

Potenzialbewertung und strategische Planung von Technologieprojekten in der Produktion

Andreas Hofer

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Engineering and Design der Technischen Universität München zur Erlangung eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Markus Zimmermann

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
2. Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke
3. Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh

Die Dissertation wurde am 28.03.2024 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die TUM School of Engineering and Design am 26.11.2024 angenommen.

Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist in Zeiten globaler Herausforderungen, wie der Klimakrise, des Mobilitätswandels und der Überalterung der Gesellschaft in westlichen Ländern, für eine nachhaltige Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung. Der Einfluss eines Industriebetriebs auf die Umwelt und die Gesellschaft hängt dabei entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potenziale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen. Dabei muss größtes Augenmerk darauf gelegt werden, möglichst ressourcenschonend, effizient und resilient zu werden, um flexibel im volatilen Produktionsumfeld zu agieren.

Um in dem Spannungsfeld Nachhaltigkeit, Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen des Personals sowie von Nachhaltigkeitsaspekten entwickelt. Die dabei eingesetzten rechnergestützten und Künstliche-Intelligenz-basierten Methoden und die notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades dürfen jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung ökologischer und sozialer Aspekte in alle Planungs- und Entwicklungsprozesse spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Die Steuerung und der Betrieb von Produktionssystemen, die Qualitätssicherung, die Verfügbarkeit und die Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb*-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des Institutes veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und den Anwendenden zu verbessern.

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München (TUM).

Mein besonderer Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit. Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke möchte ich mich für die Übernahme des Koreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit recht herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich herzlich bei allen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen, die meinen Weg am *iwb* begleitet und durch ihre fachliche wie persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Dabei gilt der Dank insbesondere den Kolleginnen und Kollegen aus der Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik.

Mein ausdrücklicher Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Michael Milde, der mich als langjähriger Wegbegleiter und nun Geschäftspartner stets unterstützt und durch seine Disziplin motiviert hat, auch wenn es manchmal schwer und anstrengend war.

Schließlich gilt mein besonderer Dank meinen Eltern Inge und Andreas Sen., die mich auf meinem Werdegang stets unterstützt und gefördert haben. Nicht zuletzt danke ich meiner Partnerin Verena, die mich all die Jahre ermuntert und motiviert hat, die mir den nötigen Freiraum gegeben hat und mir durch ihre Unterstützung den Rücken freigehalten und so wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort der Herausgeber	4
Vorwort.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Innovation in der Produktion – ein Blick in die Historie.....	1
1.2 Ausgangssituation und Motivation.....	2
1.3 Untersuchungsrahmen.....	5
1.3.1 Grundlagen und Begriffsdefinitionen	5
1.3.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereiches.....	15
1.4 Zielsetzung der Arbeit.....	18
1.5 Wissenschaftliches Vorgehen und Aufbau der Arbeit.....	20
1.5.1 Wissenschaftstheoretische Einordnung.....	20
1.5.2 Forschungsfragen.....	21
1.5.3 Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit	22
2 Stand der Wissenschaft.....	25
2.1 Technologiestrategie als Grundlage der Technologieplanung.....	25
2.2 Bewertung von Technologien.....	29
2.3 Ansätze zur strategischen Planung von Technologien	33
2.4 Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials	36
2.5 Ableitung des Handlungsbedarfs und Konkretisierung der Zielsetzung	43
3 Anforderungen.....	47

3.1	Allgemeine Anforderungen	47
3.2	Praktische Anforderungen.....	48
3.3	Inhaltliche Anforderungen.....	49
4	Konzept.....	51
4.1	Rahmen der Methodik	51
4.2	Überblick über die Methodik	52
4.3	Einordnung in den Stand der Technik.....	56
5	Bewertung von Technologiepotenzialen	57
5.1	Grundstruktur für die Bewertung des Technologiepotenzials	57
5.2	Identifikation relevanter Bewertungskategorien und -kriterien.....	61
5.3	Bewertung des technischen Potenzials	66
5.4	Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials.....	83
5.5	Bewertung des strategischen Potenzials	93
5.6	Aggregation des Technologiepotenzials.....	102
5.7	Realisierung von Technologiepotenzialen.....	103
6	Potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement.....	105
6.1	Baustein 1: Bedarfsanalyse	107
6.1.1	Technologischer Status quo und Trends	107
6.1.2	Bedarfsidentifikation	113
6.1.3	Priorisierte Bedarfscluster und Ableitung von Technologieprojekten.....	116
6.2	Baustein 2: Bewertung des Technologiepotenzials.....	120
6.3	Baustein 3: potenzialbasierte Technologieplanung	121
6.3.1	Entscheidungsfindung und Technologie-Controlling.....	121
6.3.2	Strategieintegration und strategischer Zielzustand	123
6.3.3	Planung der Technologieprojekte	124
7	Anwendung und Evaluation der Methodik.....	129
7.1	Anwendung im industriellen Kontext	129

7.1.1	Beschreibung der industriellen Anwendungsfälle	129
7.1.2	Beschreibung der Durchführung und Anwendung.....	130
7.2	Evaluation der Methodik	142
7.2.1	Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses	142
7.2.2	Bewertung hinsichtlich der Anforderungen an das Vorgehen.....	144
7.2.3	Fazit und Reflexion	145
8	Zusammenfassung und Ausblick	147
Anhang.....		151
A.	Übersicht aller betreuten Studienarbeiten im Themengebiet	151
B.	Technologieparameter je Technologieklasse	153
C.	Betrachtete Potenzialstudien	157
D.	Schlagwortkombinationen bei der Google-Recherche zu Potenzialstudien	160
E.	Leitfaden zur Identifikation ergänzender technischer Parameter	161
F.	Exemplarische Zahlungsströme zur Modellierung des Business-Cases	162
G.	Leitfaden zur Skalierungsidentifikation.....	164
H.	Leitfaden zur Identifikation strategischer Technologieparameter	165
I.	Vereinfachter Technologiesteckbrief.....	166
J.	Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends.....	167
K.	Trendsteckbrief.....	170
L.	Vorlage zur Bedarfsdokumentation.....	171
M.	Trend-Mind-Map für den Anwendungsfall (Ausschnitt)	172
N.	Roadmap für strategische Technologieprojekte im Anwendungsfall	173
Literaturverzeichnis		175

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1	Einflussfaktoren auf ein produzierendes Unternehmen in Anlehnung an SCHINDLER (2015), WESTKÄMPER (2009) und WIENDAHL ET AL. (2007)	3
Abbildung 1-2	Systemansatz zur Definition des Technologiebegriffs in Anlehnung an BULLINGER (1994) und QIAN (2002)	6
Abbildung 1-3	Klassifikation von Technologien	6
Abbildung 1-4	Technologielebenszyklus auf Basis von Reife und Potenzial mit Indikatoren (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986, GREITEMANN 2016, SERVATIUS 1984, REINHART & SCHINDLER 2010, TIEFEL 2007, HÖFT 1992)	9
Abbildung 1-5	Dimensionen und Ausprägungen unterschiedlicher Definitions- und Differenzierungsansätze zum Begriff des Technologiemanagements	11
Abbildung 1-6	Übersicht über das Technologiemanagement nach SCHUH ET AL. (2011B)	13
Abbildung 1-7	Betrachtungsbereiche unterschiedlicher Definitionsansätze für das Technologiepotenzial	14
Abbildung 1-8	Wissenschaftstheoretische Einordnung in Anlehnung an ULRICH & HILL (1976A)	21
Abbildung 1-9	Aufbau der Arbeit	24
Abbildung 2-1	Dimensionen der Technologiestrategie	27
Abbildung 2-2	Klassifikation der Technologiebewertung anhand des Betrachtungszeitraumes	31
Abbildung 2-3	Mögliche Klassifikationen für Ansätze zur Technologiebewertung	31
Abbildung 2-4	Klassifikation von Bewertungsmethoden in der Technologiebewertung (angelehnt an VDI 3780)	32

Abbildung 2-5	Klassifikation der Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials	36
Abbildung 2-6	Bewertung der Ansätze zur strategischen Technologieplanung	44
Abbildung 2-7	Bewertung der Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials	45
Abbildung 3-1	Anforderungen an die Methodik	50
Abbildung 4-1	Übersicht über die Methodik	53
Abbildung 4-2	Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des ersten Bausteins	53
Abbildung 4-3	Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des zweiten Bausteins	55
Abbildung 4-4	Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des dritten Bausteins	55
Abbildung 4-5	Einordnung der Methodik in den Stand der Technik	56
Abbildung 5-1	Struktur zur Bewertung von Technologiepotenzialen	58
Abbildung 5-2	Schematische Abbildung der Potenzialkette	59
Abbildung 5-3	Schematische Darstellung von Lock-in- und Lock-out-Effekten	61
Abbildung 5-4	Ausprägung der Technologiepotenzialbewertung in ausgewählten wissenschaftlichen Ansätzen	62
Abbildung 5-5	Auswertung der Potenzialstudien	65
Abbildung 5-6	Ablauf der Bewertung des technischen Potenzials	68
Abbildung 5-7	Technische Parameter für das Urformen	69
Abbildung 5-8	Schematische Darstellung der Einflussmatrix und des Einflussportfolios	72
Abbildung 5-9	Schematische Darstellung der Einflussmatrix von Parametern auf Anforderungen	73
Abbildung 5-10	Schematische Darstellung der Nutzenbewertung von Anforderungen	75

Abbildung 5-11	Schematische Darstellung der Nutzenbewertung auf Parameterebene	76
Abbildung 5-12	Definition von Potenzialkorridoren	79
Abbildung 5-13	Szenariobasierte Bewertung des technischen Potenzials auf Parameterebene	80
Abbildung 5-14	Delphi-Vorgehen zur Prognose technischer Leistungsparameter	82
Abbildung 5-15	Vorgehen der quantitativen Transformation anhand der Potenzialkorridore	82
Abbildung 5-16	Berechnung des technischen Gesamtpotenzials	83
Abbildung 5-17	Ablauf der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials	86
Abbildung 5-18	Klassifikation von Investitionen anhand des Investitionsanlasses	88
Abbildung 5-19	Strukturierung der Strategieebenen in einem Unternehmen	94
Abbildung 5-20	Ablauf der Bewertung des strategischen Potenzials	95
Abbildung 5-21	Einordnungshilfe zur Bewertung der Strategiekonformität	98
Abbildung 5-22	Einordnungshilfe zur Bewertung der strategischen Hebelwirkung	99
Abbildung 5-23	Bestimmung der Strategiekonformität	100
Abbildung 5-24	Bewertung des strategischen Potenzials	101
Abbildung 5-25	Kennzahlenbaum zur Strukturierung des Technologiepotenzials	102
Abbildung 5-26	Dimensionen der Technologieentwicklung	104
Abbildung 6-1	Struktureller Aufbau des Innovation-Boards	106
Abbildung 6-2	Angepasstes Tech-Radar mit Technologiesteckbrief	109
Abbildung 6-3	Bewegungsmuster im Tech-Radar	110
Abbildung 6-4	Quellen zur Identifikation technologischer Trends	111
Abbildung 6-5	Beispiel einer Trend-Mind-Map	112

Abbildung 6-6	Auslöser von Pull-Bedarfen	114
Abbildung 6-7	Bewertungsschema für die Grobbewertung technologischer Bedarfe	115
Abbildung 6-8	Schematische Abbildung einer Bedarfskarte	116
Abbildung 6-9	Kategorien zur Gruppierung technologischer Bedarfe	117
Abbildung 6-10	Vorgehen und schematisches Ergebnis der Bedarfspriorisierung	118
Abbildung 6-11	Prozessübersicht zur Technologieidentifikation	120
Abbildung 6-12	Aufgaben im Rahmen eines Turnus für ein Innovation-Board-Treffen	122
Abbildung 6-13	Visualisierung des technologischen Zielzustands sowie der nötigen technologischen Veränderungen im Tech-Radar	124
Abbildung 6-14	Schritte und Inhalte der Grobplanung für Technologieprojekte	125
Abbildung 6-15	Schematisches Ressourceneinsatzprofil am Beispiel von Arbeitsstunden pro Monat	127
Abbildung 6-16	Schematische Kostenkurve für ein Technologieprojekt	127
Abbildung 6-17	Schematische Darstellung der Technologie-Roadmap	128
Abbildung 7-1	Ausschnitt betrachteter Technologieketten	131
Abbildung 7-2	Ausschnitt des Tech-Radars im Anwendungsfall	132
Abbildung 7-3	Auszug aus der Bedarfskarte des Anwendungsfalles	134
Abbildung 7-4	Einflussmatrizen von Parameter auf Parameter (links) und von Parameter auf Anforderung (rechts)	136
Abbildung 7-5	Berechnung des technischen Potenzials am Beispiel der Nasspulverbeschichtung	137
Abbildung 7-6	Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials für Beschichtungstechnologien	138
Abbildung 7-7	Bewertung des strategischen Potenzials für die Nasspulverbeschichtung	140

Abbildung 7-8	Aggregiertes Technologiepotenzial für Beschichtungstechnologien	140
Abbildung 7-9	Ziel-Tech-Radar im Anwendungsfall	141
Abbildung 7-10	Übersicht über die Anforderungserfüllung	145
Abbildung A-1	Allgemeine Technologieparameter	153
Abbildung A-2	Technologieparameter für urformente Technologien	153
Abbildung A-3	Technologieparameter für umformende Technologien	154
Abbildung A-4	Technologieparameter für trennende Technologien	154
Abbildung A-5	Technologieparameter für fügende Technologien	155
Abbildung A-6	Technologieparameter für beschichtende Technologien	155
Abbildung A-7	Technologieparameter für Stoffeigenschaften ändernde Technologien	156
Abbildung A-8	Technologieparameter für Montagetechnologien	156
Abbildung A-9	Einordnung der betrachteten Potenzialstudien	157
Abbildung A-10	Auflistung der betrachteten Potenzialstudien Teil 1	158
Abbildung A-11	Auflistung der betrachteten Potenzialstudien Teil 2	159
Abbildung A-12	Schlagwortkombinationen bei der Google-Recherche zu Potenzialstudien	160
Abbildung A-13	Leitfaden zur Identifikation ergänzender technischer Parameter	161
Abbildung A-14	Aufstellung exemplarischer Ein- und Auszahlungsströme zur Modellierung des Business-Cases	162
Abbildung A-15	Exemplarische Strukturvorlage zum Aufbau eines Business-Cases	163
Abbildung A-16	Leitfaden zur Identifikation von Skalierungsmöglichkeiten eines Pilot-Cases	164
Abbildung A-17	Leitfaden zur Identifikation ergänzender strategischer Parameter	165

Abbildung A-18	Vorlage für einen vereinfachten Technologiesteckbrief	166
Abbildung A-19	Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 1 von 3	167
Abbildung A-20	Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 2 von 3	168
Abbildung A-21	Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 3 von 3	169
Abbildung A-22	Vorlage für einen Trendsteckbrief	170
Abbildung A-23	Vorlage zur Bedarfsdokumentation	171
Abbildung A-24	Trend-Mind-Map für den Anwendungsfall (Ausschnitt)	172
Abbildung A-25	Roadmap für strategische Technologieprojekte für den betrachteten Anwendungsfall	173

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CPS	Cyber-Physische-Systeme
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
DRM	Design Research Methodology
et al.	et alii
etc.	et cetera
FDM	Fused deposition modeling
FF	Forschungsfrage
f.	folgend
ff.	fortfolgende
ggf.	gegebenenfalls
GN	Gesamt-Nutzen
HDI	High Density Interconnect
IC	Intelligent Chips
IT	Informationstechnologie
<i>iwb</i>	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
LLM	Large-Language-Modelle
OEM	Original Equipment Manufacturer
PCB	Printed Circuit Board
PCBA	Printed Circuit Board Assembly
PF	Potenzialfaktor
PT	Personentage
RF	Restriktionsfaktor
ROI	Return on Investment
S.	Seite
SES	Solid electrolyte slurry
SiP	System in Package

sog.	sogenannte
TUM	Technische Universität München
TZ	Teilziel
u. a.	unter anderem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

„The biggest risk is not taking any risk. In a world that is changing really quickly, the only strategy that is guaranteed to fail is not taking risks.“

(Mark Zuckerberg)

Dieses Zitat von Mark Zuckerberg veranschaulicht die Notwendigkeit und die Allgegenwärtigkeit von Risiko in der Geschäftswelt. Um dem Risiko und der Unsicherheit zu begegnen, ist eine langfristige und vorausschauende Planung essenziell. Besonders in einem innovativen, technologiegetriebenen Umfeld ist es eine Notwendigkeit, vorbereitet zu sein, um schnell, nachhaltig und zielgerichtet auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können. Insbesondere produzierende Unternehmen sehen sich zahlreichen äußeren sowie inneren Einflüssen ausgesetzt, welche den unternehmerischen Gestaltungsspielraum eingrenzen (WIENDAHL ET AL. 2007). Die Vorbereitung und die Planung der technologischen Ausrichtung eines Unternehmens auf strategischer sowie auf operativer Ebene stellen demnach einen zentralen Bestandteil des Unternehmertums und der nachhaltigen Sicherung des Unternehmenserfolgs dar. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird dieser grundlegende unternehmerische Gedanke aufgegriffen und als Grundsatz für die zu entwickelnde Lösung herangezogen.

1.1 Innovation in der Produktion – ein Blick in die Historie

Das produzierende Gewerbe stellt seit jeher die zentrale Triebkraft für wirtschaftlichen Erfolg und Wohlstand in Deutschland dar (ABELE & REINHART 2011, S. 6). Insbesondere die Automobilbranche sowie der Maschinen- und Anlagenbau tragen traditionell in führender Rolle zum technologischen Fortschritt bei (ABELE & REINHART 2011, S. 7). Die Historie zeigt jedoch auch, dass technologischer Fortschritt nicht in Form eines linearen Prozesses auftritt, sondern durch inkrementelle sowie sprunghafte (auch: disruptive) Innovationszyklen voranschreitet (SCHUMPETER 2013, S. 100 f., CHRISTENSEN 2008, VAHS & BREM 2015, S. 23). So durchlief auch die industrielle Produktion seit dem 18. Jahrhundert mehrere Zyklen, welche jeweils durch signifikante technologische oder organisatorische Veränderungen charakterisiert waren (vgl. BAUERNHANSL 2014, REINHART & ZÜHLKE 2017). Die erste industrielle Revolution beschreibt in diesem Zusammenhang die Mechanisierung

der Produktion, welche im Kern auf der Erfindung der Dampfmaschine basiert (ALLEN 2009). Im weiteren Verlauf konnten durch die Nutzung elektrischer Energie zum Betrieb von Maschinen zusätzliche signifikante Produktivitätssteigerungen erzielt werden, welche die Massenfertigung ermöglichten. Mit dem Prinzip der Arbeitsteilung wurde Anfang des 20. Jahrhunderts durch den Taylorismus der Grundstein für die zweite industrielle Revolution gelegt (vgl. BAUERNHANSL 2014, REINHART & ZÜHLKE 2017). Dabei erfolgten eine strikte Trennung von Hand- und Kopfarbeit sowie eine feingranulare Aufteilung und Planung von Arbeitsinhalten. Ein bekannter Vorreiter jener Zeit war Henry Ford, welcher durch den konsequenten Einsatz der Arbeitsteilung neue Produktivitätsstandards bei der Produktion von Model T von Ford etablieren konnte. Eine fortschreitende Mechanisierung und Automatisierung der Industrie legten im Folgenden den Grundstein für weitere Evolutionsschritte der Industrie. Durch den zunehmenden Einsatz von Elektronik und Informationstechnologie (IT) kam es ab Mitte des 20. Jahrhunderts zu einer Rationalisierung und gleichzeitig zu einer Flexibilisierung der Produktion. Nach der Mechanisierung und der Automatisierung folgte nunmehr die Industrialisierung von Informationen und Kommunikation (SPUR & EBER 2013). Diese dritte industrielle Revolution leitete zudem ein digitales Zeitalter in der Produktion ein, welches die Grundlage für die nun laufende, vierte industrielle Revolution darstellt. Die sogenannte Industrie 4.0 umfasst insbesondere die Vernetzung von Produktionsmitteln in Echtzeit sowie eine tiefgreifende Integration von IT und Mechanik in Cyber-Physischen-Systemen (CPS) (BAUERNHANSL 2014, REINHART & ZÜHLKE 2017).

So zeigt der Verlauf der produktionstechnischen Geschichte eindrücklich die großen Innovationszyklen mit ihren jeweils charakteristischen Technologien. Jede industrielle Revolution basierte auf grundlegenden technologischen Treibern, welche durch den Unternehmer¹ verstanden, akzeptiert und adaptiert werden mussten, um das Fortbestehen des Unternehmens zu sichern. Eine zentrale Herausforderung stellen dabei Identifikation, Bewertung, Entwicklung und Implementierung innovativer Technologien dar (vgl. KLAPPERT ET AL. 2011a, SCHUH ET AL. 2011b).

1.2 Ausgangssituation und Motivation

Eine immer stärkere Globalisierung der Märkte, welche durch komplexe Handelsbeziehungen miteinander verknüpft sind, führt zu weltweitem Konkurrenzdruck für produzierende Unternehmen (BULLINGER 2009). Die Wettbewerbsfähigkeit eines

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Formulierungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter und sollen in keiner Form eine Diskriminierung darstellen.

Unternehmens wird in diesem Umfeld grundlegend durch die Fähigkeit bestimmt, mit den komplexen und dynamischen Rahmenbedingungen umzugehen (vgl. PORTER 1999, LICHTENTHALER 2008, TSCHIRKY 1998, MILBERG 2005, WELLENSIEK ET AL. 2011, KLOCKE 2009). Dabei unterliegen die Unternehmen zahlreichen äußeren sowie inneren Einflussfaktoren, bspw. politischen oder konjunkturellen Bedingungen, neuen Produkten und Technologien oder dem jeweiligen Gehaltsniveau und dem Know-how der Angestellten (WIENDAHL ET AL. 2007). Abbildung 1-1 zeigt eine Übersicht über mögliche Einflussfaktoren auf ein produzierendes Unternehmen.

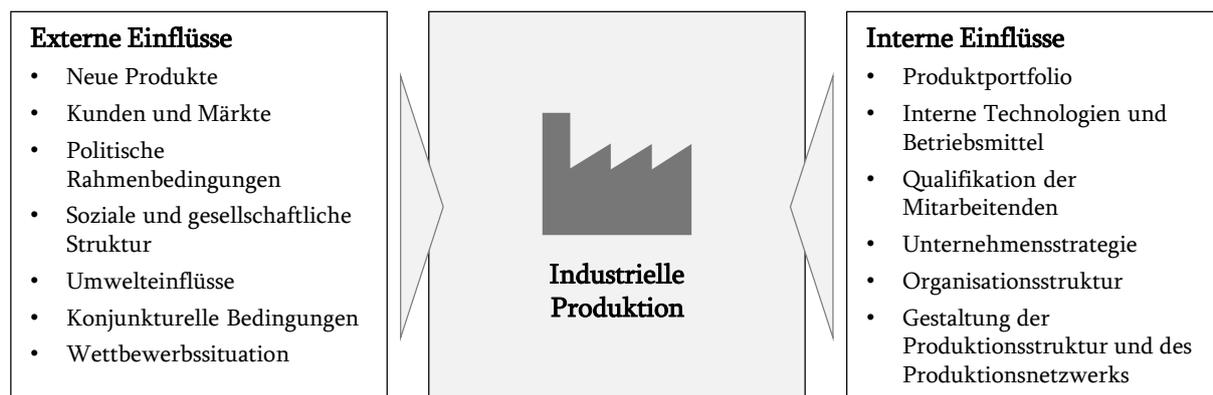


Abbildung 1-1: Einflussfaktoren auf ein produzierendes Unternehmen in Anlehnung an SCHINDLER (2015), WESTKÄMPER (2009) und WIENDAHL ET AL. (2007)

Die Produktion und insbesondere Produktionstechnologien stellen in diesem Zusammenhang einen maßgeblichen Wettbewerbsfaktor dar (KLAPPERT ET AL. 2011a) und bilden die Grundlage für ein nachhaltiges Unternehmenswachstum (CETINDAMAR ET AL. 2009, GREITEMANN 2016). Das strategische Management der Produktion sowie der untergeordneten Technologien zielt daher auf die Schaffung langfristiger Voraussetzungen für den Aufbau bzw. den Erhalt von Erfolgspotenzialen für eine wettbewerbsfähige Produktion ab (HÄRDLER ET AL. 2016). Bedeutende Einflussfaktoren auf Technologien sowie auf Produkte stellen die Innovationszyklen dar (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986). Dementsprechend ergibt sich für produzierende Unternehmen die Notwendigkeit, ständig zu überprüfen, ob die eingesetzten Produktionstechnologien (im Folgenden Technologien genannt) den zukünftigen Anforderungen entsprechen, aber auch, ob alternative Verfahren zur Leistungserstellung existieren, die die Anforderungen besser erfüllen können (KLOCKE 2009, SCHUH ET AL. 2011f, MILBERG 2005). Der Prozess des ständigen Hinterfragens, Bewertens und Entscheidens wird durch das strategische Technologiemanagement erfasst, welches die Verbindung zwischen der Produktion mit den dort eingesetzten Technologien und der übergreifenden Unternehmensstrategie herstellt (KLAPPERT ET AL. 2011a). Ein Kernbestandteil des strategischen

Technologiemanagements ist die Technologiebewertung, welche als methodische Grundlage für technologische Entscheidungen herangezogen wird (HAAG ET AL. 2011, S. 309 ff.).

Typische Fragestellungen, die sich in diesem Zusammenhang aus Expertengesprächen und unterschiedlichen Industrieprojekten ergeben haben, sind die folgenden:

- Sind die aktuell in der Produktion eingesetzten Technologien wettbewerbsfähig und wie entwickelt sich deren Wettbewerbsfähigkeit?
- Gibt es Alternativtechnologien, die die Produktion effizienter gestalten oder neue Produkteigenschaften ermöglichen können?
- Wann sollte der Wechsel auf eine neue Technologie erfolgen, sodass einerseits Wettbewerbsvorteile generiert und andererseits Risiken durch Produktionsstörungen vermieden werden können?
- Wie können Technologieprojekte auf Grundlage begrenzter Ressourcen optimal priorisiert und geplant werden?
- Welche Alternativtechnologie weist das größte Potenzial auf?

Anhand qualitativer, stark abstrahierter Modelle wie des S-Kurven-Modells nach FOSTER (1986) kann die idealtypische Entwicklung von Technologien bereits beschrieben werden. Um konkrete Strategie- und Investitionsentscheidungen treffen zu können, werden jedoch häufig konkretere Ansätze zur Bewertung von Technologien und deren zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten benötigt. Die Komplexität, welche einer umfassenden Technologiebewertung zugrunde liegt, wird bereits durch diese typischen Fragestellungen ersichtlich. Die Technologiebewertung muss unterschiedliche Betrachtungsperspektiven vereinen (z. B. technische, wirtschaftliche und strategische Faktoren) und dabei die Unsicherheiten sowie die Risiken prognostischer Methoden berücksichtigen. Zudem erfolgt eine zeitliche Differenzierung zwischen der Betrachtung des Status quo in Form des Reifegrades einer Technologie und der prognostischen Betrachtung in Form des Technologiepotenzials (vgl. HOFER ET AL. 2019).

Um in einem derart komplexen Entscheidungsraum fundierte Entscheidungen über die zukunftsorientierte Ausrichtung der technologischen Basis eines Unternehmens treffen zu können, ist ein ganzheitliches, systematisches Vorgehen für die strukturierte Bewertung und Auswahl potenzialträchtiger Technologien notwendig (vgl. HOFER ET AL. 2020b).

1.3 Untersuchungsrahmen

In den nachfolgenden Abschnitten werden zunächst die thematischen Grundlagen beschrieben sowie zentrale Begriffe definiert. Im Anschluss findet eine Eingrenzung des Betrachtungsbereiches der vorliegenden Arbeit statt.

1.3.1 Grundlagen und Begriffsdefinitionen

Allgemeines

Im Rahmen des Technologiemanagements und der Technologiebewertung existieren zahlreiche Begriffe, die in der Literatur sowie in der industriellen Praxis heterogen verwendet werden. Zudem existieren insbesondere im Kontext der Technologiebewertung unterschiedliche Betrachtungsperspektiven und Detailgrade, die für eine präzise wissenschaftliche Betrachtung differenziert werden müssen (HOFER ET AL. 2019, SCHUH ET AL. 2011a). Um ein einheitliches Verständnis der Thematik sicherstellen zu können, ist eine klare Definition zentraler Begrifflichkeiten nötig. Diese erfolgt in den anschließenden Absätzen.

Technologie

In der wissenschaftlichen Literatur werden der Begriff Technologie sowie der verwandte Begriff der Technik nicht einheitlich definiert. Angelehnt an BULLINGER (1994a, S. 33-34), WOLFRUM (1991), PERILLIEUX (1987) und ZAHN (1995) wird eine Technologie als das Wissen um naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge verstanden, sofern dieses bei der Lösung technischer Probleme zum Einsatz kommen kann. Es findet also eine logische Trennung der Wissensbasis vom Prozess der Problemlösung und der schlussendlichen technischen Lösung statt. Eine Technologie entspricht demnach primär dem Wissen über die Anwendung und wird mithilfe der Technik in eine physische Lösung überführt (BULLINGER 1994a). Im Gegensatz zu BULLINGER (1994a) definieren BINDER & KANTOWSKY (1996) ein integratives Begriffssystem, das den Begriff Technik als Subsystem einer Technologie versteht:

„Technologie beinhaltet Wissen, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Lösung technischer Probleme sowie die Anlagen, Einrichtungen und Verfahren, die dazu dienen, naturwissenschaftliche Erkenntnisse praktisch umzusetzen.“ (BINDER & KANTOWSKY 1996)

Dieses integrative Begriffsverständnis schließt neben technologischem Wissen auch Fertigungs- und Montagemittel für Fertigungsverfahren nach DIN 8580 ein. Abbildung 1-2

verdeutlicht den Systemansatz nach BULLINGER (1994a) und veranschaulicht die Abgrenzung des Begriffsverständnisses ausgewählter Autoren².

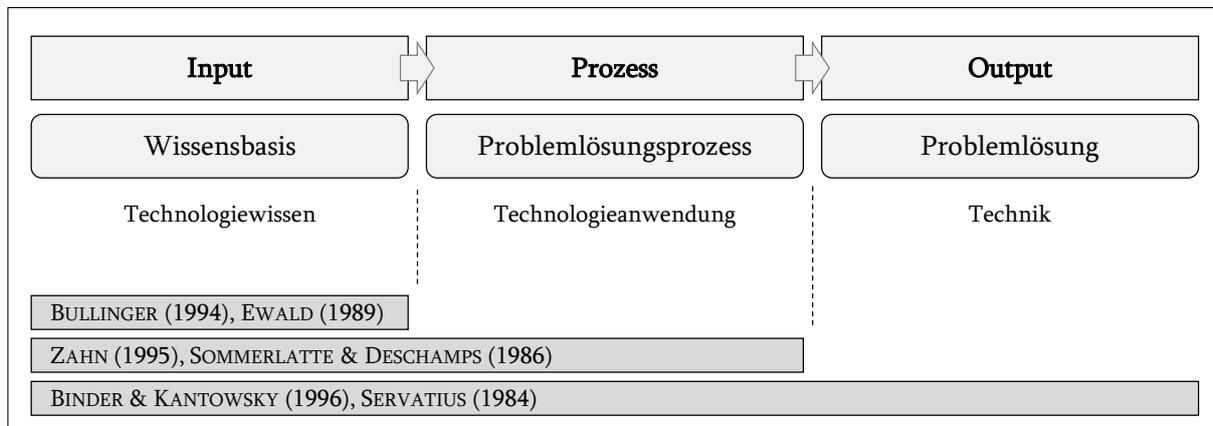


Abbildung 1-2: Systemansatz zur Definition des Technologiebegriffs in Anlehnung an BULLINGER (1994) und QIAN (2002)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der integrative Technologiebegriff nach BINDER & KANTOWSKY (1996) verwendet, da die Bewertung einer Technologie in engem Zusammenhang mit der damit verbundenen Anwendung und Technik steht. Je nach Betrachtungsbereich lassen sich Technologien in zahlreiche Klassifikationsdimensionen³ einteilen (vgl. GERPOTT 2013). In Abbildung 1-3 ist eine strukturierte Darstellung unterschiedlicher Klassifikationsdimensionen für Technologien zu sehen.

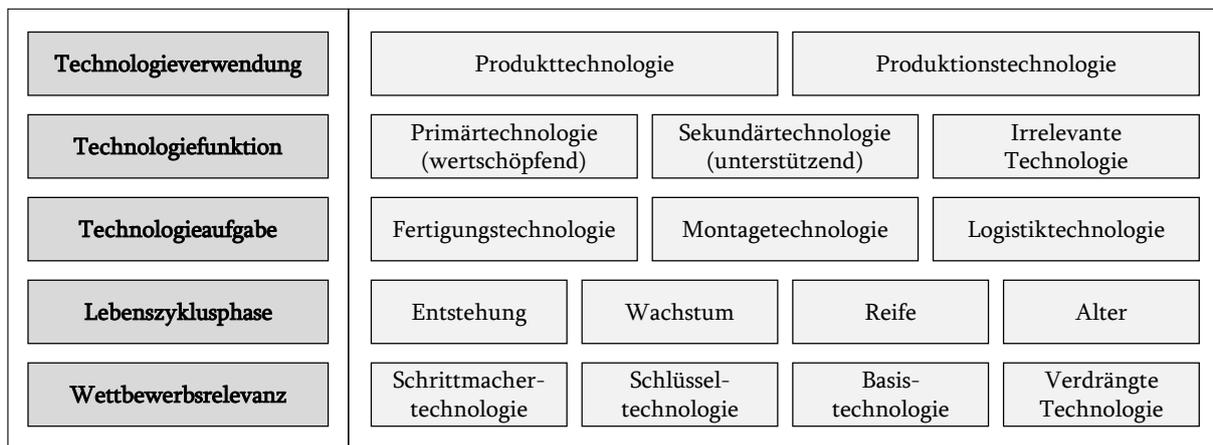


Abbildung 1-3: Klassifikation von Technologien

² Eine umfassende Auseinandersetzung mit der Abgrenzung unterschiedlicher Technologiedefinitionen im Rahmen des Systemansatzes nach BULLINGER (1994a) und PERILLIEUX (1987) ist in QIAN (2002, S. 25) zu finden.

³ Weitere Klassifikationsansätze für Technologien sind u. a. in PERILLIEUX (1987), PEIFFER (1992), BULLINGER (1994a), TSCHIRKY (1998), GERPOTT (2013), MÜLLER (2008), QIAN (2002) zu finden.

Bezüglich der Verwendung lassen sich Technologien in Produkt- und Produktionstechnologien unterscheiden⁴ (GERPOTT 2013, VOIGT 2008). Produkttechnologien dienen dabei der Realisierung einer Funktion oder mehrerer Funktionen eines Produktes (GOMERINGER 2007). Produktionstechnologien hingegen werden zur Herstellung von Produkten eingesetzt. Je nach Betrachtungsperspektive können Produktionstechnologien auch als Produkttechnologien angesehen werden (z. B. im Falle eines Technologieherstellers) (vgl. SCHUH ET AL. 2011a). In der vorliegenden Arbeit werden ausschließlich Produktionstechnologien betrachtet, da es sich beim zentralen Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit um das Potenzial von Produktionstechnologien sowie um dessen Berücksichtigung in der strategischen Technologieplanung handelt.

Eine weitere Klassifikationsdimension stellt die Technologiefunktion bzw. die funktionelle Relevanz einer Technologie dar (vgl. SCHUH ET AL. 2016, MÜLLER 2008). Hierbei wird zwischen primären, sekundären und irrelevanten Technologien unterschieden. Primärtechnologien leisten einen direkt wertschöpfenden Beitrag bei der Produkterstellung, wohingegen Sekundärtechnologien lediglich eine unterstützende Funktion einnehmen (z. B. Handhabung oder Prüfung). Irrelevante Technologien tragen weder direkt noch indirekt zur Wertschöpfung bei. Im weiteren Verlauf erfolgt eine Einschränkung auf Primär- und Sekundärtechnologien.

Ergänzend können insbesondere Produktionstechnologien nach WIENDAHL ET AL. (2014, S. 158 ff.) anhand ihrer Aufgabe klassifiziert werden. So werden Fertigungs-, Montage- und Logistiktechnologien unterschieden. Nach DIN 8580 dienen Fertigungstechnologien der Herstellung geometrisch bestimmter, fester Körper. Die VDI 2860 definiert das Montieren grundsätzlich als die Gesamtheit aller Vorgänge, die dem Zusammenbau von geometrisch bestimmten Körpern dient. Dies umfasst neben fügenden und handhabenden Tätigkeiten auch das Prüfen, das Justieren und weitere Hilfsoperationen, bspw. das Reinigen, das Abdichten oder das Ölen. Montagetechnologien können nach WARNECKE ET AL. (1975) und LOTTER (2006b) als Technologien verstanden werden, die dazu dienen, Komponenten oder Bauteile durch fügende Tätigkeiten zu einem Produkt höherer Komplexität zu kombinieren. Dieser Tätigkeitsumfang wird auch als Primärmontage bezeichnet (LOTTER 2006a). Tätigkeiten der Sekundärmontage umfassen ergänzend das Handhaben, das Prüfen, das Justieren sowie Hilfsoperationen (LOTTER 2006a). WIENDAHL ET AL. (2014, S. 163) ergänzen zudem die Integration von Software als Teil der Montage. Technologien der Sekundärmontage sowie reine Softwareelemente werden im Rahmen der vorliegenden

⁴ Neben den genannten Kategorien nimmt die Informationstechnologie eine immer wichtigere Rolle ein, weshalb sie in der wissenschaftlichen Literatur stellenweise als eigene Kategorie genannt wird (vgl. MOCH 2011).

Arbeit nicht näher betrachtet. Logistiktechnologien dienen grundsätzlich der Bereitstellung von Objekten in der richtigen Menge, Zusammensetzung und Qualität zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort durch räumlich-zeitliche Veränderung (WIENDAHL ET AL. 2014, S. 170). Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit nicht ausführlicher betrachtet, da sie keinen inhärenten Wertschöpfungsanteil für das produzierende Unternehmen umfassen (vgl. BERGMANN & LACKER 2009, S. 161).

Aufgrund der zeitlichen Veränderlichkeit und Weiterentwicklung von Technologien können diese idealisierten Phasen entlang ihres Lebenszyklus zugeordnet werden⁵ (vgl. SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986, TIEFEL 2007). Diese Entwicklung verläuft von der Entstehungsphase, in der die Technologie grundsätzlich erforscht und entwickelt wird, über die Wachstumsphase, in der eine rapide Weiterentwicklung und Industrialisierung erfolgen, bis zur Reife- und Altersphase. Die Reifephase zeichnet sich durch eine Sättigung des Entwicklungsfortschrittes und eine Abnahme der Weiterentwicklungsgeschwindigkeit aus. Technologien in der Reifephase sind gut beherrscht und sind daher mit nur geringen operativen Risiken verbunden. Technologien in der Altersphase wurden bereits oder werden aktuell von innovativen Technologien abgelöst und verlieren ihre Relevanz (vgl. SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986).

Die Lebenszyklusphasen stehen in direktem Zusammenhang mit der Wettbewerbsrelevanz einer Technologie (vgl. SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986, REINHART & SCHINDLER 2010). Je weiter am Anfang eine Technologie in ihrem Lebenszyklus steht, desto geringer ist die Reife – und desto höher sind die mit dem Einsatz der Technologie verbundenen Risiken (vgl. VALERDI & KOHL 2004). Die Wettbewerbsrelevanz bzw. das Potenzial einer Technologie zeigt sich qualitativ gegenläufig zur Reife, da wenig ausgereifte Technologien eine weniger starke Verbreitung aufweisen und somit eine Möglichkeit zur Differenzierung von Wettbewerbern bieten (TIEFEL 2007, HEUBACH ET AL. 2008). Eine Technologie gilt als Schrittmachertechnologie, wenn sie sich in einem frühen Entwicklungsstadium befindet und die inhärente Unsicherheit über die Leistungsfähigkeit und die potenziellen Anwendungsgebiete stark ausgeprägt ist (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986). Schlüsseltechnologien zeichnen sich demgegenüber durch eine deutliche Konkretisierung des industriellen Einsatzes aus, was zu großen Investitionen in die Technologieentwicklung führt. Schrittmacher- sowie Schlüsseltechnologien besitzen, bedingt durch ihren neuartigen und potenzialträchtigen Charakter, erkennbare Chancen zur technologischen Differenzierung vom Wettbewerb (vgl. SERVATIUS 1984, PORTER 1999). Basistechnologien

⁵ Neben den Lebenszyklusmodellen für Produktionstechnologien sind in der Literatur zahlreiche weitere Lebenszyklusmodelle zu finden. Beispielhaft zu nennen sind ANSOFF & STEWART (1967), FORD & RYAN (1981) und FOSTER (1986). Eine Übersicht geben TIEFEL (2007), HÖFT (1992) und HERRMANN (2010, S. 63 ff.).

werden in der Regel von zahlreichen Unternehmen eingesetzt und eignen sich entsprechend nicht mehr zur technologischen Differenzierung. Sie sind durch eine freie Verfügbarkeit am Markt und geringe operative Risiken charakterisiert (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986). Verdrängte Technologien wurden bzw. werden aufgrund ihrer geringen technologischen Leistungsfähigkeit von alternativen, oft weniger reifen Technologien substituiert (SERVATIUS 1984). Abbildung 1-4 veranschaulicht diese Zusammenhänge schematisch und zeigt zudem qualitative Indikatoren für die Einordnung in die jeweilige Phase.

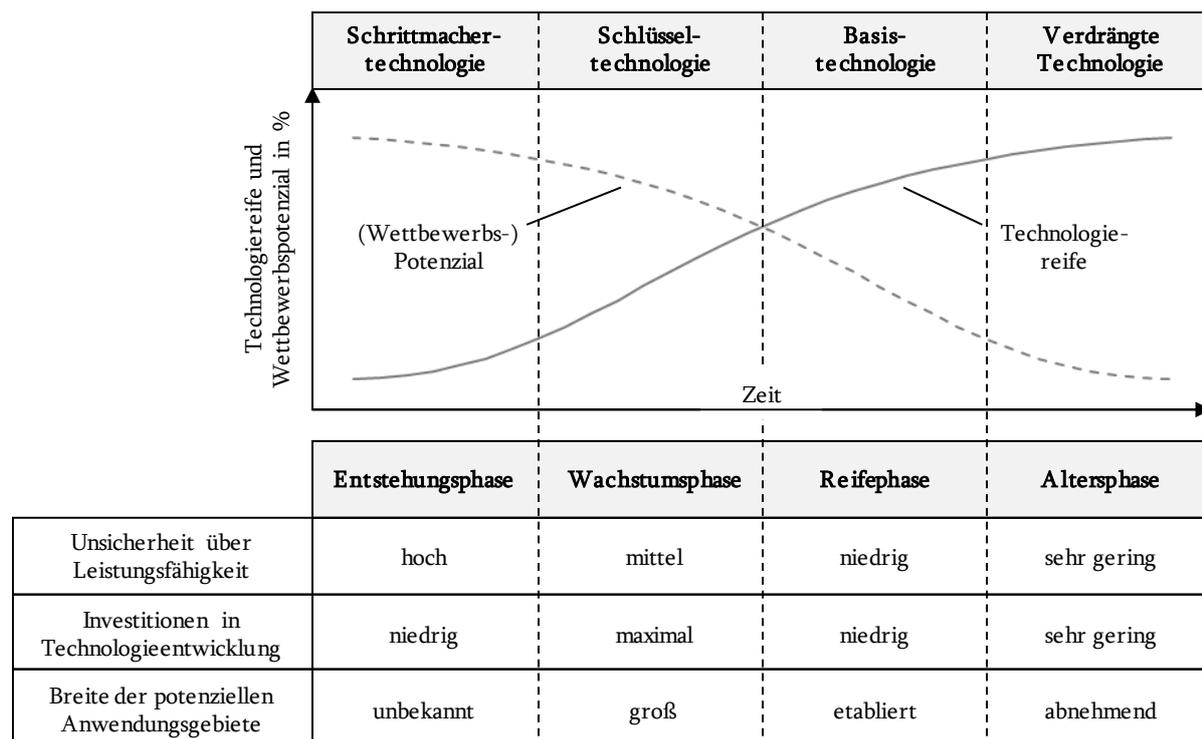


Abbildung 1-4: Technologielebenszyklus auf Basis von Reife und Potenzial mit Indikatoren (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986, GREITEMANN 2016, SERVATIUS 1984, REINHART & SCHINDLER 2010, TIEFEL 2007, HÖFT 1992)

Technologiemanagement

Nach KLAPPERT ET AL. (2011a) stellt das Technologiemanagement einen inhaltlichen Teilbereich der Unternehmensführung dar. Der Fokus liegt dabei auf der langfristigen Sicherung und Stärkung der Marktposition eines Unternehmens, indem die für die aktuelle und zukünftige Leistungserstellung benötigten Technologien zur richtigen Zeit sowie zu angemessenen Kosten bereitgestellt werden (vgl. KLAPPERT ET AL. 2011a, BULLINGER 1996, GAUSEMEIER ET AL. 2006). Auch WESTKÄMPER & BALVE (2009) heben die unternehmensstrategische Bedeutung des Technologiemanagements hervor. Sie definieren das Technologiemanagement als „die Organisation der frühzeitigen und zuverlässigen Anwendung neuer technologischer Erkenntnisse zur Unterstützung der Ziele und

Strategien der Unternehmen“ (WESTKÄMPER & BALVE 2009). Aufgrund dieser zentralen Bedeutung des Technologiemanagements für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens klassifizieren BOOS ET AL. (2011, S. 56) das Technologiemanagement in ihrem Ordnungsrahmen für Produktion und Management als einen der essenziellen Unternehmensprozesse. Technologien müssen entsprechend schnell und kundenorientiert entwickelt und eingesetzt sowie rechtzeitig substituiert werden (SCHINDLER 2015, SCHUH ET AL. 2011c). Die Bereitstellung geeigneter Methoden und Vorgehensweisen zur Planung, zur Gestaltung, zur Optimierung, zum Einsatz und zur Bewertung technischer Produkte und Prozesse stellt den Kern des Technologiemanagements dar (BULLINGER 2002, ABELE 2006, SPATH 2004). In Abgrenzung zum Innovationsmanagement, welches sich nach HAUSCHILDT ET AL. (2016) mit dem konkreten Innovationsprozess sowie der Durchsetzung einer Innovation am Markt beschäftigt, umfasst das Technologiemanagement die Sicherung der technischen Wettbewerbsfähigkeit und definiert daher die Rolle einer Technologie innerhalb eines Unternehmens (VAHS & BREM 2015).

SPATH & RENZ (2005) unterscheiden zwischen strategischem und operativem Technologiemanagement. Diese grenzen sich grundlegend in ihrer Zielsetzung und die zu erfüllenden Aufgaben ab. Das strategische Technologiemanagement verfolgt demnach das Ziel der Schaffung, der Steuerung und der Weiterentwicklung technologischer Erfolgspositionen (SPATH & RENZ 2005, S. 236, BULLINGER 1994a, S. 39 ff.). Dies beinhaltet zudem den technologischen Entscheidungsprozess über den Einsatz alternativer oder neuer Technologien und die damit verbundene technologische Wettbewerbsposition (technologischer Führerschaft oder Folgerschaft) (SPATH & RENZ 2005, S. 236, BULLINGER 1994a, S. 39 ff.). Das operative Technologiemanagement dagegen umfasst die Umsetzung des strategischen Technologiemanagements durch die Bearbeitung von Aufträgen sowie die Auswahl und die Steuerung von Projekten und damit zusammenhängenden operativen Tätigkeiten (SPATH & RENZ 2005, S. 240).

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Spektrum, welches unterschiedliche Definitionen und Auslegungen des Technologiemanagements ausfüllt.

Dimension	Ausprägung	
Verankerung im Unternehmen	Entscheidungswerkzeug	Unternehmensprozess
Fachlicher Fokus	technisch	betriebswirtschaftlich
Zeitlicher Fokus	operativ	strategisch
Inhaltlicher Fokus	Produkt	Produktion

Abbildung 1-5: Dimensionen und Ausprägungen unterschiedlicher Definitions- und Differenzierungsansätze zum Begriff des Technologiemanagements

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird das Technologiemanagement in Gestalt des strategischen Technologiemanagements als Werkzeug der Unternehmensführung und damit als methodischer Hilfsrahmen zur Erreichung strategischer Unternehmensziele sowie zur Festigung und Verbesserung der Wettbewerbsposition verstanden. Auf fachlicher Ebene sollen dabei technische sowie betriebswirtschaftliche Aspekte integriert werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird mit dem Begriff des Technologiemanagements ausschließlich die strategische Komponente des Technologiemanagements verbunden. Auf operative Komponenten wird entsprechend explizit hingewiesen. Zudem erfolgt aufgrund des produktionstechnischen Charakters der Arbeit eine ausschließliche Betrachtung des produktionsbezogenen Technologiemanagements. Ergänzend kann festgestellt werden, dass der überwiegende Teil aktuell bestehender Technologiemanagement-Ansätze einen produktbezogenen Fokus aufweist. Ein Transfer der bestehenden Modelle und Vorgehensweisen auf die Produktion ist daher oftmals nötig.

Nach SCHUH ET AL. (2011b) umfasst das Technologiemanagement als einer der zentralen Unternehmensprozesse mehrere Aktivitätsfelder und Aufgaben (vgl. Abbildung 1-6). Die Technologiestrategie definiert dabei den übergreifenden strategischen Rahmen, indem es die langfristige technologische Ausrichtung des Unternehmens definiert, plant und steuert (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011) – beginnend mit der Technologiefrüherkennung, welche als Bestandteil der unternehmensweiten sog. Business Intelligence verstanden werden kann (WOLFRUM 1991, LICHTENTHALER 2002). Sie dient im Kern der Informationsbeschaffung bezüglich relevanter technologischer Veränderungen im Unternehmensumfeld (WELLENSIEK ET AL. 2011). Dies umfasst u. a. die Analyse und die Prognose technologischer Potenziale und Leistungsgrenzen neuer bzw. bestehender Technologien. Damit unterstützt es strategische Entscheidungsprozesse an der Schnittstelle zwischen Technologiestrategie und Technologieplanung (SCHUH ET AL. 2011b).

Die zentralen Aufgaben der Technologieplanung bestehen darin, die technologische Ausrichtung des Unternehmens und deren Umsetzung zu definieren und vorauszudenken (SCHUH ET AL. 2011d, KLAPPERT 2006). Diese beinhaltet die „Ermittlung und Systematisierung aller Aktivitäten, deren Ablauf sowie der Kosten, Ressourcen und Termine und stellt die geistige Vorwegnahme zukünftigen Handelns dar“ (STREBEL 2007, SCHUH ET AL. 2011d).

In der Technologieentwicklung werden die durch die Technologieplanung gestellten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und die Anwendungstauglichkeit durch Forschung und Entwicklung sichergestellt (KLAPPERT ET AL. 2011b).

Die Verwertung einer Technologie kann unternehmensintern und unternehmensextern erfolgen. Aufgabe der Technologieverwertung innerhalb des Technologiemanagements ist es, festzulegen, ob Technologien lediglich intern zum Aufbau von Wettbewerbsvorteilen eingesetzt werden oder diese zusätzlich oder ausschließlich an Dritte zur Nutzung übertragen werden (SCHUH ET AL. 2011e).

Der Technologieschutz befasst sich mit der Verhinderung eines ungewollten Know-how-Übergangs an Wettbewerber u. a. durch die Entwicklung von Protektionsmechanismen oder organisatorischer Maßnahmen zu diesem Zweck (NEEMANN & SCHUH 2011).

Die Technologiebewertung kommt als Querschnittsfunktion in allen vorangehenden Phasen des Technologiemanagements zum Einsatz. Sie unterstützt bei der Beurteilung einer Technologie vor dem Hintergrund unterschiedlicher Entscheidungssituationen und stellt dazu geeignete quantitative und qualitative Methoden und Vorgehensweisen zur Verfügung (HAAG ET AL. 2011). Die Technologiebewertung stellt damit ein übergreifendes Unterstützungsinstrument im Technologiemanagement sowie insbesondere für die Technologieplanung und das Controlling dar (ALISCH ET AL. 2004, S. 2901). Abbildung 1-6 gibt einen Überblick über die Kernaktivitäten des Technologiemanagements.

Aufbauend auf den beschriebenen Aktivitäten und Teilgebieten des Technologiemanagements nach SCHUH (2011) existieren zahlreiche Modelle zum Technologie- und Innovationsmanagement in der Produktion. Neben den sequenziellen Ansätzen finden verstärkt zyklische Ansätze in der Forschung Beachtung (vgl. VAHS & BREM 2015, LANGER & LINDEMANN 2009, VOGEL-HEUSER ET AL. 2014, DU PREEZ & LOUW 2008, ROTHWELL 1992, HOFER ET AL. 2020a).

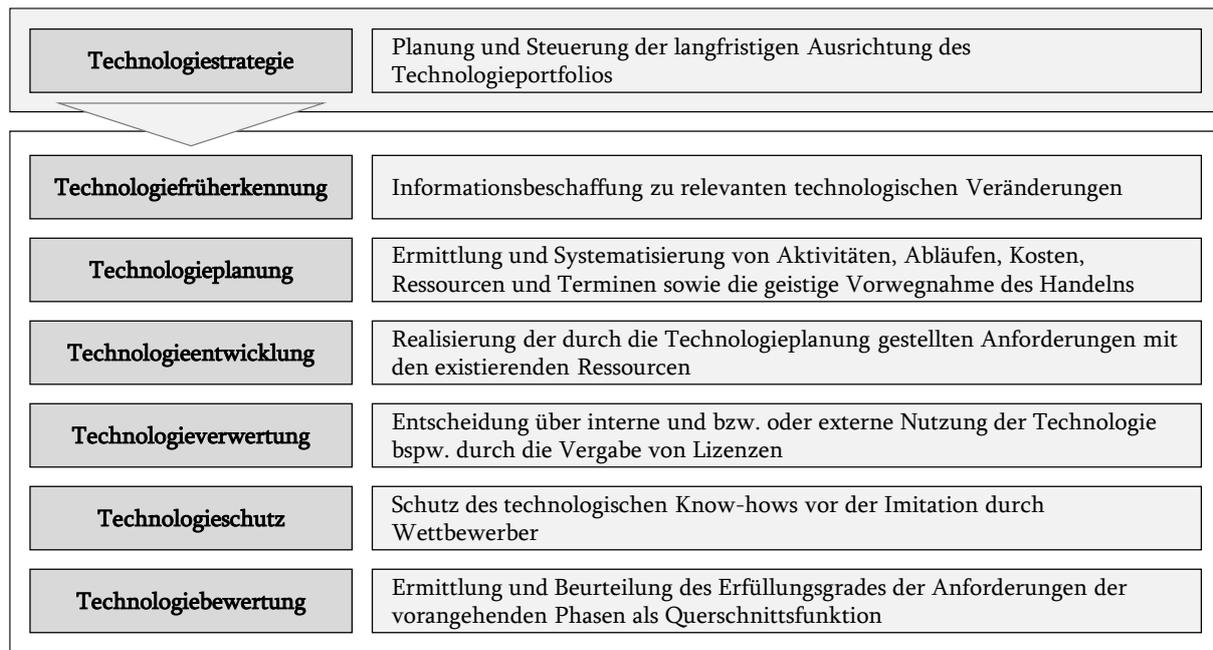


Abbildung 1-6: Übersicht über das Technologiemanagement nach SCHUH ET AL. (2011b)

Technologiepotenzial

Der Begriff des Technologiepotenzials wird in der Literatur nicht allgemeingültig definiert und wird dementsprechend in diversen Ausprägungen verwendet. So definieren BINDER & KANTOWSKY (1996) Technologiepotenziale als „Möglichkeiten einer Unternehmung, welche auf Wissen und Fähigkeiten in den Bereichen Produkt- und Prozesstechnologie basieren“. Weiterhin seien Technologiepotenziale als Leistungspotenziale zu betrachten, die den Aufbau strategischer Erfolgspositionen ermöglichen würden (BINDER & KANTOWSKY 1996). Die Definition nach BULLINGER (1994a) fokussiert den Markt- und Wettbewerbsgedanken, indem das Potenzial von Technologien als die Eigenschaft einer Technologie, eine Differenzierung vom Wettbewerb herbeizuführen, definiert wird. REMINGER (1990) definiert das Technologiepotenzial ebenfalls wettbewerbsorientiert als Chancen und Risiken zur Erringung von Wettbewerbsvorteilen. Das Wettbewerbspotenzial einer Technologie wird darauf aufbauend durch den Beitrag zum unternehmerischen Erfolg und zu einer Weiterentwicklung der Marktposition charakterisiert (SCHUH ET AL. 2011a, PFEIFFER & DÖGL 1990, WÖRDENWEBER & WICKORD 2008).

Neben den markt- und wettbewerbsorientierten Definitionen (sog. „Outside-in“-Ansätzen) können auch ressourcenorientierte Ansätze (sog. „Inside-out“-Ansätze) identifiziert werden. So definieren SCHÖNING (2006) sowie auch SCHINDLER (2015) das Potenzial einer Technologie anhand der zu erwartenden technologischen Leistungsfähigkeit. SCHINDLER

(2015) hebt besonders den technologischen Nutzen bei deren Anwendung hervor. WALLENTOWITZ ET AL. (2009) definieren das Technologiepotenzial ebenfalls über technologische Leistungsparameter, die um unternehmensindividuelle Restriktionen nicht zur vollen Entfaltung kommen können. SCHUH ET AL. (2011c) bringen das Technologiepotenzial in einen Zusammenhang mit der Möglichkeit neuer Produkte, besserer Qualität und erhöhter Leistungsfähigkeit der Produktionsmittel.

Eine umfassendere Definition des Technologiepotenzials liefert TSCHIRKY (1998). Er definiert das Technologiepotenzial als soziotechnisches Teilsystem des Unternehmens. Dieses umfasst alle zur Verfügung stehenden Produkt- und Prozesstechnologien, einschließlich deren Befähiger in Form von Personal, Information und Material, sowie die zugrundeliegenden Führungsstrukturen und Unternehmensprozesse (TSCHIRKY 1998).

Die vorgestellten Definitionsansätze zeigen divergente Ausprägungen in den Aggregationsebenen zur Betrachtung des Technologiepotenzials auf. Während TSCHIRKY (1998) ein holistisches Bild des Technologiepotenzials als soziotechnisches Subsystem zeichnet, beschränken sich die markt- und wettbewerbsorientierten Ansätze auf das Technologiepotenzial als Mittel zur Positionierung des Unternehmens im Markt. Die niedrigste Aggregationsebene bildet die ressourcenbasierte Definition des Begriffs, da hier die technologische Ressource weitgehend losgelöst von ihrem Unternehmenskontext betrachtet wird.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die unterschiedlichen Aggregationsebenen der Definitionsansätze.

