akzeptanz beim Zielkunden ist als gering einzustufen. |
| 7. | Qualität | Die hohe Qualität der Anwendungs idee erhöht den (Kunden-)Nutzen. | Die geringe Qualität der Anwendungs idee stellt eine Realisierung in Frage. |
| 8. | Preis | Das erwartete Preis-Leistungs-Verhältnis der Anwendungs idee ist als herausragend einzustufen. | Das erwartete Preis-Leistungs-Verhältnis der Anwendungs idee kann nicht erreicht werden. |
| 9. | Gesetzliche Markteintrittsbarrieren | Gesetzliche Regelungen erschweren den Eintritt für neue Konkurrenten in den Markt. | Gesetzliche Regelungen erschweren den Eintritt in den neuen Markt bzw. verringern die Absatzmöglichkeiten. |
| 10. | Patentrechtliche Markteintrittsbarrieren | Know-how-Absicherung schützt die Anwendungs ideen wirkungsvoll bzw. kann leicht implementiert werden. | Existierende Absicherungen (Patente) erschweren die Realisierbarkeit der Anwendungs idee bzw. den Marktzugang. |

Tabelle A-4 Einflüsse auf der Kompetenzen-Ebene

| Einflüsse aus der Kompetenzen-Ebene | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|
| Nr. | Einflussfaktoren | Chancen | Risiken |
| 1. | Verfügbarkeit von Know-how/Qualifikation | <ul style="list-style-type: none"> • Know-how bzw. die geforderte Qualifikation von Mitarbeitern sind im Unternehmen verfügbar. • Das aufzubauende Know-how bzw. die aufzubauende Qualifikation ist für zahlreiche (zukünftige) Anwendungsideen/Technologieprofile eine wichtige (zukünftige) Kompetenz, die übertragbar ist. | <ul style="list-style-type: none"> • Know-how bzw. die geforderte Qualifikation von Mitarbeitern sind im Unternehmen nicht verfügbar • Fehlendes Know-how/fehlende Qualifikation der Mitarbeiter erschweren/verhindern die Realisierung einer Anwendungsidee/eines Technologieprofils. |
| 2. | Verfügbarkeit finanzieller Ressourcen | <ul style="list-style-type: none"> • Finanzielle Ressourcen für die geplanten nächsten Schritte hinsichtlich Technologie-/Produktentwicklung sind im Unternehmen verfügbar. • Finanzielle Ressourcen sind über potentielle Forschungs- und/oder Entwicklungskooperationen zugänglich. | <ul style="list-style-type: none"> • Finanzielle Ressourcen sind nicht in einem ausreichenden Maß vorhanden. • Fehlende finanzielle Ressourcen gefährden die Realisierung einer Anwendungsidee/eines Technologieprofils. |
| 3. | Verfügbarkeit materieller Ressourcen | <ul style="list-style-type: none"> • Materielle Ressourcen für die geplanten nächsten Schritte hinsichtlich Technologie-/Produktentwicklung sind im Unternehmen verfügbar. • Materielle Ressourcen sind über potentielle Forschungs- und/oder Entwicklungskooperationen zugänglich. | <ul style="list-style-type: none"> • Materielle Ressourcen sind nicht in ausreichendem Maß vorhanden. • Fehlende materielle Ressourcen gefährden die Realisierung einer Anwendungsidee/eines Technologieprofils. |
| 4. | Verfügbarkeit von personellen Ressourcen | <ul style="list-style-type: none"> • Personelle Ressourcen für die geplanten nächsten Schritte hinsichtlich Technologie-/Produktentwicklung sind im Unternehmen verfügbar. • Personelle Ressourcen sind über potentielle Forschungs- und/oder Entwicklungskooperationen verfügbar. | <ul style="list-style-type: none"> • Personelle Ressourcen sind nicht in ausreichendem Maß vorhanden. • Fehlende personelle Ressourcen gefährden die Realisierung einer Anwendungsidee/eines Technologieprofils. |
| 5. | Potential für strategische Partnerschaften | <ul style="list-style-type: none"> • Bzgl. spezieller Kompetenzen existieren Möglichkeiten für strategische Partnerschaften. • Auf beiden Seiten kann eine Win-Win-Situation geschaffen werden. | Eine hohe Kooperationsbereitschaft bzgl. spezieller Kompetenzen ist nicht zu erwarten. |
| 6. | Zeitrisiko | <ul style="list-style-type: none"> • Die Realisierung der Produktidee vor der Konkurrenz ist möglich. • Die Chance für höhere Marktanteile steigt. | Es ist zu erwarten, dass ein Konkurrent die Anwendungsidee früher realisiert. |

Das Heinz Nixdorf Institut – Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein Forschungszentrum der Universität Paderborn. Es entstand 1987 aus der Initiative und mit Förderung von Heinz Nixdorf. Damit wollte er Ingenieurwissenschaften und Informatik zusammenführen, um wesentliche Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Dies schließt auch die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld ein.

Die Forschungsarbeit orientiert sich an dem Programm „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“. In der Lehre engagiert sich das Heinz Nixdorf Institut in Studiengängen der Informatik, der Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften.