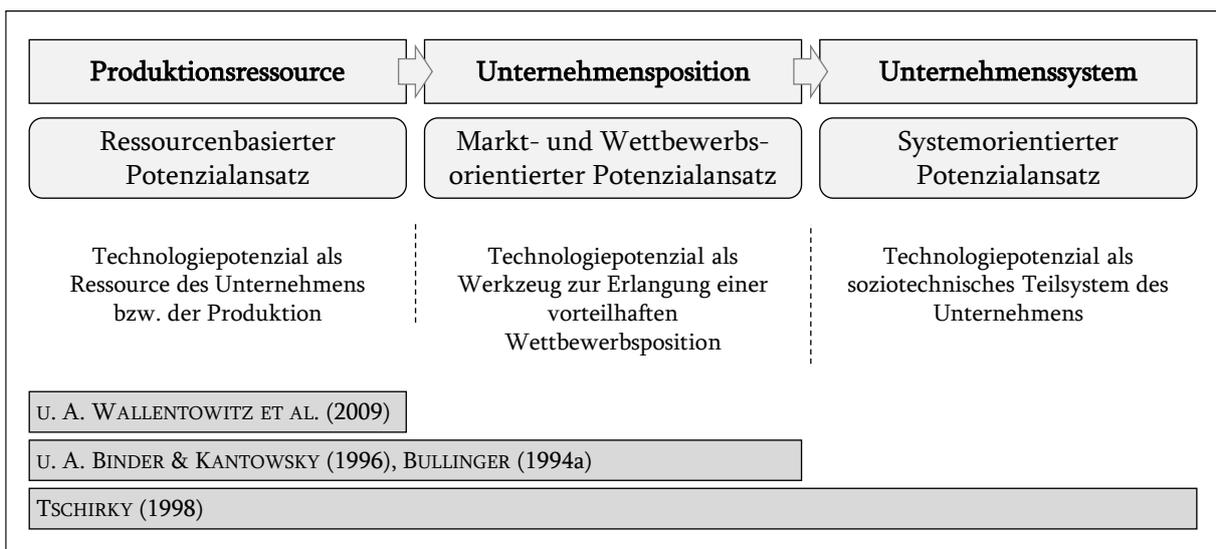


Abbildung 1-7: Betrachtungsbereiche unterschiedlicher Definitionsansätze für das Technologiepotenzial

Was zahlreiche Definitionen und Erklärungsansätze eint, sind das prognostische Verständnis des Potenzialbegriffes sowie die Idee immanenter Technologieeigenschaften, welche markt- oder wettbewerbsorientierte Vorteile generieren können.

Daher wird das Technologiepotenzial im Rahmen der vorliegenden Arbeit als latent vorhandene technologische Eigenschaften einer Technologie verstanden, welche durch vorherige Aktivierung positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens wirken. Die Ausschöpfung von Technologiepotenzialen ist dabei stets durch unternehmensspezifische Rahmenbedingungen limitiert (in Anlehnung an WALLENTOWITZ ET AL. 2009, BINDER & KANTOWSKY 1996, PÜMPIN 1990, HOFER ET AL. 2019, HOFER ET AL. 2021). Damit lässt sich die Definition der in Abbildung 1-7 mittig positionierten Gruppe der markt- und wettbewerbsorientierten Ansätze zuordnen.

1.3.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereiches

Nach KLAPPERT ET AL. (2011a) haben Technologien und das damit zusammenhängende Technologiemanagement einen wesentlichen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. So müssen technologische Entwicklungen und Entscheidungen im Rahmen der Unternehmensführung berücksichtigt werden (EVERSHEIM ET AL. 2002). Um langfristig wettbewerbsfähig bleiben zu können, müssen nach SCHUH ET AL. (2011a) stets diejenigen Technologien eingesetzt werden, die die aktuellen und zukünftigen Anforderungen bestmöglich erfüllen.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt insbesondere auf der Bewertung des Potenzials von Technologien und somit auf der prognostischen Abschätzung der Fähigkeit, zukünftige Anforderungen und Bedarfe erfüllen zu können. Aufgrund der strategischen Ausrichtung der Potenzialbewertung liegt der Fokus auf der strategischen Komponente des Technologiemanagements. Zudem erfolgt im Rahmen der vorgestellten Methodik eine Einbettung der Potenzialbewertung in ein potenzialorientiertes Vorgehen zur strategischen Technologieplanung.

Strategische Technologieplanung als Teil des Technologiemanagements

Das Ziel der strategischen Technologieplanung stellt vordergründig der Erhalt bzw. der Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit eines produzierenden Unternehmens dar (FIEBIG 2004). Wesentliche Treiber dafür sind nach SLAMA ET AL. (2012) Produkt- und Prozessinnovationen. Charakteristisch für eine Innovation ist der Übergang von der Invention, also

der bloßen Erfindung, zu einer nutzbaren und wertschöpfenden Neuerung (COOPER 1979, HAUSCHILD ET AL. 2016, SCHUMPETER 2013). Produktionstechnologien können dabei selbst Innovationen darstellen oder als Befähiger für innovative Produkte fungieren.

In diesem Zusammenhang beschreibt die strategische Technologieplanung den Umgang mit innovativen Technologien und deren zukünftigen Einsatz (EVERSHEIM 1996). Nach SCHRAFT ET AL. (1996) wird dabei das Ziel verfolgt, Potenziale zu schaffen, um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu erhalten bzw. auszubauen. Dazu müssen potenzialträchtige und wettbewerbsrelevante Technologien eingebracht und deren Leistungspotenziale ausgeschöpft werden (BULLINGER 1994a). Konkret bedeutet dies die Identifikation und die Bewertung relevanter Technologien als Basis für die Formulierung einer Technologiestrategie. Etablierte Normstrategien stellen bspw. die Pionier- sowie die Imitationsstrategie dar (KLAPPERT 2006, BULLINGER 1994a). Die operative Technologieplanung hingegen fokussiert die Umsetzung der in der strategischen Technologieplanung entwickelten Technologiestrategie mit ihren konkreten Zielsetzungen (SCHRAFT ET AL. 1996). Im Gegensatz zur strategischen Planung, die durch einen langfristigen Planungshorizont von bis zu mehreren Jahren gekennzeichnet ist, beschränkt sich die operative Planung auf tendenziell kurze Planungszyklen. Hierbei stehen die operative Umsetzung und Integration einer Technologie in die Produktionsstruktur im Vordergrund.

Neben dem strategischen und dem operativen Technologiemanagement kann als übergreifende Ebene das normative Technologiemanagement betrachtet werden (BLEICHER 2011, BULLINGER 1994b). Kern des normativen Technologiemanagements ist die Definition eines technologischen Leitbildes für das Unternehmen, das wiederum die Grundlage für das operative und strategische Technologiemanagement bildet (HEROLD 2021, TSCHIRKY & KORUNA 1998, WOLFRUM 1991).

Im Rahmen des strategischen Technologiemanagements nimmt die strategische Komponente der Technologieplanung eine wichtige Rolle ein. Im weiteren Verlauf der Arbeit findet entsprechend eine Eingrenzung des Betrachtungsbereiches auf die strategische Technologieplanung statt.

Technologiebewertung als Querschnittsfunktion im Technologiemanagement

Innerhalb des Technologiemanagements nimmt die Technologiebewertung als unterstützende Komponente eine Querschnittsfunktion ein (HAAG ET AL. 2011, ALBERS 2005). Die zentrale Aufgabe besteht darin, vor dem Hintergrund unterschiedlicher, für die jeweils bestehende Entscheidungssituation relevanter Bewertungskriterien eine

Beurteilung der Technologie vorzunehmen und somit eine transparente Informationsgrundlage zu schaffen (SCHIMPF & RUMMEL 2015, HAAG ET AL. 2011). Eine wesentliche Unterscheidung erfolgt hierbei zwischen den Bewertungsansätzen mit strategischem und denen mit operativem Fokus (EVERSHEIM 1996, SCHINDLER 2015). Aufgrund der Fokussierung der vorliegenden Arbeit auf die strategische Technologieplanung findet im Folgenden eine verstärkte Betrachtung strategischer Bewertungsansätze statt. Durch diese Ausrichtung kann weiterführend der Betrachtungshorizont der Technologiebewertung eingegrenzt werden. Technologien können dabei anhand ihrer vergangenen Entwicklung (vergangenheitsorientiert), basierend auf ihrer aktuellen Leistungsfähigkeit (Status-quo-orientiert) oder zukunftsgerichtet anhand ihrer Potenziale (potenzialorientiert) bewertet werden (vgl. GREITEMANN 2016, HOFER ET AL. 2019). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus insbesondere auf der Bewertung des Technologiepotenzials und somit auf der prognostisch, potenzialorientierten Abschätzung unter unsicherer Informationslage.

Des Weiteren werden in der relevanten Literatur unterschiedliche Perspektiven bezüglich der Technologiebewertung untersucht. Hierzu zählen u. a. Wirtschaftlichkeit (z. B. ZANGEMEISTER 2000), Nachhaltigkeit (z. B. REINHARDT 2013), technologische Leistungsfähigkeit (z. B. UNTIEDT 2009) oder Reifegrad (z. B. SCHINDLER 2015). Um ein ganzheitliches Bewertungsbild einer Technologie zu erhalten, erfolgt in der vorliegenden Arbeit keine Einschränkung auf eine spezielle Bewertungsperspektive. Vielmehr besteht der Anspruch, eine möglichst umfassende Charakterisierung und Bewertung von Technologien vorzunehmen, um eine fundierte Entscheidungsbasis für Technologieinvestitionen bereitzustellen.

Abgrenzung der Potenzialbewertung im Rahmen der Technologiebewertung

Wie bereits in Abschnitt 1.3.1 erläutert, wird der Potenzialbegriff insbesondere im Kontext der Technologiebewertung heterogen verwendet. Ein übergreifendes Gemeinsamkeitsmerkmal der Ansätze zur Definition und Bewertung des Technologiepotenzials ist eine zukunftsgerichtete Orientierung der Bewertung. Zahlreiche Ansätze bauen dabei bei der Potenzialbewertung auf dem Status quo einer Technologie oder eines Unternehmens auf und ziehen prognostische Schlüsse, bspw. für die zukünftige Wettbewerbs- oder Kostensituation (vgl. BINDER & KANTOWSKY 1996, GAUSEMEIER ET AL. 2006). Die Potenzialbewertung deckt demnach im Rahmen der Technologiebewertung eine zukunftsgerichtete Perspektive ab.

Eine der wesentlichen Herausforderungen prognostischer Bewertungsprozesse stellt dabei die Verarbeitung von Informationen, die mit teils erheblicher Unsicherheit behaftet sind, dar (PFEIFFER & WEIß 1995). Bei der Bewertung des Technologiepotenzials können, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, zahlreiche Betrachtungsperspektiven eingenommen werden, um eine geeignete Entscheidungsunterstützung bereitstellen zu können.

1.4 Zielsetzung der Arbeit

Die im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Fragestellungen im Umgang mit Technologien und der strategischen Planung des Technologieportfolios stellen produzierende Unternehmen vor große Herausforderungen. Durch die stetige und schnelle technologische Entwicklung sind Unternehmen dazu gezwungen, in immer kürzer werdenden Intervallen Technologieentscheidungen zu treffen, die ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit definieren. Eine prognostische Abschätzung des Potenzials der betrachteten Technologien stellt dabei einen zentralen Entscheidungsfaktor und gleichzeitig eine herausfordernde Aufgabe dar.

Daher besteht das zentrale Ziel dieser Forschungsarbeit in der **Unterstützung produzierender Unternehmen bei Erhalt und Ausbau ihrer Wettbewerbsfähigkeit** auf dem globalisierten Markt. Die strategische Ausrichtung des Unternehmens und somit die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit werden **durch eine potenzialbasierte Bewertung und Planung im strategischen Technologiemanagement für die Produktion** gefördert.

Nach PORTER (1999) müssen zur Erreichung einer führenden Wettbewerbsposition diejenigen Technologien ausgewählt und eingesetzt werden, welche das größte Potenzial aufweisen (PORTER 1999, SCHUH 2011, SCHRAFT ET AL. 1996). Neben dem Potenzial ist zudem das Risiko zu betrachten, das mit dem Einsatz einer innovativen Technologie technisch, wirtschaftlich und organisatorisch einhergeht (SCHINDLER 2015). Um das Technologieportfolio optimal ausrichten zu können, muss die Eignung der aktuell eingesetzten Technologien stetig hinterfragt werden und etwaige technologische Bedarfe müssen identifiziert sowie beschrieben werden. Aufbauend auf einer potenzialbasierten Bewertung alternativer Technologien kann die strategische Technologieplanung hinsichtlich sich stetig verändernder Rahmenbedingungen angepasst werden.

Um das übergeordnete Ziel des Erhalts und des Ausbaus der Wettbewerbsfähigkeit zu erreichen, müssen die nachfolgenden Teilziele erreicht werden:

TZ 1 *Identifikation und Beschreibung technologischer Bedarfe*

Es wird ein methodisches Vorgehen benötigt, anhand dessen technologische Bedarfe und Defizite in der Produktion antizipiert und beschrieben werden können.

TZ 2 *Bewertung des Potenzials von Produktionstechnologien*

Zur ganzheitlichen Bewertung des zukunftsgerichteten Potenzials möglicher Technologiealternativen muss ein Bewertungssystem entwickelt werden, welches alle relevanten Dimensionen einer Technologie im Kontext des Unternehmens reflektiert.

TZ 3 *Strategische Technologieplanung auf Basis des Potenzials*

Zur Überführung der Potenzialbewertung in eine wirksame Planung werden Vorgehensmodelle und Leitfäden zur Entwicklung der strategischen Technologieplanung benötigt. Die Planung muss dabei die Potenziale von Technologien berücksichtigen.

Die nachfolgende Forschungsarbeit trägt zur Erreichung der beschriebenen Zielsetzung und der definierten Teilziele bei, indem eine ganzheitliche Methodik zur potenzialbasierten Technologieplanung vorgestellt wird. Diese Methodik soll produzierende Unternehmen befähigen, eine vorausschauende Ausrichtung ihres Technologieportfolios vorzunehmen. Die Methodik besteht aus drei Bausteinen, welche die Grundstruktur darstellen:

Baustein 1: Bedarfsanalyse

Baustein 2: Potenzialbewertung

Baustein 3: strategische Planung

Jeder der Bausteine umfasst weitere methodische Elemente, welche die Zielerreichung strukturell unterstützen. Dabei kann jeder Baustein als geschlossene methodische Einheit betrachtet werden, welche definierte Informationseingänge verarbeitet und standardisierte Informationsausgänge erzeugt.

Die Methodik ist so konzipiert, dass sie für produzierende Unternehmen branchenübergreifend anwendbar ist. Der Betrachtungsrahmen wird im weiteren Verlauf der Arbeit explizit auf Produktionstechnologien eingegrenzt. Dies schließt nach DIN 8580 Fertigungs- und Montagetechnologien ein. Der steigende Einfluss von Informationstechnologie kann in diesem Zusammenhang nicht vernachlässigt werden und

wird daher als Erweiterungsmerkmal von Produktionstechnologien berücksichtigt. Organisatorische Maßnahmen und reine Informationstechnologien werden im Rahmen der Arbeit nicht betrachtet, da diese signifikant abweichende Charakteristika aufweisen und entsprechend angepasste Bewertungsschemata benötigt werden. Insbesondere Informationstechnologien weisen oftmals einen weitreichenden organisatorischen sowie prozessualen Einflussbereich auf, weshalb diese verstärkt aus einer Change-Management-Perspektive betrachtet werden müssen. Die grundlegende Struktur der Methodik kann jedoch auf angrenzende Fragestellungen übertragen und dafür angepasst werden.

1.5 Wissenschaftliches Vorgehen und Aufbau der Arbeit

Im Folgenden werden das wissenschaftliche Vorgehen und die zugrundeliegende Forschungsmethodik zur Erstellung der vorliegenden Arbeit erläutert. Die Arbeit verfolgt das Ziel, produzierende Unternehmen und deren Entscheider bei strategischen Technologieentscheidungen zu unterstützen und damit die Wettbewerbsposition des Unternehmens zu stärken (vgl. Abschnitt 1.4). Zur Auswahl eines geeigneten Forschungsvorgehens findet zunächst eine wissenschaftstheoretische Einordnung statt. Darauf aufbauend erfolgt die Ableitung des konkreten Forschungsvorgehens auf Basis der Forschungsfragen, welche sich aus den erläuterten Teilzielen ergeben. Abschließend wird der Aufbau der Arbeit entlang der Forschungsmethodik beschrieben.

1.5.1 Wissenschaftstheoretische Einordnung

ULRICH & HILL (1976a) unterscheiden Wissenschaft grundlegend in Formal- und Realwissenschaften. Formalwissenschaften befassen sich mit der Konstruktion von Zeichensystemen und Regeln zu deren Verwendung, also im weiteren Sinne mit der Konstruktion von Sprachen (ULRICH & HILL 1976a). Diese Wissenschaftskategorie umfasst bspw. die Mathematik, die Philosophie oder die Logik. Die Realwissenschaften dagegen stellen die Beschreibung, die Erklärung und die Gestaltung empirisch wahrnehmbarer Wirklichkeitsausschnitte in den Betrachtungsmittelpunkt (ULRICH & HILL 1976a). Innerhalb der Realwissenschaften lässt sich wiederum eine Unterteilung zwischen den „reinen“ Grundlagenwissenschaften und den „angewandten“ Handlungswissenschaften vornehmen (siehe Abbildung 1-8). Die Grundlagenwissenschaften stehen nach ULRICH & HILL (1976a) für die theoretische Erklärung von Wirklichkeitsausschnitten, die durch Erklärungsmodelle abgebildet werden sollen. Die Handlungswissenschaften hingegen

befassen sich mit der Analyse menschlicher Handlungsalternativen, mit dem praktischen Ziel, soziale und technische Systeme zu gestalten. Nach ULRICH & HILL (1976a) lassen sich die Ingenieurwissenschaften sowie die Betriebswirtschaftslehre den Handlungswissenschaften zuordnen.

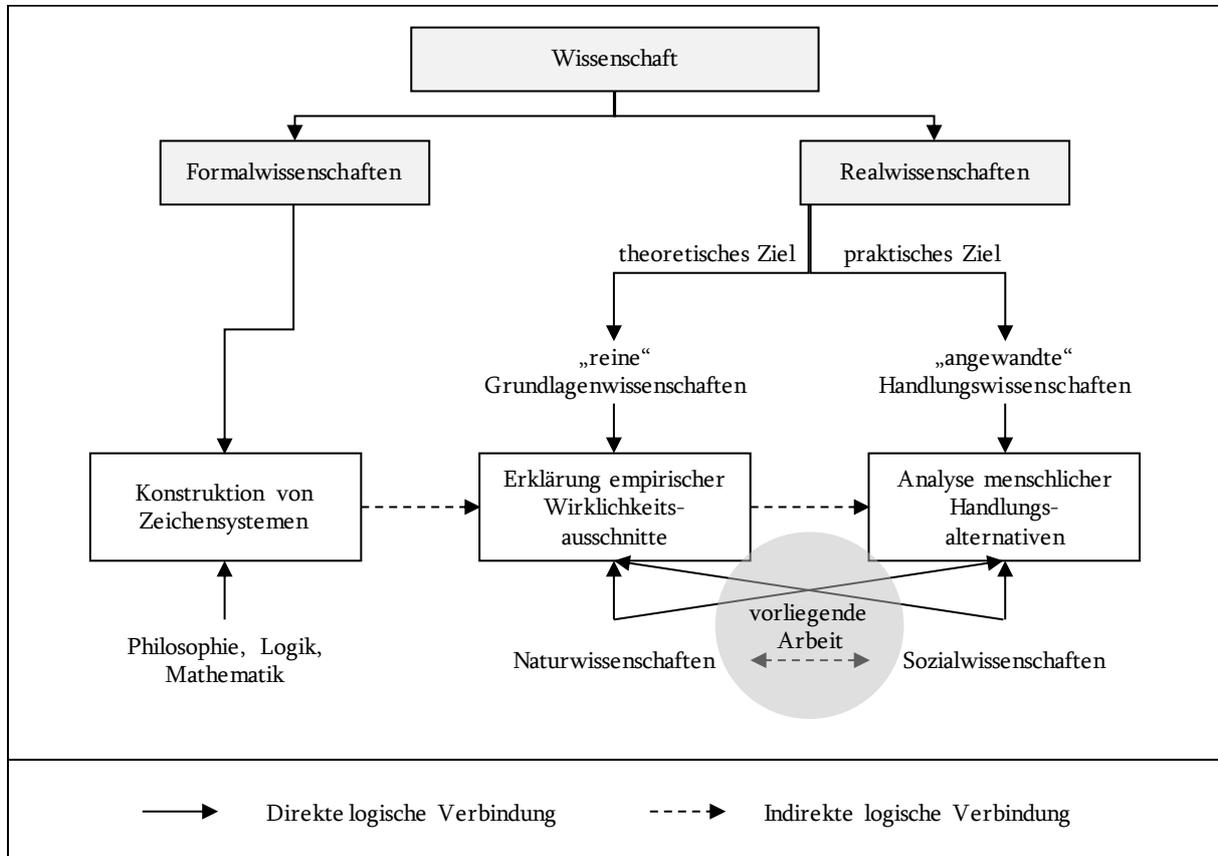


Abbildung 1-8: Wissenschaftstheoretische Einordnung in Anlehnung an ULRICH & HILL (1976a)

Die vorliegende Arbeit lässt sich demnach den Handlungswissenschaften zuordnen und wird punktuell durch empirische Elemente angereichert. Das vordergründige Ziel der Arbeit ist die Analyse menschlicher Handlungsalternativen in Form strategischer Technologieentscheidungen.

1.5.2 Forschungsfragen

Nach KUBICEK (1976) muss zunächst der heuristische Bezugsrahmen als Orientierungshilfe für den systematischen Erkenntnisgewinn definiert werden. Dazu ist es notwendig, eine grundlegende Forschungsfrage als Ausgangspunkt für die weitergehende Forschung und detailliertere Forschungsfragen zu formulieren. In der vorliegenden Arbeit wird, basierend auf der dargelegten Zielsetzung, folgende Forschungsfrage abgeleitet:

Wie kann das Potenzial von Produktionstechnologien umfassend bewertet und konzeptionell in ein ganzheitliches, strategisches Technologiemanagement integriert werden?

Zur Erreichung der in Abschnitt 1.4 beschriebenen Ziele werden folgende Forschungsfragen als Leitfragen für das Forschungsvorhaben definiert. Sie adressieren die durch die Zielsetzung und die Teilziele gestellten Herausforderungen und detaillieren die grundlegende Forschungsfrage.

FF 1 Wie können Technologiebedarfe als Grundlage für die strategische Technologieplanung identifiziert und beschrieben werden?

FF 2 Anhand welcher Kriterien lässt sich das Potenzial von Produktionstechnologien bewerten?

FF 3 Wie kann eine strategische Technologieplanung aus dem Technologiepotenzial abgeleitet werden?

In Abschnitt 1.5.3 erfolgt eine detaillierte Einordnung der Forschungsfragen in das Gesamtkonzept der Arbeit.

1.5.3 Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit

Forschungsmethoden dienen der Sicherung der wissenschaftlichen Qualität und der verbesserten Nachvollziehbarkeit von Ergebnissen. Nach ULRICH & HILL (1976b) können die Aktivitäten und die Aufgabenstellungen innerhalb des Forschungsprozesses durch unterschiedliche Vorgehensweisen adressiert werden. Die dabei zum Einsatz kommenden Forschungsmethoden dienen der Sicherung der wissenschaftlichen Qualität sowie der Nachvollziehbarkeit der Forschungsergebnisse. Die nachfolgenden Vorgehensweisen werden in diesem Zusammenhang nach ULRICH & HILL (1976b) unterschieden.

- **Terminologisch-deskriptives Vorgehen:** Es umfasst die Beschreibung der Forschungsobjekte mithilfe eines dafür zu schaffenden Begriffssystems.
- **Empirisch-induktives Vorgehen:** Es umfasst die empirisch-statistische Untersuchung von Zusammenhängen sowie die Ableitung und die Überprüfung von Hypothesen.
- **Analytisch-deduktives Vorgehen:** Es umfasst insbesondere die deduktive Konstruktion von Modellen und ihre analytische Auswertung.

Die vorgestellten Vorgehensweisen finden im Rahmen der vorliegenden Arbeit an unterschiedlichen Stellen im Forschungsprozess Anwendung (vgl. Abbildung 1-9).

Die inhaltliche Erarbeitung der Forschungsergebnisse folgte dem forschungstheoretischen Ansatz der Design Research Methodology (DRM) nach BLESSING & CHAKRABARTI (2009)⁶. Der Ansatz umfasst vier Stufen, welche entsprechend dem individuellen Charakter der Forschungsarbeit iterativ und parallel durchlaufen werden können (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 14 ff.). Dabei wird zunächst die „Research Clarification“ durchgeführt, welche primär der Klärung der Forschungsziele und der Anforderungen dient. Aufbauend auf der „Research Clarification“ erfolgt die „Descriptive Study I“, welche der Vertiefung des Verständnisses für die Forschungsthematik und der Identifikation der Forschungslücke dient. Im Rahmen der dritten Stufe, der „Prescriptive Study“, sollen die definierten Forschungsziele durch die Erarbeitung konkreter Konzepte und Lösungsansätze für die zuvor identifizierten Defizite adressiert werden. In der abschließenden „Descriptive Study II“ finden eine Evaluierung und eine Bewertung der in der „Prescriptive Study“ generierten Ergebnisse hinsichtlich deren Zielerfüllung statt (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 14 ff.).

Aufgrund der unterschiedlichen Schwerpunkte in Forschungsprojekten beschreiben (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 18 ff.) mehrere Typen von Forschungsarbeiten. Diese variieren jeweils in der Ausarbeitung der einzelnen Stufen. Dissertationsprojekte lassen sich nach BLESSING & CHAKRABARTI (2009) üblicherweise den Typen 2 und 3 zuordnen. Beide Typen basieren auf einer literaturbasierten Klärung der Ausgangssituation und der Zielsetzung. Arbeiten des Typs 2 fokussieren anschließend eine umfassende Untersuchung und Beschreibung der aktuellen Situation. Auf dieser Basis werden Vorschläge und Lösungsansätze zur Elaboration des Standes der Forschung erarbeitet. Arbeiten des Typs 3 untersuchen die aktuelle Situation literaturbasiert und legen den Fokus auf die Generierung konkreter Lösungskonzepte. Diese Lösungskonzepte werden anschließend validiert und bewertet.

Die vorliegende Arbeit strebt das Ziel an, ein konkretes und anwendbares Konzept zur strategischen Technologieplanung für die produzierende Industrie bereitzustellen. Damit lässt sich die Arbeit dem Typ 3 der vorgestellten Klassifikation zuordnen. Die Klärung des Forschungsziels und der Anforderungen („Research Clarification“) erfolgte literaturbasiert und damit terminologisch-deskriptiv. Ziel dieser ersten Phase ist die Festlegung eines Forschungsziels sowie konkreter Forschungsfragen und des Forschungsvorgehens. Die Vertiefung des Verständnisses des relevanten Forschungsumfeldes („Descriptive Study I“) wurde ebenfalls literaturbasiert in einem terminologisch-deskriptiven Vorgehen

⁶ Einen alternativen Forschungsansatz bietet ULRICH (1982). Die weiterführenden Gedanken und Thesen zur Forschungsmethodik nach ULRICH ET AL. (1984) wurden während des Forschungsprozesses als ergänzende Leitthesen verwendet.

durchgeführt, welches durch Expertenbefragungen und projektbasierte Workshops in Industrie und Wirtschaft ergänzt sowie verifiziert wurde. Der Aufbau eines konkreten Konzeptes mit Methoden und praktischen Vorgehensmodellen („Prescriptive Study“) erfolgte analytisch-deduktiv und stellt den wissenschaftlichen Kern der Arbeit dar. Insbesondere die Integration unterschiedlicher Standardmethoden, welche in Teilbereichen der Technologiebewertung eingesetzt werden (z. B. die Kapitalwertmethode zur Wirtschaftlichkeitsbewertung), zu einem methodischen Gesamtkonzept sowie dessen Validierung stellen zentrale Bestandteile der Arbeit dar. Im Rahmen dieser Phase werden die Forschungsfragen beantwortet sowie Methoden und Werkzeuge zur Erreichung der Forschungsziele erarbeitet und vorgestellt. Neben konzeptionellen Ergebnissen umfasst dieser Abschnitt auch praktische Ergebnisse in Form von Leitfäden, Vorgehensschemata, Bewertungsvorlagen, Normstrategien etc. Die Basis für die Ausarbeitungen dieser Phase stellen Fachliteratur und umfassende Expertengespräche sowie Industrie- und Projekterfahrung dar. Die abschließende Evaluation der aufgebauten Methodik („Descriptive Study II“) erfolgte empirisch-induktiv im Rahmen von Industrieworkshops und Experteninterviews. Das Ziel der Phase besteht in einer praxisnahen Evaluation und Bewertung der Methodik hinsichtlich der Zielerreichung und des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses. Basierend auf diesen Ergebnissen werden Verbesserungspotenziale und Anknüpfungspunkte für nachfolgende Forschungsarbeiten abgeleitet (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 37 f.).

Forschungsmethode		Umsetzung		
Phase nach DRM	Vorgehen	Forschungsansatz nach DRM	Inhalt	Kapitel
Research Clarification	terminologisch-deskriptiv	Review-based	<ul style="list-style-type: none"> • Motivation und Zielsetzung • Forschungsmethoden und Forschungsfragen • Anforderungen 	1 3
Descriptive Study I		Review-based	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen • Stand der Technik • Forschungslücke 	1.3.1 2
Prescriptive Study	analytisch-deduktiv	Comprehensive	<ul style="list-style-type: none"> • Konzept der Methodik • Ansatz zur Bewertung von Technologiepotenzialen • Vorgehen zur potenzialbasierten Planung 	4 5 6
Descriptive Study II				Initial

Abbildung 1-9: Aufbau der Arbeit

2 Stand der Wissenschaft

Im vorangehenden Kapitel wurden die Rahmenbedingungen für die vorliegende Arbeit beschrieben. Überdies wurde der Betrachtungsraum eingegrenzt und definiert. Dabei wurden zudem typische Fragestellungen und Herausforderungen bei der potenzialbasierten Technologieplanung herausgestellt. Im vorliegenden Kapitel wird der Stand der Technik zu den für die Arbeit relevanten thematischen Forschungsbereichen aufbereitet und diskutiert. In Abschnitt 2.1 wird dazu zunächst die Technologiestrategie als grundlegender Wegweiser für die Technologieplanung und -bewertung beschrieben. Im darauffolgenden Abschnitt 2.2 werden unterschiedliche Ansätze zur Beurteilung von Technologien dargestellt, indem verschiedene Klassifizierungs- und Modellierungsansätze vorgestellt werden. Die Abschnitte 2.1 und 2.2 stellen die aktuelle, fachliche Grundlage für die Aufbereitung und die Analyse des aktuellen Forschungsstandes dar. Darauf aufbauend werden in Abschnitt 2.3 Ansätze zur strategischen Planung von Technologien erläutert. Spezifische Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials werden in Abschnitt 2.4 beschrieben. Abschließend erfolgen eine Gegenüberstellung der vorgestellten Ansätze und eine Ableitung des Handlungsbedarfs als Grundlage für die vorliegende Arbeit.

2.1 Technologiestrategie als Grundlage der Technologieplanung

Technologien stellen einen maßgeblichen Wettbewerbsfaktor dar (KLAPPERT ET AL. 2011a), indem sie die Grundlage für die effiziente Herstellung wettbewerbsfähiger Produkte schaffen (ZAHN 1986). Damit können Technologien zu einem nachhaltigen Unternehmenswachstum beitragen (CETINDAMAR ET AL. 2009) und Wettbewerbsvorteile, bspw. durch Kosteneinsparung oder Differenzierungsmöglichkeiten, erzeugen (WOLFRUM 1991). Die Technologiestrategie definiert als zentraler Bestandteil der Unternehmensstrategie die Rolle der Produkt- sowie der Produktionstechnologie bei der Erzielung von Wettbewerbsvorteilen (PORTER 2004, WOLFRUM 1991, KYLÄHEIKO ET AL. 2011). Produktionstechnologien dienen dabei meist als mittelbare Treiber für die Generierung von Wettbewerbsvorteilen, indem sie einen nachgelagerten Produktvorteil ermöglichen. In Unternehmen, deren Produkt die Produktionstechnologie darstellt, besteht entsprechend ein unmittelbarer Zusammenhang. Die Technologiestrategie beschreibt dabei die langfristige Ausrichtung des Technologieportfolios – und damit, wie

ein Unternehmen mit Technologien verfahren sollte, um Wettbewerbsvorteile erzielen zu können (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, RENZ 2004). Dies umfasst die technologischen Ziele sowie den grundsätzlichen Weg zu deren Erreichung (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Insbesondere werden in diesem Zusammenhang der Zweck einer Technologie, das nötige technologische Leistungsniveau, der Einsatzzeitpunkt sowie die Beschaffung der Technologie beschrieben (DOWLING & HÜSIG 2002, RENZ 2004, SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Für die potenzialbasierte Planung im Technologiemanagement stellt die Technologiestrategie damit eine wesentliche Grundlage und eine wichtige Orientierung in Bezug auf die strategische Eignung einer Technologie dar (vgl. DOWLING & HÜSIG 2002). Grundlegend sollten die Entwicklung und der Einsatz technologischen Wissens und technologischer Fähigkeiten entweder auf Differenzierung oder auf Kostenreduktion ausgerichtet sein (BURGELMAN ET AL. 2009, DOWLING & HÜSIG 2002). Eine Technologiestrategie kann entsprechend defensiv, zur Bewahrung von Wettbewerbsvorteilen, oder offensiv, zum Aufbau neuer Wettbewerbsvorteile, gestaltet sein (DOWLING & HÜSIG 2002).

Nach DOWLING & HÜSIG (2002) lässt sich die Technologiestrategie in unterschiedlichen Dimensionen definieren, welche Fragestellungen wie die Auswahl, das Timing, die Quelle, das Leistungsniveau oder die Vermarktung von Technologien umfassen. Aufgrund des integrativen Charakters einer Technologiestrategie lassen sich die unterschiedlichen Dimensionen nicht losgelöst voneinander betrachten und müssen ganzheitlich entwickelt werden (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Abbildung 2-1 gibt einen Überblick über die Strategiedimensionen und die zugehörigen Handlungs- und Positionierungsoptionen.

Die **Technologieauswahl** kann als vorgelagerter Analyseabschnitt im Prozess der Entwicklung einer Technologiestrategie verstanden werden (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Dabei wird grundsätzlich definiert, welche Technologien im weiteren Strategieprozess betrachtet werden. Dies berücksichtigt die bereits im Unternehmen existierenden Technologien und kann zudem noch nicht eingesetzte, aber bereits existierende Technologien oder neue, noch zu entwickelnde Technologien umfassen (TSCHIRKY & KORUNA 1998).

Das Technologietiming umfasst alle Entscheidungen in Bezug auf den zeitlichen Umgang mit Technologien innerhalb der Strategie (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Die zeitliche Betrachtung kann entweder entlang des Technologielebenszyklus und der entsprechenden Entwicklungsphasen (vgl. SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986) oder anhand der relativen zeitlichen Positionierung zum Wettbewerb (WOLFRUM 1991) erfolgen. Dies umfasst neben dem Einstiegstiming auch den Zeitpunkt einer Technologiesubstitution oder des Abstoßens einer Technologie (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011).

Dimension	Positionierungsoptionen		
Technologieauswahl Welche Technologien werden betrachtet?	In Unternehmen existente und eingesetzte Technologien	In Unternehmen existent und eingesetzte	In Unternehmen existent und eingesetzte
Technologietiming Wann erfolgt der Markteintritt mit (bzw. Einsatz von) Technologien?	Technologiepionier		Technologiefolger (früh vs. spät)
Technologiequelle Woher werden die Technologien bezogen?	Intern Bsp.: F&E-Abteilung	Kooperation Bsp.: Joint Venture	Extern Bsp.: Akquisition
Technologische Leistungsfähigkeit Sollte ein Kompetenzvorsprung vor der Konkurrenz vorhanden sein?	Technologische Führerschaft		Technologische Präsenz
Technologieverwertung Wie soll die Technologie später genutzt werden?	Intern Bsp.: Eigennutzung	Kooperation Bsp.: Joint Venture	Extern Bsp.: Lizenzvergabe

Abbildung 2-1: Dimensionen der Technologiestrategie

Im **Technologietiming** wird grundsätzlich zwischen der Positionierung als Technologiepionier und der als Technologiefolger (früher oder später Technologiefolger) unterschieden (PERILLIEUX 1987, PORTER 1983). Als Technologiepioniere werden Unternehmen beschrieben, die Technologien und Innovationen zuerst entwickeln (Inventionsführer) und am Markt einführen (Innovationsführer) bzw. einsetzen (vgl. SCHUMPETER 2013). Eine solche Positionierung kann sowohl zur Differenzierung vom Wettbewerb als auch zur Generierung von Kostenvorteilen führen (PORTER 2014). Folgerstrategien orientieren sich zeitlich folgend auf den Technologiepionier, was das technologische Risiko und die Entwicklungskosten reduziert (RENZ 2004).

Die **Technologiequelle** beschreibt, woher eine Technologie bezogen wird, bzw. wie das technologische Wissen aufgebaut wird (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Allgemein können Technologien unternehmensintern, -extern oder in Kooperation mit anderen Partnern entwickelt werden (DOWLING & HÜSIG 2002). Die verschiedenen Optionen zeichnen sich durch eine fundamental unterschiedliche Kosten- und Risikostruktur aus, wobei eine interne Entwicklung mit hohen Entwicklungskosten und großem Risiko

verbunden ist (DOWLING & HÜSIG 2002). Die Vorteile interner Technologieentwicklung liegen dabei insbesondere in der Exklusivität der entstehenden Kenntnisse und Fähigkeiten (DOWLING & HÜSIG 2002, WOLFRUM 1991), was dem Unternehmen große Handlungsspielräume bei der Nutzung der Technologie verschafft (BRODBECK 1999) und meist mit Prestige- und Imagevorteilen einhergeht (WOLFRUM 1991).

Bei der externen Beschaffung lassen sich zahlreiche Detailstrategien unterscheiden (bspw. Kooperationen, Auftragsforschung, Lizenzierung, Technologiekauf etc.) (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Dabei weist jede Detailstrategie Vor- und Nachteile auf. Allgemein lässt sich jedoch feststellen, dass sich die externe Technologiebeschaffung weniger ressourcenintensiv darstellt und eine flexiblere, schnellere und risikoärmere Alternative zur internen Technologieentwicklung bietet (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, DOWLING & HÜSIG 2002). Nachteile stellen insbesondere die strategische Abhängigkeit von Zulieferern und Partnern, die erhöhten Transaktionskosten sowie die erschwerte Sicherung von Wissen dar (DOWLING & HÜSIG 2002, SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011).

Bei der strategischen Betrachtung des **Leistungsniveaus** von Technologien wird insbesondere der technologische Vorsprung bzw. Rückstand eines Unternehmens in Bezug auf Wettbewerbsunternehmen und den Stand der Technik betrachtet (DOWLING & HÜSIG 2002, WOLFRUM 1991). Je nach Ausprägung der technologischen Kompetenz eines Unternehmens kann sich die Leistungsfähigkeit einer Technologie unterscheiden (DOWLING & HÜSIG 2002). Dabei wird zwischen Technologieführerschaft und technologischer Präsenz unterschieden (WOLFRUM 1991, PORTER 2004, SERVATIUS 1984, BRODBECK 1999). Ein leistungsbezogener Technologieführer wird in diesem Zusammenhang durch besondere Kompetenz im Rahmen einer betrachteten Technologie charakterisiert. Somit kann ein temporärer Wettbewerbsvorteil durch einen technologischen Vorsprung generiert werden (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Die technologische Präsenz dagegen zeichnet sich durch ein durchschnittliches Technologie-Know-how im betrachteten Technologiefeld aus, was nicht zu einer Wettbewerbsdifferenzierung über die Leistungsfähigkeit führt (DOWLING & HÜSIG 2002, RENZ 2004, WOLFRUM 1991).

Die **Technologieverwertung** oder Technologievermarktung umfasst die Verwendung bzw. den Einsatz einer Technologie über ihren Lebenszyklus hinweg (FORD & RYAN 1981, SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). In diesem Zusammenhang kann grundsätzlich zwischen der internen und der externen Verwertung unterschieden werden, wobei mit Kooperationsmodellen eine gemischte Option besteht (FORD & RYAN 1981, DOWLING & HÜSIG 2002). Die interne Verwertung erfolgt durch ausschließliche Eigennutzung der Technologie und somit den Aufbau technologischer Kernkompetenzen als Merkmal der

Wettbewerbsdifferenzierung (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, BRODBECK 1999). Die externe Technologieverwertung kann bspw. durch den Verkauf oder die Lizenzierung der Technologie stattfinden. Kooperative Verwertungsmodelle (bspw. strategische Allianzen oder Joint Ventures) führen in der Regel zu einer Teilung von Kosten und Risiken, weshalb sie strategisch vorteilhafte Optionen darstellen können (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Welche Form der Verwertung von einem Unternehmen gewählt wird, hängt insbesondere von der Lebenszyklusphase der Technologie und der verfolgten Technologiestrategie ab (FORD & RYAN 1981, DOWLING & HÜSIG 2002).

2.2 Bewertung von Technologien

Basierend auf den im Rahmen der Technologiestrategie entwickelten Zielen und Maßgaben zur technologischen Positionierung erfolgt die Bewertung relevanter Technologien. Nach HAAG ET AL. (2011) umfasst die Technologiebewertung die Beurteilung einer Technologie vor dem Hintergrund unterschiedlicher Kriterien in verschiedenen Entscheidungssituationen. Dabei kommen in Abhängigkeit von der Entscheidungssituation unterschiedliche Bewertungsmethoden infrage. Nach PFEIFFER & WEIß (1995) lassen sich diese grundlegend wie folgt klassifizieren:

1. **klassifikatorische Bewertung**
2. **komparative Bewertung**
3. **metrisierende Bewertung**

Klassifikatorische Bewertungsmethoden dienen der groben Einordnung von Technologien, z. B. anhand von Technologielisten. Komparative Bewertungsmethoden stellen einen direkten Vergleich von Technologien anhand definierter Eigenschaften an. Metrisierende Bewertungsmethoden stellen den Vergleich unterschiedlicher Technologien anhand numerischer Bewertungsergebnisse an. Innerhalb dieser Struktur ist festzustellen, dass die benötigte Informationsmenge zur Durchführung der Bewertung von der klassifikatorischen zur metrisierenden Bewertung ansteigt (vgl. HAAG ET AL. 2011). Entlang des typischen Technologielebenszyklus (vgl. Abschnitt 1.3.1) lassen sich in den frühen Phasen der technologischen Entwicklung aufgrund der vorhandenen Informationsunsicherheit verstärkt klassifikatorische Ansätze einsetzen. Im Laufe der Technologieentwicklung findet eine Aggregation von Information und Wissen über die Technologie statt, was die Grundlage für quantitative Bewertungsmethoden darstellt.

Die VDI-Norm 3780 zur Technikbewertung (VDI 3780) unterscheidet weiterhin die probleminduzierte und die technikinduzierte Bewertung. Dabei bildet bei der

probleminduzierten Bewertung eine konkrete Aufgabenstellung die Grundlage für die Bewertung einer Technologie. Demnach werden unterschiedliche Technologien hinsichtlich ihrer Eignung zur Lösung der Aufgabe beurteilt und verglichen, wobei keine Einschränkung auf bestimmte technische Prinzipien vorgenommen wird. Die technikinduzierte Bewertung stellt demgegenüber eine Bewertung bestehender, eingesetzter Technologien an. Weiterhin wird zwischen innovativer und reaktiver Technikbewertung unterschieden. Die innovative Technikbewertung setzt in diesem Kontext früh im Entwicklungsprozess einer Technologie an. An dieser Stelle im Entwicklungsprozess können Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten noch wesentlich verändert werden (VDI 3780). Die reaktive Technikbewertung setzt hingegen erst zu einem späteren Zeitpunkt in der Technologieentwicklung ein, an dem nur noch geringer Einfluss oder kein Einfluss mehr auf die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten genommen werden kann.

Als inhaltliche Querschnittsfunktion innerhalb des Technologiemanagements kann die Technologiebewertung unterschiedliche Aspekte einer Technologie betrachten und bewerten. So umfasst die Technologiebewertung bspw. Ansätze zur Beurteilung der Technologiereife (vgl. SCHINDLER 2015, MANKINS 1995), der Wirtschaftlichkeit (vgl. ZANGEMEISTER 2000, WARNECKE ET AL. 1996, WEBER ET AL. 2018, WÖHE ET AL. 2016), der technologischen Leistungsfähigkeit (vgl. UNTIEDT 2009, BILSING 2007), der Flexibilität und der Wandlungsfähigkeit (vgl. HEINEN ET AL. 2008), des Marktpotenzials (vgl. MARTINI 1995) und zahlreicher weiterer Teilaspekte. Meist wird in der Literatur die detaillierte Betrachtung eines Teilaspektes (bspw. der Wirtschaftlichkeit) durchgeführt, die oftmals durch eine abstraktere Betrachtung weiterer Aspekte angereichert wird. Die unterschiedlichen Fokusbereiche lassen sich in technische, wirtschaftliche und strategische Aspekte in der Technologiebewertung klassifizieren (HOFER ET AL. 2019).

Neben der inhaltlichen Klassifikation kann zudem eine Einteilung anhand des zeitlichen Betrachtungsspektrums durchgeführt werden. Dabei können Bewertungsansätze zur Betrachtung des bestehenden Status quo (aktuell, zeitpunktbezogen), der vergangenen Entwicklung (historisch, zeitraumbezogen) und der zukünftigen Entwicklung (prognostisch, zeitraumbezogen) unterschieden werden. Abbildung 2-2 veranschaulicht diesen zeitlichen Zusammenhang.

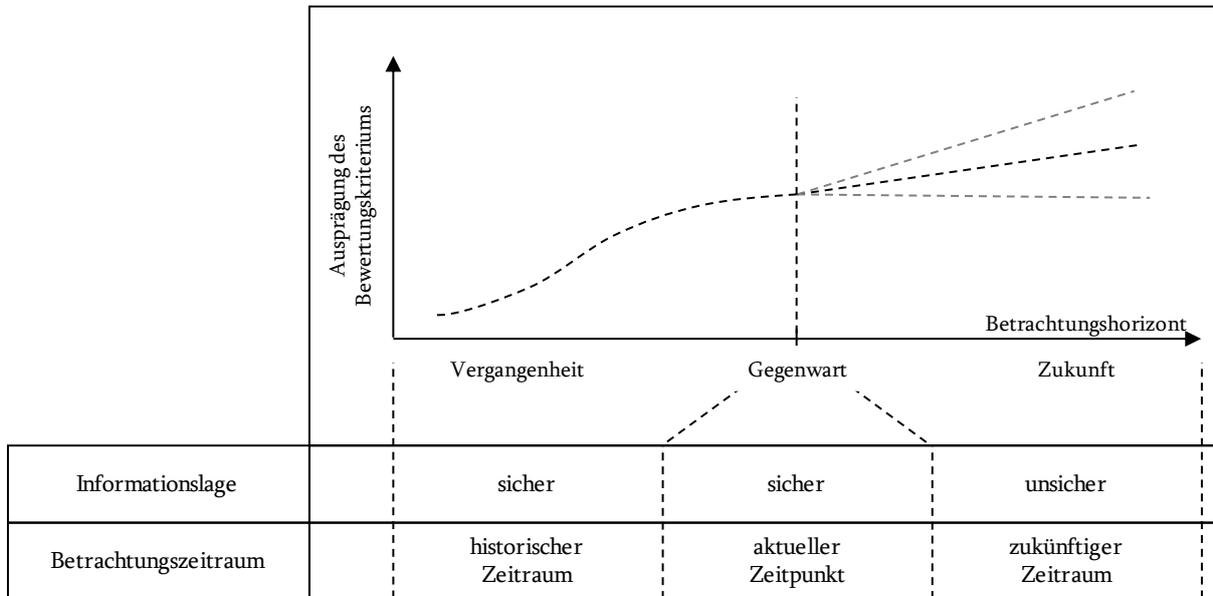


Abbildung 2-2: Klassifikation der Technologiebewertung anhand des Betrachtungszeitraumes

Entsprechend dem betrachteten Zeithorizont zeigt sich zudem eine unterschiedliche Informationslage als Bewertungsgrundlage. So sind Vergangenheitsdaten – wie aktuelle Daten – vorhandene, empirische Informationen, auf deren Basis eine Bewertung erfolgen kann. Prognostische Daten hingegen unterliegen stets einer gewissen Unsicherheit, welche bei der Technologiebewertung berücksichtigt werden muss.

Zusammenfassend zeigt die nachfolgende Abbildung einen Überblick über die unterschiedlichen Charakteristika, welche zur Klassifikation von Bewertungsansätzen herangezogen werden können.

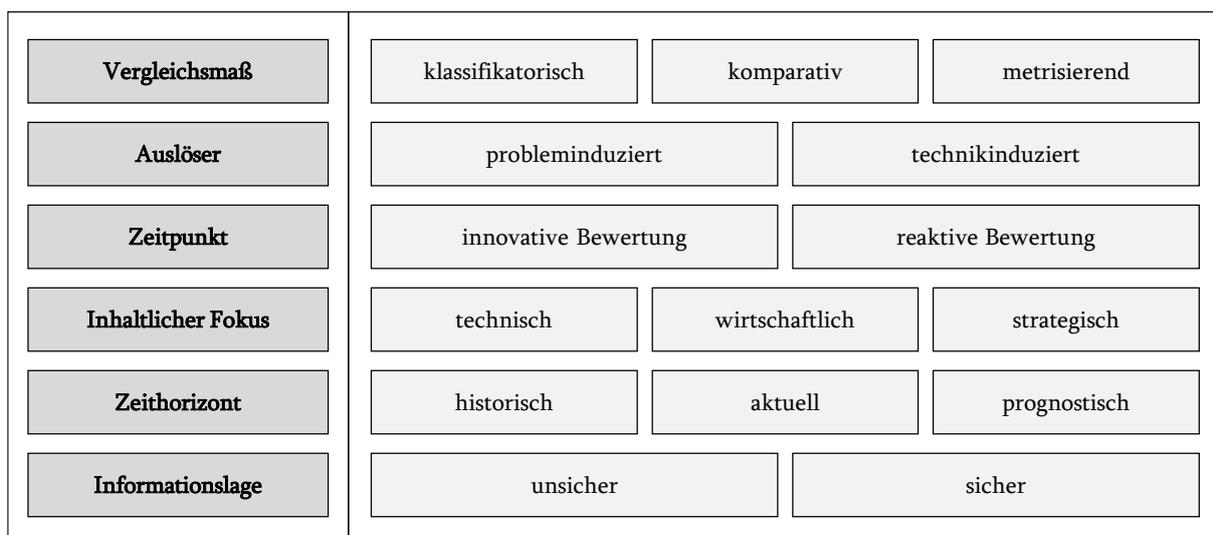


Abbildung 2-3: Mögliche Klassifikationen für Ansätze zur Technologiebewertung

Die vorgestellten Klassifikationsmerkmale definieren die inhaltliche Ausprägung einer Bewertungsmethode bzw. -methodik. Diese Ansätze basieren jedoch meist auf universellen Bewertungsmethoden, welche für den spezifischen Fall adaptiert oder genutzt werden. Gängige Methoden werden in der VDI-Norm 3780 (VDI 3780) vorgestellt und eingeordnet. Die Bewertung der Schwerpunkte der jeweiligen Methode wird nach VDI-Norm 3780 anhand der Bewertungsart (quantitativ oder qualitativ) sowie anhand der Phase im Problemlösungs- bzw. Technologieentwicklungsprozess durchgeführt. In der Strukturierungsphase werden demnach die grundlegenden Fragen, wie die Ausgangssituation, der zu betrachtenden Zeithorizont, die Klärung relevanter Parameter etc., beantwortet. In der Folgenabschätzung finden eine prognostische Betrachtung zukünftiger Entwicklungen der Technologie sowie die Definition der dazu benötigten Annahmen und Rahmenbedingungen statt. In der Bewertungsphase erfolgt eine möglichst quantitative Abbildung der prognostizierten Entwicklung hinsichtlich definierter Zielgrößen, die es zu gewichten gilt. Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über diese Methoden und deren Einordnung in Anlehnung an (VDI 3780).

	Art		Phase		
	qualitativ	quantitativ	Strukturierung	Folgenabschätzung	Bewertung
Trendextrapolation	○	●	○	●	○
Historische Analogiebildung	●	●	○	●	○
Brainstorming	●	○	●	●	○
Delphi-Expertenumfrage	●	●	●	●	●
Morphologische Klassifikation	●	○	●	●	○
Relevanzbaum-Analyse	●	●	●	●	●
Risiko-Analyse	○	●	○	●	●
Verflechtungsmatrix-Analyse	●	●	○	●	●
Modell-Simulation	○	●	●	●	●
Szenario-Gestaltung	●	○	●	●	●
Kosten-Nutzen-Analyse	○	●	○	○	●
Nutzwert-Analyse	●	●	○	○	●

Abbildung 2-4: Klassifikation von Bewertungsmethoden in der Technologiebewertung (angelehnt an VDI 3780)

Diese in der VDI-Norm 3780 (VDI 3780) vorgestellten generischen Bewertungsmethoden stellen einen breiten methodischen Optionsraum für die Bewertung von Technologien zur Verfügung. Für den konkreten Anwendungsfall werden die Basismethoden häufig adaptiert oder kombiniert, um den jeweiligen Anforderungen gerecht zu werden.

Zusammenfassend lässt sich in der Literatur eine Vielzahl von Ansätzen und Methoden zur Bewertung von Technologien finden. In Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen und Anforderungen eignen sich entsprechend unterschiedliche Bewertungsansätze und -methoden. Ziel der Technologiebewertung ist es dabei, stets eine nachvollziehbare, strukturierte Informationsbasis zu schaffen, welche einen qualifizierten Diskurs bezüglich technologischer Fragestellungen ermöglicht (HAAG ET AL. 2011).

2.3 Ansätze zur strategischen Planung von Technologien

Die Bewertung von Technologien stellt die Grundlage für eine fundierte Technologieplanung dar. Im vorliegenden Abschnitt werden daher ausgewählte Arbeiten zur strategischen Planung von Technologien vorgestellt.

SCHINDLER (2015) stellt im Rahmen seiner Dissertation eine Methodik zur strategischen Planung von Technologieketten für die Produktion vor. Die Methodik besteht aus fünf aufeinander aufbauenden Schritten, beginnend mit der Definition der Technologiestrategie sowie des Produktes zur Ableitung der Produktionsaufgabe. Basierend auf der festgelegten Produktstruktur wird in diesem Schritt anhand von Substantiv-Verb-Kombinationen die sukzessive Abfolge der Produktionsaufgabe beschrieben. Im zweiten Schritt, der Technologieidentifikation und -auswahl, findet zunächst die Identifikation relevanter Technologien statt, welche mithilfe von Technologiesteckbriefen dokumentiert und einer qualitativen Technologiegrobbewertung unterzogen werden. Zur Visualisierung der Grobbewertung wird ein Technologieradar, angelehnt an REINHART ET AL. (2012), eingesetzt. Die Technologien werden im dritten Schritt den entsprechenden Produktionsaufgaben zugeordnet und alternative Technologieketten werden gebildet. Dabei werden die Wechselwirkungen zwischen den Technologien und den Bauteil-Features mit Relationsmatrizen abgebildet. Im vierten Schritt wird eine Technologiefinbewertung anhand der Kriterien Technologiereife, Technologiepotenzial und Wirtschaftlichkeit durchgeführt. Bei der Bewertung werden jeweils qualitative sowie quantitative Aspekte in einem Bewertungsmodell berücksichtigt. Im letzten Schritt der Methodik erfolgen eine Sensitivitätsanalyse der Einflussfaktoren hinsichtlich der Bewertungsergebnisse und eine Interpretation der Planungsergebnisse.

GREITEMANN (2016) stellt in seiner Dissertation ein umfassendes Konzept zur Identifikation von Produktionstechnologien auf Basis interner sowie externer Anforderungen vor. Damit ist der Ansatz am Anfang des Technologieplanungsprozesses angesiedelt und ergänzt bspw. den Ansatz nach SCHINDLER (2015). Die erarbeitete Methodik umfasst sechs Schritte, in denen die relevanten technologischen Optionen für ein Unternehmen identifiziert und bewertet werden.

Mit seiner Methodik zur strategischen Planung von Fertigungstechnologien stellt SCHMITZ (1996) einen Ansatz, der aus sechs Schritten besteht, vor. Dabei wird im ersten Schritt die theoretisch nutzbare Technologiemenge möglichst umfassend und zukunftsgerichtet erfasst (SCHMITZ 1996). Diese soll, basierend auf den unternehmensbezogenen Rahmenbedingungen, optimal zur Erfüllung des wertschöpfenden Transformationsprozesses genutzt werden (vgl. DYCKHOFF 1994). Ausgangspunkt ist eine Situationsanalyse, in der die Produkt- bzw. Produktionsbereiche mit dem größten Einfluss auf die Erfüllung der strategischen Unternehmensziele identifiziert werden. Weiterführend erfolgt eine detaillierte Analyse der Produktstruktur zum Aufbau einer Datenbasis aller relevanter Produktinformationen, was die Grundlage für die sog. Alternativensuche darstellt. Dabei wird der Produkt-/Technologie-Möglichkeitenraum aufgebaut, welcher zur Formulierung alternativer Technologieszenarien herangezogen wird. In der Variantenkreation und Variantenreduktion findet eine Konkretisierung der zuvor entwickelten Technologieszenarien statt. In der daran anschließenden Bewertungs- und Strategiefindungsphase werden anhand der definierten Unternehmensstrategie technologische Normstrategien mithilfe der Fuzzy-Set-Theorie entwickelt, welche zur Ableitung eines Aktivitätenprogramms dient. In der letzten Phase, dem Aktivitätenprogramm, erfolgt eine programmatische Festlegung von Produkt- und Prozessinnovationen zum Aufbau, zur Nutzung und zur Pflege technologischer Erfolgspotenziale. Das Aktivitätenprogramm wird in Form eines Technologiekalenders visualisiert.

Auch BURGSTAHLER (1997) baut seine Planungsmethodik zur Synchronisation von Produkt- und Produktionsentwicklung auf einem Technologiekalender-Ansatz auf. Zunächst wird in diesem Zusammenhang eine Eingrenzung der Kernkompetenzen des betrachteten Unternehmens, welche als Ausgangspunkt für die Analyse des Markt- und Wettbewerbsumfeldes dienen, durchgeführt. Daraus werden Technologiepotenziale abgeleitet, welche die Basis für die Festlegung der Innovationsstrategie darstellen. Die Innovationsstrategie wird in Form eines Kennzahlensystems konkretisiert, welches in den Aufbau des Technologiekalenders fließt. Der Technologiekalender ermöglicht in der Folge die Ableitung und die periodische Überprüfung konkreter Technologieprojekte.

GOMERINGER (2007) stellt in seiner Arbeit eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte vor. Der Ansatz umfasst fünf Phasen, beginnend mit einer Analysephase, welche eine Umfeld- und eine Technologieanalyse umfasst. In dieser Analysephase findet zunächst eine Betrachtung des nichttechnischen Unternehmensumfeldes statt, was Kunden, Märkte, Wettbewerber, aber auch politische, gesellschaftliche und gesetzliche Rahmenbedingungen einschließt. Diese Rahmenbedingungen berücksichtigend, erfolgen die Identifikation relevanter Technologien sowie die Prognose ihrer potenziellen Entwicklung. Basierend auf diesen Prognosen wird eine Technologiebewertung durchgeführt, welche auf einem Portfoliomodell anhand der Dimensionen Technologieattraktivität sowie interner Technologiereife basiert. In der Phase der Technologieoptionsgenerierung werden technologische Ziel- und Handlungsalternativen entwickelt, welche sowohl operative als auch strategische Planungsaspekte umfassen. In der nachfolgenden Bewertung der Technologieoptionen werden die entwickelten Ziel- und Handlungsoptionen hinsichtlich ihrer Erfolgswahrscheinlichkeit bewertet und zur Bewertung und Formulierung der Technologiestrategie in ein Technologieportfoliomodell überführt. Im letzten Schritt, der Technologie-Projektplanung, erfolgt die Umsetzungsplanung der definierten Technologiestrategie. Dabei werden Technologien entweder aktiv mit gezielten Forschungs- und Entwicklungsprojekten weiterentwickelt oder passiv beobachtet und gehen in einen Technologiebeobachtungs- bzw. Früherkennungsprozess über.

PFEIFFER & DÖGL (1990) stellen in ihrer Arbeit zur Schnittstelle zwischen Technik und Unternehmensstrategie ein Technologieportfolio-Konzept, basierend auf PFEIFFER ET AL. (1982), vor, das zahlreichen jüngeren Ansätzen (bspw. GOMERINGER (2007)) als Grundlage dient. Der zentrale Gedanke, den der Ansatz verfolgt, ist die gleichberechtigte Betrachtung von Produkt- und Produktionstechnologie im Rahmen der strategischen Unternehmensplanung. Zu diesem Zweck wurde ein Technologieportfolio entwickelt, welches die Hauptdimensionen Technologieattraktivität und Ressourcenstärke abbildet. Dabei steht die Technologieattraktivität für alle technologischen und wirtschaftlichen Vorteile, die durch das Ausschöpfen des Technologiepotenzials in Form technologischer Entwicklung entstehen. Die Ressourcenstärke hingegen stellt ein Maß für die unternehmensbezogene technologische und wirtschaftliche Stärke bzw. Schwäche hinsichtlich der betrachteten Technologie dar. Dies umfasst bspw. den technisch-qualitativen Beherrschungsgrad einer Technologie.

2.4 Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials

Im vorangehenden Abschnitt wurden Ansätze vorgestellt, welche die strategische Planung von Technologien allgemein unterstützen. Der in dieser Arbeit verfolgte potenzialbasierte Ansatz soll über die konventionellen Ansätze zur strategischen Technologieplanung hinausgehen und eine prognostische Perspektive in die Bewertung und die Planung von Technologien integrieren. Dazu werden im folgenden Abschnitt relevante Arbeiten vorgestellt, die sich vollständig oder in Teilaspekten der Bewertung des Technologiepotenzials in unterschiedlicher Ausprägung widmen.

Bei der Analyse der Literatur zur Bewertung von Technologiepotenzialen lassen sich unterschiedliche Strömungen bezüglich des Grundverständnisses für den Potenzialbegriff erkennen. So lässt sich das Technologiepotenzial aus der Perspektive der Unternehmensorganisation als Eigenschaft einer Organisation einordnen. Dabei wird das Technologiepotenzial als technologische Fähigkeit und damit als Subsystem einer Organisation verstanden. Weiterhin lässt sich das Technologiepotenzial aus einer Markt- bzw. Vermarktungsperspektive betrachten, was die Anwendungs-, Einsatz- und Vermarktungsmöglichkeiten einer Technologie in das Zentrum der Betrachtung rückt. Zuletzt kann das Technologiepotenzial auch als immanente Leistungsfähigkeit einer Technologie verstanden werden. Hierbei wird das Technologiepotenzial als Kenngröße mithilfe des theoretisch erreichbaren Leistungsniveaus einer Technologie auf Basis technologischer Leistungsparameter beschrieben. Die nachfolgende Abbildung zeigt die unterschiedlichen Ausprägungen und nimmt eine Einordnung der nachfolgend vorgestellten bzw. teilweise vorgestellten Ansätze vor.

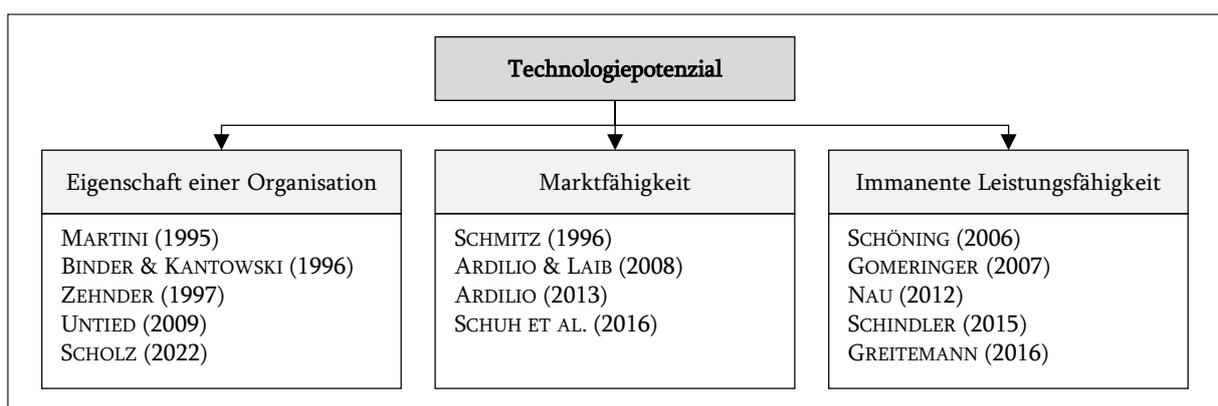


Abbildung 2-5: Klassifikation der Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials

Da einige dieser Ansätze einen sehr breiten Betrachtungsraum umfassen, lässt sich nicht immer eine trennscharfe Einordnung vornehmen. Daher erfolgt die Einordnung anhand der Ausprägung des inhaltlichen Schwerpunktes.

In seinem Ansatz zur marktorientierten Bewertung neuer Produktionstechnologien bewertet MARTINI (1995) den Wert einer Technologie anhand der Dimensionen Erfolg (in Kosten und Erlösen) sowie Potenzial. Kostenseitig wird zwischen einmaligen Kosten und laufenden Kosten differenziert. Der Erlös ergibt sich aus der Multiplikation von Preis und Absatzmenge. Die Dimension Potenzial umfasst alle Eigenschaften, über die ein Unternehmen verfügen muss, um zukünftigen Erfolg sicherzustellen. Er interpretiert das Potenzial als systemimmanentes Leistungsvermögen, welches für die Unternehmung in der Gegenwart und in der Zukunft Handlungsoptionen eröffnet. Die Größe des Potenzials wird, dem Ansatz entsprechend, durch vier Eigenschaften technologischer Innovationsprojekte determiniert: die Reversibilität, die technologische Leistungsbereitschaft, den Markteintrittszeitpunkt sowie die Technologiequelle. Die Reversibilität beschreibt dabei die Anwendungsneutralität der Technologie, sodass eine Anwendung in anderen Gebieten möglich ist, sofern sich das ursprüngliche Vorhaben als ungünstig herausstellt. Die technologische Leistungsbereitschaft beschreibt die Ambition zur technologischen Führerschaft, welche strategisch zu quasimonopolistischen Strukturen und damit zu einem erweiterten Preissetzungsspielraum führt. Der Markteintrittszeitpunkt bestimmt die Handlungsoptionen im Wettbewerbskontext, indem eine frühe Technologieinvestition zu Informations- und Erfahrungsvorsprung führen kann. Das Feld Technologiequelle beschreibt die Unabhängigkeit von externen Technologieanbietern, welche mögliche Handlungsoptionen durch Lizenzbestimmungen oder Vertragskonstellationen bei der Technologieakquise einschränken können. Das Potenzial wird schlussendlich durch die Anzahl der möglichen Handlungsoptionen quantifiziert.

BINDER & KANTOWSKY (1996) unterscheiden zwischen drei verschiedenen Potenzialarten mit unterschiedlichem Systembezug. Auf der Systemebene der Unternehmung sind die strategischen Erfolgspotenziale angesiedelt. Auf der Systemebene Markt kommen die strategischen Erfolgspositionen zum Tragen. Auf der Systemebene Umwelt sind die eigentlichen Nutzenpotenziale zu finden. Die jeweiligen Systeme weisen unterschiedliche Systemelemente auf, die in einem komplexen Beziehungsgefüge stehen. Fremd- und Eigenkapitalgeber, verfügbare Arbeitskräfte, Zulieferer sowie der Staat werden als Elemente des Umweltsystems gesehen, wohingegen Kunden und Wettbewerber sowie die betrachtete Unternehmung selbst als Elemente der zu bearbeitenden Märkte definiert sind. Die strategischen Erfolgspotenziale wiederum werden in Marktbeziehungspotenziale, Human- bzw. Managementpotenziale und Technologiepotenziale unterteilt. Humanpotenziale beschreiben die Quantität und die Qualität der in der Unternehmung vorhandenen personellen Ressourcen. Technologiepotenziale beschreiben die Möglichkeit einer Unternehmung, welche auf Wissen und Fähigkeiten in den Bereichen Produkt- und

Prozesstechnologie basiert. Unter dem Begriff der Marktbeziehungspotenziale sind marktgerichtete Erfolgspotenziale zu verstehen, die sich aufgrund einer intensiven Beziehungspflege zu den Partnern in einem Wertschöpfungs- bzw. Geschäftssystem über lange Zeiträume hinweg entwickeln.

ZEHNDER (1997) stellt einen Ansatz zur kompetenzbasierten Technologieplanung vor. Dabei erfolgten eine Analyse und Bewertung technologischer Fähigkeiten im Unternehmen anhand der vier Module Rekombinationspotenzial, Nachhaltigkeit, Anwendungsfälle und Einzigartigkeit der erzeugbaren Marktleistung. Entlang der vier Module werden technologische Ressourcen und Fähigkeiten kombiniert und hinsichtlich ihrer in Kombination vorhandenen Eigenschaften bewertet. Die Methodik zeigt demnach eine Unterteilung in technologische und marktbezogene Faktoren. Zur Bewertung der technologischen Fähigkeit eines Unternehmens wird in der Folge ein optionsbasiertes Binomialmodell aufgebaut, welches mögliche Optionen für den Cashflow abbildet, welcher sich aus dem Hauptanwendungsfall und weiteren Nebenanwendungsfällen einer Technologie ergeben. Der Gesamtwert entspricht dem wahrscheinlichkeitsgewichteten Erwartungswert des Binomialmodells.

UNTIEDT (2009) stellt in seiner Arbeit eine quantitative Methodik zur Bewertung der technologischen Leistungsfähigkeit produzierender Unternehmen auf Basis des sogenannten Technologie-Ratings vor. Adressaten des Modells sind dem Autor zufolge primär Kapitalgeber, aber auch Unternehmen selbst, welche mit dem Ansatz ein Instrument zur Bewertung von ökonomischen sowie technologischen Chancen und Risiken zur Renditeoptimierung zur Verfügung gestellt bekommen sollen. Das Konzept umfasst ein Technologiemoell, ein Zielmodell, ein Kontextmodell und ein Technologie-Rating. Im Technologiemoell werden zunächst sechs Hauptmodellierungsobjekte definiert: konkret das Produkt, der Technologiepool, externe, komplementäre und organisatorische Aspekte sowie Entwicklungsprozesse. Im Zielmodell werden die Hauptmodellierungsobjekte mit den Hauptzielgrößen (Technologiepotenzial, Nachhaltigkeit, Umsetzungsfähigkeit) verknüpft. Diese Hauptzielgrößen stellen die drei grundlegenden Säulen der technologischen Leistungsfähigkeit eines Unternehmens dar. Im Kontextmodell findet die Entwicklung von Bewertungsansätzen für die einzelnen Hauptmodellierungsobjekte statt. Im Technologie-Rating Modell werden schließlich die einzelnen Teilmodelle zu einer integrierten Technologie-Rating-Methode verknüpft. Die Bewertung des Technologiepotenzials wird demnach indirekt über die Verrechnung der Bewertungen der Hauptmodellierungsobjekte entsprechend einer Verknüpfungsformel umgesetzt.

In der Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung nach SCHOLZ (2022) wird das Technologiepotenzial als Beitrag zur Erlangung strategischer

Erfolgspositionen durch das Unternehmen verstanden. Die Methodik besteht aus fünf Teilmodellen, in denen zunächst eine Charakterisierung der Technologie sowie eine Beschreibung des Anwendungskontextes durchgeführt werden. Darauf aufbauend werden das Technologiepotenzial und das damit verbundene Risiko der Technologie ermittelt. Abschließend findet die Gestaltung der potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung statt. Der Fokus der Arbeit liegt insbesondere auf der initialen Technologieauswahl, auf einer Berücksichtigung von Unsicherheit bzw. Risiko sowie auf einer simultanen Betrachtung von Potenzial und Risiko bei der Technologiebewertung. Im ersten Teilmodell, der Charakterisierung der Technologie, werden die relevanten technologischen Eigenschaften und Merkmale basierend auf bestehender Literatur formuliert. Zudem wird der Einsatz der Technologie beschrieben, um eine Einordnung in den Prozess bzw. das Produktspektrum des Unternehmens vornehmen zu können. Im Rahmen der Beschreibung des Anwendungskontextes (Teilmodell 2) werden konkrete, aktuelle sowie zukünftig denkbare Anwendungsfelder für die Technologie beschrieben. Weiterführend findet eine Abschätzung der Anwendungsbedeutung statt, um die Relevanz der Anwendung für das Unternehmen herauszustellen. Die Ermittlung des Technologiepotenzials (Teilmodell 3) basiert auf den strategischen Zielen des Unternehmens, welche im strategischen Management definiert werden. Dazu wird die Höhe des Technologiepotenzials anhand der Einsatzmöglichkeiten sowie der unternehmensspezifischen Relevanz bestimmt. Die Bewertung erfolgt über sechs generische Potenzialfaktoren, welche sich in interne und externe Potenzialfaktoren unterscheiden lassen. Teilmodell 4, die Ermittlung des Risikos, umfasst insbesondere die Bewertung etwaiger Risikofaktoren, welche im Zuge der Realisierung von Technologiepotenzialen aufkommen. Methodisch basiert die Risikobewertung auf der internationalen Norm für Risikobewertung DIN ISO 31000. Dabei werden mögliche Risikoursachen literaturbasiert identifiziert und in Teilrisiken detailliert. Im letzten Teilmodell, der Ausgestaltung der Methodik, werden die Ergebnisse der vorherigen Teilmodelle zusammengeführt und aufbereitet, um eine Entscheidung durch das Management des Unternehmens zu unterstützen.

Der bereits vorgestellte marktorientierte Ansatz nach SCHMITZ (1996) umfasst eine Bewertung des Technologiepotenzials im Rahmen der Bewertung und der Strategiefindung. Dabei werden die Aktivitätsparameter Nutzen, Multiplikationspotenzial, Realisierungsaufwand, technische Eignung und Technologieentwicklungspotenzial bewertet. Die Bewertung des Nutzens basiert auf der Erzielung einer technologischen Verbesserung hinsichtlich des Status quo (z. B. durch Einsparung von Gemeinkosten, Zeit oder Materialeinsatz). Das Multiplikationspotenzial beschreibt die Übertragbarkeit bzw. die Anwendbarkeit der Technologie auf weitere bestehende oder neue Produkte. Der

Realisierungsaufwand umfasst sämtliche notwendige Anpassungsmaßnahmen in der Produktion oder am Produkt sowie damit einhergehende Investitionen. Die technische Eignung umfasst die Fähigkeit zur Erzeugung der geforderten Geometrie, zur Verarbeitung der relevanten Werkstoffe oder zur Aufrechterhaltung einer gewissen Prozesssicherheit. Die Bewertung des Technologieentwicklungspotenzials erfolgt anhand einer qualitativen Einordnung der betrachteten Technologie innerhalb des Technologielebenszyklus sowie mittels der Extrapolation relevanter Leistungsparameter durch Experteneinschätzung.

Im Rahmen seiner Arbeit zur strategischen Technologieentwicklungsplanung für Forschungseinrichtungen beschreibt ARDILIO (2013), basierend auf den Vorarbeiten von ARDILIO & LAIB (2008), eine Vorgehensweise zur Analyse des Wettbewerbspotenzials von Produktionstechnologien. Adressaten der vorgestellten Methode sind vor allem Technologieentwickler aus dem Bereich der angewandten Forschung. Die entwickelte Vorgehensweise fokussiert die Analyse aktueller bzw. entstehender Technologien sowie Wettbewerber und Märkte für eine weiterzuentwickelnde Technologie. Dabei dient die Technologieanalyse der Ermittlung sämtlicher relevanter Funktionen und Attribute der Technologie. In der Technologiewettbewerbsanalyse wird, basierend auf der Funktionen- und Attributsanalyse, die Wettbewerbssituation der Technologie ermittelt. In der Phase der Applikationsanalyse werden die potenziell möglichen Applikationen der Technologie zusammengefasst. In der letzten Phase – der Technologievermarktung – wird schließlich eine Technologieentwicklungsstrategie formuliert. Diese findet auf Grundlage einer Priorisierung der Applikationen hinsichtlich ihrer Attraktivität statt. ARDILIO (2013) bewertet das Potenzial der identifizierten Applikationen nach technischen, wettbewerblichen und marktrelevanten Kriterien. Konkret unterscheidet er zwischen der applikationsspezifischen Marktattraktivität und der applikationsspezifischen Wettbewerbsposition. Eine hohe Marktattraktivität erreicht eine Applikation, indem sie entweder ein latentes Bedürfnis befriedigt, eine Performancesssteigerung zur Konsequenz hat, eine Kostenreduktion herbeiführt oder aber einen Bedarf in einem neuen Markt generiert. Auf Technologieebene wird die Marktattraktivität aus der Anzahl der potenziell adressierbaren Applikationen abgeleitet. Die applikationsspezifische Wettbewerbsposition einer Technologie gibt Auskunft über den Grad des Technologiewettbewerbs für die jeweilige Applikation und ist somit ein Maß für das Einsatzpotenzial der Technologie.

Die von SCHUH ET AL. (2016) entwickelte Methode zur Bewertung des Potenzials von Technologien fokussiert die marktorientierte Verwertung von Technologien. Zunächst werden dazu die möglichen Nutzungsoptionen identifiziert. Hierbei wird zwischen einer internen Nutzung, einem Joint Venture, einer Lizenzierung und einem Verkauf der Technologie unterschieden. Anschließend werden im Zielsystem die finanziellen und die

strategischen Ziele des Unternehmens abgesteckt. Im Technologiemoell werden die Wettbewerbsrelevanz sowie die funktionale Relevanz der Technologie analysiert. Ebenso werden die technologische Komplexität und die Schutzmöglichkeiten (Patente) untersucht. Im Marktmodell werden mithilfe von Szenariotechniken und Lebenszyklusmodellen die möglichen Absatzpotenziale der Technologie hinterfragt. Im Anschluss werden die Ergebnisse mithilfe einer dreidimensionalen Portfoliomethode visualisiert und bewertet. Die drei Achsen entsprechen der Wettbewerbsintensität, der Weiterentwicklungsintensität und der Marktattraktivität.

SCHÖNING (2006) stellt in seiner Arbeit einen Ansatz zur potenzialbasierten Bewertung neuer Technologien vor. Dabei erfolgt eine monetär-quantitative Bewertung des Potenzials von Technologien, insbesondere hinsichtlich der Steigerung des Unternehmenswertes durch das sog. Intangible-Assets-Portfolio. Das Potenzial wird demnach als systemimmanentes Leistungsvermögen interpretiert, welches für die Unternehmung in der Gegenwart und in der Zukunft Handlungsoptionen eröffnet. Die Zielgröße der Bewertung stellt der durch eine Technologie erzielbare Cashflow dar, welcher auf Basis des Technologie-, des Nutzen- sowie des Marktpotenzials abgeleitet wird. Das Technologiepotenzial wird durch den Abgleich der aktuellen und der theoretisch-physikalisch erreichbaren Ausprägung von Leistungsparametern mit dem dazu nötigen Entwicklungsaufwand bestimmt. Dabei wird zwischen objektiven und subjektiven Technologiepotenzialen unterschieden. Objektive Technologiepotenziale beschreiben die theoretischen Leistungsgrenzen einer Technologie (vgl. WALLENTOWITZ ET AL. 2009) wohingegen subjektive Technologiepotenziale sog. Lock-in- bzw. Lock-out-Effekte berücksichtigen, welche unternehmensindividuellen positiven sowie negativen Rahmenbedingungen Rechnung tragen (vgl. Abschnitt 5.1). Das Nutzenpotenzial bewertet den durch die Technologie entstehenden Nutzen für den Anwender und somit den generierbaren Mehrwert. Das Marktpotenzial ergibt sich schließlich aus dem durch die Technologie am Markt erzielbaren Cashflow.

Im Rahmen der Technologieanalyse stellt GOMERINGER (2007) einen Ansatz zur Bewertung der Technologieattraktivität vor, welcher auf Marktfaktoren, Wettbewerbsfaktoren, technischen Faktoren und sonstigen Faktoren basiert. Der Ansatz berücksichtigt insbesondere die Abhängigkeiten zwischen Leistungsparametern einer Technologie und der variierenden Relevanz einzelner Leistungsparameter je nach Marktsegment und Anwendungsfall. Zur Verknüpfung von Leistungsparametern mit konkreten Kundenbedürfnissen und den drei Kriterien zur Bewertung der Technologieattraktivität (Weiterentwicklungspotenzial, Aufwand und Risiko der Weiterentwicklung,

Leistungsfähigkeit im Vergleich zu anderen Technologien) wird der Quality-Function-Deployment-Ansatz nach AKAO (1990) eingesetzt.

In seinem Ansatz zur anlauforientierten Technologieplanung fokussiert NAU (2012) die Auswahl von Fertigungstechnologien im operativen Technologiemanagement. Dabei werden unterschiedliche Anlaufsznarien hinsichtlich ihres Aufwand-Nutzen-Verhältnisses untersucht. Diese Untersuchung ist untergliedert in eine Grob- und eine Feinplanungsphase, wobei in der Grobplanungsphase Risiken und Potenziale der Technologien betrachtet werden, welche in der Feinplanungsphase anhand mathematischer Modelle hinsichtlich des Verhaltens in der Hochlaufphase bewertet werden. Die Bewertung von Risiko und Potenzial erfolgt anhand einer Risiko-Potenzial-Matrix. Die für die Risiko- und Potenzialidentifikation relevanten Bereiche sind Personal, Technologie, Produkt, Logistik und Organisation. Die in diesen Subsystemen auftretenden Risiken und Potenziale lassen sich wiederum systematisch differenzieren. Bezüglich des Risikos wird zwischen Kostenrisiken, Leistungsrisiken, technologischen Risiken und Anlauftrisiken unterschieden. Aufseiten des Potenzials lassen sich Einsparungs- und Gewinnpotenziale, Leistungspotenziale, technologische Potenziale und anlaufspezifische Potenziale voneinander abgrenzen.

SCHINDLER (2015) und GREITEMANN (2016) betrachten das Technologiepotenzial, basierend auf den Ansätzen von WALLENTOWITZ ET AL. (2009) und WIBE (2004), unabhängig vom Markt anhand definierter technologischer Leistungsparameter. Dabei wird ein technologischer Grenzwert, basierend auf einem S-Kurven-Modell (vgl. WALLENTOWITZ ET AL. 2009), definiert. Das Potenzial ergibt sich demnach aus der Differenz der aktuellen Ausprägung des Leistungsparameters zum technologischen Grenzwert (vgl. HÖCHERL 2000). Die betrachteten Leistungsparameter werden in die Kategorien Flexibilität, Produktqualität und neue Produkteigenschaften eingeteilt.

Neben den vorgestellten Ansätzen existieren zahlreiche weitere Arbeiten, die sich meist als Nebenaspekt oder konzeptionell-generisch mit der Bewertung von Technologiepotenzialen beschäftigen⁷.

⁷ Die nachfolgenden Ansätze wurden zur Vollständigkeit ebenfalls detailliert untersucht, können jedoch im Rahmen der Ausarbeitung nicht weiterführend beschrieben werden: WALLENTOWITZ ET AL. (2009), GRAWATSCH (2005), SCHIMPF & WAGNER (2010), SCHIMPF & RUMMEL (2015), WARTBURG (2000), STEINWENDER (2021), FRIES & LIENKAMP (2016).

2.5 Ableitung des Handlungsbedarfs und Konkretisierung der Zielsetzung

Die Ausführungen des Abschnittes 2.3 zeigen, dass bereits eine Vielzahl von Ansätzen besteht, die sich mit der strategischen Planung von Technologien und Technologieketten beschäftigen. Zudem existieren zahlreiche Ansätze, welche vollständig oder teilweise die Bewertung von Technologiepotenzialen fokussieren (vgl. Abschnitt 2.4). Um den Handlungsbedarf für die vorliegende Arbeit ableiten zu können, werden die vorgestellten Ansätze hinsichtlich des in Abschnitt 1.3.2 definierten Betrachtungsraumes sowie der in Abschnitt 1.4 definierten Zielsetzung bewertet. Abbildung 2-6 gibt eine Übersicht über die Bewertung der Ansätze zur strategischen Planung von Technologien anhand der Kategorien Betrachtungsobjekt, Bewertungsart, Planungsebene, Betrachtungszeitraum und Planungsumfang.

In der Literatur finden sich zahlreiche Ansätze, welche die strategische Planung von Technologien unterstützen. Die Ansätze nach SCHMITZ (1996) oder BURGSTAHLER (1997) streben dazu eine Synchronisation von Produkt- und Prozessinnovation an, um ein ganzheitliches Technologiebild zu generieren. Die prognostische Betrachtung möglicher technologischer Weiterentwicklungen findet in diesem Zusammenhang nur oberflächlich und qualitativ statt. SCHINDLER (2015) greift das Technologiepotenzial als Bewertungsdimension für die strategische Technologieplanung ebenfalls auf, bedient sich schlussendlich jedoch eines pragmatischen, qualitativen Ansatzes zur Abschätzung des Technologiepotenzials als Planungsgröße. Im Ausblick wird explizit auf weiteres Forschungspotenzial hinsichtlich der Untersuchung des Technologiepotenzials im Rahmen der strategischen Technologieplanung hingewiesen. In Anlehnung an SCHINDLER (2015) greift auch GREITEMANN (2016) das Technologiepotenzial auf, bedient sich jedoch der Bewertungsmechanismen nach SCHINDLER (2015). GOMERINGER (2007) stellt einen prognostisch orientierten Ansatz vor, welcher explizit auf Produkttechnologien ausgerichtet ist. Der Ansatz nach PFEIFFER & DÖGL (1990) stellt ein universelles Rahmenwerk für die strategische Technologieplanung dar und bietet mit dem qualitativen Technologieportfolio eine Basis für die Entwicklung anwendungsnaher Ansätze. Keiner der betrachteten Ansätze deckt die potenzialbasierte Planung vollständig ab. Auch die Potenzialbewertung wird meist als Nebenaspekt betrachtet.

	SCHINDLER (2015)	GREITEMANN (2016)	SCHMITZ (1996)	BURGSTÄHLER (1997)	GOMERINGER (2007)	PFEIFFER & DÖGL (1990)
Betrachtungsobjekt						
Produkttechnologie	○	○	○	◐	●	●
Produktionstechnologie	●	●	●	◐	○	●
Bewertungsart						
Qualitative Bewertung	◐	●	○	◐	◐	●
Quantitative Bewertung	◐	○	●	◐	◐	○
Planungseben						
Strategische Planung	●	●	●	●	●	●
Operative Planung	○	○	○	○	◐	○
Betrachtungszeitraum						
Historisch/ Status-quo	●	●	◐	●	◐	◐
Prognostisch	◐	◐	◐	◐	●	◐
Planungsumfang						
Bedarfsidentifikation	○	●	◐	◐	◐	○
Potenzialbewertung	◐	◐	◐	◐	◐	●
Potenzialbasierte Planung	◐	○	◐	◐	◐	○

Abbildung 2-6: Bewertung der Ansätze zur strategischen Technologieplanung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Feld der strategischen Planung von Technologien umfassend untersucht wurde und zahlreiche Detailspekte gut erforscht sind. Es zeigt sich jedoch, dass die Integration prognostischer Methoden im Rahmen der Technologieentwicklung kaum stattfindet. Das Technologiepotenzial wird in der strategischen Technologieplanung kaum untersucht.

Neben den Ansätzen zur strategischen Technologieplanung werden im Folgenden die Ansätze bzw. Teilansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials betrachtet. Abbildung 2-7 gibt einen Überblick über die Einordnung der betrachteten Ansätze. Dabei erfolgt eine Beurteilung anhand mehrerer Kategorien. Die Kategorie inhaltlicher Fokus wurde hierbei

im Vergleich zu Abbildung 2-6 ergänzt, um die zentralen Bewertungsperspektiven hinsichtlich des Potenzials herauszustellen.

	MARTINI (1995)	BINDER & KANTOWSKI (1996)	ZEHNDER (1997)	UNTIED (2009)	SCHMITZ (1996)	ARDILLO (2013)	SCHUH ET AL. (2016)	SCHÖNING (2006)	GOMERINGER (2007)	NAU (2012)	SCHINDLER (2015)	SCHOLZ (2022)
Betrachtungsobjekt												
Produkttechnologie	●	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	●
Produktionstechnologie	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
Bewertungsart												
Qualitative Bewertung	●	●	●	○	○	●	●	○	●	●	●	●
Quantitative Bewertung	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Inhaltlicher Fokus												
Technischer Fokus	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Wirtschaftlicher Fokus	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○
Strategischer Fokus	○	●	○	○	○	○	●	○	●	○	○	●
Betrachtungszeitraum												
Historisch/ Status-quo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Prognostisch	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●

Abbildung 2-7: Bewertung der Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials

Die hier dargestellte Beurteilung ist jeweils auf die Potenzialbewertung zu beziehen. So umfasst ein technischer Fokus die Konzentration auf technische Eigenschaften und Leistungsparameter sowie deren prognostizierte Entwicklung. Ein wirtschaftlicher Fokus wird Ansätzen zugeschrieben, die zukünftige wirtschaftliche Effekte (z. B. Einsparungen oder zusätzliche Gewinne oder Umsätze durch die Weiterentwicklung einer Technologie) prognostizieren. Ein strategischer Fokus liegt in der Potenzialbewertung vor, wenn eine Technologie bzw. deren Weiterentwicklung hinsichtlich der Zuträglichkeit zur Erreichung unternehmensstrategischer Ziele erfolgt.

Hervorzuheben ist insbesondere der strategische Fokus, welcher im Rahmen der Potenzialbewertung von Technologien zumeist keine Berücksichtigung findet. Im Rahmen des Ansatzes nach GOMERINGER (2007) findet dazu eine Verknüpfung der Potenziale technologischer Handlungsoptionen mit der angestrebten Unternehmensstrategie statt. Da GOMERINGER (2007) jedoch einen produktfokussierten Ansatz verfolgt, ist keine direkte Anwendung auf Produktionstechnologien möglich. Auch SCHOLZ (2022) fokussiert explizit den strategischen Aspekt bei der Potenzialbewertung. Die vorgestellte Methodik wird jedoch auf die spezielle Entscheidungssituation der initialen Technologieauswahl in einem frühen Stadium eingegrenzt. Zudem findet weder eine Integration weiterer Betrachtungsperspektiven noch eine Einbettung in ein weiterführendes Technologiemanagementkonzept statt. Neben den bestehenden Defiziten bei einer umfassenden inhaltlichen Abdeckung des Bewertungsraumes erfolgt meist keine prognostische Betrachtung des Technologiepotenzials. ZEHNDER (1997) und SCHÖNING (2006) führen prognostische Bewertungen des Technologiepotenzials durch, indem sie zukünftige Cashflows abschätzen, was eine Fokussierung auf wirtschaftliche Aspekte darstellt. Die Fokussierung des Ansatzes nach SCHOLZ (2022) auf die initiale Technologieentscheidung in der frühen Lebenszyklusphase wurde bereits erläutert.

Die Analyse der bestehenden Ansätze zeigt, dass keine Modelle oder Methoden existieren, welche eine ganzheitliche, potenzialbasierte Technologieplanung im strategischen Technologiemanagement abbilden. Insbesondere die Integration technischer, wirtschaftlicher und strategischer Potenzialaspekte in ein prognosebasiertes Modell erweist sich als forschungsseitiges Handlungsfeld. Zudem stellt die Einbettung einer quantitativen, prognosebasierten Potenzialbewertung in die strategische Technologieplanung eine entscheidende Herausforderung dar, die in bestehenden Forschungsarbeiten nur am Rande betrachtet wurde. Daher besteht das Ziel der vorliegenden Arbeit darin, die erarbeiteten Defizite zu beheben, was zu folgenden Detailzielen führt:

- Entwicklung eines Modells zur **integrierten Potenzialbewertung** unter Berücksichtigung **technischer, wirtschaftlicher und strategischer Aspekte**;
- Entwicklung von Teilmodellen zur **prognosebasierten Bewertung des Technologiepotenzials** in den Dimensionen Technik, Wirtschaftlichkeit und Strategie;
- **Einbettung der Potenzialbewertung** in einen ganzheitlichen Ansatz zur strategischen Technologieplanung;
- **Aufbau eines Rahmenwerkes zum Aufbau potenzialbasierter Planungen.**

3 Anforderungen

Wie in Abschnitt 1.4 beschrieben, ist es das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit, produzierende Unternehmen dabei zu unterstützen, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und auszubauen. Dieses soll insbesondere durch die potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement erreicht werden, welches die Basis für systematische Innovation schaffen soll. Zu diesem Zweck wurden in Kapitel 2 zahlreiche bestehende Ansätze zur strategischen Technologieplanung und zur Bewertung von Technologiepotenzialen vorgestellt. In Abschnitt 2.5 wurde anhand einer Bewertung des vorherrschenden Standes der Technik der Handlungsbedarf als Grundlage für die vorliegende Arbeit abgeleitet. Es bedarf einer Methodik zur strategischen Technologieplanung, welche das Potenzial von Technologien mit Blick auf alle relevanten Betrachtungsperspektiven betrachtet und in ein durchgängiges Konzept zum nachhaltigen Technologiemanagement eingebettet ist. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Abschnitt 2.5 sowie aus den in Abschnitt 1.4 definierten Zielen werden im Folgenden allgemeine, praktische und inhaltliche Anforderungen abgeleitet. Diese Anforderungen dienen einerseits als Leitplanken, um Orientierung während der inhaltlichen Erarbeitung und Beschreibung in den Kapiteln 4, 5 und 6 zu geben, andererseits werden sie für die abschließende Evaluierung des Ergebnisses im Abschnitt 7.2 herangezogen.

3.1 Allgemeine Anforderungen

Nach HELFRICH (2016) müssen zur Sicherstellung der Wissenschaftlichkeit eines methodischen Vorgehens die Qualitätskriterien Objektivität, Reliabilität und Validität erfüllt sein. Die Einhaltung dieser Kriterien verhindert das Zustandekommen zufälliger oder willkürlicher Ergebnisse und fördert intersubjektiv nachvollziehbare, wiederholbare und dem Gegenstand angemessene Ergebnisse (HELFRICH 2016). Die einzelnen Gütekriterien bauen dabei aufeinander auf.

Objektivität (Sachlichkeit):

Das Gütekriterium der Objektivität fordert die Unabhängigkeit des durch die Ausführung eines Vorgehens erzielten Ergebnisses von der ausführenden Person (intersubjektive

Nachvollziehbarkeit). Der Grad der Objektivität lässt sich durch verschiedene Verfahren zur Beurteilerübereinstimmung ermitteln (vgl. NEYER & ASENDORPF 2018) und reicht von 0 bis 1.

Reliabilität (Zuverlässigkeit):

Reliabilität bzw. Zuverlässigkeit liegt bei einer Methode dann vor, wenn das Ergebnis aus unterschiedlichen Messungen unter vergleichbaren Bedingungen übereinstimmt (HELFRICH 2016). Sie steht damit für die Reproduzierbarkeit einer Vorgehensweise (vgl. HÄDER 2015). Die Reliabilität lässt sich dabei in eine zeitliche Zuverlässigkeit (Stabilität) und eine inhaltliche Zuverlässigkeit (Konsistenz) unterscheiden.

Validität (Gültigkeit):

Die Validität stellt das zentrale Gütekriterium dar, indem es die Angemessenheit der methodischen Herangehensweise sowie das Ergebnis im Hinblick auf die zu untersuchende Fragestellung bewertet (HELFRICH 2016). Hierbei wird also überprüft, ob eine Methode inhaltlich ihren Zweck erfüllt (vgl. HÄDER 2015).

3.2 Praktische Anforderungen

Neben den allgemeinen Anforderungen an die Wissenschaftlichkeit des methodischen Vorgehens werden für die vorliegende Arbeit praktische, anwendungsbezogene Anforderungen definiert.

Übertragbarkeit:

Die Anforderung der Übertragbarkeit meint die Möglichkeit, das methodische Vorgehen in unterschiedlichen Anwendungsfällen im Rahmen der in Abschnitt 1.3 definierten Grenzen des Betrachtungsraumes einsetzen zu können. Dies schließt insbesondere die Anwendung in unterschiedlichen Branchen, Unternehmen und Wertschöpfungsbereichen ein. Um diese Übertragbarkeit realisieren zu können, ist ein gewisses Maß an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Vorgehens und der betrachteten Parameter an die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen nötig.

Nachvollziehbarkeit:

Die Nachvollziehbarkeit bezieht sich einerseits auf die logische Verständlichkeit des Weges zu einem Ergebnis, andererseits auf die Verständlichkeit des Ergebnisses selbst. Es muss der anwendenden Person ermöglicht werden, die methodischen Schritte mit den jeweiligen Zwischenergebnissen sowie das Endergebnis nachvollziehen zu können. Dazu ist

insbesondere auf die logisch nachvollziehbare Gestaltung der Vorgehensschritte sowie eine konsistente, prägnante und vollständige Beschreibung des Vorgehens zu achten.

Anwendbarkeit:

Das zu entwickelnde Vorgehen muss im Sinne eines wirtschaftlichen Aufwand-Nutzen-Verhältnisses intuitiv gestaltet und mit begrenztem Vorbereitungsaufwand durchführbar sein. Für komplexere Aufgaben oder Teilaufgaben müssen klare Leitfäden oder Vorlagen vorhanden sein, um die anwendende Person durch das Vorgehen zu leiten. Da es sich um ein Vorgehen handelt, das in eher spezialisierten Strategiebereichen der Unternehmensorganisation angewendet wird, werden gewisse Vorkenntnisse aus den Bereichen Technologie, Strategie und methodischem Arbeiten vorausgesetzt. Zudem muss die Methodik zu einem konkreten, dem Kontext der Untersuchung angemessenen Ergebnis führen. Dies meint insbesondere die Anwendbarkeit der Ergebnisse im industriellen Kontext. Die praktische Anwendbarkeit ist entsprechend gegeben, wenn bspw. konkrete Handlungsempfehlungen oder Projekte abgeleitet werden können.

3.3 Inhaltliche Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen beschreiben die Anforderungen, welche inhaltlich an das Vorgehen, also an den Prozess der Zielerreichung, sowie auch an das Ergebnis selbst gestellt werden.

Integration der Technologiestrategie:

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert, stellt die Technologiestrategie die Grundlage und eine Orientierungshilfe für die Technologieplanung dar. In der potenzialbasierten Technologieplanung werden langfristige und prognostisch basierte Entscheidungen getroffen, welche im Einklang mit der langfristigen Technologiestrategie stehen müssen, um die langfristigen Unternehmensziele erreichen zu können. Daher muss die Technologiestrategie in der potenzialbasierten Technologieplanung im strategischen Technologiemanagement Berücksichtigung finden.

Ganzheitlichkeit im Vorgehen:

Um eine umfassende Einschätzung einer Technologie im Rahmen des strategischen Technologiemanagementprozesses vornehmen zu können, müssen alle relevanten Betrachtungsperspektiven auf eine Technologie in der Planung und der Bewertung berücksichtigt werden. Eine einseitige Betrachtung, bspw. der Wirtschaftlichkeit, kann zu einer verzerrten Darstellung einer Technologie im Entscheidungsprozess führen. Neben der

Ganzheitlichkeit in der Bewertung muss auch eine ganzheitliche Einbettung der Technologiebewertung in den Technologieplanungsprozess erfolgen (vgl. SCHUH 2011).

Flexibilität:

Innerhalb des definierten Betrachtungsraumes soll das Vorgehen über Branchen, Unternehmen und Wertschöpfungsbereiche hinweg anwendbar sein. Diese Übertragbarkeitsanforderung macht die Anforderung nach einer flexiblen Gestaltung des Detaillierungsgrades in den jeweiligen Phasen des Vorgehens notwendig. Entsprechend der Ressourcenverfügbarkeit, der Detaillierungsanforderung und der technologischen Rahmenbedingungen muss das Vorgehen Flexibilität hinsichtlich des Detaillierungsgrades ermöglichen. Neben der Flexibilität hinsichtlich des Detaillierungsgrades ist auch eine flexible Übertragbarkeit auf das gesamte betrachtete Technologiespektrum (vgl. Abschnitt 1.3) sowie möglicherweise auf neue, innovative Technologien und Technologiekonzepte erforderlich.

Zusammenfassend sind die an die zu entwickelnde Methodik gestellten Anforderungen nachfolgend in Abbildung 3-1 dargestellt.

Allgemeine Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Objektivität (Sachlichkeit) • Reliabilität (Zuverlässigkeit) • Validität (Gültigkeit)
Praktische Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragbarkeit • Nachvollziehbarkeit • Anwendbarkeit
Inhaltliche Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Integration der Technologiestrategie • Ganzheitlichkeit im Vorgehen • Flexibilität

Abbildung 3-1: Anforderungen an die Methodik

4 Konzept

Im vorliegenden Kapitel wird das Konzept der Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement vorgestellt. Die Grundlage dafür stellen der in Abschnitt 1.3 definierte Untersuchungsrahmen sowie die daraus abgeleitete Zielsetzung der Arbeit (Abschnitt 1.4) dar. Die in Kapitel 3 definierten Anforderungen bilden den methodischen sowie den inhaltlichen Orientierungsrahmen für die Methodik und das zugrundeliegende Konzept. Zunächst erfolgt dazu die Klärung des Rahmens der Methodik, in dem eine aufbau- und ablauforganisatorische Einordnung stattfindet. Im darauffolgenden Abschnitt wird die Methodik in ihren Grundzügen vorgestellt und die grundlegenden Zusammenhänge zwischen den Bausteinen werden herausgestellt. Abschließend wird die Methodik in den Stand der Technik eingeordnet, um die Abgrenzung zu bestehenden Ansätzen zu veranschaulichen und den wissenschaftlichen Neuheitsgrad herauszustellen.

4.1 Rahmen der Methodik

Die Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement umfasst weitreichende Planungsaufgaben innerhalb eines produzierenden Unternehmens. Die Grundlage für Erfolg und Wirksamkeit des Planungsprozesses stellt eine nachhaltige Einbettung des Vorgehens in die Unternehmensorganisation dar. Dazu sind eine aufbau- und eine ablauforganisatorische Einordnung des Vorgehens nötig.

Aus ablauforganisatorischer Sicht benötigt die Methodik eine Reihe von Eingangsinformationen, um den Ablauf gewährleisten zu können. Dies umfasst insbesondere die langfristigen Unternehmensziele, wovon auch die Technologiestrategie (z. B. Technologieführerschaft) abgeleitet werden kann. Diese langfristigen, allgemeinen sowie technologiespezifischen Ziele dienen der Orientierung und stellen konkrete Eingangsparameter für die Technologiebewertung dar. Die Basis der Planungsaktivitäten bildet dabei jeweils das bestehende Technologieportfolio, welches entsprechend als Eingangsgröße berücksichtigt werden muss.

Als Voraussetzung zur Synchronisation der strategischen Planung von Produktionstechnologien und Produkten stellt die Produkt-Roadmap eine wichtige Eingangsgröße für das Vorgehen dar. Mit der Definition des Planungshorizontes (z. B. sieben Jahre) erfolgt eine Festlegung des Betrachtungszeitraumes, der sich vornehmlich an der Dauer des Produktlebenszyklus und relevanter Gesetze orientieren sollte (vgl. SCHOEMAKER 1995). Als letzte Eingangsgröße sind technologische Trends zu nennen, welche die Entwicklungsdynamik relevanter Technologien abbilden.

Die Ausgangsgrößen der Methodik ermöglichen es, den handelnden Personen im Unternehmen ein ganzheitliches potenzialbasiertes Technologiemanagement umzusetzen. Dazu wird ein Technologie-Ziel-Radar aufgebaut, welcher als Management-Werkzeug und Kommunikationshilfe dient. Dieses an ZALANDO SE (2022) angelehnte Visualisierungskonzept unterstützt die übersichtliche Visualisierung des technologischen Status quo sowie des technologischen Zielbildes und erleichtert die Kommunikation langfristiger technologischer Ziele und deren schrittweise Erreichung. Zur Planung und Steuerung der Zielerreichung wird eine Technologie-Roadmap abgeleitet, welche in einer weiteren Detaillierungsstufe in konkrete Technologieprojekte in Form von Projektsteckbriefen überführt wird.

Neben der Einbettung in die Ablauforganisation muss auch eine Integration in die Aufbauorganisation geschehen. Dazu müssen notwendige Ressourcen in personeller, zeitlicher und finanzieller Hinsicht eingeplant und bereitgestellt werden. Zur erfolgreichen Integration der Methodik müssen zudem die Stakeholder sowie die verantwortlichen Personen im Unternehmen definiert und in den Ablauf integriert werden. Diese stellen die Hauptadressaten der Ergebnisse dar. Neben den übergeordnet verantwortungstragenden Personen sind zudem die für die operative Durchführung verantwortlichen Personen sowie die Iterationshäufigkeit der Durchführung zu definieren.

4.2 Überblick über die Methodik

Nachdem der Rahmen der Methodik definiert wurde, werden im folgenden Abschnitt das inhaltliche Konzept sowie eine Übersicht über die Bausteine der Methodik vorgestellt. Dazu ist eine grundlegende Unterscheidung zwischen der Perspektive der Entwicklung der Methodik und der Anwendung der Methodik zu treffen. Aus wissenschaftlicher Sicht wird die Entwicklung des Vorgehens und der eingesetzten Werkzeuge beschrieben. Demgegenüber steht die Perspektive der Anwendung der Methodik, welche aus der Sicht der anwendenden Person beschrieben werden muss. Die Ausführungen in den Kapiteln 5

und 6 decken dabei insbesondere die wissenschaftliche Perspektive ab. In Kapitel 5 erfolgt dazu eine detaillierte Betrachtung der Potenzialbewertung, welche in Kapitel 6 in die Gesamtmethodik eingebettet wird. Abbildung 4-1 zeigt die Methodik in der Übersicht und veranschaulicht die grundlegende Struktur des Ansatzes in Form von drei Bausteinen.

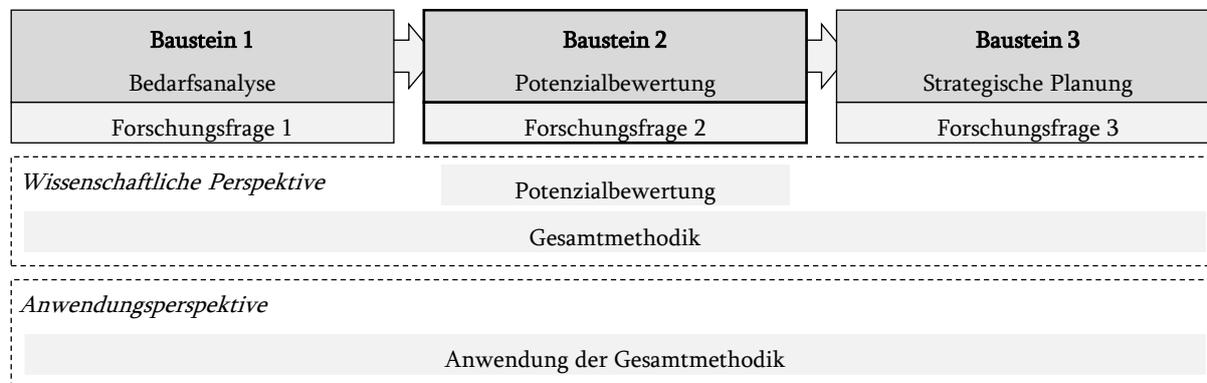


Abbildung 4-1: Übersicht über die Methodik

Jedem der Bausteine liegt dabei eine der in Abschnitt 1.5.2 formulierten Forschungsfragen zugrunde. Die Teilschritte innerhalb jedes Bausteins sind zudem als detaillierte Vorgehensstruktur abgebildet.

Die Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement besteht aus drei Bausteinen, die konsekutiv aufeinander aufbauen. Baustein 1, der die Bedarfsanalyse abdeckt, zielt auf die Beantwortung von Forschungsfrage 1 (Abschnitt 1.5.2) ab. Dazu gilt es zu beantworten, wie Technologiebedarfe als Grundlage für die strategische Technologieplanung identifiziert und beschrieben werden können. Abbildung 4-2 zeigt eine Übersicht über den ersten Baustein. Inhaltlich finden zunächst eine Erhebung und eine Visualisierung des technologischen Status quo entlang des Wertstroms statt. Zur Visualisierung kommt dabei ein Technologie-Radar-Ansatz, basierend auf ZALANDO SE (2022), zum Einsatz.

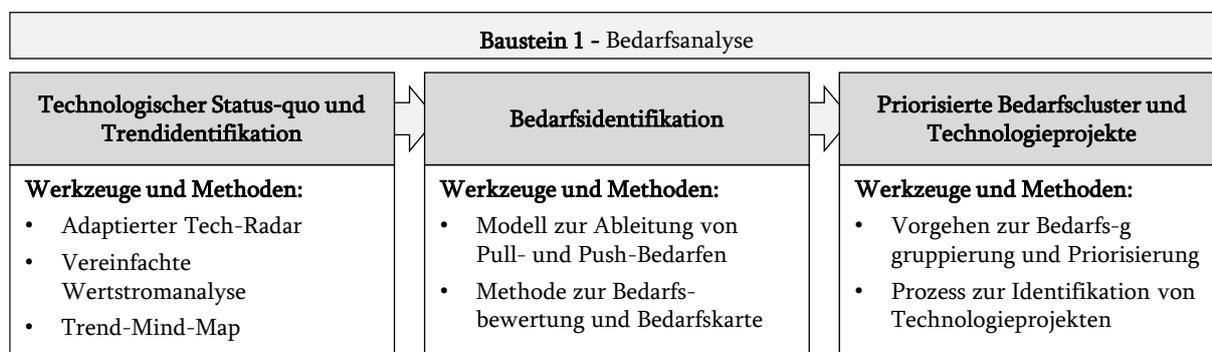


Abbildung 4-2: Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des ersten Bausteins

Zudem werden aktuelle technologische Trends identifiziert und strukturiert. Darauf aufbauend erfolgt die Identifikation von Technologiebedarfen anhand sog. „Push“- und „Pull“-Faktoren, welche als Auslöser für einen Technologiebedarf stehen können (vgl. SCHMOOKLER 1966, MOWERY & ROSENBERG 1979, DOSI 1982, VAN DEN ENDE & DOLFSMA 2005). Die identifizierten Bedarfe werden in Form einer Bedarfskarte einem Wertstrombereich oder mehreren Wertstrombereichen zugeordnet. Auf Grundlage der identifizierten Bedarfe werden technologische Lösungsoptionen identifiziert und anschließend den Bedarfen als Lösungsraum zugeordnet. Im letzten Teilschritt des ersten Bausteins finden eine Gruppierung sowie eine Priorisierung der Bedarfsgruppen sowie die Ausleitung konkreter Technologieprojekte statt. Ergebnis des ersten Bausteins ist somit eine nach Technologie-Gruppen sortierte, priorisierte Aufstellung konkreter Technologieprojekte, welche jeweils definierte Technologiebedarfe bedienen.

Diese Technologieprojekte, welchen eine Technologie zugrunde liegt oder mehrere Technologien zugrunde liegen, dienen als Eingangsgröße für den zweiten Baustein der Methodik. Im Rahmen der Potenzialbewertung findet eine detaillierte und multidimensionale Abschätzung des Technologiepotenzials der jeweiligen Technologien statt. Dazu werden das technische, das wirtschaftliche und das strategische Potenzial der Technologie bewertet. Bei der Bewertung des technischen Potenzials einer Technologie werden die Kategorien Produkt und Prozess unterschieden. Demnach wird anhand der Einordnung nach DIN 8580 ein Kriterienkatalog mit zentralen technischen Eigenschaften und Parametern zusammengestellt. Die Parameter werden anhand ihres Einflusses auf die technische Leistungsfähigkeit der Technologie und die an sie gestellten Anforderungen gewichtet sowie anschließend durch Experten bewertet und in Szenarien prognostiziert. Die Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials umfasst die Bewertung der Technologie hinsichtlich zukünftiger Erlössteigerungen oder Kostensenkungen, welche im Rahmen dieser Arbeit die zentralen wirtschaftlichen Stellhebel darstellen. Dazu werden zunächst ein Pilotprojekt sowie mögliche weiterführende Projekte definiert, deren Grundlage die betrachtete Technologie darstellt. Anschließend erfolgt eine Aufstellung potenzieller Erlössteigerungen und Kosteneinsparungen, welche zum Aufbau eines Business-Cases dienen. Dieser bietet die Grundlage zur Berechnung zentraler wirtschaftlicher Kennzahlen zur Abschätzung des wirtschaftlichen Potenzials. Im Rahmen der Bewertung des strategischen Potenzials einer Technologie wird zunächst eine Ableitung konkreter strategischer Unternehmensziele unter Berücksichtigung der bekannten Normstrategien vorgenommen (vgl. Abschnitt 2.1). Durch die Bewertung der Konformität sowie der strategischen Hebelwirkung der betrachteten Technologie mit der Strategie des Unternehmens findet eine Abschätzung des strategischen Potenzials statt. Abbildung 4-3 gibt einen Überblick über die Teilbausteine, die Werkzeuge und die Methoden, die im

zweiten Baustein eingesetzt werden. Ergebnis des zweiten Bausteins ist damit eine anhand des Potenzials bewertete, priorisierte und kategorisierte Liste von Technologieprojekten.

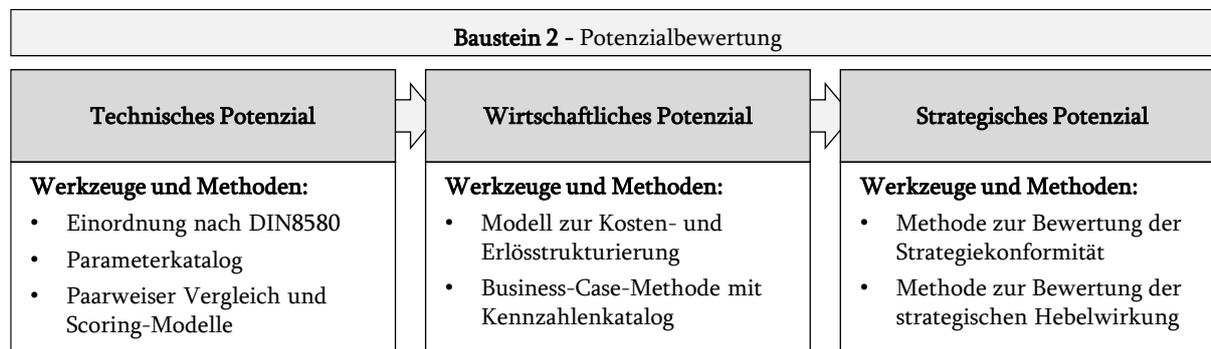


Abbildung 4-3: Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des zweiten Bausteins

Im dritten Baustein erfolgt zunächst die Auswahl der weiter zu priorisierenden Technologieprojekte auf Grundlage des Potenzials und des technologischen Bedarfes, welchen sie decken. Die ausgewählten Technologieprojekte werden dazu zunächst im sog. Innovation-Board diskutiert und eine Technologieentscheidung wird getroffen. Im Anschluss wird ein technologisches Zielbild zur Integration der Technologie in die Strategie des Unternehmens definiert. Dieses kann durch das in Baustein 1 vorgestellte adaptierte Zalando-Tech-Radar visualisiert werden. Im letzten Teilbaustein werden die Technologieprojekte und der sich daraus ergebende technologische Zielzustand in eine strategische Technologieplanung überführt. Dabei wird auf etablierte Werkzeuge und Methoden wie u. a. eine Roadmap oder Methoden der Ressourceneinsatzplanung zurückgegriffen. Abbildung 4-4 zeigt eine Übersicht über Baustein 3 und die darin beinhalteten Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden.

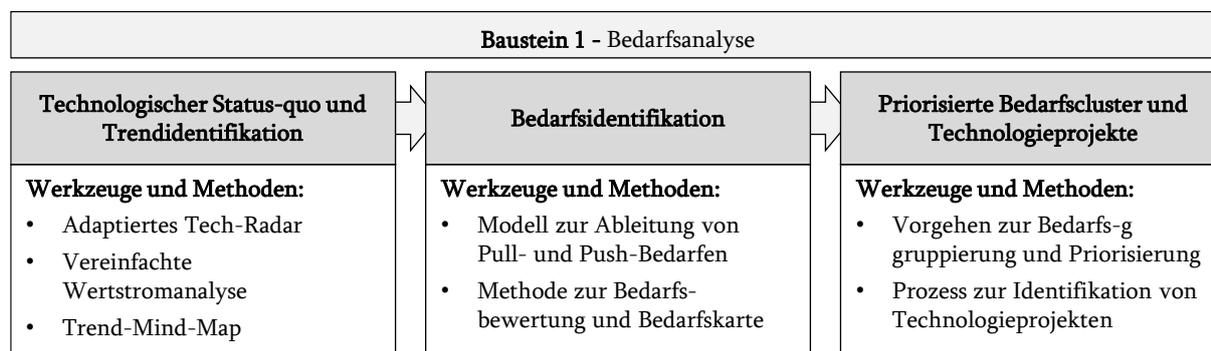


Abbildung 4-4: Übersicht über Teilbausteine, Werkzeuge und Methoden innerhalb des dritten Bausteins

4.3 Einordnung in den Stand der Technik

Nach einem Überblick über die Methodik erfolgt in diesem Abschnitt die Einordnung in den Stand der Technik. Der Abgrenzung in Abschnitt 1.3.2 folgend, lässt sich die Methodik dem strategischen Technologiemanagement zuordnen. Um eine fachliche Einordnung vornehmen zu können, wird der Ordnungsrahmen Technologiemanagement nach SCHUH ET AL. (2011b) herangezogen. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz lässt sich demnach primär der Technologiebewertung zuordnen (Baustein 2).

Der Baustein 1 lässt sich sowohl der Technologiefrüherkennung als auch der Technologieplanung zuordnen. Dabei stellt die Identifikation von Bedarfen die Schnittstelle zur Technologieplanung dar, da nach SCHUH ET AL. (2011d) eine der Kernaufgaben der Technologieplanung darin liegt, Entscheidungen im Hinblick auf die zukünftige technologische Ausrichtung des Unternehmens zu treffen. Dabei muss stets hinterfragt werden, wie Marktanteile gesteigert, Kundenwünsche besser erfüllt, Unternehmenspotenziale gestärkt sowie Stärken aufgebaut und Schwächen abgebaut werden können (SCHUH ET AL. 2011d). Daneben stellt die Generierung des technologischen Lösungsraumes die Schnittstelle zur Technologiefrüherkennung dar (vgl. WELLENSIEK ET AL. 2011). Die Kernaufgabe der Technologiefrüherkennung stellt nach WELLENSIEK ET AL. (2011) die rechtzeitige Erkennung technologischer Veränderungen im Umfeld des Unternehmens dar. Ziele sind dabei die Generierung technologischer Chancen und die Reduktion technologischer Risiken. Die Öffnung technologischer Lösungsräume für identifizierte Problemstellungen lässt sich somit der Technologiefrüherkennung zuordnen.

Der Baustein 3 lässt sich der Technologieplanung zuordnen, da in diesem Rahmen die Ermittlung und die Systematisierung aller für die Realisierung der Technologieprojekte notwendigen Aktivitäten erfolgen (vgl. SCHUH ET AL. 2011d). Die Integration der Technologieprojekte in die Technologiestrategie sowie der Aufbau eines technologischen Zielbildes können zudem als Schnittstelle zur Technologiestrategie betrachtet werden (vgl. SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Die nachfolgende Abbildung 4-5 veranschaulicht die Einordnung der Methodik in den Ordnungsrahmen des Technologiemanagements.