Heute wirken am Heinz Nixdorf Institut acht Professoren mit insgesamt 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Etwa ein Viertel der Forschungsprojekte der Universität Paderborn entfallen auf das Heinz Nixdorf Institut und pro Jahr promovieren hier etwa 30 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

Heinz Nixdorf Institute – Interdisciplinary Research Centre for Computer Science and Technology

The Heinz Nixdorf Institute is a research centre within the University of Paderborn. It was founded in 1987 initiated and supported by Heinz Nixdorf. By doing so he wanted to create a symbiosis of computer science and engineering in order to provide critical impetus for new products and services. This includes interactions with the social environment.

Our research is aligned with the program “Dynamics, Mobility, Integration: Enroute to the technical systems of tomorrow.” In training and education the Heinz Nixdorf Institute is involved in many programs of study at the University of Paderborn. The superior goal in education and training is to communicate competencies that are critical in tomorrow’s economy.

Today eight Professors and 200 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. The Heinz Nixdorf Institute accounts for approximately a quarter of the research projects of the University of Paderborn and per year approximately 30 young researchers receive a doctorate.

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 321 MÜNCH, E.: Selbstoptimierung verteilter mechatronischer Systeme auf Basis paretooptimaler Systemkonfigurationen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 321, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-40-3
- Bd. 322 RENKEN, H.: Acceleration of Material Flow Simulations - Using Model Coarsening by Token Sampling and Online Error Estimation and Accumulation Controlling. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 322, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-41-0
- Bd. 323 KAGANOVA, E.: Robust solution to the CLSP and the DLSP with uncertain demand and online information base. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 323, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-42-7
- Bd. 324 LEHNER, M.: Verfahren zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 324, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-43-4
- Bd. 325 BRANDIS, R.: Systematik für die integrative Konzipierung der Montage auf Basis der Prinziplösung mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 325, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-44-1
- Bd. 326 KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 326, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-45-8
- Bd. 327 KAISER, L.: Rahmenwerk zur Modellierung einer plausiblen Systemstrukturen mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 327, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-46-5
- Bd. 328 KRÜGER, M.: Parametrische Modellordnungsreduktion für hierarchische selbstoptimierende Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 328, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-47-2
- Bd. 329 AMELUNXEN, H.: Fahrdynamikmodelle für Echtzeitsimulationen im komfortrelevanten Frequenzbereich. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 329, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-48-9
- Bd. 330 KEIL, R.; SELKE, H. (Hrsg.): 20 Jahre Lernen mit dem World Wide Web. Technik und Bildung im Dialog. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 330, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-49-6
- Bd. 331 HARTMANN, P.: Ein Beitrag zur Verhaltensantizipation und -regelung kognitiver mechatronischer Systeme bei langfristiger Planung und Ausführung. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 331, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-50-2
- Bd. 332 ECHTERHOFF, N.: Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 332, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-51-9
- Bd. 333 HASSAN, B.: A Design Framework for Developing a Reconfigurable Driving Simulator. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 333, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-52-6
- Bd. 334 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 20. und 21. November 2014, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-53-3
- Bd. 335 RIEKE, J.: Model Consistency Management for Systems Engineering. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 335, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-54-0

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 336 HAGENKÖTTER, S.: Adaptive prozess-integrierte Qualitätsüberwachung von Ultraschalldrahtbondprozessen. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 336, Paderborn, 2014 – ISBN 978-3-942647-55-7
- Bd. 337 PEITZ, C.: Systematik zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 337, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-56-4
- Bd. 338 WANG, R.: Integrated Planar Antenna Designs and Technologies for Millimeter-Wave Applications. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 338, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-57-1
- Bd. 339 MAO, Y.: 245 GHz Subharmonic Receivers For Gas Spectroscopy in SiGe BiCMOS Technology. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 339, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-58-8
- Bd. 340 DOROCIĄK, R.: Systematik zur frühzeitigen Absicherung der Sicherheit und Zuverlässigkeit fortschrittlicher mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 340, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-59-5
- Bd. 341 BAUER, F.: Planungswerkzeug zur wissensbasierten Produktionssystemkonzipierung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 341, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-60-1
- Bd. 342 GAUSEMEIER, J.; GRAFE, M.; MEYER AUF DER HEIDE, F. (Hrsg.): 12. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 342, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-61-8
- Bd. 343 GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; RAMMIG, F.; SCHÄFER, W.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): 10. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 343, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-62-5
- Bd. 344 BRÖKELMANN, J.: Systematik der virtuellen Inbetriebnahme von automatisierten Produktionssystemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 344, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-63-2
- Bd. 345 SHAREEF, Z.: Path Planning and Trajectory Optimization of Delta Parallel Robot. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 345, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-64-9
- Bd. 346 VASSHOLZ, M.: Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 346, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-65-6
- Bd. 347 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 11. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 29. und 30. Oktober 2015, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 347, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-66-3
- Bd. 348 HEINZEMANN, C.: Verification and Simulation of Self-Adaptive Mechatronic Systems. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 348, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-67-0
- Bd. 349 MARKWART, P.: Analytische Herleitung der Reihenfolgeregeln zur Entzerrung hochauslastender Auftragsmerkmale. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 349, Paderborn, 2015 – ISBN 978-3-942647-68-7
- Bd. 350 RÜBBELKE, R.: Systematik zur innovationsorientierten Kompetenzplanung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 350, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-69-4
- Bd. 351 BRENNER, C.: Szenariobasierte Synthese verteilter mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 351, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-70-0