	Baustein 1 Bedarfsanalyse	Baustein 2 Potenzialbewertung	Baustein 3 Strategische Planung
Technologiefrüherkennung	◐	○	○
Technologieplanung	◐	○	●
Technologieentwicklung	○	○	◑
Technologiebewertung	○	●	○

Abbildung 4-5: Einordnung der Methodik in den Stand der Technik

5 Bewertung von Technologiepotenzialen

Die potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement umfasst, wie in Abschnitt 4.2 dargelegt, als zentralen Aspekt die Bewertung des Potenzials alternativer technologischer Lösungsansätze für bestehende und aufkommende Bedarfe in den wertschöpfenden Bereichen produzierender Unternehmen. Somit unterstützt sie Investitionsentscheidungen, welche nach VOEGELE (2012, S. 339) die folgenschwersten Entscheidungen in industriellen Unternehmen darstellen. Um ein detailliertes und realitätsgetreues Bild zum Einsatz von Methoden zum strategischen Technologiemanagement in der Industrie zu erhalten, wurde eine Expertenstudie durchgeführt. Dabei wurde mittels einer auf einem Fragebogen basierenden Onlineumfrage eine Querschnittsuntersuchung der deutschen produzierenden Wirtschaft aufgebaut, an der sich insgesamt 122 Experten beteiligten (siehe HOFER ET AL. 2020b). Die Auswahl der Experten erfolgte im Sinne einer repräsentativen Abbildung der produzierenden Industrie, indem unterschiedliche Unternehmensgrößen und Branchen sowie unterschiedliche relevante Funktionen, operativ sowie planerisch, innerhalb der Unternehmen berücksichtigt wurden. Die Auswertung der Fragebögen geschah quantitativ-statistisch.

80 % der Experten gaben an, eine strategische Technologieplanung in ihrem Unternehmen einzusetzen (HOFER ET AL. 2020b). In 71 % der Unternehmen, die eine strategische Technologieplanung nutzen, wird den Studienergebnissen zufolge eine nicht weiter konkretisierte Potenzialbewertung durchgeführt, die neben der Wirtschaftlichkeitsbewertung (77 %) die wichtigste Entscheidungsgrundlage für die Technologieplanung darstellt (HOFER ET AL. 2020b). Die erhobenen Daten verdeutlichen die Relevanz der Potenzialbewertung als Grundlage für die strategische Technologieplanung.

5.1 Grundstruktur für die Bewertung des Technologiepotenzials

In Abschnitt 2.4 wurden bereits verschiedene Ansätze zur Bewertung des Technologiepotenzials untersucht. Diese unterscheiden sich grundlegend in ihrer inhaltlichen Schwerpunktsetzung, in ihrer Strukturierung und in den Bewertungskriterien, die zur Beurteilung des Technologiepotenzials herangezogen werden. Nach JOLLY (2003) können Bewertungskriterien zur Technologiebewertung in technologische, wirtschaftliche und marktbezogene Kriterien klassifiziert werden. HAUSCHILDT ET AL. (2016) unterscheiden

die Kriterien zur Bewertung von Innovationen in technische, ökonomische und sonstige Kriterien. Eine stärkere Granularität in der Klassifikation weist die VDI-Richtlinie 3780 auf (VDI 3780). Dabei werden die Dimensionen Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Sicherheit, Gesundheit, Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität unterschieden.

Übergreifend lässt sich feststellen, dass meist technische und wirtschaftliche Kriterien unterschieden werden. Darüberhinausgehende Bewertungsfaktoren, die diesen beiden Kategorien nicht oder nicht eindeutig zugeordnet werden können, werden oftmals in einer Art Sammelkategorie vereint. Da die Bewertung des Technologiepotenzials im Rahmen der vorliegenden Arbeit stets im Zusammenhang mit einem konkreten Unternehmen und dessen Positionierung im Markt erfolgt, werden diese weiterführenden Bewertungsfaktoren einer strategischen Kategorie zugeordnet (vgl. HOFER ET AL. 2019). Dabei werden die strategischen Ziele des Unternehmens (bspw. marktorientierte, ökologische oder soziale Ziele) abgebildet und die Zuträglichkeit der Technologie hinsichtlich der Erreichung der definierten strategischen Ziele wird bewertet. Neben den Potenzialfaktoren müssen ergänzend Restriktionsfaktoren berücksichtigt werden, die sich aus den individuellen Rahmenbedingungen des Unternehmens ergeben (vgl. BINDER & KANTOWSKY 1996, SCHÖNING 2006, GHEMAWAT 1991). Abbildung 5-1 gibt einen Überblick über die Bewertungsperspektiven.

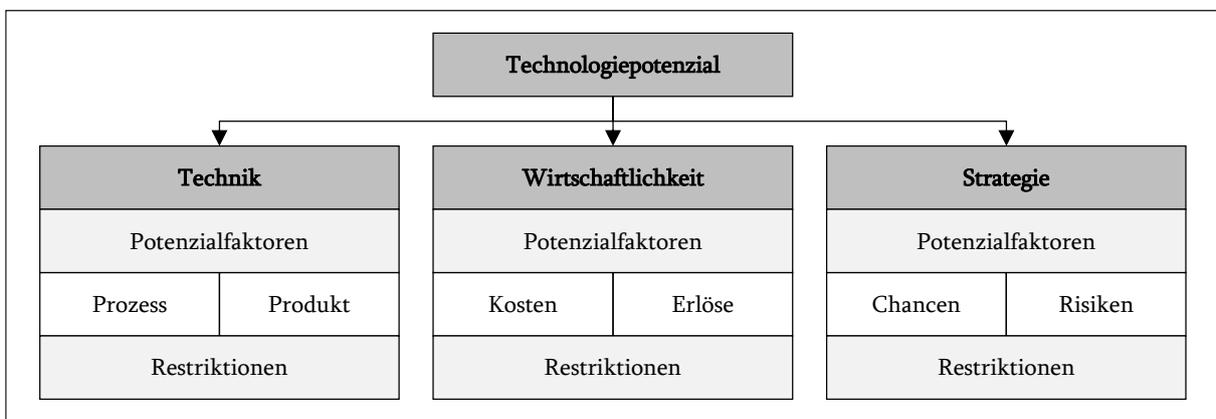


Abbildung 5-1: Struktur zur Bewertung von Technologiepotenzialen

Ziel der abgebildeten Struktur ist es, eine möglichst disjunkte, vollständige und intuitive Bewertungsgrundlage bereitzustellen, die eine ganzheitliche Bewertung des Technologiepotenzials ermöglicht und zugleich Akzeptanz in der industriellen Praxis findet. Grundsätzlich ist dabei kritisch festzustellen, dass eine trennscharfe Abgrenzung der Bewertungskategorien nur bedingt möglich ist, da technische Eigenschaften oftmals direkt auf die Wirtschaftlichkeit oder auf die Erreichung strategischer Ziele einwirken.

Insbesondere im Falle weitreichender oder disruptiver produktionstechnischer Innovationen stellt die technische Grundlage, die durch die Innovation geschaffen wird, das Fundament für die Realisierung wirtschaftlicher sowie strategischer Potenziale dar. Dieser Wirkzusammenhang führt zu einer besonderen Hervorhebung des technischen Potenzials als Befähiger für weiterführende Potenzialfaktoren, weshalb es eine übergeordnete Stellung in der vorgestellten Potenzialstruktur einnimmt. Um diesen Sachverhalt abzubilden, wird das Konzept der Potenzialkette eingeführt, welches den Zusammenhang zur Bildung von Technologiepotenzialen aufzeigt. Abbildung 5-2 zeigt die Potenzialkette schematisch. Dabei drückt sich ein technisches Potenzial in einer Prozess- oder Produktinnovation aus, wobei eine Prozessinnovation oftmals die Grundlage für eine Produktinnovation darstellt (vgl. VAHS & BREM 2015, S. 56 ff.). Diese technischen Potenziale schaffen daher die Basis für eine innovationsgetriebene Differenzierung des Unternehmens mit seinen Produkten am Markt. Einerseits erzeugt diese Differenzierung technologiebasierte Marktbarrieren für Wettbewerber, andererseits erlaubt sie eine wirtschaftliche Verwertung des Technologievorsprungs. Das wirtschaftliche Potenzial speist sich entsprechend einerseits aus dem strategischen Marktvorteil, der eine Technologieinnovation generiert, indem durch einzigartige Produkt-Features höhere Preise und damit höhere Margen durchgesetzt werden können und durch eine mögliche technologische Monopolstellung ein gesteigerter Absatz generiert werden kann. Andererseits speist sich das wirtschaftliche Potenzial direkt aus dem technischen Potenzial, indem die Produktionskosten bestehender Produkte gesenkt werden, die Produktionsmenge gesteigert wird oder die Produktqualität erhöht wird. Dies zeigt sich aus wirtschaftlicher Perspektive bspw. in gesenkten Kosten und damit gesteigerten Margen, der Möglichkeit zur Steigerung der Absatzpreise oder der Option zur Steigerung der Absatzmenge (vgl. SPATH & WARSCHAT 2008).

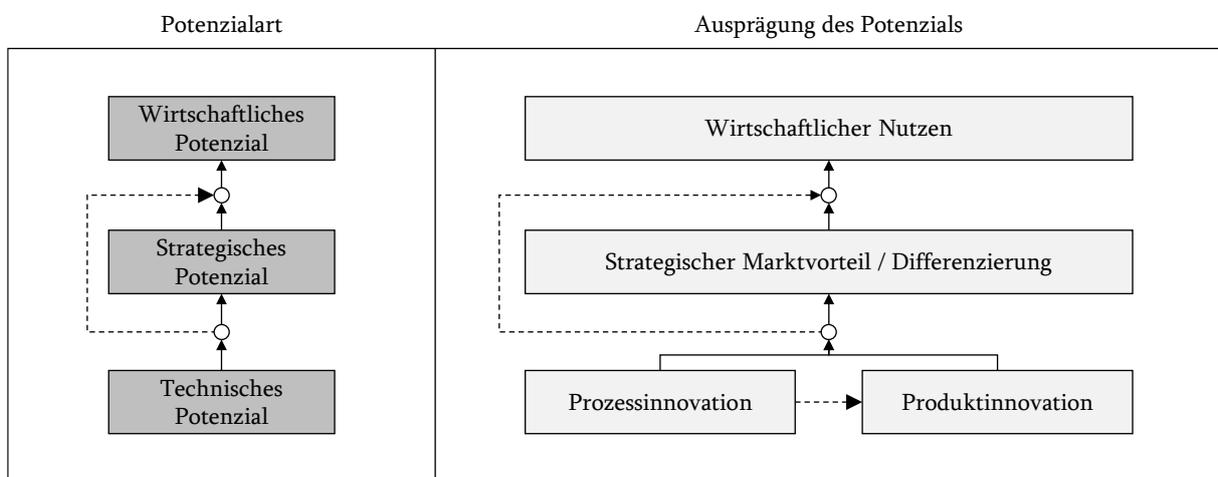


Abbildung 5-2: Schematische Abbildung der Potenzialkette

Im Rahmen der weiteren Potenzialbetrachtung findet eine klare methodische Abgrenzung bei der Bewertung der unterschiedlichen Potenzialkategorien statt. Im Folgenden werden die einzelnen Kategorien definiert. Eine detaillierte methodische Ausarbeitung wird in den folgenden Abschnitten 5.3, 5.4 und 5.5 beschrieben.

Technisches Potenzial zeichnet sich dadurch aus, dass durch den Einsatz einer neuen, innovativen Technologie entweder der Prozess zur Wertschöpfung potenziell verbessert wird oder die durch den Wertschöpfungsprozess entstehenden Produkteigenschaften verbessert werden. Die Trennung des technischen Potenzials in prozessorientierte und produktorientierte Potenzialfaktoren erfolgt dabei in Anlehnung an die Arbeiten von BINDER & KANTOWSKY (1996), REINHART ET AL. (2012), SCHINDLER (2015) und GREITEMANN (2016). Dabei kann der auf die Bauteileigenschaft bezogene Prozess bspw. höherwertiger, stabiler oder effizienter ablaufen. Demgegenüber kann zur Erzeugung neuer oder verbesserter Produkteigenschaften (bspw. Verbesserung der Oberflächenqualität eines Bauteils) ein alternativer Prozess angewendet werden, der sich aus Prozesssicht als weniger optimal darstellt. Im Rahmen der Bewertung des technischen Potenzials soll der technische Innovationsspielraum einer Technologie bewertet werden. Dieser technische Innovationsspielraum dient in der Folge möglicherweise als Grundlage für die Realisierung wirtschaftlicher sowie strategischer Potenziale.

Wirtschaftliches Potenzial zeichnet sich, dem grundlegenden betriebswirtschaftlichen Verständnis folgend, durch die Erhöhung des Gewinnes aus (vgl. VOEGELE 2012). Dieser wiederum stellt eine Funktion aus Einnahmen abzüglich Ausgaben dar. Damit kann wirtschaftliches Potenzial einerseits durch die Erhöhung von Einnahmen (bspw. durch gesteigertes Produktionsvolumen) oder andererseits durch die Reduktion von Ausgaben (bspw. günstigere Herstellungskosten) generiert werden.

Strategisches Potenzial entsteht durch die Schaffung technologischer Lösungsräume, welche die Entwicklung und Umsetzung einer einzigartigen Strategie ermöglichen (BINDER & KANTOWSKY 1996). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird das strategische Technologiepotenzial in die übergreifende Unternehmensstrategie eingebettet. Es zeichnet sich in diesem Kontext durch die Zuträglichkeit technologischer Eigenschaften zur Erreichung der in der Unternehmensstrategie definierten Ziele aus. Dabei ist stets zu berücksichtigen, dass technologische Eigenschaften oftmals nur implizit auf die strategische Zielerreichung einwirken und damit Teil einer größeren Wirkkette sein können.

Restriktionen treten aufgrund der unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen in jeder Potenzialkategorie auf. Sie stehen dem Potenzial entgegen, indem sie eine hemmende Wirkung auf die Entfaltung des theoretisch möglichen Potenzials ausüben. Restriktionen lassen sich in sog. Lock-in- und Lock-out-Effekte unterteilen (SCHÖNING 2006). Lock-in-

Effekte beschreiben eine Bindung an eine Technologie, ein System oder einen Anbieter, wodurch besondere Wechselbarrieren entstehen. Diese Wechselbarrieren können gleichermaßen technische (bspw. Steuerungssystem bei Werkzeugmaschinen), wirtschaftliche (bspw. teures anderes Maschinenfundament) sowie strategische Ausprägungen (bspw. Abhängigkeit von einem Technologielieferanten) zeigen. Sie reduzieren das Potenzial der Vergleichstechnologie gegenüber dem Status quo oftmals nur fiktiv, da meist zusätzliche Leistungsfähigkeit erzeugt wird, sofern der Gewinn an Leistungsfähigkeit durch die Wechselbarrieren reduziert wird. Lock-out-Effekte beschreiben unternehmensspezifische Verluste bei der Erreichung des theoretischen Potenzials, bspw. durch ineffiziente Prozesse, Risiken in der operativen Umsetzung, nicht ausreichende Ressourcen oder fehlende bzw. zu geringe Kompetenzen. Zudem kann es zu Lock-out-Effekten kommen, wenn die Fähigkeiten der Technologie nicht in optimaler Deckung mit den Anforderungen des Produktes stehen (Über- oder Untererfüllung). Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht Lock-in- und Lock-out-Effekte anhand einer qualitativen Darstellung der technologischen Entwicklung in Form des S-Kurven-Modells, angelehnt an FOSTER (1986).

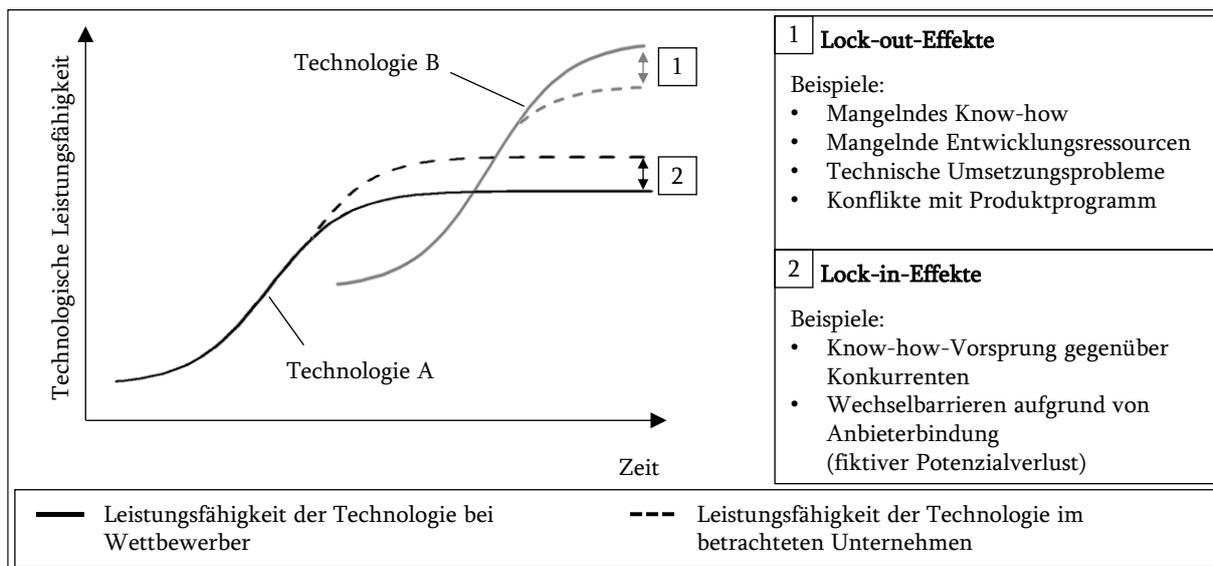


Abbildung 5-3: Schematische Darstellung von Lock-in- und Lock-out-Effekten

5.2 Identifikation relevanter Bewertungskategorien und -kriterien

Nachdem die Grundstruktur der Bewertung von Technologiepotenzialen abgeleitet und vorgestellt wurde, gilt es, im konsekutiven Schritt, relevante Bewertungskriterien für die jeweiligen Bewertungskategorien zu identifizieren. Es ist dabei zu untersuchen, welche Bewertungskriterien im Sinne einer ganzheitlichen Potenzialbetrachtung berücksichtigt

werden müssen und in welcher Detailtiefe diese Betrachtung stattfinden muss, um den benötigten Informationsgehalt für strategische Technologieentscheidungen bereitzustellen.

Die in Abschnitt 2.4 betrachteten Ansätze in der wissenschaftlichen Literatur versuchen, stets einen systematisch-methodischen Rahmen zur Verfügung zu stellen. Eine konkrete, parameterbasierte Potenzialbewertung ist nur in wenigen Ansätzen zu finden. Meist werden Vorgehen oder Methoden zur Ableitung relevanter Kriterien beschrieben. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Analyse der in Abschnitt 2.4 untersuchten Ansätze.

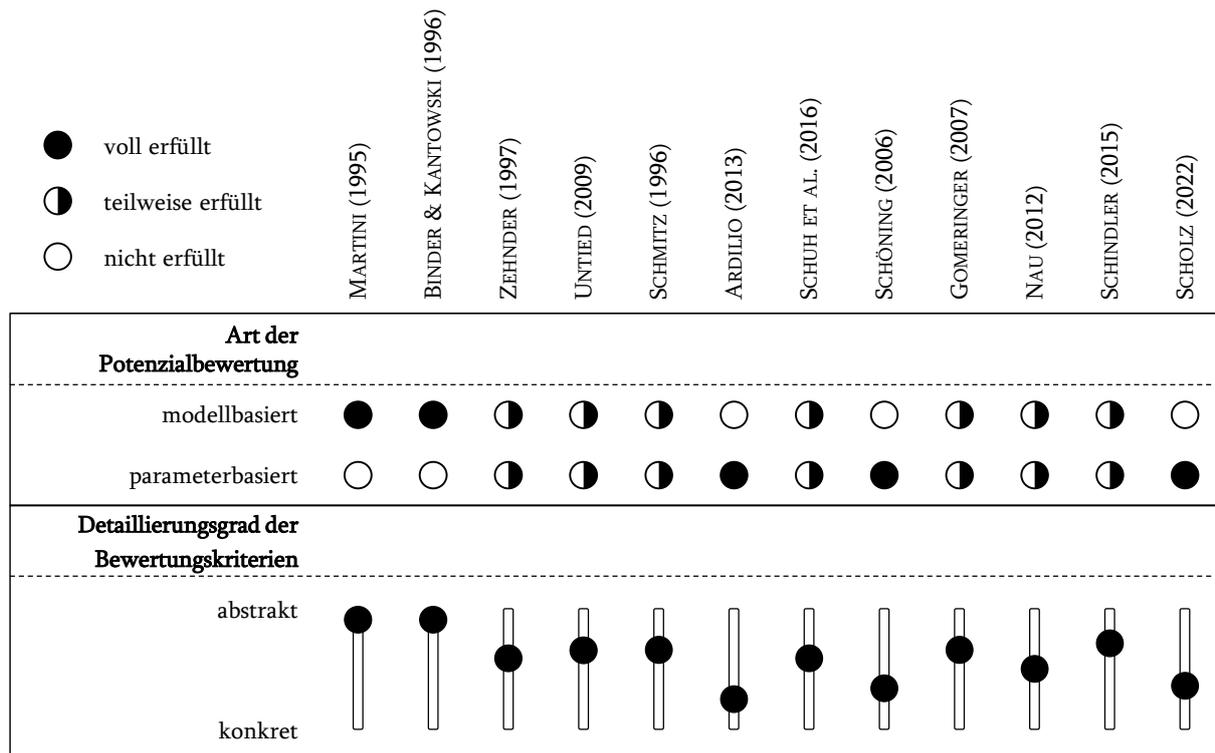


Abbildung 5-4: Ausprägung der Technologiepotenzialbewertung in ausgewählten wissenschaftlichen Ansätzen

Die Abbildung veranschaulicht die überwiegende Fokussierung wissenschaftlicher Ansätze auf eine modellbasierte Bestimmung des Technologiepotenzials, welches oftmals mit einem hohen Abstraktionsgrad der zu bewertenden Parameter und Parameterklassen einhergeht. Lediglich die Ansätze nach ARDILIO (2013), SCHÖNING (2006) und SCHOLZ (2022) weisen eine detaillierte Auflösung der Potenzialbewertung in konkrete Parameter auf. ARDILIO (2013) fokussiert dabei die Identifikation von Anwendungs- und Vermarktungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung des Technologiepotenzials. Damit besteht nur eine geringe Relevanz des Bewertungsvorgehens für die vorliegende Arbeit. SCHÖNING (2006) hingegen leitet eine parameterbasierte Potenzialabschätzung für den ökonomischen Technologiewert ab. Die Bewertung erfolgt demnach hauptsächlich in der Kategorie

Wirtschaftlichkeit, die jedoch auf einer technischen Bewertung basiert, die keine konkreten Bewertungsparameter bereitstellt. Übergreifend kann festgestellt werden, dass keiner der vorgestellten Ansätze durchgängig Bewertungsparameter bereitstellt.

SCHOLZ (2022) stellt fünf generische Potenzialfaktoren vor, die als Grundlage für die Bewertung des Technologiepotenzials herangezogen werden. Der generische Charakter der Potenzialfaktoren stellt einerseits eine erhöhte Vergleichbarkeit unterschiedlicher Technologien her, erschwert es jedoch andererseits, auf die zugrundeliegenden Spezifika und Leistungsparameter einer Technologie einzugehen. Zudem führt die Fokussierung auf den strategischen Bewertungsaspekt zu einer weitgehenden Vernachlässigung wirtschaftlicher sowie technischer Charakteristika.

Ziel ist es daher, einen Katalog konkreter Bewertungsparameter aus allen drei Bewertungskategorien bereitzustellen, der als Grundlage für die Potenzialbewertung herangezogen und nach Bedarf erweitert werden kann. Dabei besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit des Parameterkataloges, da stets unternehmensspezifische Anforderungen an die Bewertung von Technologien berücksichtigt werden müssen.

Den Ausgangspunkt für die Sammlung relevanter Bewertungsparameter stellten Grundlagenwerke der Fertigungstechnik dar. Insbesondere ist dabei auf folgende Werke zu referenzieren: WESTKÄMPER & WARNECKE (2011), KOETHER ET AL. (2017), FRITZ (2018), FÖRSTER & FÖRSTER (2018), KLOCKE (2018a), KLOCKE (2017a), KLOCKE & KÖNIG (2007), KLOCKE (2017b) und KLOCKE (2018b).

Die genannten Standardwerke der Fertigungstechnik wurden hinsichtlich Nennung und Beschreibung relevanter technischer Eigenschaften und Parameter der nach DIN 8580 unterscheidbaren Technologien untersucht. Aufgeführte Eigenschaften und Parameter wurden entsprechend der Zuordnung in eine Parameterliste aufgenommen und konsolidiert (vgl. Anhang B). Dabei wurden allgemeine und technologiespezifische Parameter unterschieden.

Neben der wissenschaftlichen Literatur, welche eher systematisch-methodische Vorgehen zur Bewertung von Technologiepotenzialen vorstellt, existieren zahlreiche sog. Potenzialstudien, die die Vor- und die Nachteile, die Chancen und die Risiken sowie die Einsatzfelder innovativer Technologien darstellen. Diese Potenzialstudien können sowohl von wissenschaftlichen Institutionen in wissenschaftlichen oder populärwissenschaftlichen Formaten als auch aus dem Wirtschaftsumfeld, bspw. von Verbänden, Gewerkschaften, Beratungsgesellschaften oder Industrieunternehmen, stammen. Oftmals unterliegt den Potenzialstudien ein Eigeninteresse (bspw. Vermarktung einer innovativen Technologie oder Darstellung des Erfolgs von Entwicklungstätigkeiten), weshalb die Bewertung stets

kritisch zu hinterfragen ist. Dennoch stellen die Strukturierung, die konkret betrachteten Potenzialfaktoren sowie die zugrundeliegende Argumentationskette relevante Analysegegenstände für die vorliegende Arbeit dar. Untersucht werden in den Potenzialstudien dabei entweder spezielle Einzeltechnologien zur Herausstellung spezifischer Potenziale oder ganze Technologiefelder (z. B. Industrie 4.0) zur generischen Bewertung von Potenzialen. Eine Gemeinsamkeit dieser Potenzialstudien besteht darin, dass die Chancen und die Risiken von Technologien strukturiert und beschrieben werden.

Zur Identifikation und Strukturierung relevanter Bewertungskriterien im Rahmen der Erstellung eines Kriterienkataloges wurde neben der Literaturanalyse (Abschnitt 2.4) eine detaillierte Untersuchung von 50 Potenzialstudien vorgenommen (BECK 2018). Eine vollständige Liste der betrachteten Studien ist in Anhang C zu finden. Die Recherche nach den Potenzialstudien wurde als strukturierte Internet-Suche anhand von Schlagwort-Kombinationen aufgebaut (siehe Anhang D).

Die Untersuchung der Potenzialstudien geschah zweistufig, indem zunächst die Bewertungsstruktur ausgewertet wurde und im zweiten Schritt die konkret betrachteten Bewertungskriterien bzw. Potenzialfaktoren ausgewertet wurden. Dabei konnte festgestellt werden, dass lediglich vier der 50 untersuchten Studien (8 %) einer definierten Struktur bei der Bewertung und Darlegung des Potenzials folgten. Dies lässt den Schluss zu, dass keine etablierte Strukturierung für die Untersuchung von Technologiepotenzialen vorhanden ist. Demzufolge wurde im zweiten Schritt, der Untersuchung hinsichtlich der Bewertungskriterien, die in Abschnitt 5.1 eingeführte Struktur unterlegt. Eine Auswertung der Potenzialstudien bezüglich der in den Studien genannten Potenzialfaktoren sowie deren Einordnung in die vorgegebene Struktur zeigen eine starke Dominanz technischer und wirtschaftlicher Potenzialfaktoren. Abbildung 5-5 veranschaulicht die Auswertung⁸.

Die Auswertung zeigt insbesondere in den technologiespezifischen Potenzialstudien eine Fokussierung auf technische Aspekte. Wirtschaftliche Aspekte werden auch hervorgehoben, erhalten aber eine untergeordnete Rolle. Strategische Aspekte werden meist vernachlässigt. Demgegenüber zeigen technologie neutrale Potenzialstudien ein ausgewogeneres Bild, wobei die wirtschaftlichen Aspekte die technischen Aspekte leicht überwiegen. Es werden jedoch auch in signifikantem Maße strategische Aspekte betrachtet. Da die strategische Perspektive stark von der individuellen strategischen Orientierung des Unternehmens abhängt, ist die unterrepräsentierte Betrachtung strategischer Aspekte nachvollziehbar.

⁸ Aus Platzgründen wurden in der Abbildung die Abkürzungen PF für Potenzialfaktoren und RF für Restriktionsfaktoren verwendet. Spezifische Potenzial- und Restriktionsfaktoren können mehrfach über unterschiedliche Studien hinweg genannt und damit gezählt werden.

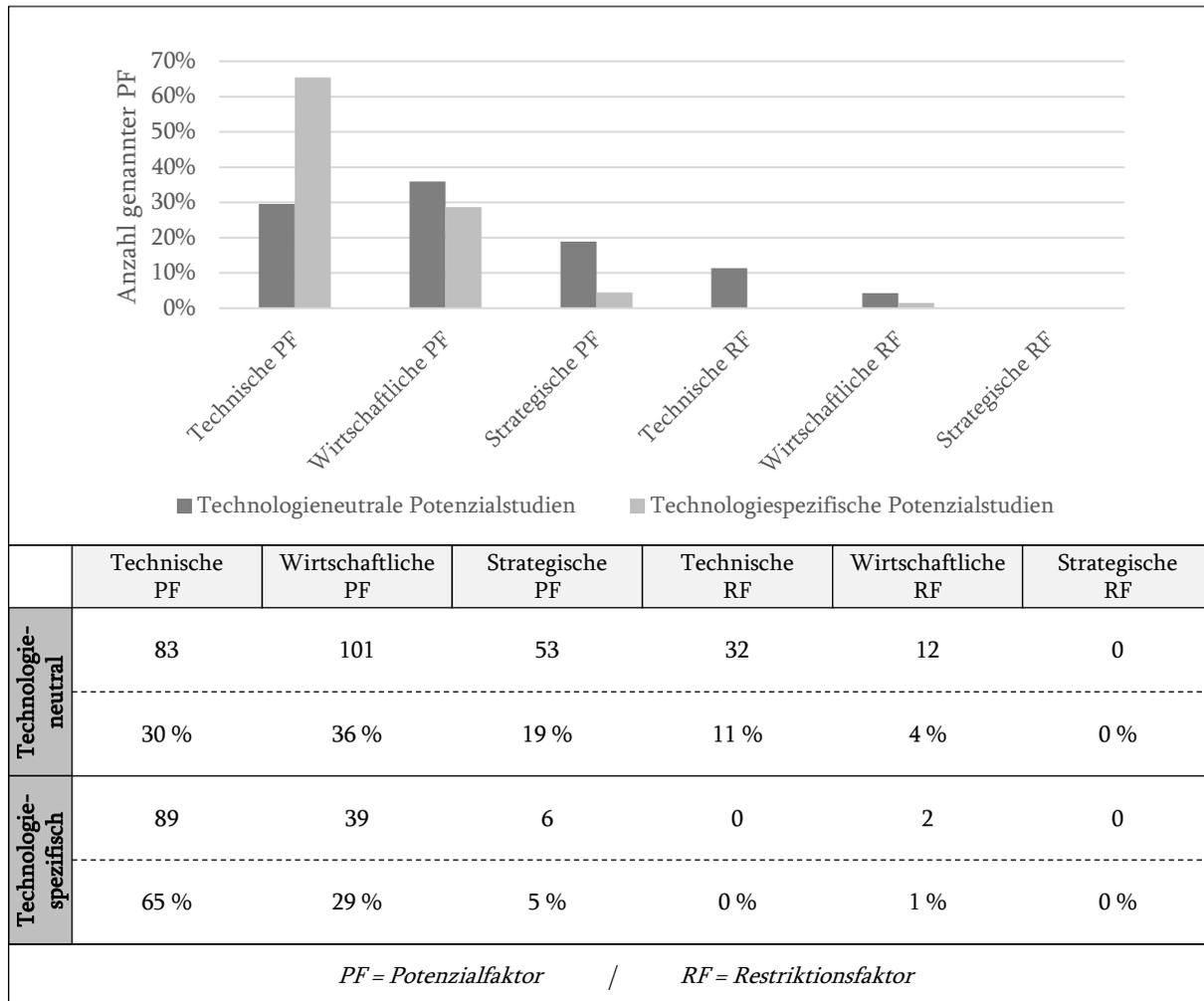


Abbildung 5-5: Auswertung der Potenzialstudien

Was alle Potenzialstudien eint, ist eine Vernachlässigung der Herausstellung von Restriktionsfaktoren. Einerseits ist diese Vernachlässigung nachvollziehbar, da sich die Restriktionen aus den individuellen Rahmenbedingungen des Unternehmens ergeben. Andererseits stellen diese ein zentrales Element zur Generierung eines ganzheitlichen Potenzialverständnisses dar.

Das Bild, welches sich durch die Auswertung der Potenzialstudien hinsichtlich der Betrachtung von Technologiepotenzialen ergibt, weist große Überschneidungen mit den in der Studie von HOFER ET AL. (2020b) generierten Erkenntnissen auf. Demnach werden die technischen und wirtschaftlichen Faktoren in der Technologiebewertung im Allgemeinen ausreichend abgebildet, die strategische Betrachtung wird jedoch oftmals vernachlässigt und sollte den befragten Experten zufolge verstärkt werden.

Die in den Potenzialstudien aufgenommenen Kriterien werden im Rahmen der nachfolgenden Detaillierung der jeweiligen Bewertungskategorien vertieft strukturiert und dargestellt. Eine konsolidierte Liste von Bewertungskriterien ist in strukturierter Form in Anhang B zu finden.

5.3 Bewertung des technischen Potenzials

Nachdem in den vorangehenden Abschnitten die Grundstruktur für die Potenzialbewertung definiert wurde und relevante Bewertungskriterien identifiziert wurden, erfolgt in diesem Abschnitt die detaillierte Ausarbeitung der Bewertung des technischen Potenzials von Technologien. Dazu wurde, angelehnt an den Grundgedanken der Szenariotechnik (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2016) sowie an die Struktur zum Aufbau eines Scoring-Vorgehens nach KÜHNAPFEL (2021), ein strukturiertes Vorgehen in fünf Schritten entwickelt. Die Szenariotechnik umfasst nach GAUSEMEIER ET AL. (2016) drei Hauptschritte. Zunächst gilt es, das Szenariofeld und die relevanten Einflussgrößen auf die Szenarioentwicklung zu identifizieren und zu definieren. Vertiefend müssen zudem die Interkonnektion der Einflussgrößen sowie deren Relevanz bewertet werden. Im zweiten Hauptschritt findet die Projektions-Entwicklung, also der „Blick in die Zukunft“, statt (GAUSEMEIER ET AL. 2016). Im letzten Schritt werden Szenarien gebildet und in konsistenten und kohärenten Projektionsbündeln zusammengefasst.

Zudem wurden die grundlegenden Anforderungen an ein Bewertungs- bzw. Scoring-Vorgehen nach KÜHNAPFEL (2021) herangezogen. Die von KÜHNAPFEL (2021) beschriebenen notwendigen Schritte umfassen zunächst die organisatorische Klärung von Terminen und Verantwortlichkeiten sowie im zweiten Schritt die Beschreibung des Ziels und des Entscheidungsproblems. Diese beiden Schritte wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit bereits im Vorfeld definiert und sind daher nicht Bestandteil dieses Abschnittes. Im dritten Schritt, der Auswahl der Bewertungsalternativen, werden nach KÜHNAPFEL (2021) die zu bewertenden Optionen festgelegt und beschrieben, bzw. dies wird für das Bewertungsobjekt vorgenommen. Der vierte Schritt umfasst die Bestimmung der Entscheidungskriterien, also der zu bewertenden Merkmale. In den darauffolgenden Schritten 5 und 6 werden die Gewichtung der Entscheidungskriterien sowie die Festlegung der Skalen durchgeführt. Insbesondere die Festlegung der Skalen kann signifikanten Einfluss auf die quantitative Transformation von Merkmalsausprägungen in einen abstrakten Score haben. Die Schritte 7 und 8 beschreiben die eigentliche Bewertung sowie die Berechnung des Scores oder des Nutzwertes. Die abschließenden Schritte 9 und 10 weisen validierenden und dokumentierenden Charakter auf. Sie beinhalten eine

Sensitivitätsanalyse sowie die Präsentation und die Dokumentation der Ergebnisse. Diese beiden Schritte finden ebenfalls in den nachfolgenden Schritten der Gesamtmethodik Berücksichtigung, weshalb an dieser Stelle nicht explizit darauf eingegangen wird. Nach KÜHNAPFEL (2021) beschreibt die vorgestellte Struktur ein Muster und kann für spezifische Anwendungsfälle adaptiert werden.

Im Rahmen der aufgebauten Bewertungssystematik werden die betrachteten Technologien zunächst anhand ihrer Funktion eingeordnet, was die Grundlage für die Identifikation und die Auswahl zentraler technischer Eigenschaften darstellt. Damit werden das Entscheidungsobjekt sowie die Bewertungsmerkmale definiert. Ergänzend zu den im Parameterkatalog vorgeschlagenen Technologiemerkmale können weitere relevante technische Eigenschaften identifiziert werden. Im darauffolgenden Schritt findet die Definition technischer Anforderungen an den Prozess und an das entsprechende Produkt statt. Diese bilden die Basis für den Aufbau einer Einflussmatrix zur Identifikation anforderungsrelevanter technischer Eigenschaften. Neben der Einflussmatrix hinsichtlich der Anforderungen wird im gleichen Schritt eine Einflussmatrix zur Identifikation von Wechselbeziehungen zwischen den technischen Parametern aufgebaut, um Einflüsse in der Systembetrachtung berücksichtigen zu können. Im Rahmen der Definition der Bewertungsprämissen gilt es, im Anschluss die temporale Granularität sowie die Potenzialkorridore für die Bewertung zu definieren. Dieser Schritt umfasst, basierend auf den Anforderungen, die Definition der Skalen und der Bewertungsvorschriften in Form von Scoring-Korridoren. Im abschließenden Schritt erfolgen die Gewichtung und die Bewertung der technischen Parameter hinsichtlich ihres Potenzials sowie die Generierung einer Kennzahl zum technischen Technologiepotenzial.

Im Kontext der Szenariotechnik lassen sich die ersten vier Schritte des vorgestellten Vorgehens der Szenariofeld-Analyse zuordnen. Der fünfte Schritt umfasst die eigentliche Bewertung sowie die strukturierte Diskussion und Anpassung der Bewertung und stellt somit die Projektionsentwicklung sowie die Szenariobildung dar. Abbildung 5-6 veranschaulicht die sukzessiven Schritte im Ablauf der Bewertung des technischen Potenzials. Dabei wird zu jedem übergeordneten Vorgehensschritt der Inhalt stichpunktartig erläutert.



Abbildung 5-6: Ablauf der Bewertung des technischen Potenzials

Kategorisierung und Auswahl relevanter Eigenschaften

Im ersten Schritt des Vorgehens zur Bewertung des technischen Potenzials von Technologien findet zunächst eine Kategorisierung der betrachteten Technologie statt. Dabei wird als Basis auf die Klassifikation nach DIN 8580 zurückgegriffen, welche Technologien in die folgenden Hauptgruppen unterteilt: Urformen; Umformen; Trennen; Fügen; Beschichten; Stoffeigenschaften ändern. Weiterführend können die Technologien optional in Gruppen und Untergruppen eingeordnet werden (siehe Anhang B). Aufgrund der überwiegenden Ausrichtung der DIN 8580 auf Stückgutprozesse erfolgt eine ergänzende Erweiterung der Struktur um die Hauptgruppe „Sonstige Verfahren“, unter welcher z. B. auch kontinuierliche Verarbeitungsprozesse eingeordnet werden können.

Die Einordnung der Technologie nach DIN 8580 bildet die Grundlage für die darauffolgende Auswahl relevanter technischer Parameter. Abgeleitet aus den untersuchten Standardwerken der Produktionstechnik und den untersuchten Potenzialstudien wurde ein Katalog an Parametern erstellt (siehe Anhang B), welcher

anhand der erläuterten Struktur gegliedert ist. Neben der Unterteilung in die Hauptgruppen wird zudem eine Gliederung in prozess- und produktbezogene Parameter vorgenommen. Produkt- und Prozessparameter stehen dabei in enger Beziehung, da veränderte Prozesseigenschaften stets Einfluss auf die Produkteigenschaften haben können. Abbildung 5-7 zeigt eine exemplarische Aufstellung der identifizierten, relevanten Bewertungsparameter für die Hauptgruppe Urformen.

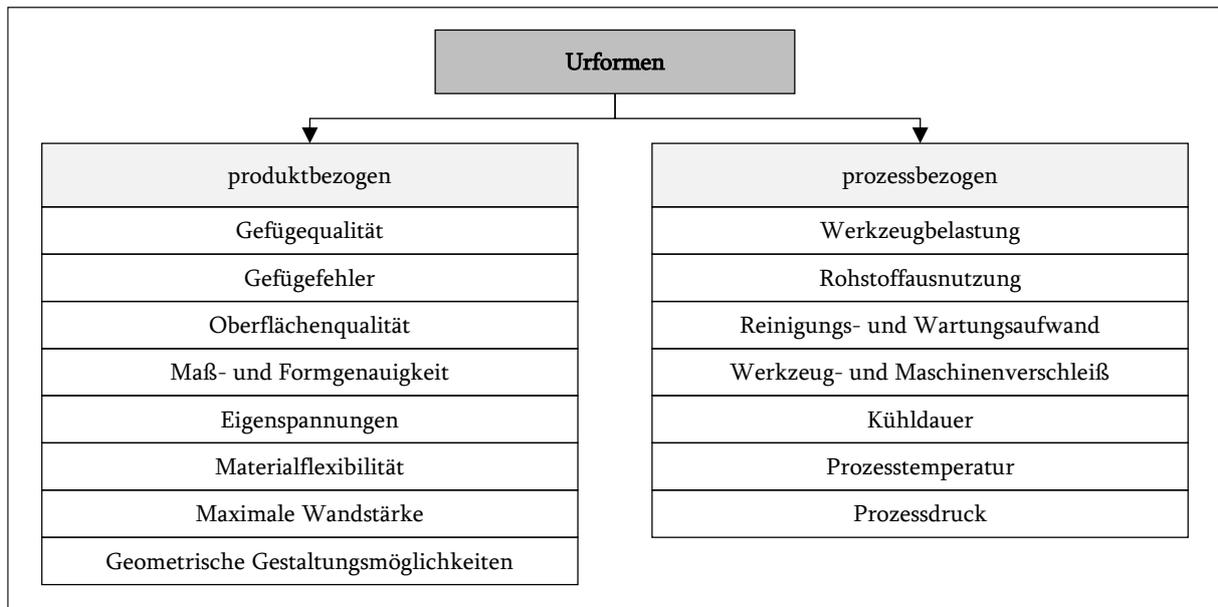


Abbildung 5-7: Technische Parameter für das Urformen

Basierend auf den bereits vorab identifizierten Parametern erfolgt eine Auswahl der für die betrachtete Technologie relevantesten technischen Parameter. Zur Gewährleistung einer effizienten Durchführbarkeit des Vorgehens wird empfohlen, ein Maximum von zehn Parametern auszuwählen. Als methodische Unterstützung bei der Auswahl der relevantesten Bewertungsparameter wird ein paarweiser Vergleich herangezogen. Dabei werden alle Parameter gegenübergestellt und schlussendlich wird eine priorisierte Reihenfolge erstellt. Vertiefende Ausführungen zum paarweisen Vergleich bietet KÜHNAPFEL (2021).

Zusätzlich zu den ausgewählten Parametern können in einem weiteren optionalen Schritt ergänzende Parameter identifiziert werden, die für die technische Bewertung relevant sind. Zur Unterstützung der Identifikation dieser weiteren Parameter wurde ein Leitfaden mit Leitfragen entwickelt (siehe Anhang E). Dabei werden u. a. die zentralen Eigenschaften des Produktes betrachtet, an welchen Stellen diese im Prozess erzeugt werden und welche Parameter für die Generierung hochwertiger Produkteigenschaften maßgeblich verantwortlich sind.

Die durch das beschriebene Vorgehen abgedeckten Technologieparameter bilden meist inkrementelle Weiterentwicklungen und technische Innovationen ab. Weist eine Technologie dagegen stärker disruptive Entwicklungssprünge auf, so müssen diese Potenziale individuell abgeleitet und beschrieben werden. Aufgrund der kreativen Natur disruptiver Technologieentwicklungen lassen sich diese nicht erschöpfend systematisch beschreiben. Beispiele für solche disruptiven Entwicklungen sind die Konsolidierung weiterführender Fertigungs- oder Montageschritte, die Kombination unterschiedlicher Technologien, die Nutzung neuartiger Materialien oder mehrerer Materialien im gleichen Fertigungsverfahren sowie die Realisierung völlig neuartiger Geometrien.

Ergebnis der Kategorisierung und Auswahl relevanter Eigenschaften ist eine Liste von technischen Eigenschaften der zu bewertenden Technologie. Dabei wird, basierend auf den Erfahrungswerten aus unterschiedlichen Industrieprojekten, eine pragmatische Begrenzung auf zehn Parameter empfohlen.

Anforderungsdefinition

Nachdem die Kategorisierung und die Auswahl relevanter Eigenschaften durchgeführt wurden, gilt es, die Anforderungen zu definieren und zu beschreiben, die durch den Prozess und das Produkt induziert werden. Die Anforderungen können dabei direkt einen der Bewertungsparameter betreffen oder übergreifenden Charakter aufweisen. Sie werden im Rahmen der Identifikation technologischer Bedarfe im ersten Schritt der Gesamtmethodik abgeleitet und ausgearbeitet (siehe Abschnitt 6.1). Die Anforderungen bilden entsprechend zukünftige technologische Bedarfe entlang des Wertstroms ab. Wie auch die technischen Parameter werden die Anforderungen anhand ihrer Relevanz mithilfe eines paarweisen Vergleiches bewertet und priorisiert.

Das Ergebnis der Anforderungsdefinition stellt eine priorisierte Liste von Anforderungen an die Technologie dar. Dabei werden sowohl Prozess- als auch Produktanforderungen berücksichtigt. Um ein ausgewogenes Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu gewährleisten, wird eine Begrenzung auf zehn zentrale Anforderungen empfohlen.

Beschreibung der Wirkzusammenhänge

Als Grundlage für die weitere Potenzialbewertung erfolgen eine Beschreibung und eine Bewertung der Wirkzusammenhänge zwischen den technischen Parametern selbst sowie zwischen den technischen Parametern und den zuvor definierten Anforderungen an die Technologie. Auf der Ebene konkreter technischer Parameter ist es oftmals der Fall, dass

unterschiedliche Parameter stark miteinander korrelieren und damit nicht redundanzfrei in der Bewertung berücksichtigt werden können (SCHÖNING 2006). Eine analytische Erfassung dieser Wirkzusammenhänge ist in der Regel nicht mit vertretbarem Aufwand abzubilden, weshalb auf systemtheoretische Methoden des vernetzten Denkens zurückgegriffen wird. Weiterführend bestehen auch signifikante Korrelationen zwischen der Anforderungserfüllung durch die miteinander korrelierenden technischen Parameter. Um diese Wirkzusammenhänge abbilden und bewerten zu können, werden Einflussmatrizen aufgebaut. Zunächst erfolgen der Aufbau der Einflussmatrix und die Bewertung der Korrelationen für die technischen Parameter untereinander. Dabei werden sowohl das Vorhandensein einer Wirkbeziehung als auch ihre Intensität abgebildet. Angelehnt an PROBST & GOMEZ (1991) werden die Wirkbeziehungen in folgenden Abstufungen bewertet:

0 = keine oder äußerst geringe Intensität

1 = geringe Intensität

2 = starke Intensität

3 = sehr starke Intensität

In der aufzubauenden Einflussmatrix wird die Einflussintensität von einem Parameter (vertikal) auf einen anderen Parameter (horizontal) bewertet. Durch die Bildung der Spalten- und Zeilensummen lässt sich die Charakteristik der Parameter im Gesamtzusammenhang beurteilen. Dabei existieren nach PROBST & GOMEZ (1991) unterschiedlichen Typen:

kritische Parameter

träge Parameter

aktive Parameter

passive Parameter

Kritische Parameter stellen die Knotenpunkte des Wirknetzes dar und beeinflussen daher andere Parameter stark, werden jedoch selbst auch stark von anderen Parametern beeinflusst. Träge Parameter hingegen üben selbst nur geringen Einfluss aus und werden auch nur in geringem Maße beeinflusst. Aktive Parameter wirken stark beeinflussend, werden jedoch selbst nur wenig beeinflusst. Demgegenüber stehen passive Parameter, die selbst nur wenig Einfluss ausüben, jedoch stark von anderen Parametern beeinflusst werden (PROBST & GOMEZ 1991). Die Aktivität eines Parameters wird entsprechend anhand der Zeilensumme bestimmt. Zur späteren Berechnung der Wichtigkeit einzelner Parameter innerhalb der technischen Potenzialbewertung wird jedem Parameter, basierend auf seiner

Aktivität, ein Aktivitäts-Score zugewiesen. Die folgende Formel dient der Berechnung des Aktivitäts-Scores A_i für den Parameter i :

$$A_i = 1 + \left(\frac{\text{Aktivität}_i}{\sum_{i=0}^n \text{Aktivität}_i} \right)$$

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Aufbau der Einflussmatrix beispielhaft und zeigt zudem eine Portfolioansicht zur charakteristischen Einordnung technischer Parameter im Wirkzusammenhang.

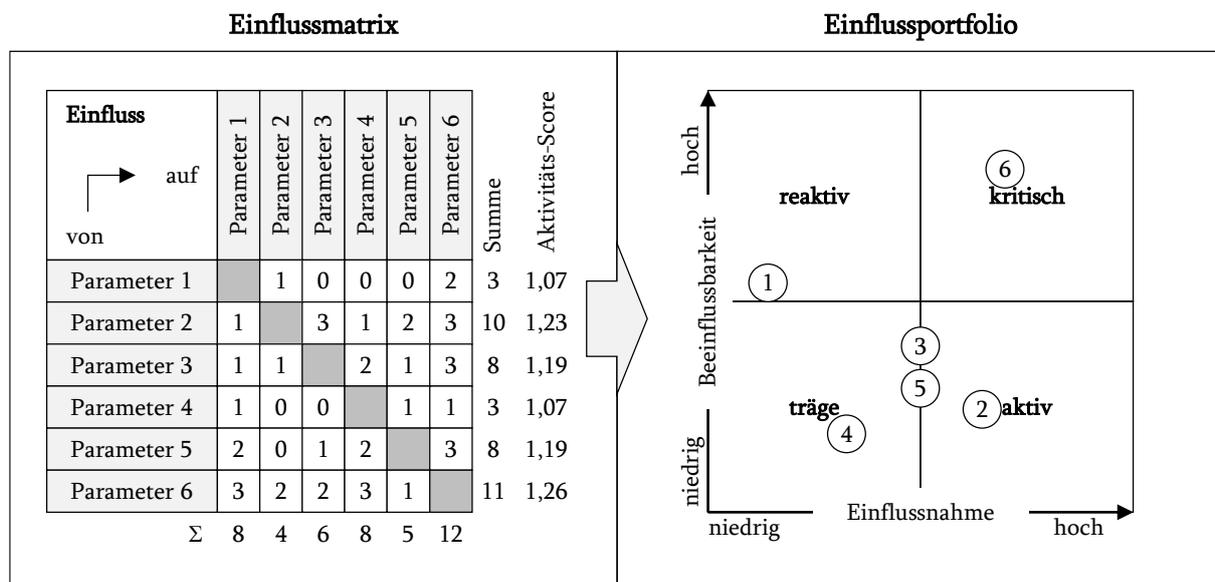


Abbildung 5-8: Schematische Darstellung der Einflussmatrix und des Einflussportfolios

Neben der Bewertung der Einflüsse der technischen Parameter aufeinander findet eine Bewertung des Einflusses der technischen Parameter auf die definierten Anforderungen statt. Der Aufbau der Einflussmatrix erfolgt analog zur zuvor aufgebauten Matrix. Durch die Unterschiedlichkeit der Zeilen und Spalten finden die zuvor beschriebenen Normcharakteristika keine Anwendung mehr und müssen durch eine differenziertere Betrachtung abgelöst werden. Die Zeilensummen spiegeln demnach den Hebel eines Parameters zur Anforderungserfüllung wider. Eine hohe Zeilensumme weist auf überproportionalen Einfluss auf die Anforderungserreichung und somit auf überproportionale Relevanz eines Parameters hin. Anhand der Zeilensumme lässt sich daher die Relevanz der betrachteten Parameter ableiten und eine Priorisierung hinsichtlich der Potenzialbewertung erstellen. Demgegenüber stellt die Spaltensumme ein Maß für die Beeinflussbarkeit einer bestimmten Anforderung dar. Eine hohe Spaltensumme bedeutet, dass eine Vielzahl von Parametern die Anforderungserfüllung beeinflusst. Entsprechend

sind Anforderungen mit einer hohen Spaltensumme schwieriger zu beeinflussen. Dies gilt sowohl für positive als auch für negative Entwicklungen, was Anforderungen mit hohen Spaltensummen weniger volatil und beeinflussbar macht.

Abbildung 5-9 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Parametern und Anforderungen anhand der Einflussmatrix sowie der daraus abzuleitenden Charakteristika.

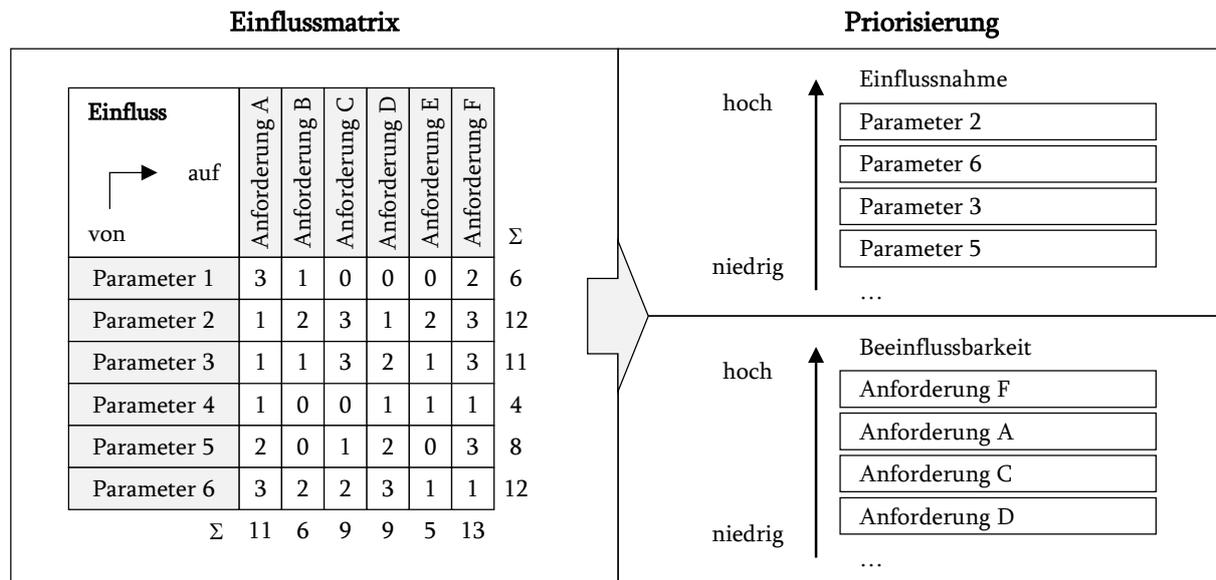


Abbildung 5-9: Schematische Darstellung der Einflussmatrix von Parametern auf Anforderungen

Definition der Bewertungsprämissen

Im Rahmen der Definition der Bewertungsprämissen werden zunächst der Betrachtungshorizont und die zeitliche Granularität der Bewertung für die technische Potenzialbewertung festgelegt. Dabei ist neben dem zu betrachtenden Zeithorizont und damit dem zur Verfügung stehenden Entwicklungszeitraum auch die Granularität der zeitlichen Bewertungsschritte zu definieren. Da die Potenzialabschätzung entlang mehrerer prognostischer Zwischenschritte (sog. Stützstellen) erfolgt, muss auch die Anzahl der Zwischenschritte definiert werden. Um eine Orientierung für die Wahl des geeigneten Betrachtungszeitraumes bereitstellen zu können, wurden unterschiedliche Experten⁹ befragt und es wurde die Bewertung in unterschiedlichen Ausprägungen im Rahmen industrieller Anwendungen betrachtet. Die generierten Erfahrungswerte zeigen, dass der Zeithorizont für die Potenzialbewertung sinnvollerweise in Relation zu den typischen Produkt- und Technologielebenszyklen der jeweiligen Industrie stehen sollte. Ein

⁹ Die Experten charakterisierten sich durch langjährige Expertise im Technologiemanagement und repräsentierten kleine, mittlere und große Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen. Es wurden insgesamt fünf Experten hinzugezogen.

Betrachtungszeitraum, der der Dauer eines Technologiezyklus¹⁰ entspricht, erwies sich als sinnvoller Richtwert. Zudem zeigte sich, dass eine Bewertung mit ein bis zwei Stützstellen¹¹ zu einem hochwertigen Ergebnis mit vertretbarem Aufwand führte.

Im nächsten Schritt wird der Nutzen, der bei der Erfüllung der jeweiligen Anforderung erwartet werden kann, ermittelt. Der Nutzen wird analog der Grundstruktur der Technologiebewertung in die technische, die wirtschaftliche und die strategische Dimension unterteilt. Da das Technologiepotenzial maßgeblich durch den Nutzen, den eine Technologie realisieren kann, definiert wird, sind die Bestimmung der Nutzendimension und deren Verknüpfung mit konkreten technischen Parametern eine zentrale Herausforderung. Die abgeleiteten Anforderungen stellen in diesem Zusammenhang die zu erreichenden Zielgrößen dar, über deren Erfüllung ein technischer Nutzen entsteht. Daher gilt es, zunächst die Wichtigkeit der definierten Anforderungen einzuschätzen und die Anforderungen entsprechend ihrem Nutzenbeitrag zu bewerten. Methodisch wird dabei zunächst auf einen paarweisen Vergleich zurückgegriffen, da dieser ein einfaches Mittel zur Erstellung einer priorisierten Reihenfolge darstellt. Die Durchführung des paarweisen Vergleiches geschieht durch unternehmensinterne Experten, die nach Möglichkeit umfassende Erfahrung im betreffenden Wertschöpfungs- bzw. Technologiebereich vorweisen können. Sollten keine unternehmensinternen Experten vorhanden sein, kann auf spezialisierte Unternehmensberatungen oder externe Experten zurückgegriffen werden. Jeder Experte führt dabei einen eigenen paarweisen Vergleich durch. Die Ergebnisse werden anschließend kombiniert und es wird eine Gesamtpriorisierung erzeugt (vgl. KÜHNAPFEL 2021, S. 53 ff.). Die sich daraus ergebende priorisierte Liste von Anforderungen wird nun durch einen Nutzen-Score von 1 (geringer Nutzenbeitrag) bis 3 (hoher Nutzenbeitrag) bewertet. Eine initiale Zuordnung des Nutzen-Scores wird auf die Bewertungsstufen 1 bis 3 gleich verteilt. Somit wird das wichtigste Drittel der Anforderungen initial mit einem Nutzen-Score von 3 bewertet, das mittlere Drittel mit einem solchen von 2, das untere Drittel mit einem solchen von 1. Anschließend an diese Initialbewertung kann eine Feinjustierung durch die Experten stattfinden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Ablauf der Nutzenbewertung.

¹⁰ Ein Technologiezyklus oder auch Technologielebenszyklus wird nach SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1986) definiert als die Zeitspanne zwischen der Entstehung der Technologie und deren Ablösung. Im anwendungsorientierten Sinne lässt sich diese Zeitspanne als den Zeitraum zwischen dem ersten Einsatz der Technologie und deren Ablösung definieren.

¹¹ Eine Stützstelle dient als Zwischenbewertungsschritt zum Aufbau unterschiedlicher Szenarien. Sie dient somit der einfacheren und anschaulicheren Bewertbarkeit durch Experten.

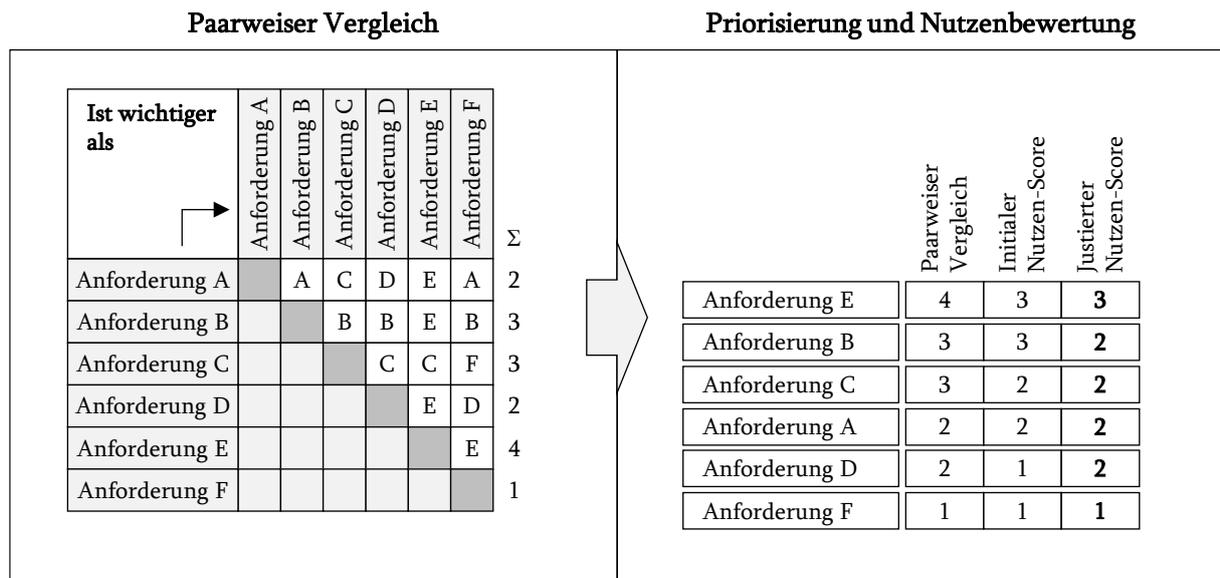


Abbildung 5-10: Schematische Darstellung der Nutzenbewertung von Anforderungen

Um den Nutzen auf die Ebene der technischen Parameter zu transformieren, erfolgt eine Verrechnung des Nutzen-Scores der Anforderungen mit den technischen Parametern anhand deren Einfluss auf die Anforderungserreichung. Dazu wird der justierte Nutzen-Score mit der jeweiligen Einflusszahl multipliziert. Daraus ergibt sich eine nutzungsgewichtete Einflussmatrix. Die Zeilensummen der Matrix induzieren damit den Nutzen der jeweiligen Parameter. Um einen Nutzen-Score auf Parameterebene zu generieren, wird die Zeilensumme normiert, indem sie durch die Anzahl der betrachteten Anforderungen geteilt wird. Diese Normierung ermöglicht eine verbesserte Vergleichbarkeit unterschiedlicher Potenzialbewertungen mit einer unterschiedlichen Anzahl von Anforderungen. Um den Einfluss eines Parameters auf die übrigen Parameter ebenfalls zu berücksichtigen, erfolgt zusätzlich eine Multiplikation mit dem Aktivitäts-Score des jeweiligen Parameters. Die Berücksichtigung der Aktivität der Parameter stellt insbesondere deshalb eine wichtige Einflussgröße dar, da zwischen konkreten technischen Parametern oftmals eine starke Korrelation herrscht und aktive Parameter somit einen gewissen Netzwerk- oder Folgeeffekt erzeugen. Abbildung 5-11 veranschaulicht das Vorgehen zur Berechnung des Nutzen-Scores sowie des Gesamt-Nutzen-Scores (des GN-Scores) auf Parameterebene. Dazu wird im linken Teil der Abbildung zunächst der Aufbau der nutzwertgewichteten Einflussmatrix dargestellt sowie im rechten, oberen Abbildungsteil die Berechnung erläutert. Im rechten, unteren Abbildungsteil ist die Berechnung des Gesamt-Scores für den jeweiligen Parameter dargestellt. Durch die Berücksichtigung des Aktivitäts-Scores kann es zu einer Veränderung des Rankings kommen, welches zunächst isoliert auf dem Nutzen-Score aufbaut.

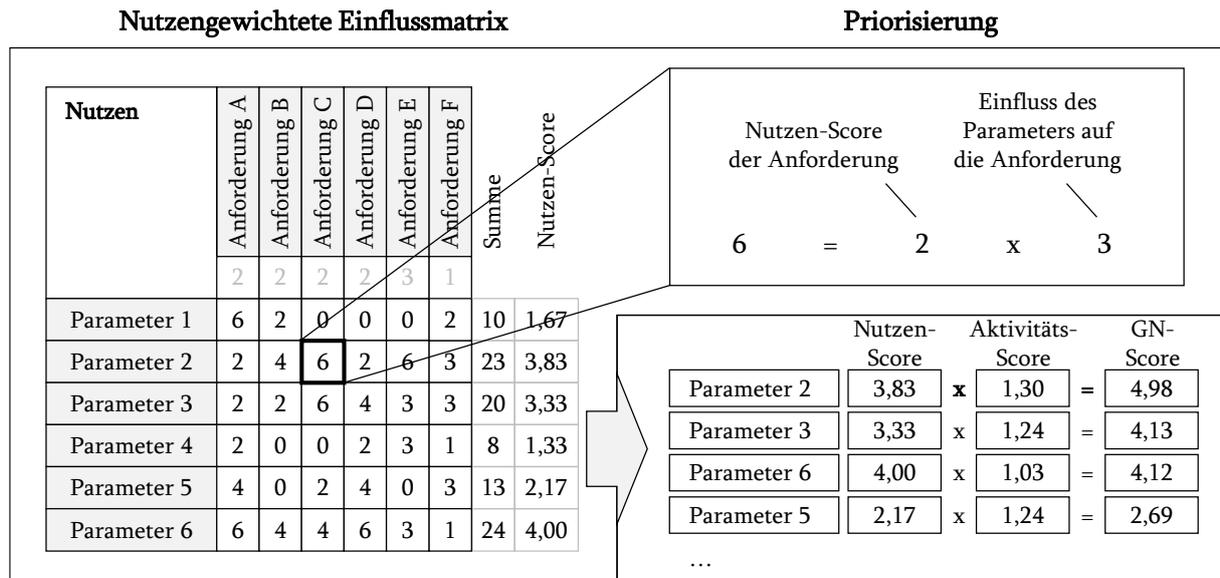


Abbildung 5-11: Schematische Darstellung der Nutzenbewertung auf Parameterebene

Nachdem der Nutzen auf Basis der Anforderungen bis auf die Parameterebene bestimmt wurde, müssen die Bewertungsskala sowie die Bewertungsvorschriften definiert werden. Grundsätzlich stellt die Bewertung im Rahmen des vorliegenden Scorings technisch eine Messung dar, welche die regelhafte und kodifizierte Zuordnung von Symbolen oder Ziffern zu Ausprägungen von Variablen umfasst (PORST 2014). Hierbei kann auf unterschiedliche Skalentypen zurückgegriffen werden, welche je nach Ausprägung der durchzuführenden Bewertung Vor- oder Nachteile aufweisen. Die Auswahl der Skala kann sich signifikant auf die Bewertung auswirken, weshalb nach KÜHNAPFEL (2021) nachfolgende Anforderungen zu erfüllen sind.

- **Praktikabilität**
- **Repräsentativität**
- **Universalität**
- **Richtungsgleichheit**

Die Praktikabilität beschreibt in diesem Zusammenhang die intuitive Erfassbarkeit der Skala, was zu einer korrekten und wiederholbaren Zuweisung eines Zustandes zu einem Skalenwert führt (KÜHNAPFEL 2021). Die Möglichkeit der repräsentativen Darstellung eines Zustands oder Erfüllungsgrads eines Kriteriums in hinreichend granularer Ausprägung wird durch die Anforderung der Repräsentativität gefordert. Es muss also möglich sein, den zu bewertenden Zustand präzise genug einordnen zu können. Daneben sollte bei einem Scoring nach Möglichkeit nur eine Skala genutzt werden, in die sämtliche Bewertungen

transformiert werden. Diese Universalitätsanforderung ermöglicht die Vergleichbarkeit von Kriterien und Bewertungen und stellt die Grundlage für die mathematische Weiterverarbeitung der Bewertungsergebnisse dar. Die Richtungsgleichheit umfasst, ähnlich wie die Praktikabilität, die Forderung nach einem intuitiven Aufbau einer Skala. So sollten Skalen stets so gestaltet werden, dass bspw. eine negative Ausprägung links oder unten und eine positive Ausprägung rechts oder oben zu finden ist. Insbesondere bei der Bewertung technischer Parameter ist die Beachtung dieser Anforderung zentral, da eine positive Ausprägung eines Bewertungskriteriums in manchen Fällen durch eine hohe Kennzahl (z. B. Vorschubgeschwindigkeit) und in manchen Fällen durch eine niedrige Kennzahl (z. B. Maßtoleranz) beschrieben wird.

Übergeordnet kann zwischen den vier Skalentypen Nominal-, Ordinal-, Intervall- und Ratio- oder Verhältnisskala unterschieden werden (PORST 2014, KÜHNAPFEL 2021). Die Intervall- und die Verhältnisskala lassen sich zudem der Kategorie der Kardinalskalen zuordnen. Die Werte von Nominalskalen sind gleichrangig, was dazu führt, dass keine Reihenfolge gebildet, sondern lediglich eine statistische Auswertung vorgenommen werden kann. Ordinalskalen, bspw. Schulnoten oder Platzierungen in einem Sportwettbewerb, ermöglichen die Bildung einer Rangfolge. Dabei wird jedoch nicht der Abstand berücksichtigt. Dieser wird durch Intervallskalen, bspw. bei der Zeitmessung bei einem Marathon, abgebildet. Ratio-Skalen unterscheiden sich lediglich durch die Existenz eines echten Nullpunktes von den Intervallskalen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird, basierend auf den beschriebenen wissenschaftlichen Grundlagen der Empirie, eine Ordinalskala mit drei Skalenpunkten und einem künstlichen Nullpunkt zur Bewertung des Potenzials von Technologien verwendet. Der Nullpunkt stellt eine mögliche Ausprägung des Potenzials dar, indem schlichtweg kein Potenzial besteht. Mit der Definition von drei möglichen Bewertungspunkten ist im Sinne der Praktikabilität und der Repräsentativität eine hinreichende Differenzierbarkeit zwischen den Potenzialausprägungen gegeben. Untersuchungen in der industriellen Praxis haben gezeigt, dass eine stärkere Differenzierung zu einer Verzerrung der Wiederholbarkeit der Bewertungsergebnisse führt. Die definierte Potenzialskala umfasst damit die folgenden Stufen:

- 0 = kein Potenzial
- 1 = geringes Potenzial
- 2 = mittleres bzw. moderates Potenzial
- 3 = großes Potenzial

Anhand der Richtlinien zur Klassifikation und Modellierung von Unsicherheit kann die vorliegende Bewertungsaufgabe nach HAWER ET AL. (2018) sowie anhand der weiterführenden Ausführungen nach HAWER (2020) durch Intervall abgebildet werden. Dementsprechend müssen auf Basis des Nutzens, welcher sich aus dem Beitrag zur Anforderungserfüllung einzelner Leistungsparameter ergibt, Potenzialintervalle bzw. Potenzialkorridore festgelegt werden. Die Potenzialkorridore unterstützen die Bewertung des technischen Potenzials, indem sie eine quantitative Transformation der einheitsgebundenen Ausprägung konkreter technischer Leistungsparameter in eine einheitslose Potenzialkennzahl ermöglichen. Diese Transformation wird aufgrund der unterschiedlichen Einheiten und Ausprägungen der technischen Parameter notwendig. Am Beispiel einer Urformtechnologie lassen sich die technischen Parameter „maximale Wanddicke“ und „geometrische Gestaltungsmöglichkeiten“ bewerten. Die Wanddicke kann dabei bspw. in Millimetern angegeben werden, die geometrischen Gestaltungsmöglichkeiten werden jedoch typischerweise nicht durch eine definierte, quantitative Einheit beschrieben. Um diese in ihrer Ausprägung sehr unterschiedlichen Parameter in einer Potenzialbewertung vereinen zu können, werden Korridore für ein großes, ein mittleres und ein geringes Potenzial definiert. Am Beispiel der Wanddicke wird daher durch die Experten eine Betrachtung der beeinflussten Anforderungen vorgenommen und daraus ein Zielwert abgeleitet, welcher zu einer vollen Erfüllung aller Anforderungen führt. Wird dieser Zielwert erreicht oder überschritten (wenn das Ziel eine Maximierung der Wanddicke darstellt), so wird dem Parameter der höchste Potenzial-Score von 3 zugewiesen. Am negativen Ende der Potenzialskala wird ebenfalls ein Grenzwert definiert, ab dem lediglich ein geringfügiger Einfluss auf die Erfüllung der Anforderungen und somit ein geringfügiges Potenzial vorhanden ist. Unterschreitet der Parameter diesen Grenzwert, so erfolgt eine Zuordnung des Potenzial-Scores 0. Zur Abgrenzung der Potenzial-Scores 1 und 2 muss zusätzlich ein Grenzwert im Bereich zwischen den beiden Extremwerten definiert werden. Dieser Zwischenwert beschreibt den Übergang von einem geringen Potenzial (1) zu einem mittleren Potenzial (2) und somit den Übergang von einem geringfügigen Beitrag zu einem erhöhten Beitrag zur Anforderungserreichung. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Konzept der Potenzialkorridore, wobei die Grenzwerte generisch angegeben sind.

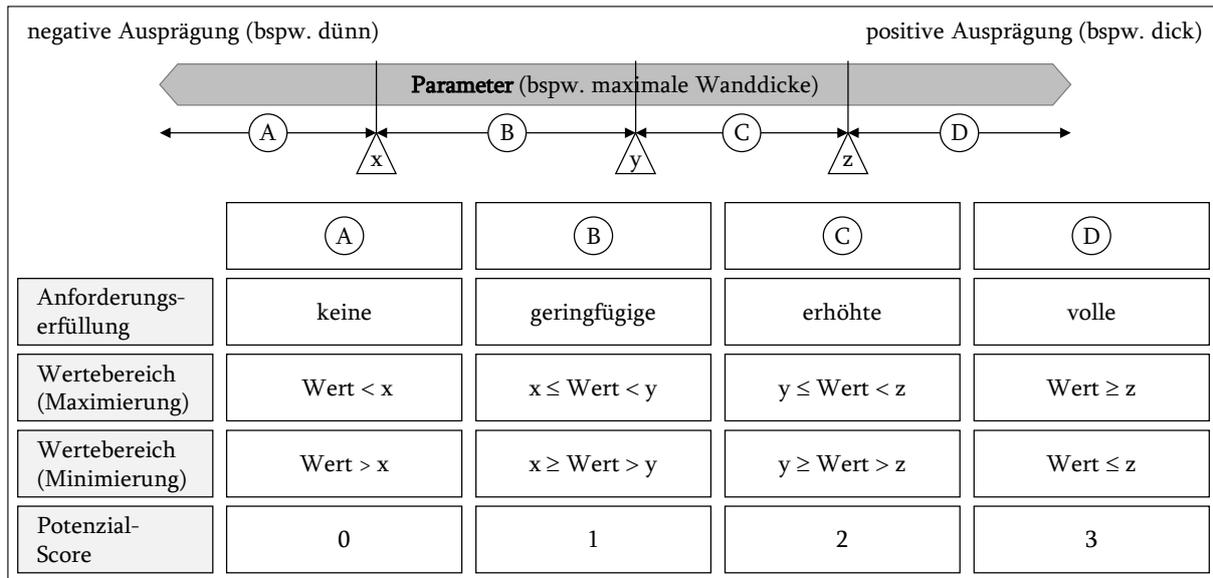


Abbildung 5-12: Definition von Potenzialkorridoren

Grundlage für die Definition der Potenzialkorridore stellt eine Detaillierung der betrachteten technischen Parameter bis auf eine quantifizierbare Ebene dar. So kann bspw. der Parameter „Materialflexibilität“ anhand der Anzahl verarbeitbarer Legierungen quantifiziert werden. „Geometrische Gestaltungsmöglichkeiten“ können bspw. anhand realisierbarer Radien oder Hinterschnedungen quantitativ charakterisiert werden. Entsprechend der beschriebenen Vorgehensweise müssen die Grenzwerte und die Korridore für alle betrachteten Parameter von den Experten im Kontext der unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen diskutiert und festgelegt werden.

Bewertung des technischen Potenzials

Auf Basis der vorangehenden Schritte findet im letzten Schritt die Bewertung des technischen Potenzials statt. Dazu erfolgt eine Abschätzung der Entwicklung der Technologie auf Basis der einzelnen Leistungsparameter. Diese werden über den Betrachtungszeitraum und unter Berücksichtigung der definierten Stützstellen der Prognose bewertet. Die prognostizierte Ausprägung der Leistungsparameter wird anhand der beschriebenen Bewertungsskala eingeordnet. Die Abschätzung wird dabei für jeden der betrachteten Parameter einzeln vorgenommen, was das umfangreiche Bewertungsproblem der Prognose der technischen Leistungsfähigkeit in greifbare und bewertbare Teilprobleme aufgliedert. Die Prognose der Entwicklung einzelner Leistungsparameter stellt dabei eine Abschätzung der Zukunft unter Unsicherheit dar. Ein probates Werkzeug zur Abbildung dieser Unsicherheit im Rahmen der strategischen Planung und der daraus resultierenden

alternativen Zukunftsbilder stellen nach DÖNITZ (2009) und GAUSEMEIER ET AL. (2016) die Bildung von Szenarien sowie insbesondere die Projektions-Entwicklung und die Szenario-Bildung dar. Die Potenzialbewertung basiert auf der Projektions-Entwicklung durch mehrere Experten, welche voneinander unabhängige Prognosen abgeben. Dabei werden sukzessive alle Parameter entlang der definierten zeitlichen Stützstellen bewertet. Abbildung 5-13 veranschaulicht die szenariobasierte Bewertung.

Die Bewertung erfolgt zur Herstellung konsistenter Szenarien mithilfe der Delphi-Methode, welche durch ein mehrstufiges Bewertungs- und Feedback-Vorgehen die Plausibilität der Bewertungen und der Szenarien sicherstellt. Das mit der Bewertung betraute Expertengremium sollte je nach unternehmensspezifischen Voraussetzungen aus mindestens zwei Experten bestehen, um ein Mindestmaß an fachlichem Diskurs herstellen zu können. Grundsätzlich gilt jedoch, dass zur Intensivierung des fachlichen Diskurses ein größeres Expertengremium zur Bewertung vorteilhaft ist.

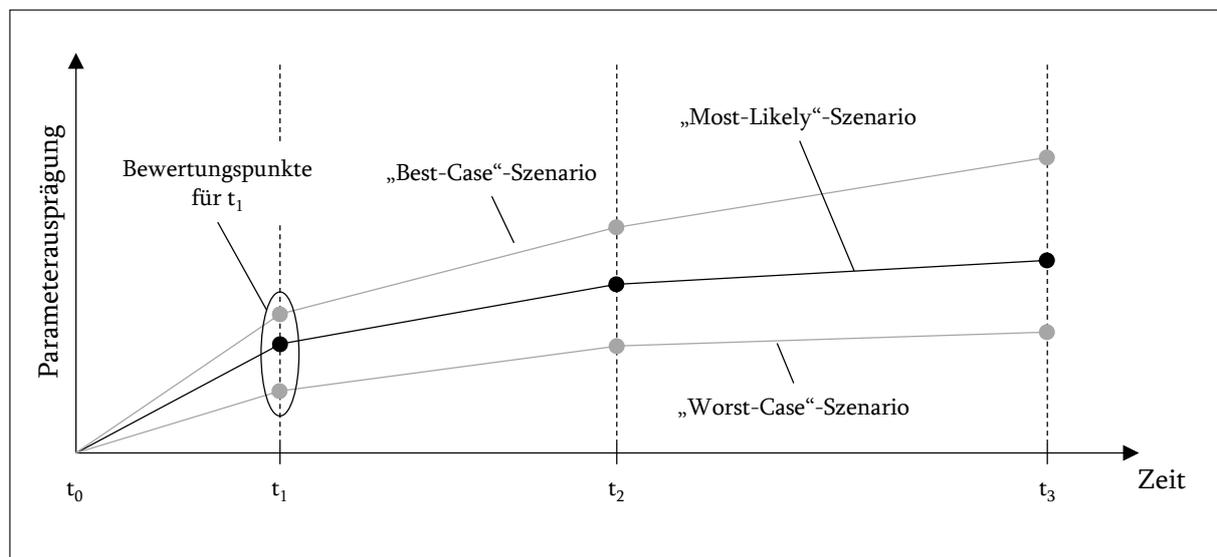


Abbildung 5-13: Szenariobasierte Bewertung des technischen Potenzials auf Parameterebene

Die Delphi-Methode stellt ein systematisches und mehrstufiges Befragungsvorgehen dar, in dem eine Rückkopplung der Ergebnisse geschieht. Sie wird typischerweise zur Einschätzung von Trends, zukünftigen Ereignissen oder technischen Entwicklungen eingesetzt (vgl. AMMON 2009, HÄDER 2014). Jeder Experte gibt pro zu bewertendem Leistungsparameter mehrere Prognosewerte über die zeitliche Entwicklung ab (abhängig von der Anzahl m der Stützstellen von t_1 bis t_m). Sofern eine noch ausführlichere Berücksichtigung der Unsicherheit benötigt wird oder sofern nur ein sehr kleines Expertengremium zur Verfügung steht, kann durch jeden Experten pro Bewertungspunkt eine gewichtete Dreipunktschätzung erfolgen. Dabei werden die erwarteten Minimal- und

Maximalausprägungen sowie die vom Experten als am wahrscheinlichsten erachtete Ausprägung abgeschätzt. Es wird also eine Szenariobildung je Experte für jeden Bewertungspunkt durchgeführt. Weiterführende Details zu den vorgestellten Methoden sind bei MALCOLM ET AL. (1959), CLARK (1962) und DEMARCO & LISTER (2003) zu finden.

Im Rahmen der Potenzialbewertung findet ein zweistufiges Delphi-Modell Anwendung, in dem die Experten des Expertengremiums zunächst unabhängig voneinander eine erste Abschätzung der zu erwartenden Werte für alle Parameter vornehmen. Diese erste Runde des Delphi-Vorgehens ist örtlich unabhängig und kann bei Bedarf durch gängige Onlinebefragungstools unterstützt werden. Neben der Prognose der Ausprägung der jeweiligen Leistungsparameter sind die Experten zudem angehalten, eine kurze Erläuterung zu ihrer Prognose vorzubereiten. Dabei ist besonders auf die technischen Restriktionen zu achten, welche sich aus den unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen ergeben. Grundsätzlich wird, wie in Abschnitt 5.1 erläutert, zwischen sog. „Lock-in“- und „Lock-out“-Faktoren unterschieden, welche unterschiedliche Arten von Restriktionen bei der Potenzialentfaltung darstellen. Insbesondere die Lock-out-Faktoren spielen bei der Bewertung des Potenzials eine relevante Rolle, da sie die Leistungsfähigkeit einer Technologie unter den gegebenen Rahmenbedingungen einschränken.

Im Nachgang zum ersten Bewertungsschritt werden die Ergebnisse durch die verantwortliche Person aggregiert. Die Ergebnisse der ersten Runde werden den Experten zur Verfügung gestellt und im Rahmen des Expertengremiums diskutiert. Insbesondere stark abweichende Einschätzungen und die zugehörigen Erläuterungen erzeugen oftmals neue Impulse für die zweite Bewertungsrunde. Es bietet sich an, die zweite Bewertungsrunde direkt an die Diskussion der Ergebnisse der ersten Runde anzuschließen. Hierbei können die Experten ihre Bewertung aus der ersten Runde, basierend auf der fachlichen Diskussion, anpassen, was schlussendlich zu einer finalen Bewertung führt. Der Prognoseverlauf mit der schlechtesten Ausprägung stellt in diesem Zusammenhang das „Worst-Case-Szenario“ dar, hingegen der Verlauf mit der besten Ausprägung das „Best-Case-Szenario“. Die weiteren Verläufe können als grafische Unterstützung ergänzend dargestellt werden. Der wahrscheinlichste Verlauf, das sog. „Most-likely-Szenario“, wird anhand des Mittelwerts der Verläufe definiert. Es findet also eine Durchschnittsbildung für jeden Bewertungspunkt statt, was zu einem Gesamtverlauf führt. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Bewertungsvorgang sowie ein mögliches Ergebnis schematisch. Dabei wird durch jeden Experten eine Einschätzung der Parameterausprägung zu t_1 , t_2 und t_3 vorgenommen, welche jeweils Zeitpunkte in der Zukunft darstellen. Diese Einschätzung wird entsprechend dem Delphi-Vorgehen nach Rückspiegelung der Ergebnisse der ersten Bewertungsrunde in einer zweiten Bewertungsrunde angepasst.

Basierend auf dem Minimal-, dem Maximal- und dem Mittelwert der Ergebnisse der zweiten Bewertungsrunde erfolgt eine Visualisierung des Ausprägungsverlaufes des jeweiligen Parameters entlang einer Zeitachse.

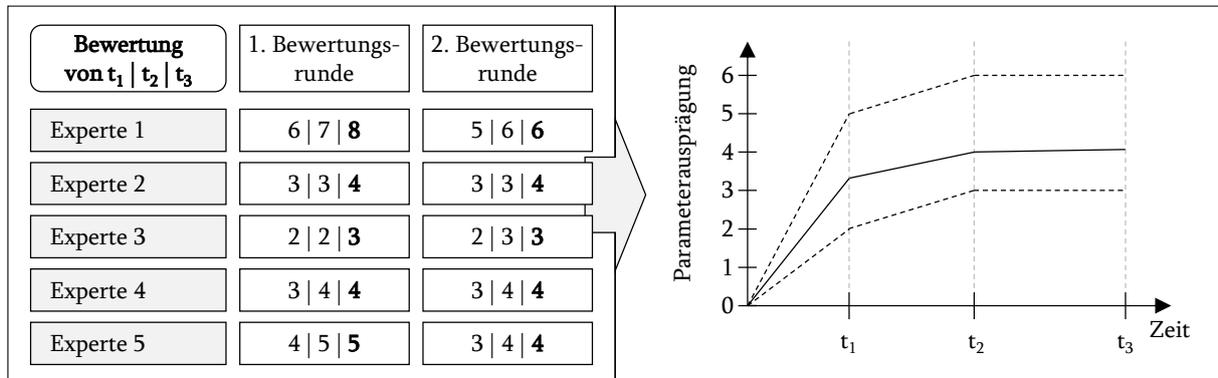


Abbildung 5-14: Delphi-Vorgehen zur Prognose technischer Leistungsparameter

Im Anschluss an die Bewertung der einzelnen Parameter findet die quantitative Transformation der einheitsgebundenen Parameter in einheitslose Scores anhand der im vorausgehenden Schritt definierten Korridore statt. Damit ergibt sich der ungewichtete Potenzial-Score für jeden betrachteten Parameter. Die nachfolgende Abbildung illustriert den Berechnungs- bzw. Transformationsvorgang schematisch.

	Einheit des Parameters			Potenzial-Korridore				Potenzial-Score (ungewichtet)		
	Most-Likely	Worst-Case	Best-Case	Quantitative Transformation				Most-Likely	Worst-Case	Best-Case
				0	1	2	3			
Parameter 1	7,2 m	6,5 m	8,4 m	< 5 m	< 6 m	< 7 m	≥ 7 m	3	2	3
Parameter 2	21 s	26 s	18 s	> 30 s	> 25 s	> 20 s	≤ 20 s	2	1	3
Parameter 3	3,1 m/s	2,6 m/s	3,4 m/s	< 2,5 m/s	< 3 m/s	< 3,5 m/s	≥ 3,5 m/s	2	1	2
Parameter 4	7	5	8	< 3	< 4	< 5	≥ 5	3	3	3
Parameter 5	72 N	110 N	60 N	> 200 N	> 120 N	> 80 N	≤ 80 N	3	2	3
Parameter 6	6,5 bar	6 bar	8 bar	< 6 bar	< 7 bar	< 9 bar	≥ 10 bar	1	1	2
								Ø 2,33	Ø 1,67	Ø 2,67

Abbildung 5-15: Vorgehen der quantitativen Transformation anhand der Potenzialkorridore

Die konkreten, einheitsgebundenen Prognosen der Experten (links) werden entsprechend den Potenzial-Korridoren (mittig) in den einheitsneutralen Potenzial-Score für jeden

Parameter (rechts) transformiert. Um das anhand des Nutzens und der Aktivität der Parameter gewichtete technische Potenzial für die Technologie zu bestimmen, wird zunächst der gewichtete Potenzial-Score je Parameter berechnet. Daran anschließend erfolgt die Berechnung des technischen Gesamtpotenzials als Summe der einzelnen parameterweisen Potenzialausprägungen. Der gewichtete Potenzial-Score wird durch Multiplikation des „Most-likely“-Potenzialwertes mit dem normierten Gesamt-Nutzen-Score bestimmt. Zudem können die beiden Extremszenarien auf analoge Weise berechnet werden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Berechnung. Dabei werden die ungewichteten Potenzial-Scores (links) mit dem normierten Gesamt-Nutzen-Score multipliziert und ergeben somit den gewichteten, normierten Potenzial-Score (rechts).

Die Summe der gewichteten, normierten Potenzial-Scores ergibt schlussendlich den Wert für das technische Potenzial. Hierbei können zusätzlich das „Worst-Case“- und das „Best-Case“-Szenario zur Einordnung des Potenzial-Scores genutzt werden. Da eine Normierung auf die Skala von 0 bis 3 stattfindet, lässt sich auch eine absolute Einordnung vornehmen und somit Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Technologien herstellen.

	Potenzial-Score (ungewichtet)			GN-Score	Normierung	Normierter GN-Score	Potenzial-Score (gewichtet, normiert)		
	Most-Likely	Worst-Case	Best-Case				Most-Likely	Worst-Case	Best-Case
Parameter 1	3	2	3	1,67	1,67 / 16,33	0,102	0,306	0,204	0,306
Parameter 2	2	1	3	3,83	3,83 / 16,33	0,235	0,470	0,235	0,705
Parameter 3	2	1	2	3,33	3,33 / 16,33	0,204	0,408	0,204	0,408
Parameter 4	3	3	3	1,33	1,33 / 16,33	0,081	0,243	0,243	0,243
Parameter 5	3	2	3	2,17	2,17 / 16,33	0,133	0,399	0,266	0,399
Parameter 6	1	1	2	4,00	4,00 / 16,33	0,245	0,245	0,245	0,490
				$\Sigma = 16,33$			$\Sigma = 2,1$	1,4	2,6

Abbildung 5-16: Berechnung des technischen Gesamtpotenzials

5.4 Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials

Im nun folgenden Abschnitt liegt der Fokus auf der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials. In der wissenschaftlichen Literatur existieren zahlreiche Ansätze zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Technologien und Technologieketten im Produktionskontext.

Aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungsweisen der jeweiligen Wirtschaftlichkeitsbewertungen unterscheiden sie sich jedoch grundlegend in ihren Zielgrößen (SCHINDLER 2015). Die meisten Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsbewertung im Produktionsumfeld fokussieren eine kosten- bzw. aufwandsgetriebene Betrachtung. Dies ist im Grundgedanken der Produktivität als zentrale Optimierungsgröße begründet, welche sich durch das Verhältnis von Input zu Output (bzw. Ressourceneinsatz zu Zielerfüllung) definiert (vgl. WEBER ET AL. 2018, ZANGEMEISTER 2000). Meist wird der Output bzw. das zu erreichende Ziel in Form von Absatzvorgaben oder konstruktiven Anforderungen fest definiert. Dies führt dazu, dass eine Optimierung der Wirtschaftlichkeit ausschließlich über eine Reduktion von Kosten realisiert wird. Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine umfassende und strategische Bewertungsperspektive eingenommen wird, soll jedoch keine reine Beschränkung auf Kostenreduktionspotenziale vorgenommen werden. Zu diesem Zweck werden die grundlegenden wirtschaftlichen Zusammenhänge und Ziele für Unternehmen nach VOEGELE (2012) als theoretisches Fundament für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in dieser Arbeit herangezogen. Demnach ist es das Ziel eines Unternehmens, seine Existenz langfristig abzusichern, was bedeutet, dass jedes Unternehmen auf Dauer Gewinne erwirtschaften muss (VOEGELE 2012). Der Gewinn stellt dabei die Differenz zwischen Gesamterlös und Gesamtaufwand dar. Der Gesamterlös ergibt sich aus der Multiplikation der Anzahl verkaufter Produkte mit dem Produktpreis sowie sonstigen Erlösen. Damit existieren nach VOEGELE (2012) zwei Stellschrauben, die den Gewinn eines Unternehmens beeinflussen zu können. Zum einen kann der Erlös erhöht werden, was durch die Erhöhung der Anzahl abgesetzter Produkte oder durch die Erhöhung des Produktpreises erfolgen kann. Zum anderen kann der Aufwand bzw. können die Kosten gesenkt werden. Die Kosten können wiederum in zahlreiche Unterkategorien unterteilt werden (vgl. HÄRDLER ET AL. 2016, S. 421 ff., VOEGELE 2012, S. 20 ff.).

Im Gegensatz zum technischen Potenzial, welches durch eine Vielzahl unterschiedlicher Einheiten und Skalen charakterisiert ist, stellt sich die wirtschaftliche Bewertung von Technologien im Kern eindimensional dar. Dies liegt insbesondere an der gemeinsamen Bewertungseinheit, welche im Kontext der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stets durch Geld in einer gewissen Währung bzw. in Geldströmen und -mengen dargestellt wird (vgl. HÄRDLER ET AL. 2016). Übergreifend kann eine Technologie als wirtschaftlich potenzialträchtig charakterisiert werden, wenn das fundamentale wirtschaftliche Ziel der Gewinnmaximierung bzw. des nachhaltigen Unternehmenserhalts (VOEGELE 2012) durch deren prognostizierte Entwicklung erfüllt oder gefördert wird.

In der industriellen Praxis wird die Erreichung des wirtschaftlichen Ziels durch strategische Technologie- und Investitionsentscheidungen beeinflusst. Zur Unterstützung dieser

strategischen Planungs- und Investitionsaufgaben wird dazu meist ein sog. Business-Case aufgebaut, welcher die Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens anhand prognostizierter Geldströme sowie unterschiedlicher Kennzahlen und Szenarien abbildet (TASCHNER 2017). Beim Aufbau eines Business-Cases können verschiedene Methoden der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung zum Einsatz kommen, was es ermöglicht, unterschiedlich komplexe Investitionssachverhalte darzustellen. Ein Business-Case schafft damit die Voraussetzung für die Analyse finanzieller Auswirkungen einer Entscheidung. Zusätzlich können nichtfinanzielle Aspekte durch ein qualitativ-quantitativ kombiniertes Modell berücksichtigt werden (TASCHNER 2017). In Abgrenzung zu einer reinen Kalkulation, welche zum Ziel hat, eine möglichst genaue Planung der zukünftig anfallenden Kosten eines Vorhabens herzustellen, können in einem Business-Case unterschiedliche Handlungsalternativen verglichen werden. Nach TASCHNER (2017) folgt der Aufbau eines Business-Cases einem klar definierten und strukturierten Prozesses in fünf Phasen. Diese umfassen die Klärung der Rahmenbedingungen, die Modellierung, die Datenakquisition, die Berechnung und abschließend die Interpretation der Ergebnisse.

Mit der Business-Case-Betrachtung als zentralem Element gliedert sich das Vorgehen zur Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials einer Technologie in mehrere sukzessive Schritte. Zunächst muss der Bewertungsfall festgelegt werden, welcher sich aus der Charakteristik der Investition ergibt. Technologien bzw. Technologieprojekte sind im wirtschaftlichen Kontext daher als Investitionen bzw. Investitionsprojekte zu betrachten, da sie in der Regel einen großen Kapitalbedarf aufweisen. Da für die Berechnung eines Business-Cases stets klare Betrachtungsgrenzen definiert werden müssen, erfolgt in diesem Zuge die Festlegung des betrachteten Technologieprojektes. Dieses wird im weiteren Verlauf Pilot-Case genannt. Aufbauend darauf werden für den Bewertungsfall des Pilot-Cases und die unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen relevante und aussagekräftige Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeitsbewertung festgelegt bzw. ausgewählt. Ausgehend von den gewählten Kennzahlen findet, wie bei der Bewertung des technischen Potenzials, die Festlegung von Potenzialkorridoren zur quantitativen Transformation von Geldwerten und Finanzkennzahlen in eine vergleichbare Potenzialkennzahl statt. Dabei ist darauf zu achten, dass sowohl der Pilot-Case in isolierter Form als auch eine Skalierung des Pilot-Cases in weitere Bereiche des Unternehmens betrachtet werden muss. Da sich die wirtschaftliche Bewertung einer Technologie anhand eines abgegrenzten Betrachtungsraumes deutlich greifbarer und praktisch besser umsetzbar darstellen lässt, wird der Business-Case zunächst auf Ebene einer Pilot-Anwendung aufgebaut. Dieser wird anschließend über die Identifikation weiterer Einsatzmöglichkeiten mithilfe eines Skalierungsfaktors auf das gesamte Unternehmen extrapoliert. Im nächsten Schritt erfolgt der Aufbau des Pilot-Business-Cases entsprechend den Anforderungen und Regeln nach

TASCHNER (2017). Zur Bestimmung der Skalierungsmöglichkeiten der Technologie innerhalb des Unternehmens wird im anschließenden Schritt die Identifikation weiterer Anwendungsmöglichkeiten für die Technologie und damit die Ableitung des Skalierungsfaktors durchgeführt. Basierend auf dem Pilot-Business-Case und dem Skalierungsfaktor wird anschließend die Potenzialbewertung anhand der definierten Potenzialkorridore auf Ebene der Pilot-Anwendung sowie des skalierten Business-Cases vorgenommen. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Vorgehensschritte zur Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials.

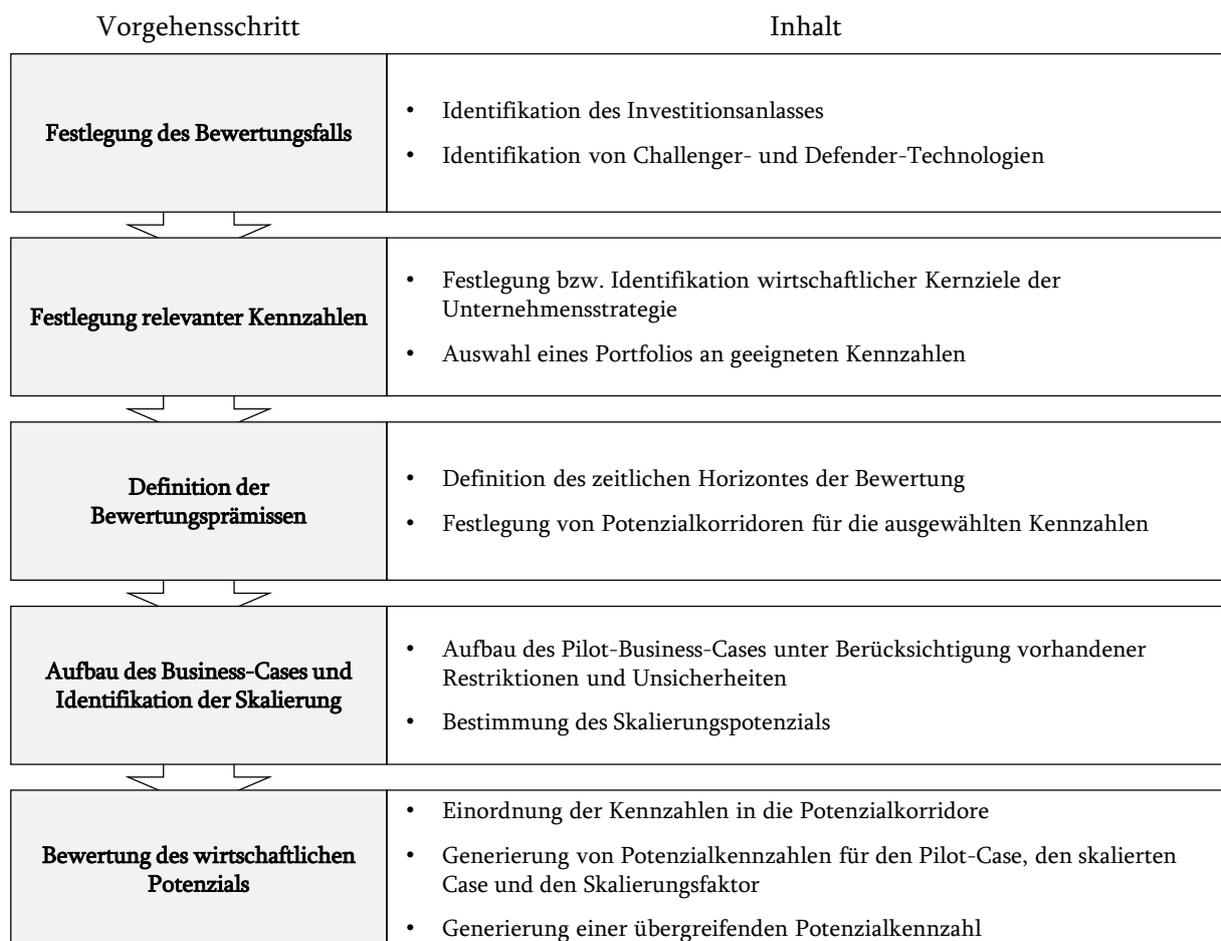


Abbildung 5-17: Ablauf der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials

Festlegung des Bewertungsfalls

Bei der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials von Technologien und damit beim Aufbau des Business-Cases gilt es, unterschiedliche Betrachtungsfälle zu unterscheiden. So können Investitionen nach KERN (1974) und GÖTZE (2014) unterschiedliche Investitionsanlässe aufweisen. Grundlegend lassen sich demnach Errichtungs- und Ergänzungsinvestitionen sowie laufende Investitionen unterscheiden.

Errichtungsinvestitionen umfassen Anfangs-, Neu- und Gründungsinvestitionen. Sie haben stets die Aufnahme einer neuen Geschäftstätigkeit zum Anlass, was auch die Gründung eines neuen Standortes oder einer Zweigniederlassung darstellen kann (GÖTZE 2014). Laufende Investitionen beinhalten größere Reparaturen oder Überholungen sowie reine Ersatzinvestitionen, bei denen das aktuelle Betriebsmittel durch ein gleichartiges Betriebsmittel ersetzt wird. Ergänzungsinvestitionen beziehen sich, wie laufende Investitionen, stets auf eine bestehende Struktur und lassen sich in Erweiterungs-, Ergänzungs- und Sicherungsinvestitionen unterteilen. Erweiterungsinvestitionen dienen dabei der Erhöhung der Kapazität bzw. des Leistungsvermögens. Sicherungsinvestitionen dienen als Absicherung vor potenziellen Gefahren, bspw. vor technologischer Abhängigkeit. Veränderungsinvestitionen können wiederum in Rationalisierungs-, Umstellungs- und Diversifizierungsinvestitionen unterschieden werden. Rationalisierungsinvestitionen dienen primär der Steigerung der Produktivität, was in der Regel gleichbedeutend mit einer Reduktion von Kosten ist. Anpassungsinvestitionen dienen der Adaption des Produktionssystems an veränderte (meist gesteigerte) Absatzmengen. Diversifizierungsinvestitionen sollen die Produktionsstruktur demgegenüber für die Erfüllung eines veränderten Produktionsprogrammes in Form neuer Anforderungen sowie neuer Produkte befähigen. Abbildung 5-18 gibt einen Überblick über die verschiedenen Investitionsarten anhand ihrer Investitionsanlässe.

Im Rahmen des vorliegenden Ansatzes weisen nicht alle der vorgestellten Investitionsarten Relevanz auf, da eine Potenzialbewertung lediglich für Errichtungs- oder Ergänzungsinvestitionen sinnvoll ist. Laufende Investitionen bedürfen keiner Bewertung hinsichtlich des Technologiepotenzials, da das betrachtete Objekt identisch ersetzt wird. Ergänzungsinvestitionen weisen dagegen stets einen Veränderungscharakter auf, welcher differenziert betrachtet werden muss. Auch im Falle von Errichtungsinvestitionen gilt es, eine Bewertung verschiedener infrage kommender Technologien durchzuführen und eine zielgerichtete Auswahl zu treffen. Das grundlegende Unterscheidungsmerkmal von Errichtungs- und Ergänzungsinvestitionen hinsichtlich der wirtschaftlichen Potenzialbewertung stellt die Bewertungsreferenz dar. Im Falle einer Errichtungsinvestition ist keine Technologiekette vorhanden. Es werden also potenzielle, konkurrierende Technologien miteinander verglichen. Handelt es sich jedoch um eine Ergänzungsinvestition, so besteht bereits eine Produktionsstruktur und es ist von einer aktuell genutzten Technologie als Referenzpunkt auszugehen. Die zu bewertende, neue Technologie, welche in der Investitionsrechnung auch als Challenger bezeichnet wird (vgl. ALISCH ET AL. 2004, S. 586), muss sich demnach gegen die bestehende Technologie, welche Defender genannt wird (vgl. ALISCH ET AL. 2004, S. 663), durchsetzen. Handelt es sich um eine Diversifizierungsinvestition, werden neue Anforderungen durch ein neues Produkt

erhoben, was den Defender bereits möglicherweise außer Konkurrenz setzen kann, da die Anforderungen durch ihn nicht erfüllbar sind. Bei Rationalisierungsinvestitionen gilt es, den Defender durch die reine Prozessverbesserung wirtschaftlich rentabel zu ersetzen. In den unterschiedlichen Investitionsfällen müssen also Challenger und Defender (falls vorhanden) oder die miteinander konkurrierenden Challenger verglichen werden.

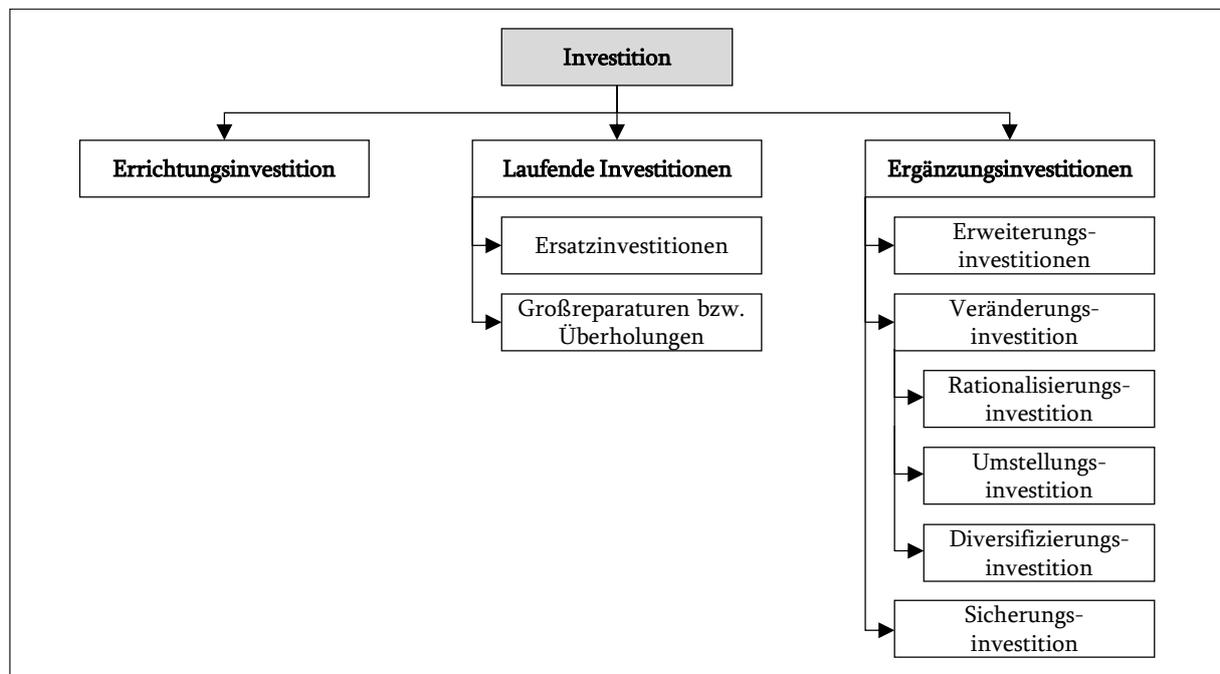


Abbildung 5-18: Klassifikation von Investitionen anhand des Investitionsanlasses

Festlegung relevanter Kennzahlen

In der industriellen Praxis sowie in der wissenschaftlichen Literatur wird dazu eine Vielzahl von Kennzahlen definiert und eingesetzt. Dabei werden jeweils unterschiedliche Zielgrößen und Charakteristika der Wirtschaftlichkeit hervorgehoben. Klassischerweise wird in diesem Zusammenhang zwischen statischen und dynamischen Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung unterschieden (GÖTZE 2014). Als Unterscheidungsmerkmal wird der Zeitwert des Geldes entweder einbezogen (dynamisch) oder vernachlässigt (statisch). Beispiele für statische Methoden der Investitionsrechnung sind die Kostenvergleichsrechnung, die Gewinnvergleichsrechnung, die Rentabilitätsvergleichsrechnung sowie die statische Amortisationsrechnung (GÖTZE 2014). Dynamische Methoden der Investitionsrechnung sind bspw. die Kapitalwertmethode, die Methode des internen Zinsfußes, die Annuitätenmethode, die Vermögensendwertmethode sowie die dynamische Amortisationsrechnung (GÖTZE 2014). Alle diese Methoden basieren auf einer Datengrundlage in Form von Zahlungsströmen, die in einem Business-Case modelliert und prognostiziert werden können. Die in der jeweiligen Methode eingesetzten Kennzahlen

lassen sich also basierend auf der Datengrundlage eines Business-Cases berechnen und zur Wirtschaftlichkeitsbewertung heranziehen. Je nach Bewertungsfall und unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen können unterschiedliche Kennzahlen relevant und aussagekräftig sein. Ergänzend zu den aufgeführten Kennzahlen sind in der Literatur weitere Metriken zu finden. Dazu sei auf folgende Werke verwiesen: GÖTZE (2014), TASCHNER (2017), VOEGELE (2012) und WEBER ET AL. (2018).

Da unterschiedliche Kennzahlen unterschiedliche Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit eines Technologieprojektes zulassen können, gilt es, abschließend für diesen Schritt des Vorgehens ein Portfolio an geeigneten Kennzahlen auszuwählen. Aufgrund unternehmensindividueller Rahmenbedingungen und verschieden gelagerter wirtschaftlicher Interessen kann nicht allgemein definiert werden, welche Kennzahlenauswahl sich als optimal darstellt. Im Rahmen des Expertengremiums muss daher, ggf. unter Einbeziehung von Finanzexperten des Unternehmens, festgelegt werden, welche Kennzahlen die unternehmerischen Ziele bestmöglich abbilden.

Definition der Bewertungsprämissen

Nachdem das Portfolio an Kennzahlen definiert wurde, müssen als Grundlage für die quantitative Transformation in eine einheitslose Potenzialkennzahl Potenzialkorridore festgelegt werden. Dazu muss zunächst der zeitliche Horizont der Bewertung definiert werden. Dieser sollte dem zeitlichen Horizont der technischen Bewertung entsprechen und nur in Ausnahmefällen abweichend definiert werden. Daran anschließend erfolgt, analog zu Abschnitt 5.3, die Festlegung der Potenzialkorridore durch das Expertengremium für die ausgewählten Kennzahlen. Eine gesonderte Bewertung des Nutzens ist im Rahmen der wirtschaftlichen Potenzialbewertung nicht erforderlich, da sich der Nutzen stets eindimensional durch Geld bzw. Geldströme definiert. Die Potenzialkorridore müssen entsprechend der Struktur der wirtschaftlichen Bewertung für den Pilot-Case, die Skalierbarkeit des Pilot-Cases in Form des Skalierungsfaktors sowie den skalierten Technologieeinsatz geschehen. Eine weiterführende Erläuterung der Skalierung erfolgt im nachfolgenden Abschnitt.

Aufbau des Business-Cases und Identifikation der Skalierung

Auf Basis der Bewertungsprämissen erfolgt in diesem Schritt zunächst der Aufbau des Business-Cases. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird auf die zentralen Aspekte und Fragestellungen entlang des Prozesses zur Erstellung des Business-Cases eingegangen. Für

detailliertere Beschreibungen und Anleitungen wird an dieser Stelle auf das Standardwerk von TASCHNER (2017) verwiesen.

In der ersten Phase, der Klärung, gilt es, zunächst den Anstoß für den Aufbau des Business-Cases zu identifizieren. Im Falle der Potenzialbewertung ist dies stets die Fragestellung nach der am besten für eine Produktionsaufgabe geeigneten Technologie. Wie bereits erwähnt, kann dabei zwischen unterschiedlichen Investitionsanlässen mit und ohne Defender-Technologie unterschieden werden. Die zentralen Rollen innerhalb des Business-Case-Prozesses müssen unternehmensindividuell festgelegt werden. Hier gilt es, zu bestimmen, wer für die Erstellung des Business-Cases zuständig ist, wer der Abnehmer ist und wer die letztendliche Entscheidung trifft, welche durch den Business-Case gestützt werden soll. Im weiteren Verlauf der Arbeit (vgl. Kapitel 6) wird ein Vorschlag für die aufbauorganisatorische Gestaltung eines Innovation-Boards erarbeitet und vorgestellt, welches die relevanten Rollen weitgehend vereint. Die Festlegung der Rahmenbedingungen umfasst im Kern die Bereitstellung von Ressourcen innerhalb des Unternehmens, welche sich mit der Erstellung des Business-Cases und im weiteren Sinne mit der Potenzialbewertung befassen. Je nach Unternehmensgröße, Tragweite der Technologieentscheidung und gewünschter Detailtiefe der Bewertung kann hier ein weites Spektrum von Ressourcenaufwand benötigt werden. Es empfiehlt sich ein sukzessiver Aufbau eines Innovationsteams, welches sich vollständig oder im Rahmen einer Teilfunktion mit der Technologiebewertung befasst.

In der zweiten Phase der Business-Case-Erstellung, der Modellierung, stellen insbesondere die Modellbestimmung sowie die Methodenauswahl zentrale Bestandteile dar. Im Rahmen der Modellbestimmung müssen die Ein- sowie die Ausgangszahlungsströme prognostiziert und dargestellt sowie die relevanten Einflussgrößen modelliert werden. Die Eingangszahlungsströme werden dabei primär von den erzeugten Produkten repräsentiert, können jedoch um weitere Einnahmequellen, bspw. den Verkauf von Emissionszertifikaten etc., ergänzt werden. Die Ausgangszahlungsströme erweisen sich als Zusammensetzung zahlreicher Kostenkategorien. In Anhang F ist eine Liste von möglichen Kategorien für Ein- und Ausgangszahlungsströme zu finden, die als Grundlage für die Modellierung herangezogen werden können. Wichtig ist es dabei, die in der Bewertung des technischen Potenzials herangezogenen Eigenschaften der Technologie sowie die sich daraus ergebenden Kosten- bzw. Erlöseffekte einzubeziehen. Kosteneffekte können sich durch die Reduktion oder Erhöhung von Kosten zur Herstellung des Produktes ergeben (z. B. Prozesskostenreduktion oder zusätzliche Strafzahlungen für Emissionen). Erlöseffekte können sich durch die Auswirkungen der Technologie auf den Absatzpreis oder die Absatzmenge des Produktes ergeben. Wird bspw. durch eine neue Technologie eine

zentrale Eigenschaft des Produktes merklich verbessert, steigt möglicherweise der Absatz des Produktes – und der Preis kann aufgrund dieses qualitativen Differenzierungsmerkmals erhöht werden. Daneben sind Technologieketteneffekte zu berücksichtigen, welche sich in positiven sowie in negativen Kosteneffekten niederschlagen können. Werden durch eine neue Technologie bspw. zwei bestehende Technologien konsolidiert, so ist diese Konsolidierung bei der Kostenbetrachtung zu beachten. Umgekehrt kann eine neue Technologie bspw. einen zusätzlichen Nachbearbeitungsschritt nötig machen. Zum Vergleich unterschiedlicher Technologien, die in verschiedenen Technologieketten münden, ist die Definition einer Ausgangstechnologiekette nötig, die als Bewertungsgrundlage herangezogen wird.

Im Rahmen der Methodenwahl gilt es, die Entscheidung zwischen der Berechnung des Business-Cases anhand statischer oder dynamischer Methoden vorzunehmen. Dynamische Methoden erweisen sich als etwas aufwendiger, gelten jedoch als realistischer sowie als in der Praxis überwiegend eingesetzt und tauglich (TASCHNER 2017).

In der dritten und der vierten Phase werden die für den Aufbau des Business-Cases benötigten Daten gesammelt und der Business-Case wird berechnet. Die Sammlung der relevanten Eingangsdaten stellt dabei eine besonders wichtige und zeitintensive Aufgabe dar, da sie oftmals mit aufwendiger Recherchearbeit verbunden ist. Zudem muss an dieser Stelle die Unsicherheit bzw. Unschärfe der gesammelten Daten berücksichtigt werden, da es sich meist um Prognosedaten oder Abschätzungen handelt. Die fälschliche Annahme, die gesammelten Prognosedaten seien empirisch erzeugt und validiert worden, kann zu erheblichen Fehlern im Business-Case und somit bei der späteren Technologieentscheidung führen. Es empfiehlt sich daher, bei unsicheren oder unscharfen Daten und Quellen auf eine Dreipunktschätzung analog zu Abschnitt 5.3 zurückzugreifen und den Business-Case in Form eines Best Cases, eines Worst Cases und eines Most Likely Cases aufzubauen. Der operative Aufbau des Business-Cases stellt eine Standardaufgabe der Investitionsrechnung dar, weshalb an dieser Stelle auf vertiefende Literatur (VOEGELE 2012, TASCHNER 2017, SHEEN & GALLO 2015, SCHMIDT 2002) und unterstützende Softwarelösungen wie Microsoft® Excel® oder Software von edison365 verwiesen wird. Zur Unterstützung bei der Strukturierung des Business-Cases werden in Anhang F eine Strukturvorlage sowie Listen möglicher Kategorien für Ein- und Ausgangszahlungsströme bereitgestellt. Im Sinne eines guten Aufwand-Nutzen-Verhältnisses kann beim Vergleich von Challenger- mit Defender-Technologien eine Reduzierung auf die sich unterscheidenden Eingangs- und Ausgangszahlungsströme vorgenommen werden. Diese charakterisieren den wirtschaftlichen Unterschied zwischen den betrachteten Technologien.

Die fünfte Phase im Prozess der Business-Case-Erstellung ist der Abschluss, welcher der Analyse, der Dokumentation und der Präsentation der Ergebnisse dient. Dies erfolgt in der vorgestellten Arbeit durch den Aufbau der wirtschaftlichen Potenzialkennzahl sowie im Rahmen des nachgelagerten Bausteins zur strategischen Technologieplanung.

Die in den vorangehenden Abschnitten dargestellten Kennzahlen können als Output-Größe des Business-Cases betrachtet werden, welcher zur wirtschaftlichen Charakterisierung einer Technologie aufgebaut wird. Technologien finden sich jedoch meist nicht isoliert in einer Produktion oder einem Produktionsnetzwerk wieder, sondern sie sind meist in komplexe Technologieketten eingebunden und werden an unterschiedlichen Standorten im Produktionsnetzwerk unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen eingesetzt. Der Einsatz der gleichen Technologie an unterschiedlichen Stellen ist auf einen grundlegenden Effizienzgedanken zurückzuführen, wonach der Einsatz einer Technologie signifikante Einmalaufwände erzeugt (z. B. Aufbau von Kompetenz, Änderung von Fertigungsplänen etc.), die auf möglichst viele wertschöpfende Positionen (meist Maschinen) verteilt werden sollen. Im Rahmen der wirtschaftlichen Potenzialbewertung wird dieser Skalierungseffekt mithilfe eines Skalierungsfaktors einbezogen. Demnach wird ein Business-Case für eine Pilotanwendung der Technologie in einem begrenzten, überblickbaren und damit gut abschätzbaren Produktionsbereich durchgeführt. Im Anschluss erfolgt dann die Abschätzung eines Skalierungsfaktors, indem zusätzliche Einsatzmöglichkeiten der Technologie im Produktionsnetzwerk identifiziert und als Multiplikationsfaktor quantifiziert werden. Das Expertengremium identifiziert daher über die unterschiedlichen Abstraktionsebenen des Produktionssystems hinweg weitere Einsatzmöglichkeiten für die betrachtete Technologie und schätzt die Wirkung der Technologie an der jeweiligen Stelle im Verhältnis zum betrachteten Pilot-Projekt ab. In Anhang G ist ein Leitfaden mit möglichen Leitfragen zur Identifikation weiterer Einsatzmöglichkeiten und deren Skalierungswirkung zu finden. Die Summe der identifizierten Teilskalierungsfaktoren bildet den schlussendlichen Skalierungsfaktor für die betrachtete Technologie.

Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials

Im letzten Vorgehensschritt wird die eigentliche Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials durchgeführt, indem die Einordnung der generierten Kennzahlen in die Potenzialkorridore erfolgt. Dabei wird eine Unterscheidung zwischen den wirtschaftlichen Kennzahlen und somit dem Potenzial des Pilot-Cases und dem skalierten Business-Case, welcher sich aus der Multiplikation der Kennzahlen des Pilot-Cases und des Skalierungsfaktors ergibt, vorgenommen. Der Skalierungsfaktor selbst kann als Indikator

für das (wirtschaftliche) Entwicklungspotenzial einer Technologie herangezogen werden und wird daher gesondert ausgewiesen und mit einer Potenzialkennzahl anhand zuvor definierter Potenzialkorridore bewertet. Das sich ergebende übergreifende wirtschaftliche Potenzial wird vom Potenzial des skalierten Business-Cases repräsentiert, da dieser die volle Entfaltung des Technologiepotenzials innerhalb des Unternehmens darstellt. Das Potenzial des Pilot-Cases kann als Indikation für die punktuelle Attraktivität des Technologieprojektes für Teilbereiche der Produktion gesehen werden.

5.5 Bewertung des strategischen Potenzials

Im vorliegenden Abschnitt erfolgt eine detaillierte Betrachtung des strategischen Potenzials und damit der strategischen Einordnung einer Technologie in das Gesamtkonstrukt der Unternehmensstrategie. Die Forschung im Bereich des strategischen Managements von Unternehmen zeigt sich als äußerst weitläufiges Wissenschaftsfeld mit zahlreichen Nischen und Anwendungsfällen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird daher eine Differenzierung des Strategiebegriffs anhand unterschiedlicher Abstraktionsebenen, die jeweils einen eigenen Geltungsbereich abdecken (vgl. VAHS & BREM 2015, MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2016), vorgenommen. Entsprechend kann das strategische Gesamtkonstrukt eines Unternehmens in die Bereiche Unternehmens- oder Konzernstrategie, Geschäftsbereichsstrategie und Funktional- oder Funktionsbereichsstrategie gegliedert werden (BEA & HAAS 2019, DILLERUP & STOI 2016). Die Unternehmensstrategie umfasst dabei vor allem strategische Fragestellungen der grundsätzlichen Unternehmenstätigkeit, also der Effektivität der Unternehmensführung im Sinne der Fokussierung auf die richtigen unternehmerischen Tätigkeiten. Konkrete Fragestellungen im Kontext der Unternehmensstrategie können bspw. folgendermaßen lauten (vgl. VAHS & BREM 2015):

- **Auf welchen Märkten möchte das Unternehmen präsent sein?**
- **Welche Produkte möchte das Unternehmen auf den jeweiligen Märkten anbieten?**
- **Wo sollen die Kernkompetenzen und die Differenzierungsmerkmale des Unternehmens liegen?**
- **Wie können Markteintrittsbarrieren für potenzielle Wettbewerber aufgebaut werden?**

Die Unternehmensstrategie stellt also eine Produkt-Markt-Betrachtung dar und beschäftigt sich mit dem Geschäftsbereichsportfolio sowie der Verteilung knapper Ressourcen innerhalb des Unternehmens. Die Geschäftsbereichsstrategie sowie die Funktionsbereichs-

strategie fokussieren, im Gegensatz zur Unternehmensstrategie, primär den Effizienzgedanken, indem versucht wird, das durch die Unternehmensstrategie vorgegebene Ziel möglichst effizient zu erreichen (VAHS & BREM 2015). Im Rahmen der Geschäftsbereichsstrategie erfolgt die strategische Ausrichtung eines einzelnen Geschäftsbereiches und aller untergeordneten Funktionen. Durch die Funktionsbereichsstrategie wird die Ausrichtung der einzelnen Unternehmensfunktionen, bspw. Produktion, Finanzen oder Forschung und Entwicklung, festgelegt. Die Unternehmensstrategie definiert den übergreifenden Rahmen und den Entscheidungsspielraum für die Geschäftsfeld- und Funktionsbereichsstrategie. Abbildung 5-19 veranschaulicht den aufbauorganisatorischen Zusammenhang.

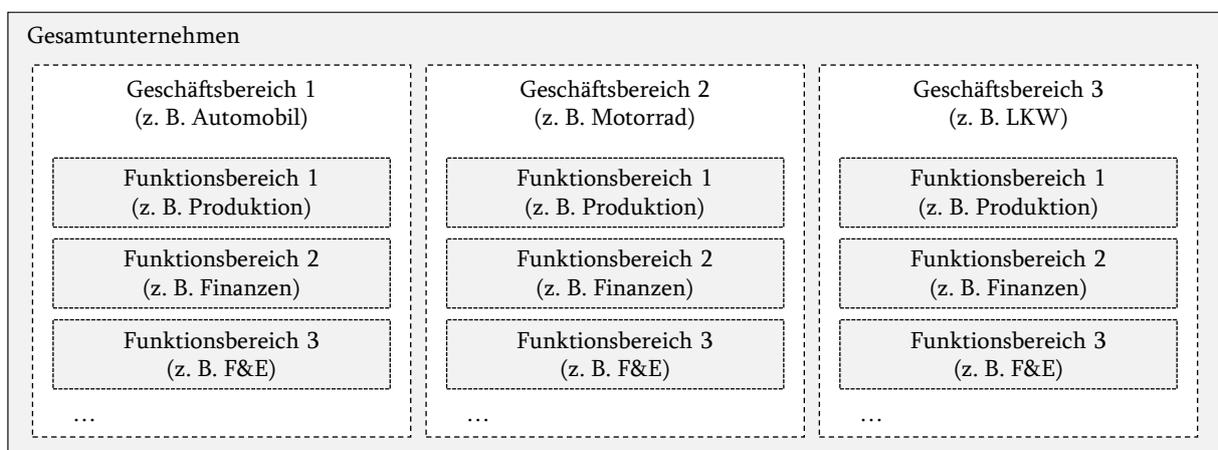


Abbildung 5-19: Strukturierung der Strategieebenen in einem Unternehmen

Als Teil der Gesamtstrategie ist die Innovationsstrategie auf Ebene des Gesamtunternehmens zu finden. Diese definiert die grundlegende Einstellung zu Innovationen (vgl. VAHS & BREM 2015). Dabei werden Fragen der Risikobereitschaft bzw. des Timings für den Einstieg in innovative Themen oder die grundlegende Haltung zu Technologien und Technologiebereichen festgelegt. Im weiteren Verlauf der Arbeit stellt die Innovationsstrategie zwar ein Rahmenelement im Umgang mit zu bewertenden Technologien dar, sie wird jedoch nicht gesondert betrachtet, sondern als Teil der Unternehmensstrategie verstanden.

Zur Bewertung des strategischen Potenzials wird, wie in den vorangehenden Abschnitten, eine Abfolge von Vorgehensschritten befolgt. Abbildung 5-20 veranschaulicht den Ablauf der Bewertung des strategischen Potenzials.

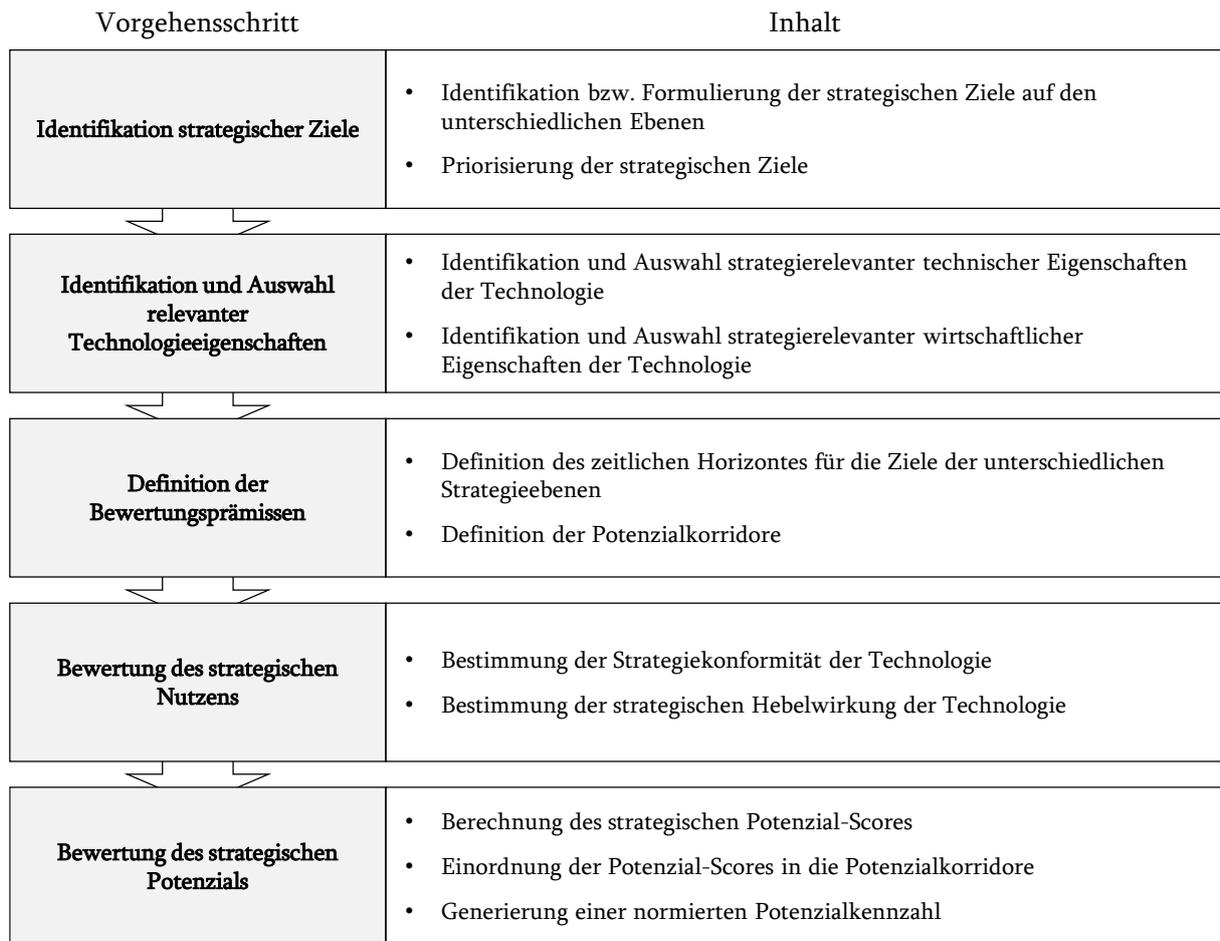


Abbildung 5-20: Ablauf der Bewertung des strategischen Potenzials

Dabei werden zunächst die strategischen Ziele auf den unterschiedlichen Strategieebenen identifiziert. Im Falle detailliert ausgearbeiteter und aufbereiteter strategischer Ziele gestaltet sich der Schritt als trivial, da die Ziele direkt übernommen werden können. Bestehen die strategischen Ziele jedoch nur implizit, müssen diese im ersten Schritt strukturiert aufbereitet und ausformuliert werden. Bei Bedarf können die strategischen Ziele durch einen paarweisen Vergleich priorisiert und somit gewichtet werden. Im zweiten Vorgehensschritt, der Identifikation und der Auswahl relevanter Technologieeigenschaften, werden die für die strategische Bewertung relevanten technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften der Technologie identifiziert und ausgewählt. Dabei kann auf die in den Abschnitten 5.3 und 5.4 erarbeiteten Parameter und Kennzahlen zurückgegriffen werden. Anschließend werden die Bewertungsprämissen definiert, wobei der zu betrachtende Zeithorizont entsprechend der strategischen Ebene sowie die Potenzialkorridore festgelegt werden. Die Potenzialkorridore werden dabei basierend auf einem Potenzial-Score definiert, der in den nachfolgenden Schritten bestimmt wird. Mit dem vierten Vorgehensschritt erfolgt die Bestimmung des strategischen

Nutzens der Technologie. Dieser wird durch die Konformität der Technologie zur Strategie sowie deren strategische Hebelwirkung bewertet. Im abschließenden Schritt wird die Bewertung des strategischen Potenzials, indem der Potenzial-Score berechnet und den Potenzialkorridoren zugeordnet wird, durchgeführt. Daraus ergibt sich schlussendlich eine Kennzahl für das strategische Technologiepotenzial. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Vorgehen entlang der einzelnen Vorgehensschritte, der jeweiligen Inhalte und der zur Durchführung bereitgestellten Werkzeuge.

Identifikation strategischer Ziele

Als Ausgangsbasis für die Bewertung des strategischen Potenzials einer Technologie dient die Identifikation der strategischen Ziele auf den unterschiedlichen Strategieebenen. Mit steigender Unternehmensgröße sind diese strategischen Ziele auf unterschiedlichen Ebenen in der Regel ausführlicher erarbeitet und aufbereitet. Da ein Strategieprozess in seiner Durchführung signifikant Ressourcen bindet, stellt die detaillierte Strategieerarbeitung für kleinere Unternehmen oftmals eine Herausforderung dar (MEYER & DANG-XUAN 2010). Sofern die strategischen Ziele auf den relevanten Ebenen bereits ausformuliert und aufbereitet wurden, kann direkt auf diese zurückgegriffen werden. Sollten diese nicht oder nur implizit vorhanden sein, müssen die strategischen Ziele zunächst formuliert werden. Zur Unterstützung bei der Formulierung strategischer Ziele sei an dieser Stelle auf die Standardwerke nach HUNGENBERG (2014), MÜLLER-STEWENS & LECHNER (2016) und BEA & HAAS (2019) verwiesen. Sofern eine Abstufung oder Priorisierung der unterschiedlichen strategischen Ziele vorgenommen werden soll, geschieht diese durch den Aufbau eines paarweisen Vergleiches. Details zum Aufbau eines paarweisen Vergleiches sind in KÜHNAPFEL (2021) zu finden.

Identifikation und Auswahl strategisch relevanter Technologieeigenschaften

Um das strategische Potenzial sowie auch das technische und das wirtschaftliche Potenzial basierend auf konkreten technologischen Eigenschaften bewerten zu können, werden im zweiten Vorgehensschritt die relevanten Technologieeigenschaften identifiziert und ausgewählt. Dabei kann auf die bereits abgeleiteten technischen Eigenschaften sowie die ausgewählten wirtschaftlichen Kenngrößen zurückgegriffen werden. Neben den bereits verwendeten Eigenschaften und Kenngrößen besteht die Aufgabe in diesem Schritt darin, etwaige weitere technologische Eigenschaften zu identifizieren, welche Relevanz für die strategische Betrachtung aufweisen. So können bspw. Faktoren wie das mediale Image oder der Innovationsgrad einer Technologie für die strategische Betrachtung relevant sein. Einen

wichtigen Faktor stellen dabei technologiebasierte Wettbewerbsmerkmale dar, welche es dem Unternehmen ermöglichen, sich strategisch vom Wettbewerb zu differenzieren. Diese sind insbesondere dadurch charakterisiert, dass sie einen Schutz vor Imitation der Innovation gewährleisten, welcher juristisch in Form von Patenten oder technisch in Form von besonderem Know-how realisiert werden kann (vgl. NEEMANN & SCHUH 2011). Der in Anhang H angefügte Leitfaden unterstützt die Anwendenden anhand von Leitfragen und Denkanstößen bei der Identifikation möglicher strategie- und wettbewerbsrelevanter Technologieeigenschaften.

Definition der Bewertungsprämissen

Da die strategischen Zyklen eine starke Abhängigkeit von der Branche und dem unternehmensindividuellen Strategieprozess zeigen (MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2016), gilt es, im Rahmen der Definition der Bewertungsprämissen zunächst einen zeitlichen Betrachtungshorizont für die Potenzialbewertung festzulegen. Strategische Ziele, insbesondere auf Ebene der Funktionalstrategie, können kürzere Zyklen umfassen, als ein Technologieentwicklungsprozess, welcher zur Entfaltung des gesamten Technologiepotenzials benötigt wird. Daher muss für die jeweiligen Strategieebenen ein zeitlicher Horizont für deren Erreichung definiert werden, um den Einfluss der betrachteten Technologie auf die Zielerreichung abschätzen zu können.

Die Zuträglichkeit einer Technologie zur Erreichung der strategischen Ziele wird über einen Strategy-Score abgebildet, welcher im nachfolgenden Vorgehensschritt bestimmt wird. Dieser wird aus der Strategiekonformität sowie der strategischen Hebelwirkung der Technologie bestimmt. Um eine quantitative Transformation des Strategy-Scores auf die bereits bekannte Potenzialkennzahl für das strategische Potenzial durchzuführen, müssen in diesem Schritt zudem die Potenzialkorridore definiert werden. Bei der initialen Festsetzung der Potenzialkorridore kann ein iteratives Vorgehen zwischen dem aktuellen und dem nachfolgenden Vorgehensschritt angewendet werden, um es den Anwendenden zu ermöglichen, ein Gefühl für den Strategy-Score zu entwickeln. Die Festlegung der Potenzialkorridore erfolgt erneut durch das mit der Bewertung betraute Expertengremium.

Bestimmung des strategischen Nutzens

Der bereits eingeführte Strategy-Score dient im Rahmen dieses Vorgehensschrittes der Bewertung des strategischen Nutzens einer Technologie und somit der Zuträglichkeit zur Erreichung der strategischen Ziele des Unternehmens. Zu diesem Zweck werden die **Strategiekonformität**, also die Vereinbarkeit der Technologie mit den strategischen Zielen, sowie die **strategische Hebelwirkung**, also die Multiplikationswirkung der Technologie,

hinsichtlich der Erreichung strategischer Ziele bewertet. Nach COOPER (2007) stellen diese beiden Bewertungsaspekte neben der technischen und der wirtschaftlichen Bewertung einen zentralen Bestandteil der Technologiebewertung dar.

Die Strategiekonformität kann, angelehnt an COOPER (2007), in die strategische Übereinstimmung (Congruence) und die strategische Relevanz (Impact) unterteilt werden. Die strategische Übereinstimmung beschreibt dabei die Zuträglichkeit der Technologie und ihrer Eigenschaften zur Erreichung der Kernelemente der Strategie. Besteht lediglich eine periphere Übereinstimmung oder eine Übereinstimmung in einzelnen strategischen Randaspekten, so ist die Technologie als wenig strategisch übereinstimmend zu bewerten – und vice versa. Die strategische Relevanz beschreibt die Auswirkung der Technologie auf die strategische Position des Unternehmens. So besteht eine große Relevanz, wenn die Technologie einen signifikanten Beitrag zur Erreichung des jeweiligen strategischen Ziels leistet. Eine geringe Relevanz besteht, wenn die Technologie keinen oder nur geringfügigen Einfluss auf die Zielerreichung hat. Sowohl die strategische Übereinstimmung als auch die strategische Relevanz werden im Rahmen der Bestimmung der Strategiekonformität auf einer Skala von 0 bis 3 bewertet. 0 bedeutet dabei keine Übereinstimmung bzw. keine Relevanz für das strategische Ziel. 3 bedeutet sehr starke Übereinstimmung bzw. große Relevanz für das strategische Ziel. Die nachfolgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Bewertungskategorien und stellt eine Einordnungshilfe zur Verfügung.

Strategiekonformität	Bewertung = 0	Bewertung = 3
Strategische Übereinstimmung	Keine oder nur geringfügige Übereinstimmung mit den strategischen Zielen	Starke Übereinstimmung mit einzelnen oder mehreren strategischen Kernaspekten
Strategische Relevanz	Kein oder geringer Einfluss auf die Erreichung der strategischen Ziele	Starker Einfluss auf die Erreichung strategischer Kernaspekte

Abbildung 5-21: Einordnungshilfe zur Bewertung der Strategiekonformität

Die strategische Hebelwirkung lässt sich, aufbauend auf COOPER (2007), in die Bewertungsparameter Wettbewerbsposition, Wachstumsmöglichkeiten, Beständigkeit und Skalierungsfähigkeit unterteilen. Der Parameter Wettbewerbsposition beschreibt den Beitrag der Technologie zur Sicherung der Wettbewerbsposition und damit zur nachhaltigen Abgrenzung und Sicherung von Wissen. Dies ist bspw. der Fall, wenn eine Technologie durch Patente geschützt werden kann oder das im Rahmen der Technologieentwicklung gewonnene Wissen einen signifikanten Wettbewerbsvorteil

erzeugt. Wachstumsmöglichkeiten werden insbesondere durch die Möglichkeit zur Entwicklung und Befähigung neuer Produkte und Services charakterisiert. Große Wachstumsmöglichkeiten werden einer Technologie dann zugesprochen, wenn sie einem Unternehmen das Potenzial eröffnet, die Geschäftstätigkeit zu erweitern. Im Zusammenhang mit der Bewertung ist jedoch stets zu prüfen, inwiefern Wachstum ein strategisches Ziel für das Unternehmen darstellt. Die Beständigkeit beschreibt die Dauer, für die Wettbewerbsvorteile durch eine verbesserte Wettbewerbsposition oder durch die Ausschöpfung von Wachstumsmöglichkeiten realisiert werden können. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die betrachtete Technologie sowie mögliche Konkurrenztechnologien einen langen Lebenszyklus und ein klar herausstellbares Alleinstellungsmerkmal hinsichtlich technischer Eigenschaften oder marketingseitiger Nutzungsmöglichkeiten aufweisen. Der Faktor der Skalierungsfähigkeit stellt im strategischen Kontext die Nutzung von Synergieeffekten über Unternehmensbereiche hinweg dar. Kann die Technologie in unterschiedlichen Geschäftsfeldern im Unternehmen für die Erreichung (ggf. unterschiedlicher) strategischer Ziele eingesetzt werden, so besteht eine hohe Skalierungsfähigkeit. Die nachfolgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Bewertungskategorien und stellt eine Einordnungshilfe zur Verfügung.

Strategische Hebelwirkung	Bewertung = 0	Bewertung = 3
Wettbewerbsposition	Technologie ist leicht zu kopieren, Wissen ist leicht aufzubauen oder leicht zugänglich	Schutz der Technologie durch bspw. Patente, Wissen ist schwierig aufzubauen und nicht oder limitiert Dokumentiert
Wachstumsmöglichkeiten	Technologie ermöglicht keine Weiterentwicklung im Rahmen der strategischen Ziele	Technologie ermöglicht neue Produkte oder Dienstleistungen und ermöglicht damit die Erweiterung des Geschäfts
Beständigkeit	Technologie weist kein erkennbares Alleinstellungsmerkmal auf und kann einfach abgelöst werden	Technologie weist ein signifikantes Alleinstellungsmerkmal auf und kann damit nur schwer abgelöst werden
Skalierungsfähigkeit	Technologie ist auf ein spezielles, enges Aufgabenfeld innerhalb eines Geschäfts- oder Produktionsbereichs beschränkt	Technologie ist in zahlreichen Geschäfts- oder Produktionsbereichen für unterschiedliche Aufgabenfelder einsetzbar

Abbildung 5-22: Einordnungshilfe zur Bewertung der strategischen Hebelwirkung

Die Bewertung der Strategiekonformität basiert auf den zuvor identifizierten strategischen Zielen des Unternehmens auf den unterschiedlichen Strategieebenen, wohingegen die Bewertung der strategischen Hebelwirkung losgelöst von den strategischen Zielen im Gesamtkontext des Unternehmens und des Marktes bewertet werden muss. Zur Bewertung

der beiden Aspekte wird jeweils ein Bewertungsschema aufgebaut, welches durch das Expertengremium bearbeitet werden muss. Die Bestimmung der Strategiekonformität erfolgt in Form einer Bewertungsmatrix entlang der identifizierten strategischen Ziele (siehe Abbildung 5-23). Die Bestimmung der strategischen Hebelwirkung hingegen basiert auf einer eindimensionalen Bewertung entlang der beschriebenen Charakteristika. Es finden dabei jeweils eine Bewertung der Technologie als Bündel ihrer Eigenschaften und somit eine Bewertung unter Einbezug aller strategierelevanter, technologischer Eigenschaften statt. Im Rahmen der Bewertung der Strategiekonformität lässt sich zudem eine Einordnung der strategischen Charakteristik der Technologie vornehmen. Diese kann eine hohe Übereinstimmung mit den strategischen Zielen und eine hohe Relevanz, also einen starken Einfluss auf die Zielerreichung, aufweisen. Dementgegen lassen sich Technologien mit einer schwachen Übereinstimmung und einer geringen Relevanz als strategisch irrelevante Technologien kategorisieren. Technologien, die eine hohe Übereinstimmung zeigen, jedoch eine geringe Relevanz aufweisen, lassen sich einordnen als strategisch passend, aber schwach, da sie nur geringen Einfluss auf die Zielerreichung haben. Demgegenüber stehen Technologien mit hoher Relevanz, also einem starken Einfluss auf die strategische Zielerreichung und einer geringen Übereinstimmung, was ebenfalls zu einem lediglich begrenzten strategischen Potenzial führt. Abbildung 5-23 zeigt die Bewertungsmatrix zur Bestimmung der Strategiekonformität sowie die eingeführte portfolioartige Einordnung schematisch.

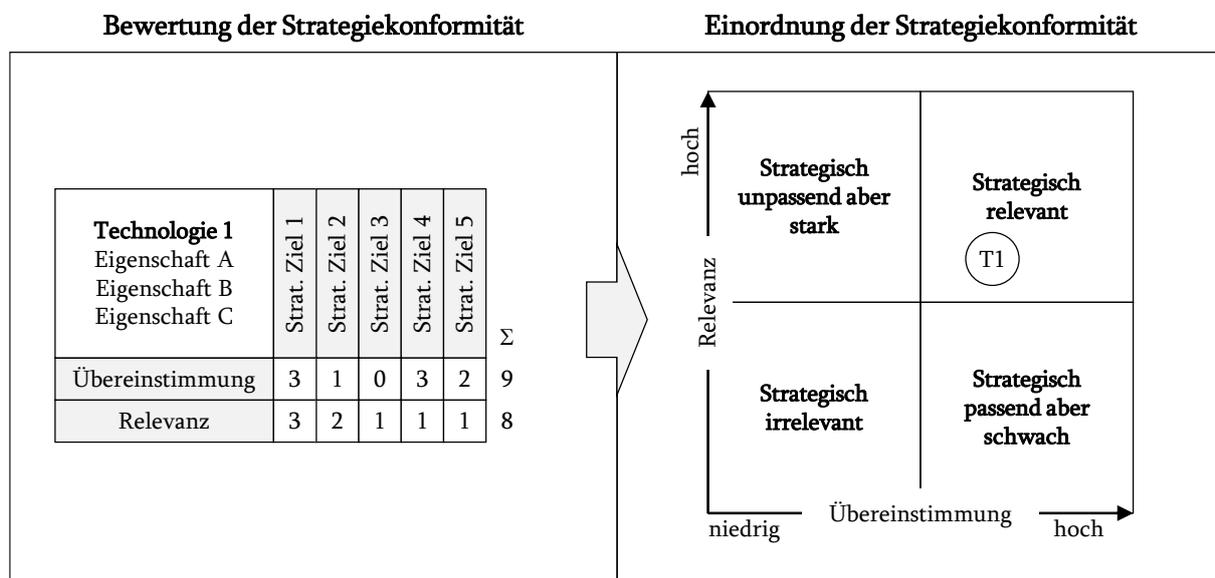


Abbildung 5-23: Bestimmung der Strategiekonformität

Bewertung des strategischen Potenzials

Im abschließenden Vorgehensschritt wird die Bewertung des strategischen Potenzials durchgeführt, indem die generierten Bewertungen in die Potenzialkorridore eingeordnet

und mathematisch vereint werden. Dazu erfolgt zunächst eine Multiplikation des Übereinstimmungswertes mit dem Relevanz-Wert. Daran anschließend wird der Durchschnittswert dieser Multiplikation über alle strategischen Ziele hinweg gebildet. Der sich ergebende Wert wird dann den für die Strategiekonformität definierten Potenzialkorridoren zugeordnet. Für die strategische Hebelwirkung wird ebenfalls der Mittelwert über die Teilbewertungen der vier zu bewertenden Parameter gebildet. Da es sich hier bereits um direkte Potenzialwerte handelt, ist keine weitere Einordnung in Potenzialkorridore notwendig. Sofern aufgrund unternehmensindividueller strategischer Pointierung gewisse Hebelwirkungen als relevanter eingestuft werden als andere, kann eine Gewichtung der Parameter vorgenommen werden. Abschließend findet eine Multiplikation der Strategiekonformität mit der strategischen Hebelwirkung statt, um dem vervielfältigenden Mechanismus Rechnung zu tragen. Die sich ergebende Kennzahl wird, basierend auf den definierten Potenzialkorridoren, der finalen Potenzialkennzahl zugeordnet. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Vorgehen der Bewertung sowie die Berechnungsschritte anhand eines fiktiven Rechenbeispiels.

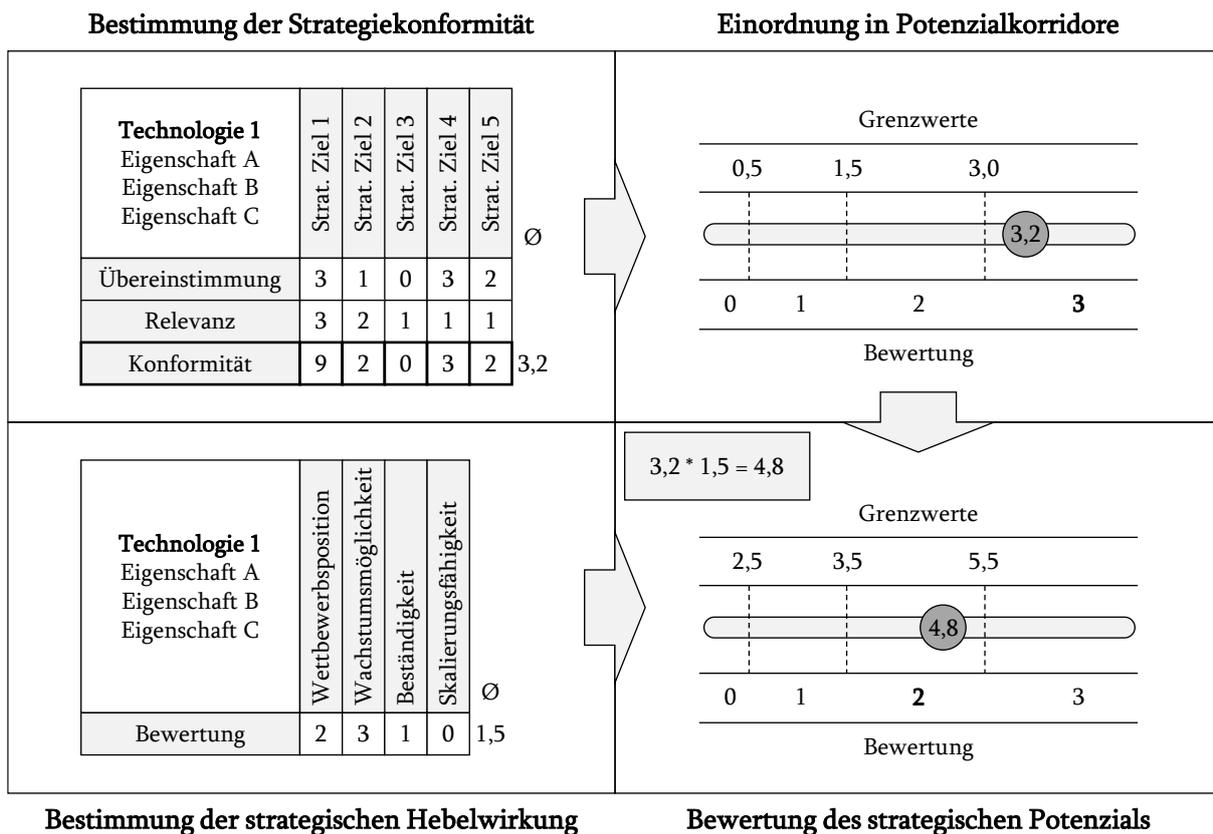


Abbildung 5-24: Bewertung des strategischen Potenzials

5.6 Aggregation des Technologiepotenzials

In den vorangehenden Abschnitten wurden die Bewertung und die Berechnung der einzelnen Sub-Potenziale beschrieben. Um jedoch ein umfassendes Bild über das Potenzial einer Technologie gewinnen zu können, sind eine Aggregation der Sub-Kennzahlen sowie eine übersichtliche Darstellung der diese beeinflussenden Kennzahlen nötig. Das Ziel der Bewertungsmethodik ist es, potenzialbasierte Technologieentscheidungen zu ermöglichen. Dazu müssen die Kennzahlen und die Bewertungsschritte für die entscheidenden Personen transparent und nachvollziehbar aufbereitet werden. Im Folgenden wird zu diesem Zweck ein Kennzahlensystem aufgebaut, welches eine Top-down-Betrachtung des Technologiepotenzials ermöglicht.

Im Rahmen des vorgestellten Ansatzes erfolgt die Berechnung des übergreifenden Technologiepotenzials durch eine Gleichgewichtung der Sub-Potenziale – und damit durch eine Mittelwertbetrachtung. In der industriellen Praxis werden unterschiedliche Einflussfaktoren (oftmals die Wirtschaftlichkeit) besonders hervorgehoben, was mit einer individuellen Gewichtung der Sub-Potenziale erreicht werden kann.

Die Potenzialkennzahlen werden zunächst in Form eines Kennzahlenbaums abgebildet. Dieser kann zur besseren Veranschaulichung um zusätzliche visuelle Elemente wie Einfärbungen, Ampelelemente oder tachoartige Elemente ergänzt werden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Kennzahlenbaum.

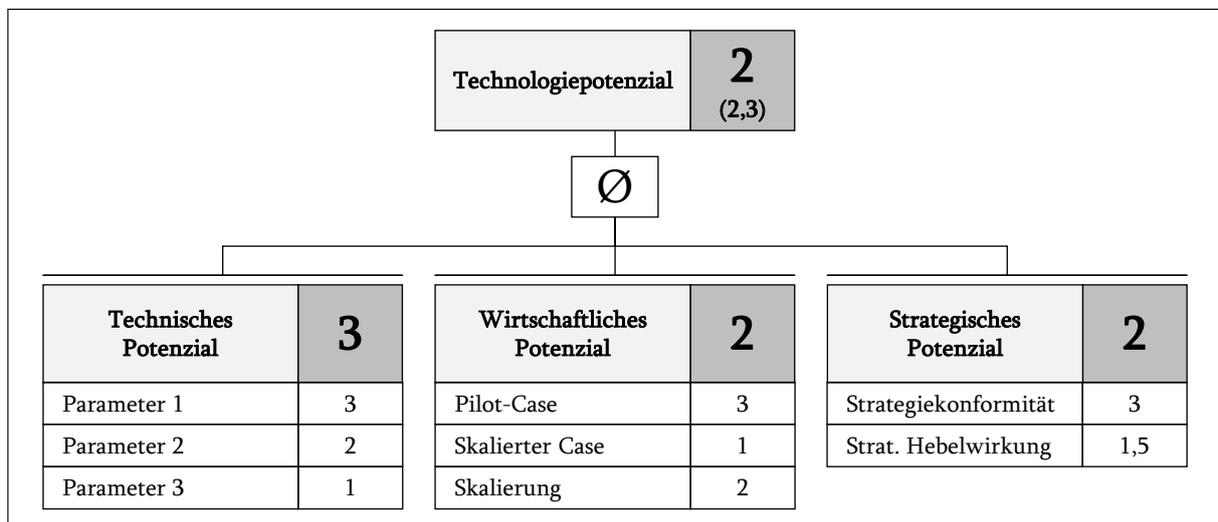


Abbildung 5-25: Kennzahlenbaum zur Strukturierung des Technologiepotenzials

5.7 Realisierung von Technologiepotenzialen

Die vorausgehenden Abschnitte umfassen vordergründig die Beschreibung und die Bewertung des Technologiepotenzials. Um jedoch greifbaren, industriellen Nutzen generieren zu können, ist es, aufbauend auf der Beschreibung und der Bewertung des Technologiepotenzials, erforderlich, den sukzessiv folgenden Schritt der Technologieentwicklung, also der Realisierung von Technologiepotenzialen, zu betrachten. SPATH & WARSCHAT (2008) bezeichnen die Technologieentwicklung in diesem Zusammenhang als den zentralen Treiber für Innovation. Entsprechend kann das Technologiepotenzial als wichtiges Kriterium für eine Vorselektion von Technologieentwicklungs-Projekten betrachtet werden.

Die Technologieentwicklung kann dabei nach BINDER & KANTOWSKY (1996) den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten eines Unternehmens zugeordnet werden und wird daher als überlappender Bereich zwischen dem Innovations- und dem Technologiemanagement betrachtet (vgl. KLAPPERT ET AL. 2011b). Die Technologieentwicklung stellt ein weitläufiges Forschungsfeld dar, weshalb im Folgenden unterschiedliche Ansätze vorgestellt werden, die einen kreativ-konstruktiven Umgang mit Technologiepotenzialen fördern. Durch die intensive Betrachtung der Einflussfaktoren auf das Technologiepotenzial in Form technischer, wirtschaftlicher und strategischer Stellgrößen lassen sich für die Technologieentwicklung wertvolle Anhaltspunkte zur Schwerpunktlegung ableiten. So können bspw. die relevantesten technischen Parameter anhand des Gesamt-Nutzen-Scores identifiziert und in den Vorentwicklungsaktivitäten fokussiert werden.

SPATH & WARSCHAT (2008) leiten in ihrer Arbeit generische Grundprinzipien für die Technologieentwicklung ab, die als grundlegende Denkstruktur genutzt werden können. Sie beschreiben dabei drei unterschiedliche Arten der Technologieentwicklung, indem entweder eine Technologieaddition, eine Technologieintegration oder eine Technologiesubstitution stattfindet. Die Technologieaddition umfasst dabei die Zusammenführung unterschiedlicher Technologien in einer technologischen Anwendung. Die Technologieintegration basiert auf der Integration unterschiedlicher physikalischer oder digitaler Prinzipien in einer neuen oder weiterentwickelten technologischen Anwendung. Die Technologiesubstitution beschreibt die Ablösung einer Technologie durch eine neue, überlegene Technologie, die ein deckungsgleiches Anforderungsprofil erfüllt. Neben den drei Arten der Technologieentwicklung wird zudem die Innovationsreichweite einer Technologie beschrieben. Diese drückt sich nach SPATH & WARSCHAT (2008) in der Architektur des Produktes aus. Die Architektur des Produktes kann demnach erhalten, ergänzt oder zerstört werden.

Basierend auf den Grundprinzipien nach SPATH & WARSCHAT (2008) wurden die nachfolgenden Entwicklungsprinzipien zur Realisierung von Technologiepotenzialen für Produktionstechnologien abgeleitet.

Zunächst wird die Anlagenebene, also die technische Umsetzung der Technologie in Form einer Anlage, von der Technologieebene abgegrenzt. Die Technologieebene beschreibt dabei das der Technologie zugrundeliegende physikalische Wirkprinzip.

Auf Anlagenebene kann entsprechend den drei Arten der Technologieentwicklung eine Addition, eine Integration oder eine Substitution erfolgen, um die Leistungsfähigkeit der Technologie bzw. deren Parameter zu steigern. Die Addition beschreibt dabei die Zusammenführung unterschiedlicher Anlagenprinzipien, bspw. die Verbindung einer Remote-Laser-Optik mit einem flexiblen Industrieroboter, um damit die Flexibilität und die Prozesseffizienz zu steigern. Die Integration beschreibt die ergänzende Nutzung von Hardware oder Software in der bestehenden Anlagentechnik zur Erreichung verbesserter Prozesseigenschaften. Die Substitution beschreibt den Umstieg auf eine neue, effektivere oder effizientere Anlagentechnik.

Auf Technologieebene kann das grundlegende physikalische Wirkprinzip erhalten und weiterentwickelt werden, es kann durch weitere Wirkprinzipien ergänzt werden oder es kann durch ein effektiveres oder effizienteres Wirkprinzip abgelöst werden. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklungsdimensionen.

Betrachtungsebene	Ausprägung		
Anlagentechnik	Addition	Integration	Substitution
Wirkprinzip	erhalten	ergänzen	ablösen

Abbildung 5-26: Dimensionen der Technologieentwicklung

6 Potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement

Die Bewertung des Technologiepotenzials stellt den wesentlichen Schwerpunkt für die potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement dar. Zudem bildet sie den wissenschaftlichen Schwerpunkt der Gesamtmethodik. Aus diesem Grund wurde die Bewertung des Technologiepotenzials im Rahmen des Kapitels 5 ausführlich betrachtet und beschrieben. Im vorliegenden Kapitel erfolgt die Einbettung der Potenzialbewertung in ein methodisches Gesamtkonzept. Dabei wird besonderer Wert auf die Integration des Technologiepotenzials in den Gesamtprozess des strategischen Technologiemanagements gelegt. Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, gliedert sich die Methodik in drei Bausteine, welche im Folgenden detailliert beschrieben werden.

Organisatorische Strukturierung

Als Grundlage für die Umsetzung und die Ausführung eines potenzialbasierten Technologiemanagement-Ansatzes müssen zunächst einige organisatorische Rahmenbedingungen definiert und geschaffen werden. Das strategische Technologiemanagement weist Schnittpunkte zu unterschiedlichen Unternehmensfunktionen (z. B. Strategie, Finanzen, Forschung und Entwicklung, Produktion) und Rollen (z. B. Technologieexperten, Management, Produktionsverantwortlichen) auf. Daher wird als Grundlage für die vorgestellte Methodik ein sog. Innovation-Board aufgebaut. Dieses besteht zum einen aus Verantwortlichen für das Technologiemanagement, welche eine moderierende und steuernde Rolle einnehmen. Zum anderen umfasst das Innovation-Board Personen aus dem Management, welche letztlich die Technologieentscheidungen treffen, sowie aus einem Expertengremium. Das Expertengremium wiederum besteht aus Experten aus den Bereichen Technologie, Finanzen und Strategie. Diese nehmen eine fachlich fokussierte, beratende Rolle ein und führen grundlegende Bewertungen durch. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Struktur des Innovation-Boards.

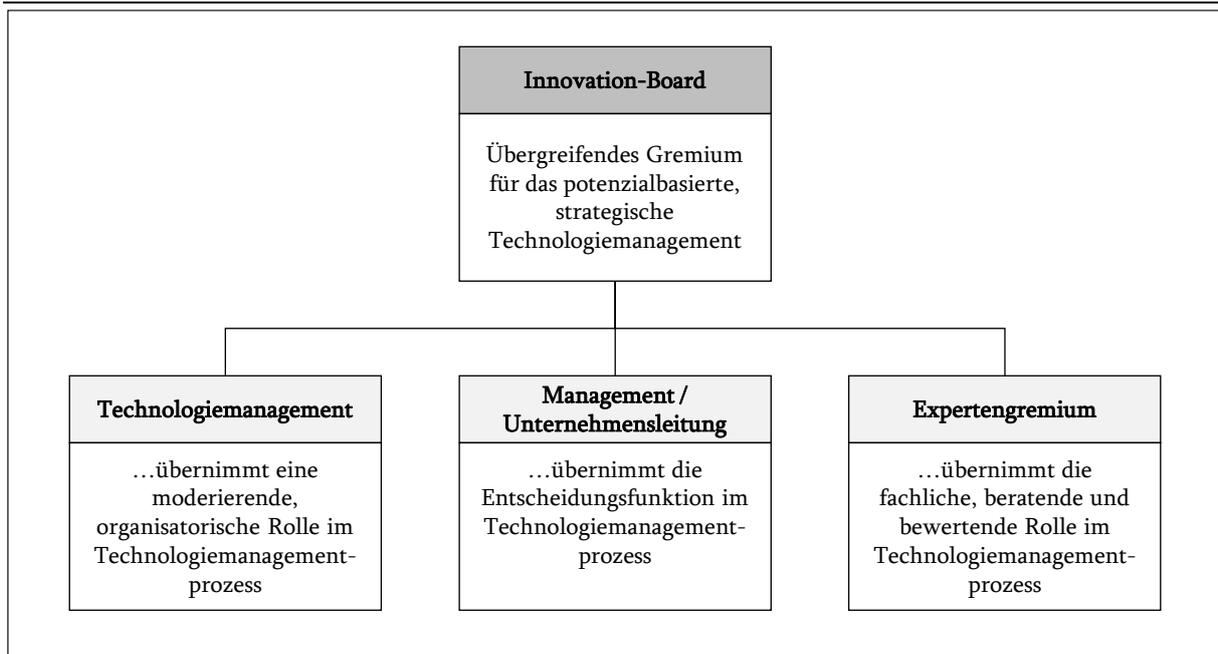


Abbildung 6-1: Struktureller Aufbau des Innovation-Boards

Die Expertenauswahl stellt im Rahmen des Aufbaus des Innovation-Boards eine zentrale und kritische Aufgabe dar, da die Experten maßgeblichen Einfluss auf die Bewertungsqualität haben (KAISER 2014). In Anlehnung an GLÄSER & LAUDEL (2010) erfolgt die Auswahl der Experten anhand der folgenden Kernfragen:

- **Welcher Experte verfügt über die relevanten Informationen?**
- **Welcher dieser Experten ist in der Lage, präzise, qualitativ hochwertige Informationen zu liefern?**
- **Welcher dieser Experten ist bereit und motiviert, diese Informationen zu liefern?**
- **Welcher dieser Experten ist verfügbar?**

Die Informationsverfügbarkeit erweist sich dabei meist als gegeben, wenn der Experte direkten operativen Kontakt zur betrachteten Technologie hat. Die Informationsqualität zeigt sich als besonders hoch, wenn der Experte fachliches Wissen über die Einzeltechnologie sowie den Gesamtprozess vorweisen kann und dieses durch praktisches Erfahrungswissen ergänzt wird. Bereitschaft und Motivation bestehen insbesondere dann, wenn ein persönliches Interesse oder eine persönliche Beziehung zum Betrachtungsgegenstand herrscht. Die Verfügbarkeit lässt sich in einer zeitlichen sowie einer örtlichen Komponente beschreiben.

6.1 Baustein 1: Bedarfsanalyse

Im Rahmen des ersten Bausteins wird eine strukturierte Bedarfsanalyse zur Identifikation technologischer Bedarfe durchgeführt. Dazu erfolgen zunächst die Aufnahme des bestehenden technologischen Status quo sowie die Identifikation aktueller technologischer Trends. Darauf aufbauend werden technologische Bedarfe in den unterschiedlichen Wertschöpfungsbereichen identifiziert. Die technologischen Bedarfe werden abschließend gruppiert. Technologische Lösungsansätze werden identifiziert und in konkrete Technologieprojekte überführt.

6.1.1 Technologischer Status quo und Trends

Den Ausgangspunkt für eine potenzialbasierte Planung im strategischen Technologiemanagement stellt die Erhebung des technologischen Status quo dar. Um ein vollständiges Bild aller im Wertschöpfungsprozess verwendeten Technologien gewinnen zu können, findet das Standardwerkzeug der Wertstromanalyse Anwendung. Da jedoch keine vertiefenden Analysen des Wertstroms notwendig sind, kann auf ein abstrahiertes Vorgehen zurückgegriffen werden. In zahlreichen Unternehmen wird die Wertstromanalyse zudem als Werkzeug der schlanken Produktion im Kontext der operativen Prozessoptimierung eingesetzt und kann damit ohne weiteren Aufwand zur Ableitung des technologischen Status quo herangezogen werden. Sofern keine aktuelle Wertstromkarte vorhanden ist, gilt es, den Wertstrom für alle relevanten Produktgruppen aufzubauen, jedoch ohne Berücksichtigung von Material- oder Informationsfluss. Die relevante Information besteht in den durchlaufenen Wertschöpfungsstationen sowie der jeweils verwendeten Technologie. Diese Information wird abgeleitet, indem die in der Prozesskette sukzessive durchlaufenen Arbeitsschritte sowie die dazu genutzten Betriebsmittel hinsichtlich ihrer technologischen Funktion abstrahiert werden, um eine Fertigungsfolge zu bilden. Werden nun alle nicht direkt wertschöpfenden Schritte, bspw. Lager- oder Handhabungsvorgänge, entfernt, so ergibt sich die dem Produkt entsprechende Technologiekette. Eine vertiefende Beschreibung des Aufbaus einer Wertstromanalyse bzw. einer Wertstromkarte, welche als Grundlage für die Ableitung der Technologiekette verwendet wird, ist bei ROTHER ET AL. (2018) und ERLACH (2007) zu finden. Ergänzend zu den im Wertstrom typischerweise betrachteten Technologien sollten Sonderbereiche, bspw. der Prototypenbau oder gesonderte Forschungs- und Entwicklungsbereiche, integriert werden.

Die identifizierten Technologien werden mithilfe eines Technologiesteckbriefes beschrieben und dokumentiert. Dabei wird auf ein vereinfachtes Steckbriefformat in

Anlehnung an SCHINDLER (2015) und REINHART ET AL. (2012) zurückgegriffen (siehe Anhang I).

Nachdem alle im Unternehmen verwendeten Technologien identifiziert wurden, gilt es, das bestehende Technologieportfolio zu veranschaulichen. In der Literatur findet sich zu diesem Zweck eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze mit verschiedenen Schwerpunkten und Einsatzzwecken. Viele dieser Ansätze basieren jedoch auf einem eher klassischen Technologieverständnis, welches der steigenden Dynamik der technologischen Entwicklung oftmals nicht gerecht wird. Ein Ansatz, der sich durch ein hohes Maß an Innovationsfähigkeit und Agilität auszeichnet, wurde von der Zalando SE entwickelt. Die Zalando SE gilt als eines der technologisch innovativsten und erfolgreichsten Unternehmen in der Digitalbranche und insbesondere im E-Commerce (vgl. STATISTA 2021). Das sog. Zalando-Tech-Radar (ZALANDO SE 2022) ist zudem im Sinne der in der Digitalwirtschaft häufig proklamierten freien Zugänglichkeit von Informationen und Daten frei über das Internet einsehbar und in seinen Details veröffentlicht. Die Zalando SE fokussiert das Tech-Radar als Digitalunternehmen ausschließlich auf digitale Technologien. Dabei werden die unterschiedlichen digitalen Wertschöpfungsbereiche Datastores, Infrastructure, Data Management und Languages unterschieden und die jeweils eingesetzten Technologien dargestellt. Neben den aktuell im Einsatz befindlichen Technologien werden neue, zu evaluierende sowie veraltete, zu ersetzende Technologien in einer weiteren Dimension unterschieden. Damit wird die Dynamik innerhalb des Technologieportfolios sichtbar gemacht und potenzialreiche Technologien werden frühzeitig in die Betrachtung einbezogen.

Im Kontext der Darstellung des technologischen Status quo wird daher ein angepasstes Zalando-Tech-Radar eingesetzt. Die Schalen des Radars beschreiben die unterschiedlichen Phasen, die eine Technologie über ihren Lebenszyklus in einem Unternehmen durchläuft. Dies beginnt mit der Assess-Phase, in der Technologien als potenzialträchtig eingestuft werden, wo jedoch noch nicht ausreichend Know-how besteht, um das Erfolgspotenzial abschätzen zu können. Deshalb erfolgt in dieser Phase eine gezielte Aufwendung von Ressourcen zur Gewinnung weiteren Know-hows zur Reduzierung des technologischen Risikos. In der anschließenden Trial-Phase wurden zu einer als potenzialträchtig eingestuften Technologie bereits weitere Informationen gesammelt und Know-how wurde in Form einzelner pilotartiger Anwendungen aufgebaut. Mittels der Realisierung erster Anwendungen durch das Unternehmen wurde das Einsatzrisiko der Technologie bereits deutlich gesenkt sowie das Verhältnis von Potenzial und Risiko signifikant verbessert. Technologien, die sich in der Adopt-Phase befinden, werden entweder aktiv in der Produktion eingesetzt oder eignen sich als direkte Substitutionstechnologien für aktuell

eingesetzte Technologien. Sie erfüllen die produktionstechnischen Anforderungen vollständig und können mit geringem Risiko eingesetzt werden. Die Hold-Phase beschreibt die Endphase des Lebenszyklus einer Technologie in einem Unternehmen. Technologien, die sich in dieser Phase befinden, werden aktuell eingesetzt, gelten jedoch aufgrund ihres fortgeschrittenen Lebenszyklus und der damit verbundenen geringen Weiterentwicklungspotenziale als ausgeschöpft. Für Technologien in der Hold-Phase existieren zudem bereits potenzielle Substitutionstechnologien, welche sich als vielversprechend zeigen. Neu identifizierte Technologien durchlaufen die entsprechenden Schalen des Tech-Radars entlang ihrer Lebenszyklusphasen demnach von Assess über Trial zu Adopt und werden über Hold aus dem Zyklus ausgeschleust.

Für die einzelnen Schalen des Tech-Radars gelten zudem Kriterien, welche für die Erreichung bestimmter Phasen erfüllt sein müssen. So können sich innerhalb der Schalen Adopt und Hold lediglich Technologien befinden, die Serienreife aufweisen und in der Produktion aktuell eingesetzt werden oder in junger Vergangenheit eingesetzt wurden. Die nachfolgende Abbildung 6-2 zeigt das angepasste Tech-Radar schematisch.

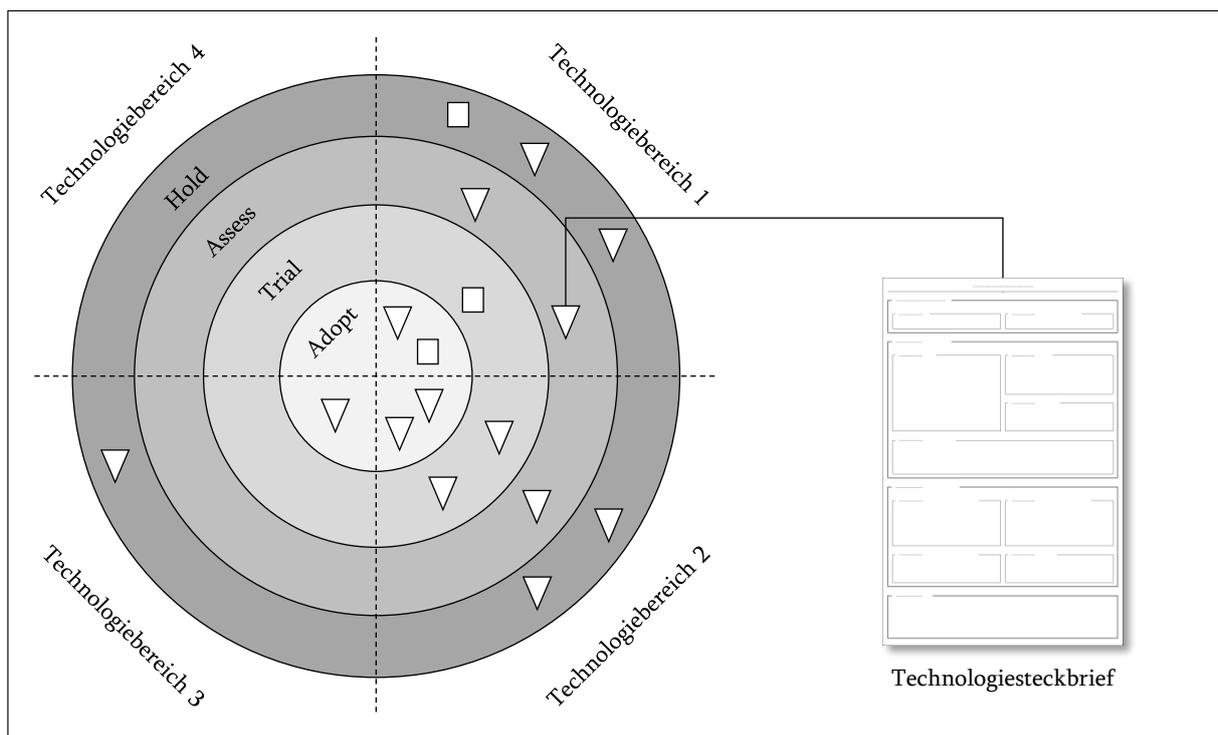


Abbildung 6-2: Angepasstes Tech-Radar mit Technologiesteckbrief

Die Quadranten können dabei unterschiedliche Technologiebereiche oder unterschiedliche Unternehmensbereiche darstellen. Das angepasste Tech-Radar zeigt in den unterschiedlichen Quadranten unterschiedliche Technologiebereiche. Die verschiedenen Produktionsstandorte werden durch die Form des Symbols für eine

Technologie unterschieden. Als weiterführendes Unterscheidungsmerkmal kann zudem mit einer farblichen Unterscheidung gearbeitet werden. Auf diese wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit verzichtet.

Das Tech-Radar kann weiterführend auf unterschiedlichen Ebenen des Technologiemanagements eingesetzt werden. So können ein übergeordnetes Radar für das Gesamtunternehmen sowie ein Sub-Radar für bspw. jedes Werk oder jeden Geschäftsbereich aufgebaut werden. Das Tech-Radar ermöglicht es in diesem Rahmen zudem, die technologische Entwicklung des Unternehmens oder des betrachteten Teilbereiches zu verfolgen und zu steuern. Abbildung 6-3 zeigt mögliche technologische Veränderungen und Entwicklungen als typische Bewegungen im Tech-Radar.

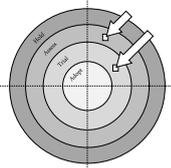
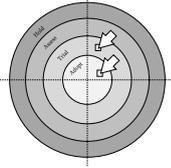
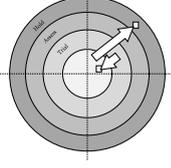
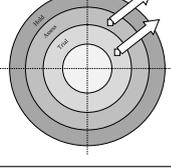
Veränderung	Auswirkung auf Tech-Radar	Visualisierung
Identifikation einer neuen Produktionstechnologie	Die neu identifizierte Produktionstechnologie wird dem entsprechenden Technologiebereich (Quadranten) zugeordnet und neu auf der Assess- oder Trial-Schale platziert.	
Weiterentwicklung einer Produktionstechnologie	Die sich weiterentwickelnde Technologie bewegt sich von der Assess- auf die Trial-Schale oder von der Trial- auf die Adopt-Schale.	
Ersatz einer Produktionstechnologie	Die ersetzte oder zu ersetzende Technologie wird von der Adopt- in die Hold-Schale verschoben. Die sie ersetzende Technologie rückt im Gegenzug von der Trial- in die Adopt-Schale vor.	
Abbruch eines Technologieprojektes	Die Technologie, deren Entwicklung und Integration nicht weiter verfolgt wird, wird von der Assess- oder Trial-Schale aus dem Tech Radar entfernt.	

Abbildung 6-3: Bewegungsmuster im Tech-Radar

Als Grundlage für die nachfolgende Bedarfsidentifikation und den Aufbau eines validen Lösungsraumes potenzialträchtiger Technologien erfolgt nun die Identifikation relevanter technologischer Trends. Es handelt sich dabei um ein sog. Outside-in-Vorgehen, da zunächst eine Konzentration auf das Unternehmensumfeld stattfindet, bevor die Auswirkungen dieser Informationen im Kontext der unternehmensindividuellen Voraussetzungen bewertet werden (vgl. SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Bei der Durchsuchung des technologischen Umfeldes, dem sog. Technology-Scanning, handelt es

sich um eine ungerichtete Suche. Eine vertiefende Beschreibung des Vorgehens zur systematischen Identifikation von Produktionstechnologien ist in GREITEMANN (2016) zu finden. Zur Strukturierung und Vereinfachung der Identifikation aktueller technologischer Trends wurde die nachfolgende Sammlung möglicher Quellen aufgebaut (Abbildung 6-4). Als wichtigste Informationsquelle ist dabei das Internet anzuführen, welches stets zur initialen Informationsbeschaffung genutzt werden kann. Auch Beratungsunternehmen, Forschungseinrichtungen und Start-ups veröffentlichen regelmäßig relevante Informationen online. Zur Unterstützung bei der Identifikation von Trends wurde in Anlehnung an GÄRTNER (2019) ein Leitfaden erstellt (siehe Anhang J).

Kategorie	Quelle	Beispiele
Analysen von Beratungsunternehmen	Internet, Kooperation, Beauftragung	Gartner Hype Cycle, Deloitte Tech Trends, Capgemini IT-Trends, McKinsey Global Trends
Forschungsprojekte	Internet, Veröffentlichungen, Berichte, Studien, Kooperation	MIT Media Lab Projects, Fraunhofer Forschungsprojekte, Helmholtz-Projekte
Fachliteratur	Veröffentlichungen, Berichte, Studien	Fraunhofer Publica, Dissertationen, Fachzeitschriften
Fachmessen	Messebesuch, Internet, (Fach-) Zeitungsartikel	IFA, CeBIT
Start-ups	Internet, Kooperation	Gründerszene, StartUpDetector, Innospot
Patentdatenbanken	Veröffentlichte Patente	DPMA

Abbildung 6-4: Quellen zur Identifikation technologischer Trends

Zunächst findet eine Eingrenzung des Betrachtungsbereiches der Trendidentifikation auf die technologischen Felder, welche im betrachteten Unternehmen vertreten und relevant sind, statt. Damit erfolgt ein formales Technologie-Scanning mit festem Themenbezug. Weiterhin werden nur Technologiequellen betrachtet, die mittelbar oder unmittelbar im Zusammenhang mit der Branche des betrachteten Unternehmens stehen. Zur Strukturierung der auftretenden Abstraktionsgrade technologischer Trends wurde ein Modell zu deren Kategorisierung aufgebaut. So wird grundsätzlich zwischen globalen Trends bzw. Megatrends, Forschungstrends und Branchentrends unterschieden. Die

unterschiedlichen Abstraktionsebenen stehen in direktem Zusammenhang und beeinflussen sich daher gegenseitig.

Die identifizierten Trends werden im Anschluss in Form einer Trend-Mind-Map visualisiert und strukturiert. Zusätzlich müssen die meist abstrakten Trends hinsichtlich ihrer technologischen Relevanz und Ausprägung konkretisiert werden. Dies geschieht in Form von Trendsteckbriefen, anhand derer der betrachtete Trend beschrieben wird und die relevanten sich daraus ergebenden Technologien sowie deren (potenzielle) Anwendungsbereiche abgeleitet werden. Die Ableitung der konkreten Technologien wird dabei stets durch Experten, welche auf diverse Informationsquellen wie Messen, das Internet oder Fachkongresse zurückgreifen können, durchgeführt. Eine Vorlage für einen Trendsteckbrief ist in Anhang K zu finden.

Die Visualisierung der Trends in Form der Trend-Mind-Map dient der einfacheren Kommunikation und Diskussion innerhalb des Innovation-Boards und des Expertengremiums. Zudem kann sie als Ideengeber für die nachfolgende Bedarfsidentifikation herangezogen werden. Abbildung 6-5 zeigt die erste Ebene einer exemplarischen Trend-Mind-Map.

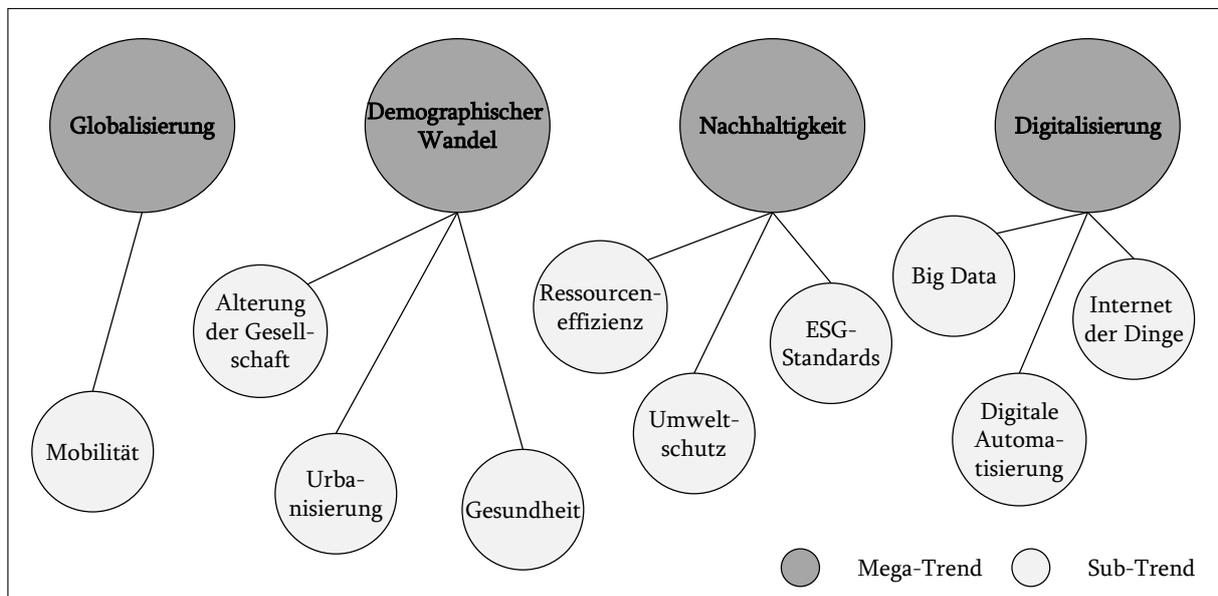


Abbildung 6-5: Beispiel einer Trend-Mind-Map

6.1.2 Bedarfsidentifikation

Nachdem der technologische Status quo aufgenommen wurde sowie aktuelle Trends erarbeitet wurden, müssen technologische Bedarfe in der Produktion identifiziert werden. Dazu gilt es, aktuelle und zukünftige technologische Defizite aufzuspüren, welche die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens beeinflussen.

Zunächst müssen dazu Experten innerhalb des Unternehmens identifiziert werden, welche die technologischen Bedarfe identifizieren und beschreiben können. Besonders wichtig bei der Auswahl dieser Experten sind die Nähe zum aktuellen Produktionsprozess sowie tiefes Fach- und Erfahrungswissen im jeweiligen Bereich. Daher erfolgt eine Expertenauswahl entlang des in Abschnitt 6.1.1 aufgebauten vereinfachten Wertstroms und der entsprechend zugeordneten Organisationseinheiten (z. B. Abteilungen oder Teams). Durch eine Auswahl von Experten, welche aus dem operativen Prozess stammen, soll ein ausreichendes Prozess- und Technologieverständnis gewährleistet werden. Die Kernfragen, welche durch die Experten zu beantworten sind, lauten dabei folgendermaßen:

- **Welche technologischen Veränderungen sind für den betrachteten Technologiebereich relevant und ggf. bedrohlich?**
- **Können die zukünftigen Produkthanforderungen mit den aktuell bestehenden Technologien realisiert werden?**
- **Existieren alternative technologische Ansätze, welche zu produkt- oder prozessbezogenen Verbesserungen führen können?**

Damit lässt sich die Grundlage für technologische Bedarfe durch unterschiedliche Ursachen beschreiben. Diese werden entweder durch sog. Push- oder durch sog. Pull-Mechanismen erzeugt (SCHMOOKLER 1966). Ein Push-Mechanismus zeigt sich dann, wenn eine Technologie wettbewerbsrelevante Vorteile, bspw. eine signifikante Kostensenkung oder neuartige Produkteigenschaften, generieren kann. Pull-Mechanismen beschreiben einen Veränderungsdruck, welcher durch unterschiedliche Auslöser, wie veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen oder unternehmensinterne Kostensenkungsmaßnahmen, erzeugt wird.

Gängige Bedarfstreiber stellen in produzierenden Unternehmen veränderte oder sich in Zukunft verändernde Produkteigenschaften dar, welche die Weiterentwicklung oder den Ersatz einer Technologie nötig machen können (SCHÖNMANN 2018). Des Weiteren können interne, operative Optimierungsziele einen technologischen Bedarf induzieren. Daneben kann auch die strategische Ausrichtung des Unternehmens bzw. eine strategische

Richtungsänderung zu einem technologischen Bedarf führen. Abbildung 6-6 gibt eine Übersicht über die unternehmensinternen sowie die -externen Auslöser von Pull-Bedarfen.

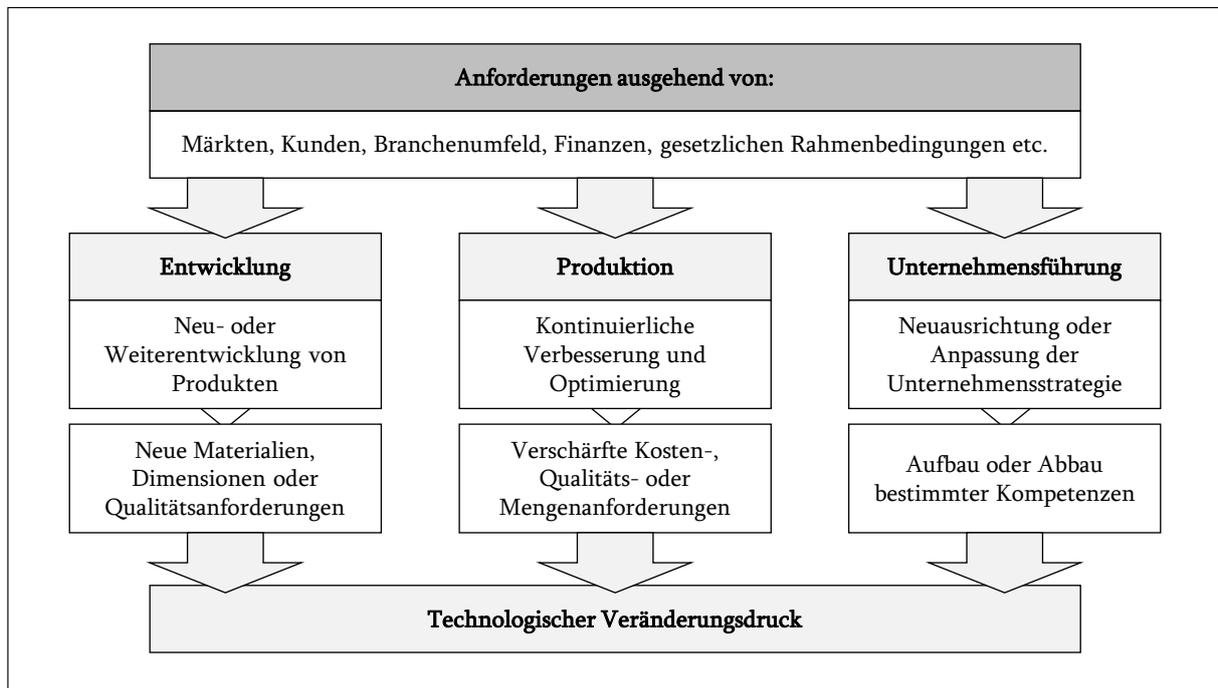


Abbildung 6-6: Auslöser von Pull-Bedarfen

Insbesondere bei einer Veränderung der Produkteigenschaften ist eine detaillierte Analyse des Produktes nötig, um die kritische Technologiefunktion identifizieren zu können. Dazu sei auf die Arbeit von SCHINDLER (2015) verwiesen. Vertiefend wird die systematische und strukturierte Identifikation technologischer Bedarfe in der wissenschaftlichen Literatur umfangreich beschrieben, wobei insbesondere auf SCHÖNMANN (2018) und DOBLER ET AL. (2021) referenziert wird.

Zur Sammlung und Dokumentation der technologischen Bedarfe werden die jeweiligen Experten aus den unterschiedlichen Technologiebereichen aktiv aufgerufen. Daneben besteht die Möglichkeit zur laufenden Einreichung technologischer Bedarfe beim Innovation-Board als Innovationsantrag. Als Dokumentations- und Strukturierungshilfe ist in Anhang L eine Vorlage zur Bedarfsdokumentation zu finden. Neben der reinen Dokumentation des Bedarfes erfolgt durch den Experten zudem eine Grobbewertung hinsichtlich der Relevanz und der Dringlichkeit des Bedarfes in zeitlicher Dimension. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Grobbewertung und stellt das Bewertungsschema dar.

Kriterium	Bewertungsschema								
Relevanz	<table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>Keine Relevanz für das Unternehmen optionales Projekt keine Auswirkungen bei Unterlassung </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Geringe Relevanz für das Unternehmen Projekt mit geringer Priorität kaum merkliche Auswirkungen bei Unterlassung</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Mittlere Relevanz für das Unternehmen wichtiges Projekt mit mittlerer Priorität deutlich spürbare Auswirkungen bei Unterlassung</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Hohe Relevanz für das Unternehmen essenzielles Projekt mit hoher Priorität signifikante Auswirkungen bei Unterlassung</td> </tr> </table>	0	Keine Relevanz für das Unternehmen optionales Projekt keine Auswirkungen bei Unterlassung	1	Geringe Relevanz für das Unternehmen Projekt mit geringer Priorität kaum merkliche Auswirkungen bei Unterlassung	2	Mittlere Relevanz für das Unternehmen wichtiges Projekt mit mittlerer Priorität deutlich spürbare Auswirkungen bei Unterlassung	3	Hohe Relevanz für das Unternehmen essenzielles Projekt mit hoher Priorität signifikante Auswirkungen bei Unterlassung
0	Keine Relevanz für das Unternehmen optionales Projekt keine Auswirkungen bei Unterlassung								
1	Geringe Relevanz für das Unternehmen Projekt mit geringer Priorität kaum merkliche Auswirkungen bei Unterlassung								
2	Mittlere Relevanz für das Unternehmen wichtiges Projekt mit mittlerer Priorität deutlich spürbare Auswirkungen bei Unterlassung								
3	Hohe Relevanz für das Unternehmen essenzielles Projekt mit hoher Priorität signifikante Auswirkungen bei Unterlassung								
Dringlichkeit	<table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>Zeitlicher Horizont der Umsetzung irrelevant langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung problemlos möglich</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Zeitlicher Horizont der Umsetzung weniger relevant mittel- bis langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Zeitlicher Horizont der Umsetzung relevant kurz- bis mittelfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich aber problematisch</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Zeitlicher Horizont der Umsetzung sehr relevant zeitnahes Handeln notwendig zeitliche Verschiebung führt zu signifikanten Problemen</td> </tr> </table>	0	Zeitlicher Horizont der Umsetzung irrelevant langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung problemlos möglich	1	Zeitlicher Horizont der Umsetzung weniger relevant mittel- bis langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich	2	Zeitlicher Horizont der Umsetzung relevant kurz- bis mittelfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich aber problematisch	3	Zeitlicher Horizont der Umsetzung sehr relevant zeitnahes Handeln notwendig zeitliche Verschiebung führt zu signifikanten Problemen
0	Zeitlicher Horizont der Umsetzung irrelevant langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung problemlos möglich								
1	Zeitlicher Horizont der Umsetzung weniger relevant mittel- bis langfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich								
2	Zeitlicher Horizont der Umsetzung relevant kurz- bis mittelfristiges Handeln notwendig zeitliche Verschiebung möglich aber problematisch								
3	Zeitlicher Horizont der Umsetzung sehr relevant zeitnahes Handeln notwendig zeitliche Verschiebung führt zu signifikanten Problemen								

Abbildung 6-7: Bewertungsschema für die Grobbewertung technologischer Bedarfe

Um die systematisch gesammelten und grob bewerteten Bedarfe übersichtlich darstellen zu können, wurde im Rahmen des Vorgehens eine sog. Bedarfskarte entwickelt. Diese stellt die technologischen Bedarfe entlang des Wertstromes dar. Als Erweiterung der Bedarfskarte kann die zeitliche Dimension von einer qualitativen Dringlichkeitsbewertung in eine quantitative Abschätzung der Dringlichkeit, bspw. in Jahren, überführt werden. Im Rahmen der Ausarbeitung in diesem Abschnitt erfolgt die Einordnung anhand der einfachen Bedarfskarte. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine einfache Bedarfskarte schematisch.

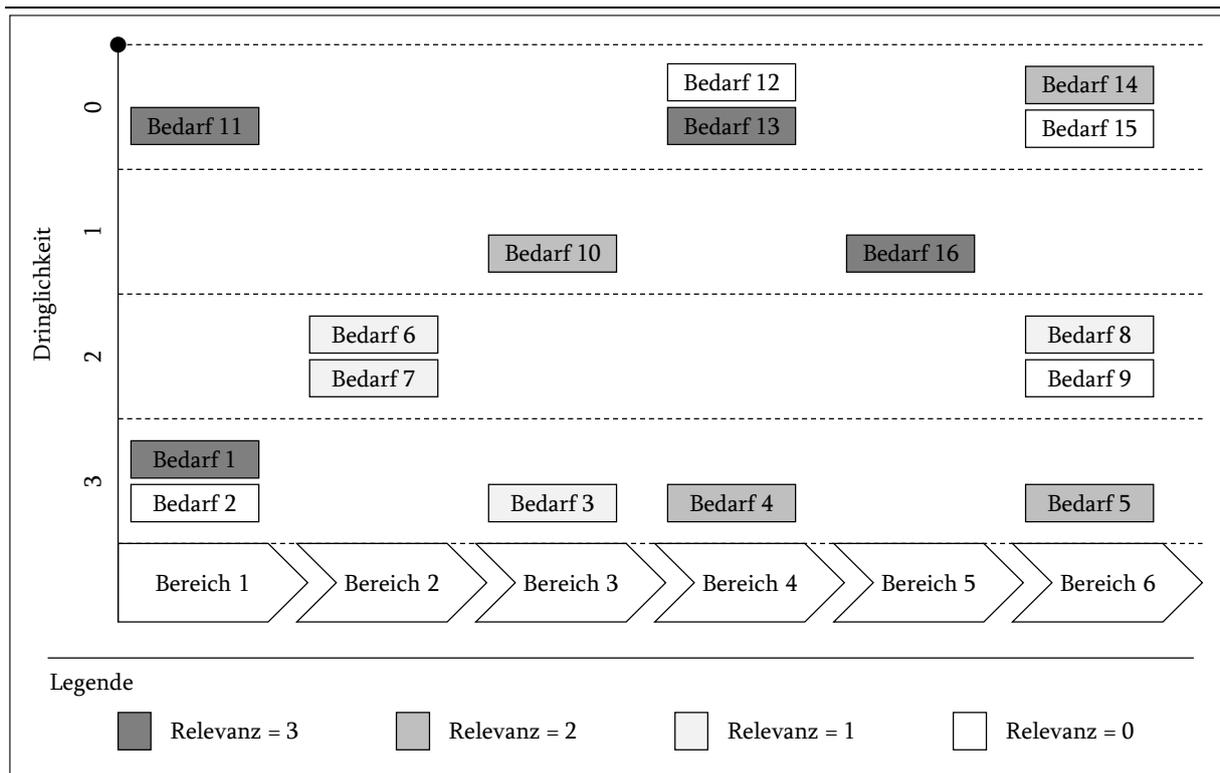


Abbildung 6-8: Schematische Abbildung einer Bedarfskarte

6.1.3 Priorisierte Bedarfscluster und Ableitung von Technologieprojekten

Auf Basis der identifizierten und entlang des Wertstromes eingeordneten technologischen Bedarfe werden im folgenden Schritt eine Gruppierung und eine Konsolidierung der Bedarfe durchgeführt. Diese Bedarfe bilden wiederum die Grundlage für die Ableitung konkreter Technologieprojekte, in deren Rahmen unterschiedliche technologische Alternativen identifiziert und bewertet werden müssen.

Um die Bedarfe zunächst technologisch gruppieren zu können, werden diese im ersten Schritt in die Technologiekategorien nach DIN 8580 eingeordnet. Diese Einordnung ermöglicht eine grundlegende Unterscheidung der zu betrachtenden Bedarfsbereiche. Neben der technologischen Gruppierung erfolgt zudem eine Klassifikation nach dem Grad der technologischen Veränderung, welcher durch den Bedarf induziert wird. In diesem Zusammenhang lassen sich die Kategorien Ersatz, Weiterentwicklung bzw. Anpassung und Neuentwicklung unterscheiden. Konkret kann ein technologischer Bedarf also bspw. induzieren, dass eine Technologie ersetzt werden muss, da sie den zukünftigen Produkthanforderungen nicht mehr gerecht werden kann. Neben dem gänzlichen Ersatz einer Technologie kann auch deren Weiterentwicklung oder Anpassung die Folge eines Bedarfes sein, da eine Technologie bspw. präziser oder graduell leistungsfähiger werden muss, um die zukünftigen Produkthanforderungen erfüllen zu können. Eine

Neuentwicklung stellt den technologisch aufwendigsten Bedarf dar. Diese kann dann von Nöten sein, wenn auf dem Markt aktuell keine Technologien vorhanden sind, welche den geforderten technologischen Eigenschaften entsprechen oder diesen durch Weiterentwicklungsmaßnahmen oder Anpassungen perspektivisch nicht entsprechen können. In manchen Fällen ist eine eindeutige Einordnung des technologischen Veränderungsgrades nicht oder nur schwierig möglich, da das Entwicklungspotenzial einer bestehenden Technologie ohne tiefere Betrachtung nur schwierig abzuschätzen ist. In diesem Fall findet eine Einordnung in die Kategorie „Unklar“ statt. Abbildung 6-9 zeigt das Einordnungsschema zur Gruppierung technologischer Bedarfe.

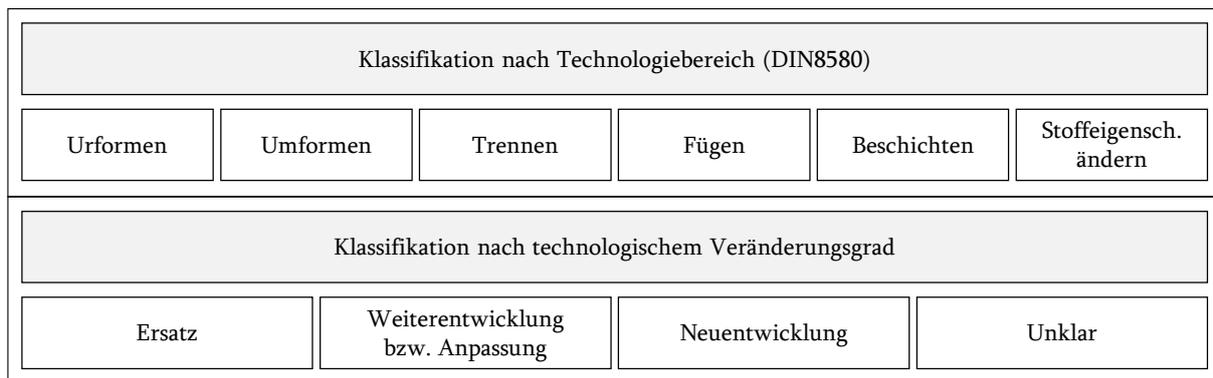


Abbildung 6-9: Kategorien zur Gruppierung technologischer Bedarfe

Die Gruppierung der Bedarfe geschieht entsprechend den abgebildeten Kategorien nach Technologiebereich. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die nachgelagerten Schritte sinnvoll, da sowohl für die Identifikation möglicher technologischer Alternativen und Entwicklungspfade als auch für die Bewertung des Technologiepotenzials Experten für bestimmte Technologien und Technologiegruppen benötigt werden. In der Regel lassen sich die Kompetenzfelder der Experten präzise einzelnen Technologiekategorien zuordnen. Als visuelle Unterstützung für die Gruppierung der technologischen Bedarfe kann erneut die Bedarfskarte herangezogen und durch farbliche Markierung aufbereitet werden.

Auf Basis der beschriebenen Gruppierung werden die Bedarfsgruppen durch das Expertengremium konsolidiert. Dabei werden technologische Bedarfe, welche auf die gleichen oder ähnliche Bedarfsauslöser zurückzuführen sind, einander zugeordnet. Eine Konsolidierung findet in der Regel innerhalb einer Technologieklasse statt. Aufbauend darauf erfolgt nun eine Priorisierung der einzelnen Bedarfe, da in produzierenden Unternehmen stets begrenzte Ressourcen (z. B. monetär oder personell) vorhanden sind, um Technologieprojekte initiieren und umsetzen zu können. Diese Priorisierung wird durch das Expertengremium auf Grundlage der Dringlichkeit und der Relevanz der einzelnen Bedarfe sowie einer qualitativen Einschätzung der strategischen Bedeutung des

Bedarfes durchgeführt. Die strategische Bedeutung eines Bedarfes wird dabei auf einer qualitativen Skala von 0 bis 3 bewertet, wobei 0 keiner strategischen Bedeutung und 3 einer signifikanten strategischen Bedeutung entspricht. Die Priorisierung geschieht anhand des Mittelwertes aus den qualitativen Bewertungen der Dringlichkeit, der Relevanz sowie der strategischen Bedeutung. Die sich daraus ergebende, priorisierte und nach Technologieklassen gruppierte Bedarfsliste bildet die Grundlage für die Ableitung konkreter Technologieprojekte zur Deckung dieser Bedarfe. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Priorisierungsvorgehen sowie das Priorisierungsergebnis.

Trennen					Fügen	Urformen	Umformen	...
Bedarf	D*	R*	S*	Ø				
Bedarf 3	3	3	3	3,0	Bedarf 5	Bedarf 9	Bedarf 10	...
Bedarf 2	3	3	2	2,7		Bedarf 6		Bedarf 7
Bedarf 4	2	2	2	2,0		Bedarf 8		
Bedarf 1	1	3	2	2,0				

* D = Dringlichkeit | R = Relevanz | S = Strategische Bedeutung

Abbildung 6-10: Vorgehen und schematisches Ergebnis der Bedarfspriorisierung

Nachdem die technologischen Bedarfe gruppiert und priorisiert wurden, gilt es, konkrete Technologieprojekte zur Deckung der jeweiligen Bedarfe abzuleiten. Nach KUSTER ET AL. (2011) lassen sich Projekte als einmalige, bereichsübergreifende und zeitlich begrenzte Vorhaben charakterisieren, welche zielgerichtet und interdisziplinär sowie zudem so wichtig, kritisch und dringend sind, dass sie nicht im Rahmen der bestehenden Linienorganisation abgewickelt werden können. Weiter beschreiben KUSTER ET AL. (2011) Projekte als Innovationen und verbinden diese zwangsläufig mit Veränderung. Um Projekte vollständig beschreiben zu können, sind daher zahlreiche Informationen, wie u. a. das Projektziel, die zu lösende Problemstellung, die Projektorganisation, die beteiligten Disziplinen und Wertschöpfungsbereiche, die Terminierung sowie die benötigten Ressourcen und Kosten, nötig.

Basierend auf den priorisierten Bedarfen sowie dem induzierten technologischen Veränderungsgrad müssen nun Technologieprojekte abgeleitet und formuliert werden. Zentrale Informationen stellen dabei die Anforderungen dar, welche durch den Bedarf an eine Technologie gestellt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen technologischen Veränderungsgrade lassen sich unterschiedliche Projektmodi ableiten. Diese dienen als Eingangsgröße für Baustein 2, die Potenzialbewertung. So besteht die zentrale Herausforderung eines Technologieprojektes zum Ersatz einer bestehenden Technologie darin, mögliche Alternativtechnologien zu identifizieren und diese miteinander zu vergleichen. Im Falle einer notwendigen Weiterentwicklung bleibt die aktuell verwendete Technologie als Basis bestehen. Dennoch werden mögliche Alternativtechnologien identifiziert, um den Lösungsraum zu erweitern. Bei einer Neuentwicklung kann auf keine technologische Basis zurückgegriffen werden, weshalb Technologien in einem frühen Entwicklungsstadium oder technologische Konzepte identifiziert und verglichen werden müssen. Sofern der technologische Veränderungsgrad als unklar eingestuft wird, wird der gesamte mögliche Lösungsraum betrachtet. Dies entspricht der bestehenden Technologie sowie möglichen technologischen Alternativen. Die Identifikation möglicher technologischer Alternativen sowie die von Weiterentwicklungspotenzialen stellen eine zentrale Aufgabe bei der Ableitung der Technologieprojekte dar. Daher wird im Folgenden ein Vorgehen zur Technologieidentifikation, basierend auf den technologischen Bedarfen sowie dem unternehmensinternen und dem -externen Wissen, vorgestellt.

Da die zu identifizierenden Technologien einen konkreten Bedarf decken sollen, ist es zunächst essenziell, die technologischen Anforderungen basierend auf der Bedarfsdokumentation sowie die aktuellen technologischen Trends zu berücksichtigen. Zur Suche nach möglichen technologischen Lösungsansätzen kann nun einerseits auf interne Ressourcen, wie interne Technologieexperten, und andererseits auf externe Ressourcen, wie Forschungseinrichtungen oder andere Unternehmen, zurückgegriffen werden. Andere Unternehmen können dabei gleichermaßen Technologieanbieter, Wettbewerber oder spezialisierte Beratungsunternehmen darstellen. Die externen Ressourcen sollen als Ideengeber und ggf. als Orientierungspunkt dienen. Eine Kooperation mit Technologieanbietern, Start-ups oder Forschungseinrichtungen kann dabei unterschiedliche Formen und Intensitäten aufweisen (siehe ROTERING (1990)). Mithilfe der methodischen Unterstützung zur systematischen Identifikation von Produktionstechnologien nach GREITEMANN (2016) erfolgt schlussendlich der Identifikationsprozess. Als organisatorische Einheit zur Durchführung dieser Tätigkeit kann ein bedarfsgesteuerter Projektmodus oder eine fest implementierte Struktur gewählt werden. Eine feste Struktur kann bspw. in Form eines Corporate Think Tanks etabliert werden (weitere Ausführungen sind in POGUNTKE (2014) zu finden). Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Identifikation potenzialträchtiger Produktionstechnologien.

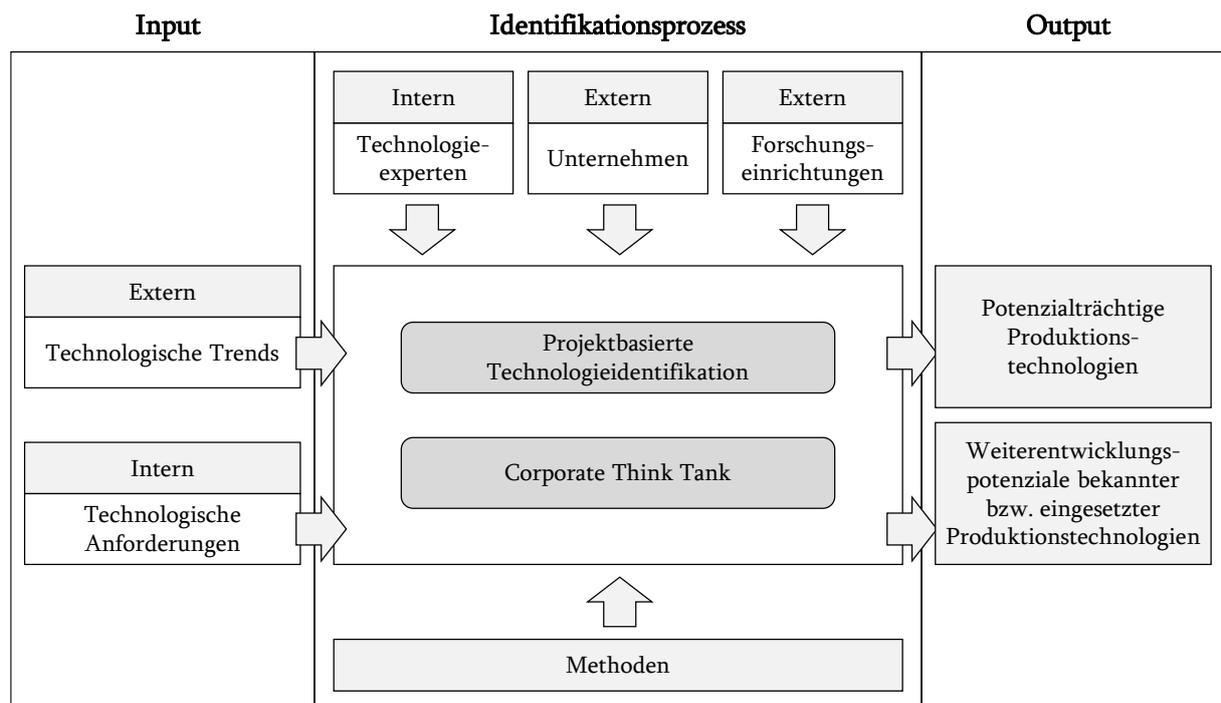


Abbildung 6-11: Prozessübersicht zur Technologieidentifikation

Die identifizierten Technologien bzw. die Weiterentwicklungspotenziale bekannter Technologien werden in Form des bereits vorgestellten Technologiesteckbriefes dokumentiert und als Basis für die Technologiebewertung gesammelt.

6.2 Baustein 2: Bewertung des Technologiepotenzials

Nachdem in Baustein 1 die technologischen Bedarfe abgeleitet und konkrete Technologieprojekte definiert wurden, wird in Baustein 2 die Bewertung des Technologiepotenzials innerhalb der jeweiligen Technologieprojekte durchgeführt. Dabei gilt es, die unterschiedlichen Modi des technologischen Veränderungsgrades zu berücksichtigen, da diese den Referenzpunkt für die Potenzialbewertung definieren. Im Falle einer Weiterentwicklung bzw. Anpassung stellt die aktuell verwendete und ggf. weiterzuentwickelnde Technologie den Referenzpunkt dar. Mögliche alternative und konkurrierende Technologien müssen sich daher gegen die bestehende Lösung durchsetzen. In den anderen Modi existiert kein Referenzpunkt, weshalb die unterschiedlichen identifizierten Technologieoptionen miteinander verglichen werden müssen. Ziel dieses Schrittes ist es stets, die potenzialträchtigste technologische Lösung zur Deckung eines bestimmten technologischen Bedarfes zu identifizieren und in Form eines Technologieprojektes für die weiterführende Umsetzung zu qualifizieren.

Die Bewertung des Technologiepotenzials, welches als Vergleichsmaß für die verschiedenen Technologieoptionen verwendet wird, erfolgt analog der in Abschnitt 5.1 vorgestellten Grundstruktur. Dazu wird zunächst die Bewertung des technischen, dann die des wirtschaftlichen und anschließend die des strategischen Technologiepotenzials durchgeführt. Die sich jeweils ergebenden Potenzialkennzahlen charakterisieren die Technologien in den jeweiligen Dimensionen und zeigen Stärken und Schwächen auf. Die Aggregation der Potenzialkennzahlen ermöglicht einen übersichtlichen Vergleich der technologischen Optionen und erlaubt es dem Innovation-Board, eine fundierte Entscheidung zur Konkretisierung des Technologieprojektes zu treffen. Diese Konkretisierung liegt insbesondere in der Entscheidung, welche der Technologiealternativen für den weiteren Verlauf des Technologieprojektes berücksichtigt und fokussiert werden sollen.

6.3 Baustein 3: potenzialbasierte Technologieplanung

Die Potenzialbewertung der unterschiedlichen Alternativtechnologien in den Technologieprojekten stellt die Grundlage für die weiterführende Planung dar. In Baustein 3 gilt es, zunächst zu entscheiden, welche Technologie im Rahmen des Technologieprojektes fokussiert wird. Darauf aufbauend wird die Technologie bzw. das Technologieprojekt in die Technologiestrategie integriert und die nachfolgende Planung initiiert. Das Innovation-Board nimmt in diesem Zusammenhang die zentrale Rolle als Entscheidungs- und Kontrollgremium ein. Zur Visualisierung der technologiestrategischen Zielrichtung wird der technologische Zielzustand in Form eines Ziel-Tech-Radars aufgebaut. Abschließend erfolgt die operative Technologieplanung, welche die Umsetzung einleitet.

6.3.1 Entscheidungsfindung und Technologie-Controlling

Im Rahmen des Prozesses zum strategischen Technologiemanagement besteht das übergeordnete Ziel darin, vorausschauende Technologieentscheidungen zu treffen, die es dem Unternehmen ermöglichen, einen Wettbewerbsvorteil zu generieren (KLAPPERT ET AL. 2011a). Nachdem im vorangehenden Baustein die Informationsgrundlage in Form einer detaillierten Potenzialbewertung für die betrachteten Technologiealternativen geschaffen wurde, wird nun die Entscheidung für eine Technologie getroffen. Da Technologieentscheidungen aufgrund der vielfältigen technischen, wirtschaftlichen sowie

strategischen Charakteristika unterschiedlicher Technologien eine anspruchsvolle Aufgabe darstellen, wurde zu Beginn des Kapitels 6 bereits das Innovation-Board eingeführt, welches als interdisziplinäres und interfunktionales Entscheidungsgremium eingesetzt wird. Die Arbeit des Innovation-Boards wird in regelmäßigen Entscheidungszyklen organisiert, innerhalb derer die Vorgehensschritte und die Informationen rollierend aktualisiert werden. Pilotanwendungen in der Industrie zeigen, dass ein Hauptzyklus von einem Quartal eine sinnvolle Frequenz für die Tagung des Innovation-Boards darstellt. In besonders dringlichen oder relevanten Fällen können jedoch zusätzliche außerturnusmäßige Treffen terminiert werden. Die konkret zu treffenden Technologieentscheidungen werden im Rahmen der Vorbereitung eines Innovation-Board-Treffens durch das Technologiemanagement-Team vorbereitet und inhaltlich durch das Expertengremium angereichert. Das Innovation-Board muss in diesem Zusammenhang als Diskussionsplattform zwischen Technologiemanagement, Führungskräften und Experten verstanden werden, welche gemeinschaftlich zu einer für das Unternehmen optimalen Technologieentscheidung kommen. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den Entscheidungsprozess und den organisatorischen Turnus.

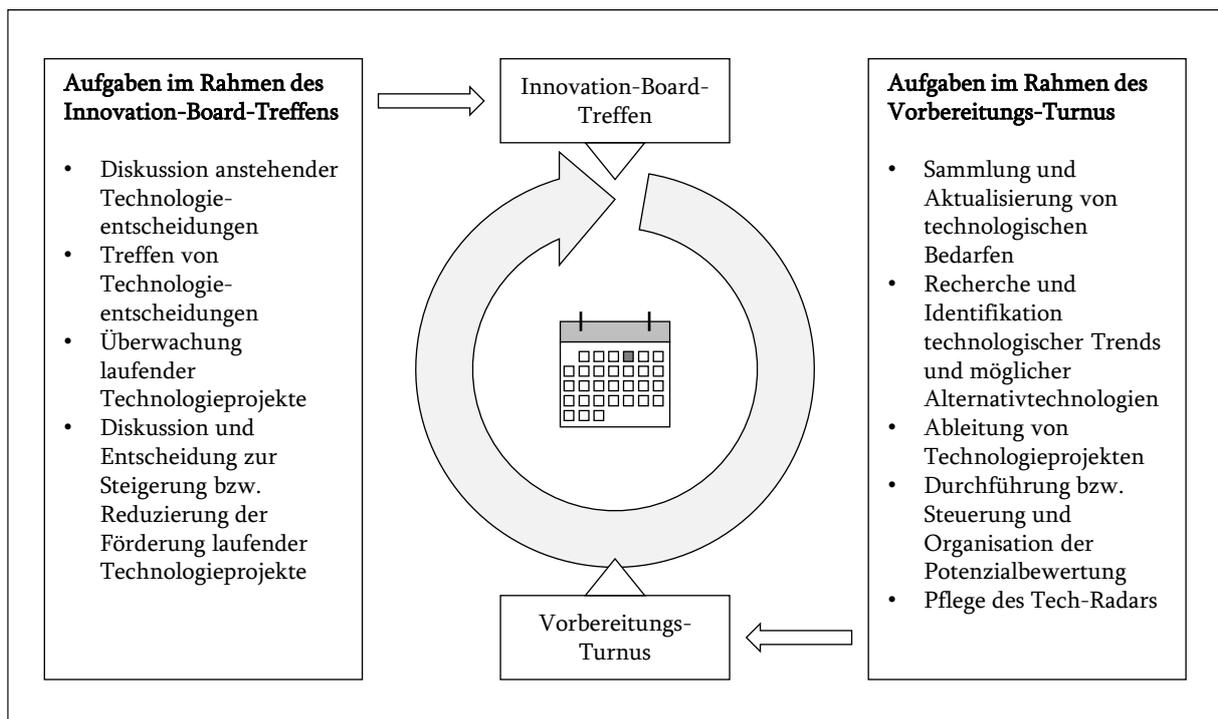


Abbildung 6-12: Aufgaben im Rahmen eines Turnus für ein Innovation-Board-Treffen

Neben der Entscheidung für eine Technologiealternative als Basis für ein Technologieprojekt können die Innovation-Board-Treffen zudem dazu genutzt werden, den aktuellen Entwicklungsstand laufender Technologieprojekte zu überwachen und über

das weitere Vorgehen zu entscheiden. So können Technologieprojekte, die aus technischer, wirtschaftlicher oder strategischer Sicht besondere Relevanz aufweisen, turnusmäßig und durch das gesamte Gremium verfolgt werden. Technologieprojekte, die eine besonders positive Entwicklung aufweisen und sich möglicherweise über den Zeitverlauf als noch vielversprechender zeigen, als erwartet wurde, lassen sich verstärkt fördern. Technologieprojekte, die sich hingegen weniger gut entwickeln, können regelmäßig geprüft, hinterfragt und ggf. abgebrochen oder geringer gefördert werden.

6.3.2 Strategieintegration und strategischer Zielzustand

Nachdem die Entscheidung für eine bestimmte Technologie bzw. das entsprechende Technologieprojekt getroffen wurde, muss die Technologie in das technologiestrategische Ziel des Unternehmens integriert werden. Dies erfolgt insbesondere durch die Formulierung und die Visualisierung des technologiestrategischen Zielzustands. Das in Abschnitt 6.1.1 eingeführte Tech-Radar eignet sich in diesem Zusammenhang als Visualisierungs- und Kommunikationswerkzeug. Die an die Technologie gestellten Anforderungen sowie die zu durchschreitenden Entwicklungsstufen werden im Technologiesteckbrief ergänzt.

Zusätzlich zum Tech-Radar, welches den technologischen Status quo abbildet, wird nun ein Tech-Radar für den technologiestrategischen Zielzustand aufgebaut. Die zur Erreichung des Zielzustands nötigen Entwicklungen in Form von Schalensprüngen auf dem Tech-Radar können in einer zusätzlichen Ausprägung visualisiert werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch einen Quadranten eines beispielhaften Tech-Radars, welcher einerseits den reinen technologischen Zielzustand (links) und andererseits die dazu nötige Entwicklung innerhalb des Tech-Radars zeigt, um – ausgehend vom Status quo – den Zielzustand zu erreichen (rechts).

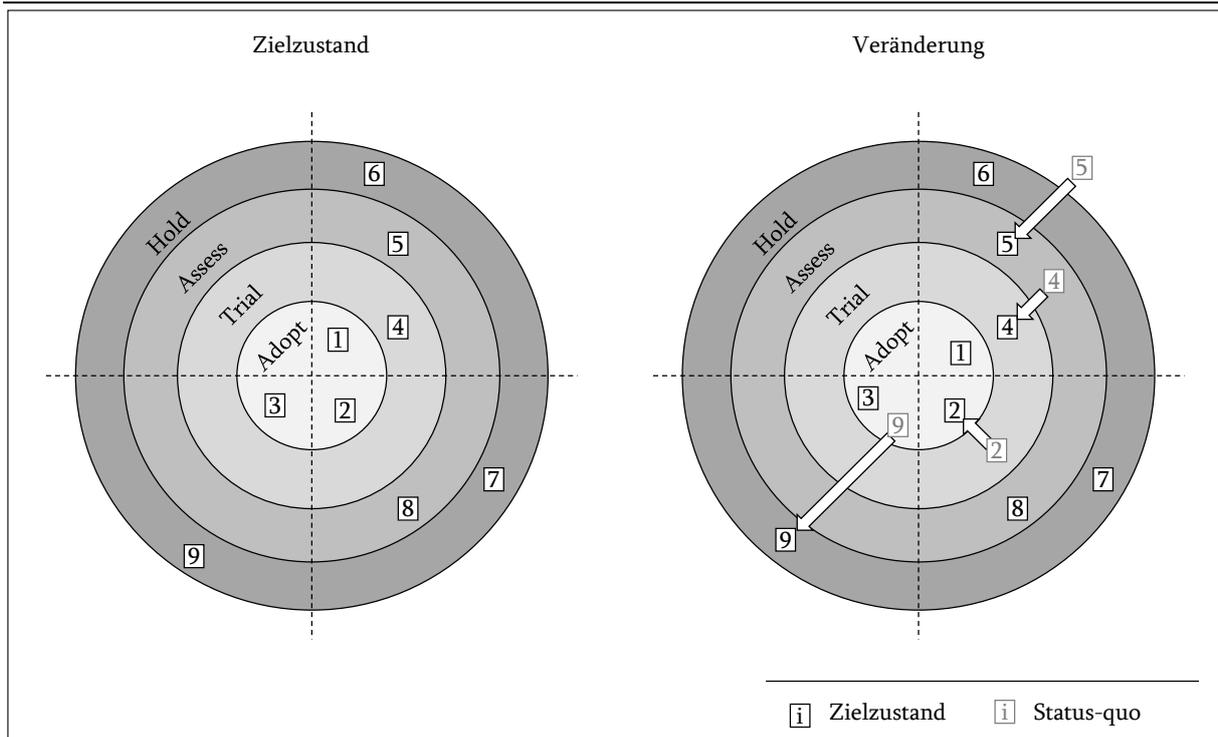


Abbildung 6-13: Visualisierung des technologischen Zielzustands sowie der nötigen technologischen Veränderungen im Tech-Radar

6.3.3 Planung der Technologieprojekte

Nachdem der technologische Zielzustand und die nötigen technologischen Veränderungen qualitativ definiert wurden, erfolgt im abschließenden Teilschritt die Planung der Technologieprojekte. Da das im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgestellte Vorgehen die strategische Technologieplanung fokussiert, werden lediglich eine Grobplanung der Technologieprojekte sowie der Aufbau einer Technologieprojekt-Roadmap als Schnittstelle zur operativen Technologieplanung durchgeführt. Eine detaillierte Umsetzungs- oder Technologieentwicklungsplanung stellt die Kernaufgabe der operativen Technologieplanung dar, weshalb an dieser Stelle auf weiterführende Literatur, bspw. die Arbeiten von NAU (2012) oder KLAPPERT ET AL. (2011b), verwiesen wird.

Innerhalb der Grobplanung der Technologieprojekte werden die Organisationsform, die Projektinhalte, der zeitliche Ablauf, die benötigten Ressourcen sowie die zu erwartenden Kosten definiert bzw. abgeschätzt. Abbildung 6-14 gibt einen Überblick über die im Rahmen der Grobplanung durchzuführenden Schritte und die inhaltlichen Themenbereiche.

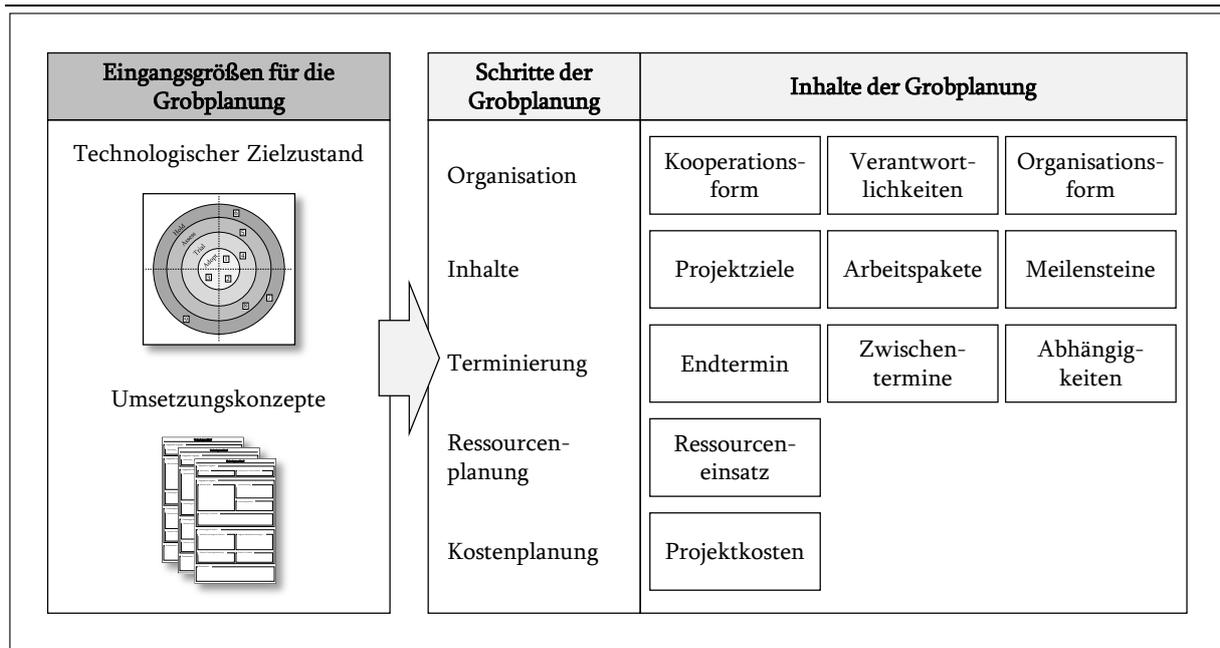


Abbildung 6-14: Schritte und Inhalte der Grobplanung für Technologieprojekte

Die Eingangsgrößen für die Grobplanung stellt einerseits der technologische Zielzustand dar, welcher als übergeordnetes Ziel zu betrachten ist. Andererseits müssen erste Umsetzungskonzepte entworfen werden, welche als Ausgangspunkt für die Projektplanung dienen. Im ersten Schritt, der Klärung der Organisation des Projektes, gilt es, zunächst die Kooperationsform zu definieren. Nach ROTERING (1990) stehen fünf Formen der Kooperation zur Auswahl:

- **keine Kooperation**
- **Zukauf bzw. Technologietransfer**
- **Kooperation mit Hochschulen oder staatlichen Forschungseinrichtungen**
- **Forschungs- und Entwicklungskooperationen**
- **Gemeinschaftsforschung**

Die Auswahl der geeigneten Kooperationsform hängt maßgeblich von den Präferenzen des Unternehmens sowie von den Projektzielen ab und muss stets individuell bestimmt werden. Neben der Kooperationsform müssen die Verantwortlichkeiten sowie die Organisationsform festgelegt werden. Die bedeutet, dass das Projekt ablauf- und aufbauorganisatorisch in die jeweils individuelle Struktur des Unternehmens eingeordnet werden muss. KUSTER ET AL. (2011) stellen dazu umfassende Leitfäden zum Aufbau von Projektstrukturen bereit.

Im nächsten Schritt gilt es, aus dem technologischen Zielzustand ein konkretes Projektziel im Sinne technischer oder wirtschaftlicher Parameter abzuleiten. Diese Projektziele müssen anschließend in lösungsneutrale Arbeitspakete und Meilensteine übersetzt und strukturiert werden. Sog. Work Breakdown Structures helfen dabei, das Gesamtprojekt in Arbeitspakete zu strukturieren (NORMAN 2008). Dabei kann entweder objektorientiert (bspw. entlang des Projektinhaltes oder der Projektziele) oder ablauforientiert (bspw. entlang des Entwicklungsprozesses) vorgegangen werden. Zusätzlich zu den Arbeitspaketen werden Meilensteine definiert, welche als logische Trennelemente innerhalb des Projektes fungieren.

Im Anschluss an die Strukturierung des Technologieprojektes in Arbeitspakete und die Definition von Meilensteinen erfolgt die Terminierung in Anlehnung an KUSTER ET AL. (2011). Die Terminierung wird sowohl vorwärts- als auch rückwärtsgerichtet durchgeführt, um den zeitlichen Spielraum für das Projekt identifizieren zu können. So ergibt die Terminierung einen frühesten sowie einen spätesten Anfangs- und Endtermin für jedes Arbeitspaket. Die Terminierung kann in Form eines Balken- oder Netzplans visualisiert werden, um eine verbesserte Übersichtlichkeit herstellen zu können.

Nachdem alle Arbeitspakete sowie deren zeitliche Planung bestimmt wurden, gilt es, die zur Bearbeitung des Technologieprojektes notwendigen Ressourcen zu planen. Dazu werden zunächst alle begrenzten und benötigten Ressourcen identifiziert. Beispiele für kritische Ressourcen können Experten, Maschinen oder Prüfeinrichtungen sein. Die Ableitung der benötigten Ressourcen geschieht anhand der Arbeitspakete sowie deren Terminierung. Mit der Methode der Ressourceneinsatzplanung (vgl. KUSTER ET AL. 2011) kann, basierend auf diesen Informationen, ein sog. Ressourceneinsatzprofil aufgebaut werden, welches die Ressourcenplanung über unterschiedliche Technologieprojekte hinweg und innerhalb einer komplexen Unternehmensorganisation ermöglicht. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein schematisches Ressourceneinsatzprofil.

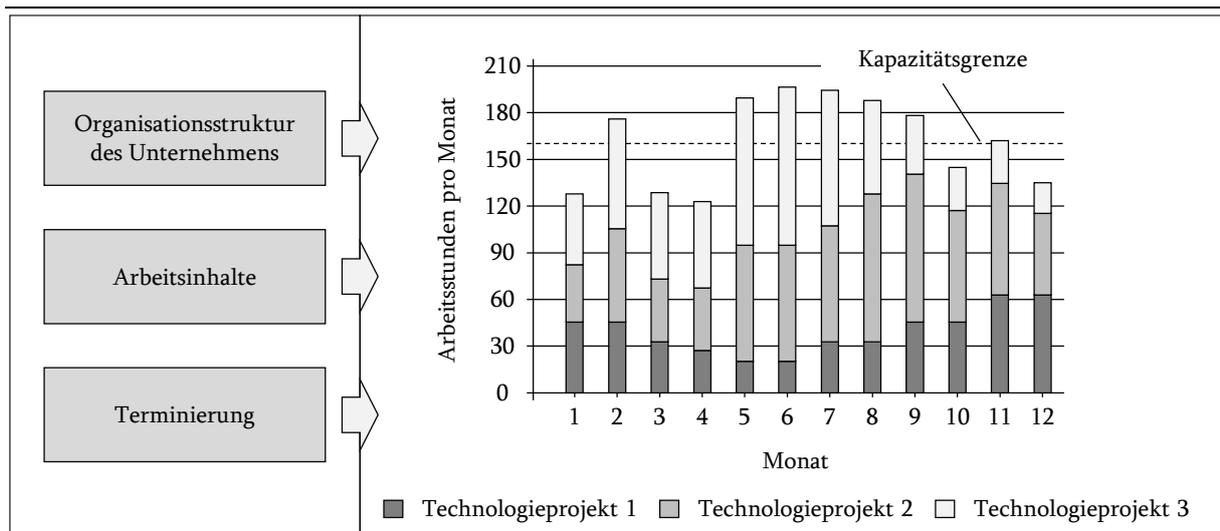


Abbildung 6-15: Schematisches Ressourceneinsatzprofil am Beispiel von Arbeitsstunden pro Monat

Im letzten Schritt der Grobplanung werden die Projektkosten abgeschätzt. Dazu werden zunächst alle kostenrelevanten Ressourcen, die zur Umsetzung des Technologieprojektes benötigt werden, identifiziert. Anhand der Ressourceneinsatzplanung und der Terminierung kann durch Zuschreibung von Kostensätzen eine kumulative Kostenkurve generiert werden, welche den Projektkostenverlauf aufzeigt. Ein regelmäßiger Abgleich der Plankosten mit den tatsächlichen Kosten ermöglicht ein transparentes Controlling der Projektkosten und verhindert unbemerkt ausufernde Projektkosten. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine schematische Kostenkurve.

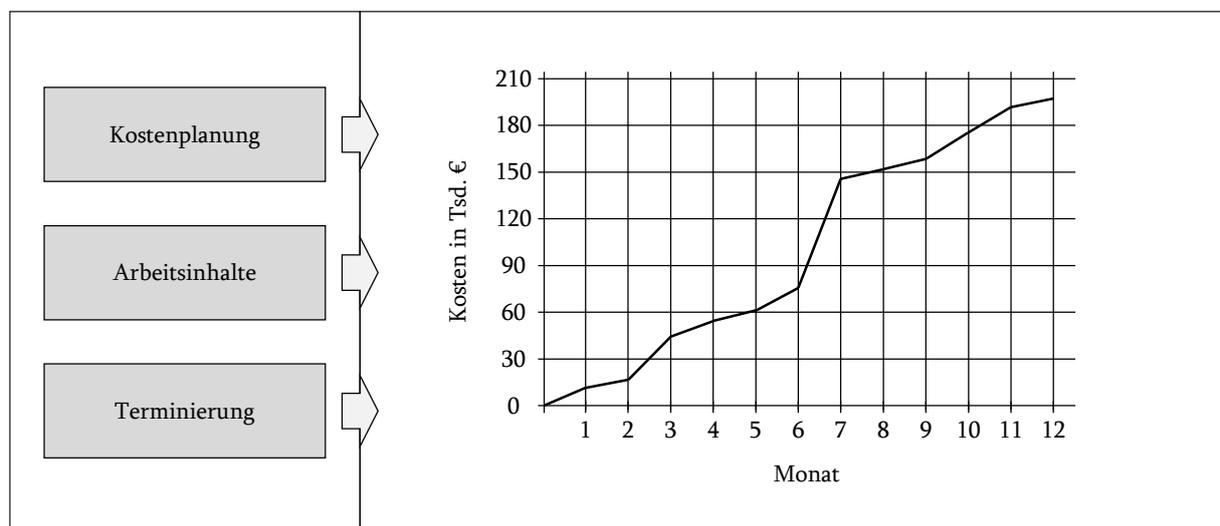


Abbildung 6-16: Schematische Kostenkurve für ein Technologieprojekt

Das Ergebnis der Grobplanung wird in Form eines (digitalen) Projektordners zusammengestellt und dient als Planungsgrundlage für die operative Planung der Technologieprojekte.

Anschließend an die Grobplanung erfolgt die Einordnung des Technologieprojektes in eine Roadmap für strategische Technologieprojekte. Diese visualisiert alle laufenden und geplanten Technologieprojekte, um eine Gesamtübersicht über alle Projekte zu erhalten und den Zusammenhang zu den relevanten Projektschnittstellen und Ressourcen aufzeigen zu können. Die Roadmap ist in drei Ebenen unterteilt, welche die unterschiedlichen Phasen der Technologieplanung integrieren. Auf der obersten Ebene werden die technologischen Bedarfe sowie deren übergeordnete Trends und Auslöser (z. B. neue Produktanforderungen) beschrieben. Auf der mittleren Ebene werden die Technologieprojekte dargestellt, welche die übergeordneten Bedarfe decken. Die mittlere Ebene ist analog zum Tech-Radar in die unterschiedlichen Technologiebereiche untergliedert. Auf der untersten Ebene werden die zur Projektumsetzung benötigten Ressourcen zugeordnet, welche wiederum in personelle und finanzielle Ressourcen unterteilt werden. Verbindungslinien, welche den Bezug von Bedarfen, Technologieprojekten und Ressourcen herstellen, dienen als Verknüpfung der unterschiedlichen Ebenen. Nachdem das Technologieprojekt in die Roadmap integriert wurde, erfolgt eine finale Überprüfung auf Konsistenz und etwaige Ressourcenüberschneidungen. Abbildung 6-17 zeigt die Technologie-Roadmap mit den unterschiedlichen Ebenen schematisch.

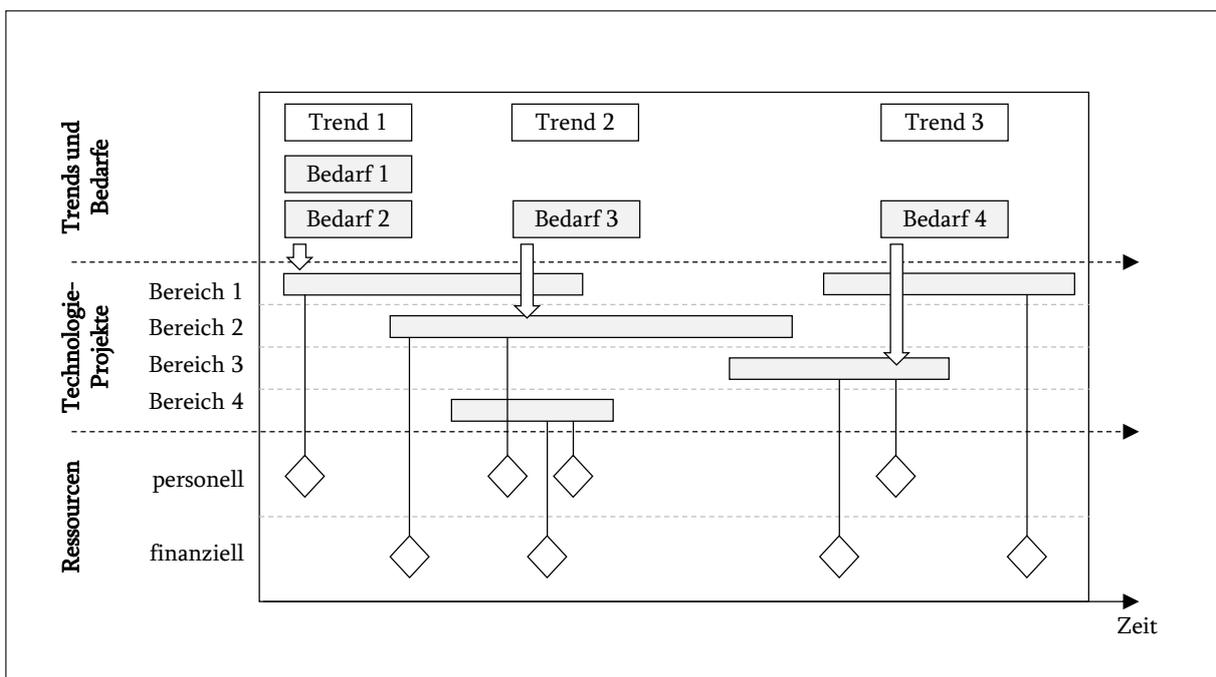


Abbildung 6-17: Schematische Darstellung der Technologie-Roadmap

7 Anwendung und Evaluation der Methodik

Nachdem die Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement in den vorherigen Kapiteln beschrieben wurde, wird diese im vorliegenden Kapitel anhand industrieller Anwendungsfälle nachvollzogen. Im Anschluss findet eine Evaluation der Methodik hinsichtlich der anfangs aufgestellten Anforderungen statt. Zudem werden die Limitationen des Ansatzes beschrieben und es wird eine Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses durchgeführt.

7.1 Anwendung im industriellen Kontext

Zur Evaluation wurde der entwickelte Ansatz im Rahmen mehrerer Industrieprojekte mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten sowie in unterschiedlichen Industrien angewendet. Dabei wurde sowohl die Gesamtmethodik eingesetzt und bewertet als auch eine detailliertere, isolierte Betrachtung der Potenzialbewertung in der industriellen Anwendung vorgenommen. Im Folgenden werden zunächst die Anwendungsfälle beschrieben und es wird dann, darauf aufbauend, die konkrete Durchführung dargelegt.

7.1.1 Beschreibung der industriellen Anwendungsfälle

Im Rahmen der industriellen Anwendung und Evaluation wurde besonderes Augenmerk auf eine Anwendung in unterschiedlichen Branchen sowie Unternehmensgrößen gelegt, um ein umfassendes Bild von der Eignung sowie den Stärken und Schwächen der Methodik zu erlangen. Daher wurde die Gesamtmethodik bei einem mittelständischen Unternehmen der Elektronikbranche angewendet, welches sich besonders durch kurze Technologiezyklen in Produkt und Produktion auszeichnet. Insbesondere die kurzen Technologiezyklen im Bereich der Mobilfunktechnologie und der dafür herzustellenden Mikroelektronik stellen das Unternehmen regelmäßig vor die Herausforderung, strategisch und dennoch unter Berücksichtigung der äußerst dynamischen Technologie- und Produktentwicklung Technologieplanung zu betreiben.

Eine vertiefende Betrachtung der Potenzialbewertung erfolgte im Rahmen zweier Industrieprojekte zur Integration der Potenzialbetrachtung in ein bestehendes Technologiemanagement. Die Projektpartner waren dabei ein Automobil-OEM sowie ein Unternehmen aus der Batteriebranche, welches innovative Feststoffbatterien produziert.

Die Herausforderung bestand in beiden Fällen darin, unter unterschiedlichen Technologiealternativen die potenzialträchtigste und zukunftsfähigste Technologie auszuwählen. Im nachfolgenden Abschnitt werden die Erkenntnisse aus diesen beiden Projekten ergänzend bei der Beschreibung von Baustein 2 integriert. Daneben fließen diese auch in die Bewertung des Ansatzes ein.

7.1.2 Beschreibung der Durchführung und Anwendung

Der Fokus für die Beschreibung der Durchführung und der Anwendung liegt auf dem zuvor beschriebenen Hauptanwendungsfall, welcher die Herstellung von Mikroelektronikkomponenten betrachtet. Die Herstellung dieser Mikroelektronikkomponenten umfasst eine komplexe Technologiekette mit sich schnell entwickelnden Prozessen und Technologien. Das betrachtete Unternehmen verfolgte dabei das strategische Ziel der Technologieführerschaft, was insbesondere auf die Entwicklung und die Produktion technologisch führender Produkte abzielte. Übertragen auf das Technologiemanagement bedeutet dies eine eher offensive Positionierung beim Einsatz neuer, innovativer Technologien. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die einzelnen Bausteine, welche in Kapitel 4 eingeführt wurden, sukzessive vorgestellt und ihre Umsetzung sowie die dabei erzielten Ergebnisse vorgestellt. Die konkreten Ergebnisse wurden aus Geheimhaltungsgründen in anonymisierter bzw. abstrahierter Form dargestellt.

Baustein 1: Bedarfsanalyse

Zur Identifikation des bestehenden Technologieportfolios erfolgte eine Betrachtung der Wertströme für alle relevanten Produktgruppen und alle Produktionsabteilungen der drei relevanten, betrachteten Werke des Unternehmens. Dazu wurden zunächst die Arbeitsschritte sowie die darin verwendeten Betriebsmittel betrachtet und daraus die Technologiekette abstrahiert. Abbildung 7-1 zeigt einen Ausschnitt der Technologieketten aus unterschiedlichen Technologiebereichen. Die ergänzenden Technologien der Sonderbereiche wurden in direkter Kommunikation mit den Verantwortlichen innerhalb des jeweiligen Werkes identifiziert.

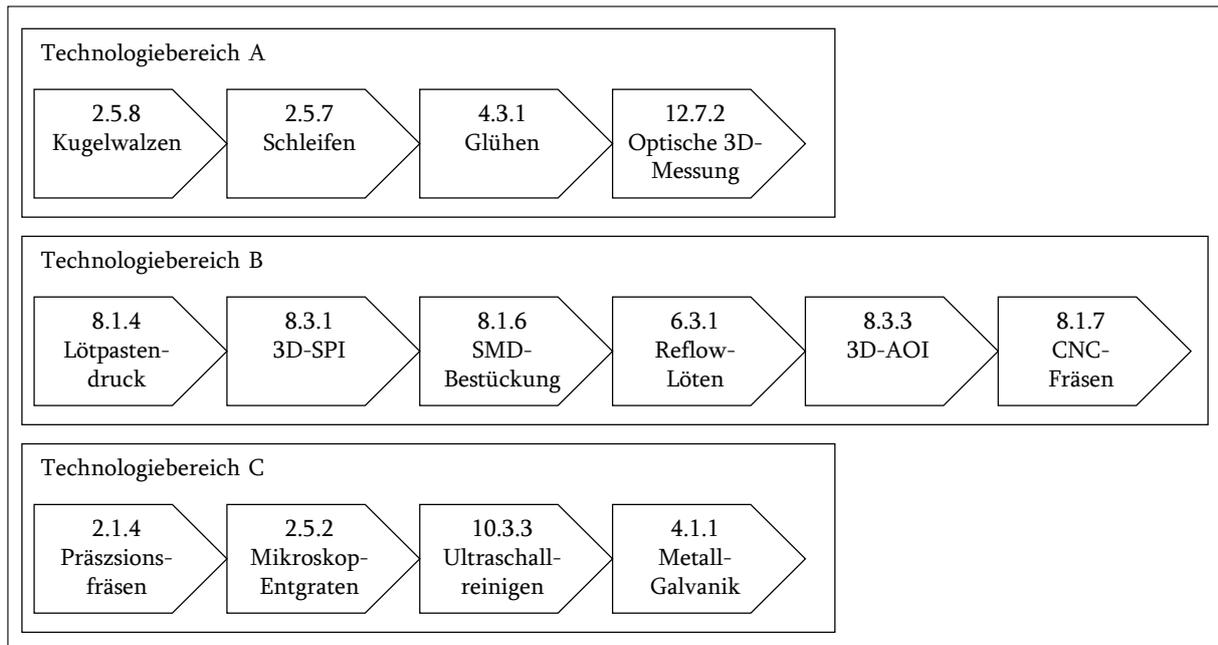


Abbildung 7-1: Ausschnitt betrachteter Technologieketten

Im Rahmen vertiefender Interviews wurden die Technologiesteckbriefe ausgefüllt und von den jeweiligen Vorgesetzten validiert. Im Anschluss konnte, basierend auf den Technologiesteckbriefen, ein Tech-Radar erstellt werden, welches den aktuellen technologischen Zustand des Unternehmens widerspiegelt. Abbildung 7-2 zeigt einen Ausschnitt des Tech-Radars in anonymisierter Form. Dabei ist insbesondere festzustellen, dass sich in den unterschiedlichen Technologiebereichen jeweils eine Technologie oder zwei Technologien in der Adopt-Phase befindet bzw. befinden. Zudem sind in den Entwicklungsphasen Assess und Trial nur wenige Technologien vorhanden.

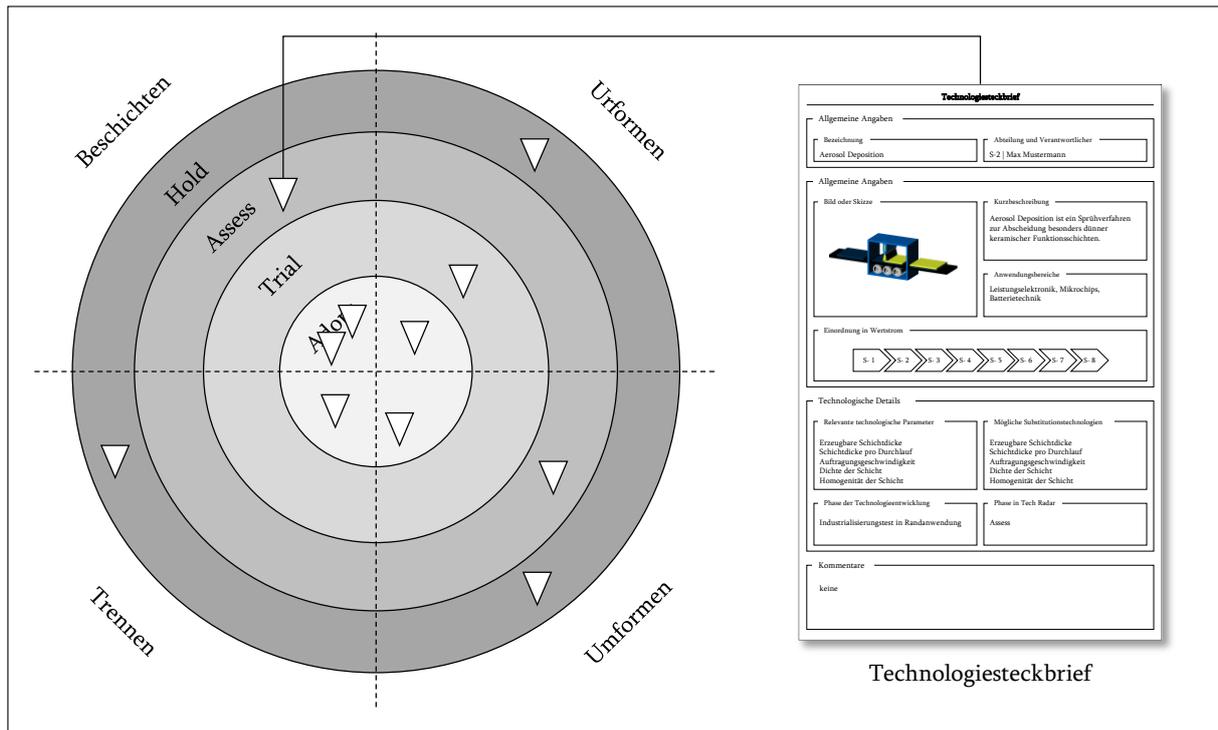


Abbildung 7-2: Ausschnitt des Tech-Radars im Anwendungsfall

Die daran anschließende Identifikation relevanter technologischer Trends erfolgte entsprechend dem vorgestellten Outside-in-Ansatz durch eine umfassende Recherche. Unter Verwendung des Rechercheleitfadens (Anhang J) wurden die folgenden Quellen analysiert:

Berichte von Top-Beratungsunternehmen:

- Gartner Top Strategic Technology Trends for 2019
- Gartner Top Supply Chain Technology Trends for 2019
- Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies 2018
- Deloitte Tech Trends 2019
- Capgemini Studie IT-Trends 2019

Aktuelle Forschungsfelder von Top-Universitäten und Forschungseinrichtungen:

- MIT Media Lab
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Helmholtz-Gemeinschaft
- ETH Zürich
- Singapore-MIT Alliance for Research and Technology

- MIT Deshpande Center for Technological Innovation
- California Institute of Technology
- Technische Universität München

Basierend auf den durchgeführten Recherchen wurde eine Vielzahl übergeordneter sowie detaillierterer Trends identifiziert. Diese wurden dokumentiert und in einer mehrstufigen Trend-Mind-Map strukturiert. Zur Visualisierung wurden die Trends den vier Ebenen globale Trends, Branchentrends, Bauteil- und Prozesstrends zugeordnet. Eine umfassende Visualisierung der erstellten Trend-Mind-Map ist in Anhang N zu finden.

Aufbauend auf den identifizierten Trends wurden die technologischen Bedarfe in der Produktion identifiziert. Dazu wurden Workshops in allen Werken durchgeführt, in denen die aktuellen technologischen Entwicklungen sowie die Anforderungen des Marktes und deren Auswirkungen auf die technologische Situation im Unternehmen diskutiert wurden. Daraus wurden technologische Anforderungen abgeleitet und mithilfe der Bedarfssteckbriefe dokumentiert. Als hauptsächlicher Treiber technologischer Bedarfe erwies sich dabei das dynamische Wettbewerbsumfeld, welchem durch innovative Produkteigenschaften begegnet werden muss. Zusätzlich ergibt sich aus der intensiveren Wettbewerbssituation ein steigender Kostendruck, welcher sich in Form von Produktionskostenanforderungen niederschlägt.

Die Bedarfe wurden anschließend anhand des Bewertungsschemas (Abbildung 6-7) bewertet und in Form einer Bedarfskarte visualisiert. Ein anonymisierter Auszug aus der Bedarfskarte ist in Abbildung 7-3 zu sehen.

Anschließend an die Identifikation und die Einordnung der Bedarfe wurden diese priorisiert und kategorisiert. Dazu wurden die Technologiebedarfe anhand der vorgestellten Technologiekategorien von den Experten gruppiert und es wurde der erwartete technologische Veränderungsgrad ergänzt. Anschließend erfolgten eine Konsolidierung der Bedarfe anhand des Bedarfsauslösers sowie eine Priorisierung, basierend auf den Bewertungsangaben zu Dringlichkeit und Relevanz (vgl. Abschnitt 6.1.3). Die Konsolidierung ergab in der Folge elf Gruppen, wovon die Gruppe *Weiterentwicklung kontrollierender Montagetechnologien* die höchste Priorisierung erhielt. Aus den elf Bedarfsgruppen wurden 31 Technologieprojekte abgeleitet, welche jeweils weiterführend detailliert wurden. Zur Veranschaulichung der Anwendung wird im Folgenden der Prozess der Technologieidentifikation für den Bedarfssteckbrief *Leiterplatte: Ermöglichung von Hochfrequenzanwendungen* betrachtet.

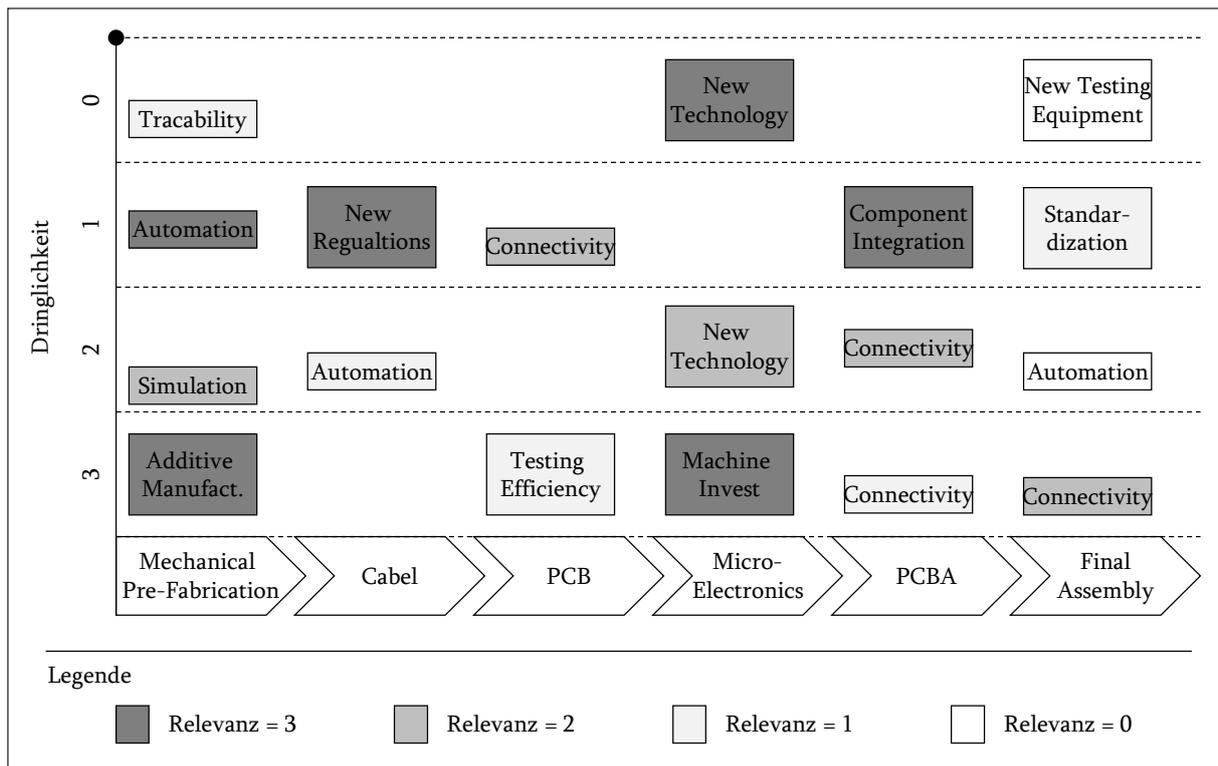


Abbildung 7-3: Auszug aus der Bedarfskarte des Anwendungsfalles

Ziel der Anforderung war es, festigungstechnologische Möglichkeiten zu identifizieren, um Leiterplatten zuverlässig und kostengünstig für Hochfrequenzanwendungen zu befähigen. Die zugehörigen Technologietrends auf Prozessebene wurden im vorherigen Schritt bereits identifiziert und dienten entsprechend als Grundlage. Der Entwicklungsleiter wurde als interner Experte bestimmt. Als externer Partner und Experte wurde der Studiengangsleiter der technologisch relevanten Studiengänge einer regionalen Hochschule hinzugezogen. Im Rahmen der Identifikation technologischer Lösungen für den konkreten Bedarf wurden fünf Handlungsfelder definiert, innerhalb derer technologische Anpassungen vorzunehmen sind:

- ➔ Optimierung der Kupferabscheidungsprozesse
- ➔ Optimierung der Feinleiterstrukturierung
- ➔ Verarbeitung ultradünner Lamine
- ➔ Optimierung der Ätzmaßherstellung
- ➔ Einbindung in Industrie 4.0

Im Falle der Optimierung der Kupferabscheidungsprozesse wurde eine alternative Galvaniktechnologie identifiziert, welche neben der Möglichkeit der Weiterentwicklung der aktuellen Technologie im Rahmen der Potenzialbewertung betrachtet wurde.

Baustein 2: Potenzialbewertung

Da der Fokus im Rahmen des Hauptanwendungsfalles auf dem Aufbau eines potenzialbasierten Technologiemanagements lag und zunächst eine Implementierung des Gesamtprozesses erfolgte, wurde die Potenzialbewertung anfänglich stark vereinfacht umgesetzt. Um dennoch die industrielle Anwendung und Praktikabilität zeigen zu können, wird zur Veranschaulichung des Bausteines 2 die vollständige Umsetzung der Potenzialbewertung bei einem Batteriehersteller beschrieben. Konkret bestand die Aufgabenstellung darin, die Technologieauswahl für einen neu zu errichtenden Produktionsstandort zu unterstützen. Die an diesem neuen Standort für die Produktion geplanten Feststoffbatterien zeichneten sich durch einen äußerst hohen Innovationsgrad aus, weshalb keine etablierten Technologieketten existierten und das Potenzial der Technologien von zentraler Bedeutung war. Zunächst wurden dazu die in Baustein 1 beschriebenen Schritte durchgeführt und pro Prozessschritt mehrere technologische Lösungsalternativen identifiziert. Für den Beschichtungsprozess konnten zehn konkurrierende Technologien recherchiert werden.

Technisches Potenzial

Anschließend wurden die relevanten technischen Parameter der Technologiekategorie basierend auf dem Parameterkatalog (siehe Anhang B) sowie auf weiterführenden Recherchen bestimmt. Im Rahmen der Anforderungsdefinition wurde auf die vom Unternehmen bereits dokumentierten Anforderungen zurückgegriffen, wobei die Kernanforderungen auf die Industrialisierung und die Skalierung des Prozesses abzielten. Diese wird insbesondere durch eine Maximierung von Durchsatz und Dimension der Beschichtungsfläche beeinflusst. Daneben wurden Qualitätsanforderungen im Sinne einer gleichmäßigen, fehlerfreien Beschichtungsfläche mit konkreten technischen Anforderungen definiert. Im Sinne der Kostenreduktion wurden zudem Anforderungen an den Automatisierungsgrad gestellt.

Die Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen den Parametern sowie zwischen den Parametern und den Anforderungen wurde in Form einer Microsoft®-Excel®-Vorlage, welche im Rahmen des Workshops schnell und pragmatisch bewertet werden konnte, durchgeführt. Die auf Basis der Einflussmatrix identifizierten kritischen, technischen Parameter stellten im Anwendungsfall das erzeugbare Maß der Schicht, die erzeugbare Schichtdicke sowie die thermische Stabilität des Prozesses dar. Die genannten Parameter stellten zudem die im Sinne der Anforderungserfüllung wichtigsten Parameter dar. Im Rahmen der Definition des Bewertungshorizontes wurde ein Zeitrahmen von 3 Jahren definiert, da der Industrialisierungszeitraum für die neue Batterietechnologie verhältnismäßig kurzgehalten werden sollte. Im paarweisen Vergleich der Anforderungen

erwiesen sich die Industrialisierung und die Skalierung des Prozesses vor der erzeugbaren Dimension der Beschichtungsfläche als wichtigste Anforderung. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Einflussmatrizen exemplarisch.

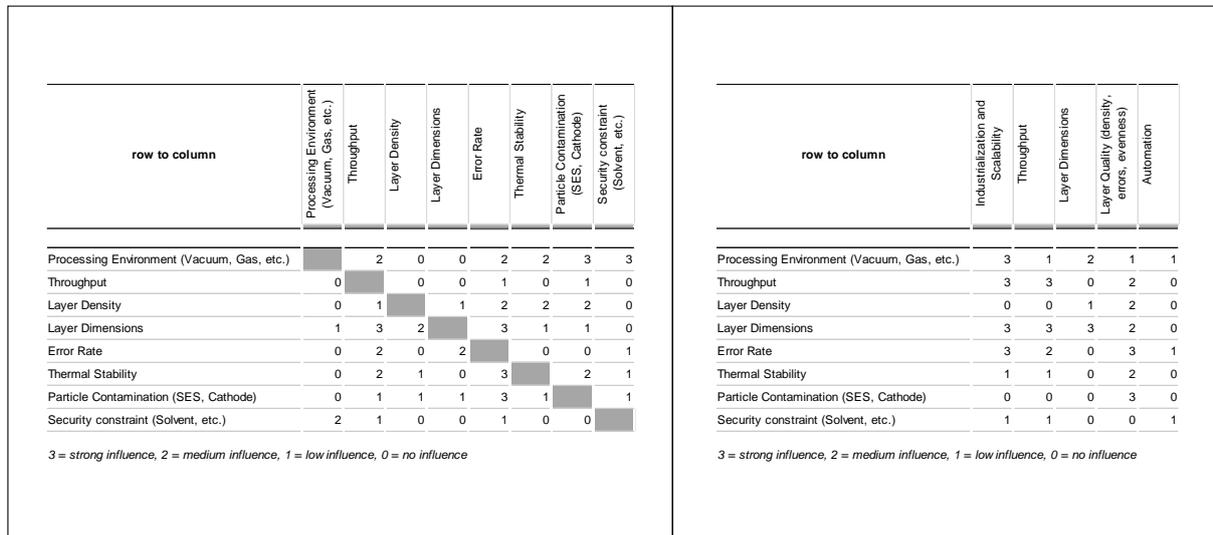


Abbildung 7-4: Einflussmatrizen von Parameter auf Parameter (links) und von Parameter auf Anforderung (rechts)

Basierend auf den erhobenen Informationen wurde entsprechend dem Vorgehen die Nutzenbewertung durchgeführt. Dabei stellte sich die realisierbare Dimension der Beschichtungsfläche mit einem Gesamt-Nutzen-Score von 1,49 als relevantester Parameter dar. Anschließend an die Berechnung des Gesamt-Nutzen-Scores wurden im Expertengremium die Potenzialkorridore definiert und die einzelnen Parameter in einem zweistufigen Verfahren prognostiziert. Im konkreten Beispiel der Dimension der Beschichtungsfläche wurde die Breite der erzeugbaren Beschichtungsbahn (durchgängig oder unterbrochen) als Kriterium definiert. Die Potenzialkorridore wiesen dabei folgende Parameterfenster auf:

Potenzial-Score = 0 bei Bahnbreite kleiner als 5 cm

Potenzial-Score = 1 bei Bahnbreite größer als 5 cm und kleiner als 15 cm

Potenzial-Score = 2 bei Bahnbreite größer als 15 cm und kleiner als 30 cm

Potenzial-Score = 3 bei Bahnbreite größer als 30 cm

Analog wurden die Potenzialkorridore für alle weiteren Parameter festgelegt.

Im anschließenden Schritt, der Bewertung des technischen Potenzials der unterschiedlichen Technologien, wurde eine Prognose der Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit über die folgenden drei Jahre abgeleitet. Im Folgenden wird die Bewertung anhand einer der betrachteten Technologien, der Nasspulverbeschichtung (englisch: Wet Powder Spraying), exemplarisch dargestellt (siehe Abbildung 7-5). Die Abschätzung der technologischen Entwicklung der realisierbaren Bahnbreite erfolgte durch ein zweistufiges Delphi-Verfahren, wobei lediglich ein Szenario betrachtet wurde, um den Aufwand der Bewertung zu optimieren. Der Abstand der Stützstellen betrug jeweils ein Jahr, was den Experten als ausreichend erschien. Analog wurden die restlichen Parameter bewertet, was zur nachfolgenden Gesamtbewertung für die Nasspulverbeschichtung führte (Abbildung 7-5). Das Vorgehen wurde analog für die verbleibenden neun Technologien angewendet.

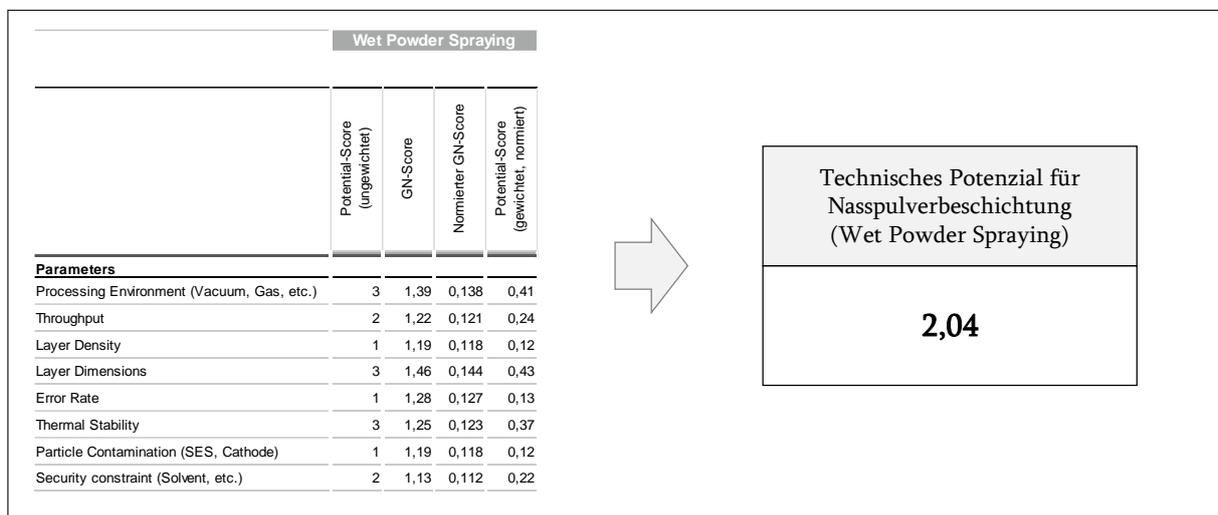


Abbildung 7-5: Berechnung des technischen Potenzials am Beispiel der Nasspulverbeschichtung

Wirtschaftliches Potenzial

Nachdem das technische Potenzial bestimmt worden war, wurde die Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials durchgeführt. Der erste Schritt, die Festlegung des Bewertungsfalles, wurde bereits durch die Ausgangssituation definiert. Da es sich um eine neu zu errichtende Produktionsstätte ohne bestehende Technologieketten handelte, konnte die Investition als Errichtungsinvestition ohne Defender-Technologien klassifiziert werden. Im Rahmen der Festlegung der relevanten wirtschaftlichen Kennzahlen erfolgte eine Reduzierung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf die Kosten pro produzierter Energiespeicherkapazität in US-Dollar pro Kilowattstunde. Der Kostenbeitrag entspricht im Falle der Beschichtungstechnologie der Fläche bzw. der Länge der zu beschichtenden Bahn, um Batteriezellen mit einer Kapazität von einer Kilowattstunde herstellen zu

können. Da sich die unterschiedlichen konkurrierenden Technologien als äußerst heterogen in ihrer Kostenstruktur erwiesen, erschien den Experten diese Kennzahl als einzige relevante und aussagekräftige Kennzahl. Zudem spiegelt diese Kennzahl den etablierten wirtschaftlichen Vergleichsmaßstab der produzierten Batterieprodukte wider, da auch diese sehr heterogene Charakteristika aufweisen. Die Referenz-Technologiekette umfasste zudem die Vereinzelung bzw. den Zuschnitt der Elektroden-elemente, was bei allen betrachteten Technologien nötig war und damit vernachlässigt werden konnte. Im Rahmen der Definition der Bewertungsprämissen wurde analog zur technischen Potenzialbewertung ein Betrachtungszeitraum von drei Jahren festgelegt. Da es sich bei der aufzubauenden Produktionsstätte um eine Pilotproduktion für die neuen Batterieprodukte handelte, wurden die Potenzialkorridore für den Pilot-Case anhand der wirtschaftlichen Zielwerte für das Projekt festgelegt. Der Skalierungsfaktor wurde einerseits über die geplante Skalierung der Produktion des neuen Batterieproduktes und andererseits über mögliche sog. Spill-over-Effekte auf andere Produktionsbereiche und Produkte definiert. Der Skalierungsfaktor innerhalb des gleichen Produktes entspricht demnach für alle Vergleichstechnologien dem gleichen Wert und beeinflusst den Potenzialwert auf skaliertem Niveau nicht. Unterschiedliche Ausprägungen konnten jedoch im erzeugbaren Spill-over-Effekt festgestellt werden.

Basierend auf diesen Prämissen konnte der Business-Case für alle Technologien aufgebaut werden. Details aus den Business-Cases sowie zu den wirtschaftlichen Zielgrößen können aus Geheimhaltungsgründen im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgestellt werden.

Im letzten Schritt, der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials, erfolgte die Einordnung der errechneten bzw. erwarteten Werte für die Kosten pro Kilowattstunde in die Potenzialskala. So ergab sich das nachfolgende Gesamtbild (Abbildung 7-6).

	Overview			
	Pilot-Case-Potential	Scalability-Potential	Scaled-Case-Potential	Economic Potential
Technologies				
Tape Casting	3	1	3	2,3
Aerosol Deposition	1	0	1	0,7
Wet Powder Spraying	2	1	2	1,7
Screen Printing	3	2	3	2,7
Dip Coating	2	2	3	2,3
Electrophoretic Deposition	1	0	1	0,7
Pulsed Laser Deposition	0	0	0	0,0
Extrusion/ Co-Lamination	3	2	3	2,7
Electrostatic Spray	1	0	1	0,7
Cold Spray	0	0	0	0,0

Abbildung 7-6: Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials für Beschichtungstechnologien

Strategisches Potenzial

Zur Bewertung des strategischen Potenzials der Technologien wurden zunächst die strategischen Ziele des Unternehmens identifiziert. So wurde auf Gesamtunternehmensebene die strategische Positionierung als Innovationsführer im Bereich neuer Batterietechnologien sowie als Premiumhersteller konventioneller Batterietechnologien angestrebt. Damit lag der Fokus auf Unternehmensebene auf hoher Qualität und Innovationskraft. Im Geschäftsbereich „Neue Technologien“, in dem das beschriebene Projekt angesiedelt war, lag der strategische Fokus auf einer hohen Innovationskraft sowie einer besonders kurzen Umsetzungsdauer neuer Produkte und Produkteigenschaften. Auf funktionaler Strategieebene bestanden die strategischen Ziele damit insbesondere in einer möglichst kurzen Umsetzungsdauer von Produkt- und Prozessinnovationen sowie in der sukzessiven Steigerung des Qualitätsniveaus bei wettbewerbsfähigen Produktionskosten.

Im Anschluss an die Identifikation der strategischen Ziele wurden die relevanten Technologieeigenschaften identifiziert und selektiert. Aus wirtschaftlicher Sicht wurden dabei erneut die Kosten pro Kilowattstunde Speicherkapazität gewählt. Aus technischer Sicht wurden insbesondere die Fehlerrate, die Schichtdicke sowie der Durchsatz als relevante Parameter eingestuft. Als zusätzliche Faktoren wurden das im Unternehmen vorhandene Know-how sowie die Möglichkeit des externen Technologiezugangs als strategische Parameter aufgenommen.

Im Rahmen der Definition der Bewertungsprämissen erfolgte die vereinfachende Festlegung des Bewertungshorizontes auf 3 Jahre, da aus strategischer Sicht eher kurz- und mittelfristige Effekte erwartet wurden. Aufgrund der erstmaligen Durchführung des Vorgehens wurde die Definition des Potenzialkorridors entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 5.5 auf einen späteren Zeitpunkt verlegt, um zunächst ein Gefühl für die Potenzialkennzahl entwickeln zu können.

Zur Bestimmung des strategischen Nutzens wurde zunächst die Strategiekonformität bestimmt, wobei die strategische Übereinstimmung der jeweiligen Technologie mit den strategischen Zielen sowie deren strategische Relevanz bewertet wurden. Anschließend wurde die Bewertung der strategischen Hebelwirkung anhand der in Abschnitt 5.5 vorgestellten Kategorien durchgeführt. Der nachfolgende Auszug aus der Bewertung veranschaulicht das Vorgehen (siehe Abbildung 7-7).

	Wet Powder Spraying		
	Become Innovation leader in Solid State Battery Technology	Reduction of Ramp-up times by 50%	Reduce production costs by 25%
Categories			
Strategic fit	2	1	0
Strategic relevance	2	2	3
Strategic conformity	4	2	0

	Wet Powder Spraying			
	Proprietary position	Platform of growth	Durability	Synergy with corporate units
Categories				
Score	2	1	1	1

Strategie-konformität	X	Strategische Hebelwirkung	=	Potenzial-Score	$\hat{=}$	Strategisches Potenzial
2,0		1,25		2,5		1

Abbildung 7-7: Bewertung des strategischen Potenzials für die Nasspulverbeschichtung

Aggregation des Technologiepotenzials

Abschließend wurde das Technologiepotenzial jeder der betrachteten Technologien aggregiert und gesammelt dargestellt, um eine übersichtliche Entscheidungsgrundlage bereitzustellen. Abbildung 7-8 zeigt die aggregierte Bewertung der betrachteten Beschichtungstechnologien.

	Aggregated Technology Potential			
	Technical Potential	Economic Potential	Strategic Potential	Overall Technology Potential
Technology				
Tape Casting	2,04	2,33	2,00	2,12
Aerosol Deposition	1,59	0,67	1,00	1,09
Wet Powder Spraying	2,04	2,04	1,00	1,69
Screen Printing	2,38	2,67	3,00	2,68
Dip Coating	1,60	2,33	2,00	1,98
Electrophoretic Deposition	1,47	0,67	1,00	1,05
Pulsed Laser Deposition	1,37	0,00	1,00	0,79
Extrusion/ Co-Lamination	2,52	2,67	3,00	2,73
Electrostatic Spray	1,47	0,67	1,00	1,05
Cold Spray	1,88	0,00	1,00	0,96

Abbildung 7-8: Aggregiertes Technologiepotenzial für Beschichtungstechnologien

Baustein 3: strategische Planung

Zur Beschreibung und Veranschaulichung des dritten Bausteins, der strategischen Planung, findet der Wechsel zurück in den Hauptanwendungsfall des mittelständischen Herstellers von Elektronikkomponenten statt.

Entscheidungsfindung und Technologie-Controlling

Auf Basis der beschriebenen Potenzialbewertung wurden in diesem Schritt zunächst die Technologiealternativen im Innovation-Board diskutiert. Dabei wurden verschiedene Technologieprojekte in unterschiedlichen Technologiebereichen initiiert. Zudem wurden die aktuellen Projektstatus der laufenden Technologieprojekte durch die jeweiligen Projektleiter im Rahmen einer kurzen Präsentation vorgestellt. Die Innovation-Board-Treffen wurden im Zyklus von drei Monaten angesetzt.

Strategieintegration

Nachdem die neuen Technologieprojekte initiiert worden waren, wurden die Technologien in das Tech-Radar integriert, um den Status quo und den strategischen Zielzustand darzustellen. Zudem wurden die nötigen Schalen sprünge eingezeichnet und die jeweiligen Technologiesteckbriefe hinterlegt.

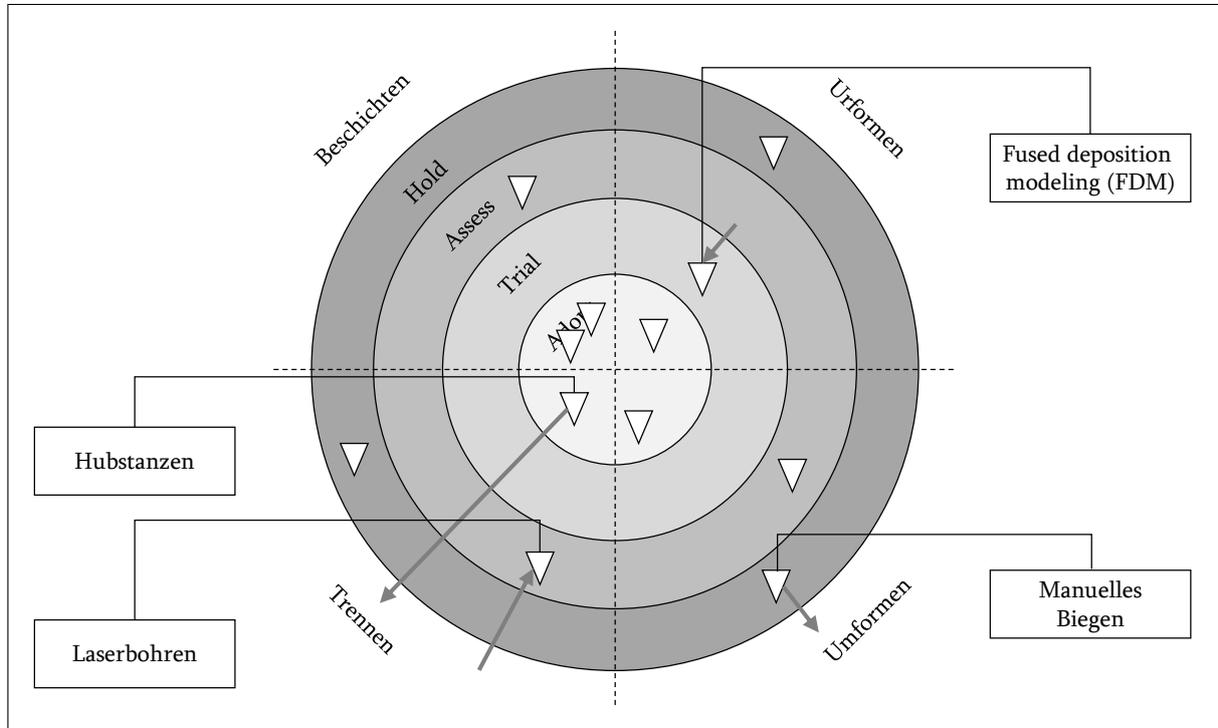


Abbildung 7-9: Ziel-Tech-Radar im Anwendungsfall

Planung der Technologieprojekte

Im abschließenden Schritt wurden die Technologieprojekte im Rahmen einer Grobplanung strukturiert und geplant. Dazu wurden zunächst die Kooperationsform, die Verantwortlichkeiten sowie die Organisationsform festgelegt. Im Falle des in Baustein 1 beschriebenen Technologieprojektes zur Befähigung von Leiterplatten für Hochfrequenzanwendungen wurde eine Forschungsk Kooperation mit einer Hochschule geschlossen, wobei die interne Verantwortlichkeit beim Entwicklungsleiter der entsprechenden Sparte lag. Den Ausführungen in Abschnitt 6.3.3 folgend, wurden zur Initiierung der Forschungsk Kooperation die Projektziele, die Arbeitspakete und die Meilensteine in Form eines Forschungsantrages ausgearbeitet. Dies umfasste zudem die Planung der Terminierung, der Ressourcen sowie der Kosten. Der Forschungsantrag wurde zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich durch Fördermaßnahmen des Freistaates Bayern finanziell unterstützt. Zur internen Projektabwicklung wurde das Projekt in eine Gesamt-Roadmap zur Visualisierung der Technologieprojekte integriert. Die Roadmap ist voller Größe in Anhang M dargestellt (Quelle: GÄRTNER (2020)).

7.2 Evaluation der Methodik

Nachdem die industrielle Anwendung der vorgestellten Methodik umfassend beschrieben wurde, erfolgt in den folgenden Abschnitten eine Bewertung der Methodik hinsichtlich des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses sowie der zu Beginn gestellten Anforderungen.

7.2.1 Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses

Der Aufwand für den initialen Aufbau sowie für die laufende Betreuung des potenzialbasierten, strategischen Technologiemanagements variiert je nach unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen, bspw. der Unternehmensgröße, der Anzahl der Produktionsstandorte oder der Komplexität der Technologieketten. Nachfolgend ist eine Aufstellung der Aufwände, welche in einem durchschnittlichen Fall anzunehmen sind, ersichtlich. Dabei wird der Aufwand in Personentagen (PT) quantifiziert, welche mit einem Kostensatz von 1000 € pro Tag kalkulatorisch in die Rechnung einfließen.

Zunächst wird der Aufwand für den initialen Aufbau der Organisationsstruktur sowie der Werkzeuge, wie des Tech-Radars oder der Projektroadmap, betrachtet. Für die initiale Einrichtung des Bausteins 1 der Methodik für ein Produktionsnetzwerk von 3 Standorten werden insgesamt 27 PT veranschlagt. Diese teilen sich auf in 3 PT pro Werk für die initiale

Erstellung des technologischen Status quo, 3 PT pro Werk für die Bedarfsidentifikation sowie 3 PT pro Werk für die Bedarfskonsolidierung und Projektausleitung. Dabei ist stets die Kapazitätsbindung der Experten vor Ort einbezogen.

Im Rahmen der laufenden Betreuung des Vorgehens muss eine regelmäßige Aktualisierung des Bausteins 1 einbezogen werden, welche sich mit 0,5 PT pro Woche abbilden lässt. Die Bewertung eines Technologieprojektes erfordert, begründet in der Erfahrung aus der industriellen Anwendung, etwa 2 Stunden Aufwand. Bei einem Bewertungsgremium, bestehend aus 6 Experten und 2 unterstützenden Technologiemanagern, entspricht dies 2 PT pro zu bewertendem Technologieprojekt. Unter der Annahme, dass pro quartalsweiser Innovation-Board-Sitzung über 5 Technologieprojekte entschieden werden soll, entspricht dies 10 PT pro Quartal. Die Entscheidungsfindung im Rahmen der Innovation-Board-Sitzung kann mit einem halbtägigen Termin pro Quartal veranschlagt werden. Das Innovation-Board umfasst 6 Experten, 2 Technologiemanager und 2 Führungskräfte. Unter der Annahme, dass Führungskräfte einem erhöhten Tagessatz entsprechen, werden deren Zeitäquivalente doppelt gezählt. So lässt sich ein Aufwand von 6 PT pro Innovation-Board-Meeting veranschlagen. Zusätzlich dazu wird ein laufender Aufwand zur Aufbereitung und Pflege des Tech-Radars sowie der Projekt-Roadmap von 1 PT angenommen. Darin inbegriffen sind die Kommunikation mit Projektleitern sowie die Annahme und die Aufbereitung technologischer Bedarfe aus dem Unternehmen.

In Summe ergeben sich demnach ein initialer Aufwand von 27 PT, also 27.000 €, sowie ein laufender, jährlicher Aufwand von 133 PT¹², also 133.000 €.

Demgegenüber kommt der Entscheidung für oder gegen ein Technologieprojekt bzw. für oder gegen den Wechsel einer Technologie eine immense wirtschaftliche sowie strategische Bedeutung zu. Wird in eine falsche Technologie investiert, so entstehen dem Unternehmen neben wirtschaftlichen Schäden durch falsche Maschineninvestitionen in Millionenhöhe unter Umständen auch schwerwiegende Imageschäden oder es droht gar der Verlust der Marktführerschaft. Eine verminderte Produktionsfähigkeit oder eine verschlechterte Produktqualität kann den Absatz signifikant negativ beeinflussen. Stellt man diesem Risiko die dargestellten Kosten gegenüber, so lässt sich der Aufwand zur Implementierung und Durchführung der Methodik rechtfertigen.

¹² Annahme: 52 Wochen pro Jahr minus 6 Wochen (Äquivalent für 30 Urlaubstage) = 46 Wochen.

7.2.2 Bewertung hinsichtlich der Anforderungen an das Vorgehen

Im Kapitel 3 wurden die Anforderungen aus unterschiedlichen Perspektiven an die Methodik formuliert. Deren Erfüllung soll einerseits die Wissenschaftlichkeit, andererseits die Praxistauglichkeit sowie auch die inhaltliche Vollständigkeit sicherstellen. Daher gilt es, diese im Folgenden kritisch zu prüfen und zu beurteilen.

Im Rahmen der Überprüfung der allgemeinen Anforderungen muss zunächst die Anforderung der Objektivität überprüft werden. Da es sich bei dem vorgestellten Ansatz um ein expertenbasiertes Vorgehen handelt, ist eine vollständige Eliminierung subjektiver Einflüsse nicht möglich. Durch die Bereitstellung von Scoring-Systemen, Leitfäden und Vorlagen soll jedoch die Subjektivität bei der Erzeugung der Ergebnisse minimiert werden. Der Einsatz des Innovation-Boards als eines weiter gefassten, interdisziplinären Gremiums wirkt zusätzlich fördernd für die Objektivität. Ergänzend tragen die genannten Konzepte zur Gewährleistung der Reliabilität der Methodik bei. Auch hier gilt, dass ein verzerrender, subjektiver Einfluss nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Dennoch wird an allen relevanten Entscheidungs- und Bewertungsstellen eine objektivierende, reliabilitätsfördernde, methodische Unterstützung bereitgestellt. Die Validität des Ansatzes wurde durch die Anwendung in mehreren realen Industrieprojekten bei Unternehmen unterschiedlicher Charakteristik nachgewiesen.

Die Anforderung der Übertragbarkeit wurde ebenfalls durch die vielfältige Anwendung des Vorgehens oder von Teilen davon in der Industrie nachgewiesen. Hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit der Methodik sowie der Ergebnisse wurde bei der Erarbeitung und der Beschreibung des Vorgehens auf eine anwendungsnahe, beispielorientierte Aufbereitung geachtet. Durch die zusammenfassende Aggregation des Technologiepotenzials sowie durch Visualisierungselemente wie das Tech-Radar oder die Projektroadmap wird die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse beim Anwender gefördert. Die Anwendbarkeit in der Praxis wurde, wie beschrieben, anhand unterschiedlicher Beispiele belegt. Für komplexe Aufgaben wurden Leitfäden und Vorlagen bereitgestellt, wodurch die Einarbeitung in das Themenfeld erleichtert wird. Hinsichtlich des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses lässt sich entsprechend Abschnitt 7.2.1 feststellen, dass der Nutzen der Methodik den Aufwand aufwiegt.

Mit Blick auf die inhaltlichen Anforderungen ist die Integration der Technologiestrategie zu überprüfen. Bereits im Rahmen der Feststellung des technologischen Status quo (Abschnitt 6.1.1) sowie der Bedarfsidentifikation (Abschnitt 6.1.2) wird die technologiestrategische Ausrichtung des Unternehmens berücksichtigt. In der Potenzialbewertung erfolgt zudem eine explizite Bewertung hinsichtlich der Zuträglichkeit der Technologie zur Unternehmens- und damit zur Technologiestrategie (Abschnitt 5.5

bzw. 6.2). Zuletzt werden die ausgewählten Technologien und Technologieprojekte in die Technologiestrategie integriert (Abschnitt 6.3.2). Die Ganzheitlichkeit des Vorgehens wird insbesondere durch die Einbettung der multiperspektivischen Potenzialbewertung in ein umfassendes Technologiemanagementkonzept erreicht, das in seiner Zusammensetzung auf eine potenzialorientierte Technologiebetrachtung ausgerichtet ist. Die Bausteine 1 (Bedarfsanalyse) und 3 (potenzialbasierte Planung) stellen einen ganzheitlichen Rahmen her, welcher die Potenzialbewertung integriert. Hinsichtlich der Flexibilität der Methodik kann festgestellt werden, dass einige der Methodenbausteine Möglichkeiten zur Reduktion des Detaillierungsgrades bieten. So bleiben der logische Aufbau und die Funktion der Methodik erhalten, wenn der Detaillierungsgrad aufgrund begrenzter Ressourcen reduziert werden muss. Dies zeigt ebenso der in Abschnitt 7.1.2 beschriebene Hauptanwendungsfall, in dessen Rahmen eine signifikante Reduzierung der Detailtiefe bei der Potenzialbewertung vorgenommen wurde. Auch eine flexible Übertragbarkeit innerhalb des in Abschnitt 1.3 definierten Spektrums wurde im Rahmen der praktischen Anwendung nachgewiesen. Die nachfolgende Abbildung stellt die Anforderungserfüllung veranschaulichend dar.

Allgemeine Anforderungen		Praktische Anforderungen		Inhaltliche Anforderungen	
Objektivität	☐	Übertragbarkeit	●	Integration der Technologiestrategie	●
Reliabilität	☐	Nachvollziehbarkeit	●	Ganzheitlichkeit im Vorgehen	●
Validität	●	Anwendbarkeit	●	Flexibilität	●

Anforderungserfüllung

● vollständig ☐ überwiegend ☐ teilweise ☐ kaum ○ keine

Abbildung 7-10: Übersicht über die Anforderungserfüllung

7.2.3 Fazit und Reflexion

Die vorgestellte Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement für die Produktion liefert eine wichtige Unterstützung für die langfristige technologische Ausrichtung produzierender Unternehmen. Durch einen umfassenden prognostischen Planungsansatz werden Unternehmen dazu befähigt, fundierte und zukunftsgerichtete Technologieentscheidungen zu treffen. Damit unterstützt der vorgestellte Ansatz den langfristigen Erhalt und Ausbau von Erfolgspotenzialen für eine wettbewerbsfähige Produktion und trägt zur langfristigen Sicherung des Unternehmenserfolgs bei.

Die Bewertung hinsichtlich der in Kapitel 3 gestellten Anforderungen zeigt, dass die Methodik diesen nahezu vollständig gerecht wird. Insbesondere die praktische Anwendbarkeit sowie die inhaltliche Vollständigkeit wurden im Rahmen der industriellen Anwendung erfolgreich belegt. Durch die in Kapitel 5 vorgestellte dreigliedrige Struktur zur potenzialbasierten Bewertung von Technologien wird es Unternehmen ermöglicht, Technologien aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten und zu bewerten. Die zentrale wissenschaftliche Neuerung der Arbeit liegt insbesondere in der detaillierten und multiperspektivischen Betrachtung des Technologiepotenzials sowie in dessen Einbettung in ein ganzheitliches Technologiemanagementkonzept. Mit der strukturierten Erhebung des technologischen Status quo sowie der daraus resultierenden technologischen Bedarfe werden Innovation und vorausschauende Bedarfsidentifikation durch einen methodischen Rahmen gefördert. Die entstehende Struktur ermöglicht es Mitarbeitenden und Führungskräften, den technologischen Stand des Unternehmens schnell zu erkennen, und unterstützt diese bei der Identifikation technologischer Potenziale. Durch die strukturierte, expertenbasierte Bewertung dieser Potenziale wird eine Steigerung der Entscheidungsqualität bei weitreichenden Technologieentscheidungen erreicht, da keine eindimensionale Reduktion, bspw. auf wirtschaftliche Kennzahlen, erfolgt. Der vorgestellte organisatorische Rahmen des Innovation-Boards erhöht in seiner Struktur sowie mithilfe der ausführlich vorbereiteten Technologiebewertungen strukturell die Entscheidungsqualität bei Technologieentscheidungen und flexibilisiert das Technologiemanagement. Damit liefert die vorgestellte Methodik einen wertvollen Beitrag für das Technologiemanagement produzierender Unternehmen.

Die Grenzen des Ansatzes werden hauptsächlich durch das dynamische Technologieumfeld bestimmt, in dem in immer kürzer werdenden Zyklen disruptive Produktionstechnologien mit neuartigen oder neuartig kombinierten Wirkverfahren entwickelt werden. Deren parameterbasierte Beschreibung auf Basis bestehender Normen erweist sich als herausfordernd. Daneben stellt die Subjektivität von Expertenschätzungen bei der Abschätzung der zukünftigen Leistungsfähigkeit einer Technologie weiterhin eine Herausforderung dar. Zwar wurde diese durch den Einsatz entsprechender Methoden verringert, jedoch lässt sich der subjektive Einfluss nicht gänzlich vermeiden.

Wie bereits erwähnt, ist eine vollständige Abbildung aller relevanten Leistungsparameter einer Technologie schwierig. An dieser Stelle können bspw. moderne Ansätze künstlicher Intelligenz unterstützen (vgl. Kapitel 8).

8 Zusammenfassung und Ausblick

Um in einem zunehmend globalisierten und dynamischen Marktumfeld bestehen zu können, ist es für produzierende Unternehmen unerlässlich, proaktiv und entschieden mit den sich stets verändernden Rahmenbedingungen umgehen zu können (vgl. LICHTENTHALER 2008, BULLINGER 2009). Technologien – und im Speziellen Produktionstechnologien – stellen in diesem Zusammenhang einen zentralen Wettbewerbsfaktor dar (KLAPPERT ET AL. 2011a) und schaffen die Basis für ein nachhaltiges Unternehmenswachstum (CETINDAMAR ET AL. 2009) und strategische Marktvorteile (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Daher ist das Hinterfragen des aktuellen technologischen Status quo eine Aufgabe von zentraler Bedeutung (KLOCKE 2009). Die Identifikation und die Bewertung potenziell besser geeigneter Technologien ermöglichen es, proaktiv mit neuen technologischen Entwicklungen umzugehen und sich strategisch günstig auf dem Markt zu positionieren.

Bisherige Ansätze der Technologiebewertung und -planung betrachten meist isolierte Bewertungsperspektiven oder vernachlässigen die prognostische Komponente der Technologiebetrachtung. Dies führt zu einem unvollständigen Bild von der Eignung einer Technologie in Bezug darauf, die Anforderungen des Unternehmens langfristig zu erfüllen. Zudem fehlt die Einbettung einer multidimensionalen, prognostischen Technologiebewertung in einen Rahmen des strategischen Technologiemanagements, der den aktuellen Rahmenbedingungen (insbesondere Technologie- und Produktdynamik) gerecht wird. Die Integration einer prognostischen Komponente für die Bewertung der potenziellen, zukünftigen Eignung einer Technologie zur besseren Erfüllung der gestellten Anforderungen ist ein Forschungsdefizit.

Aus diesem Grund wurde die Methodik zur potenzialbasierten Planung im strategischen Technologiemanagement entwickelt. Diese stellt einen ganzheitlichen Ansatz zur Integration einer multiperspektivischen Betrachtung des Technologiepotenzials in das strategische Technologiemanagement dar. Das in drei Bausteine gegliederte Vorgehen ermöglicht es zunächst, die strukturellen technologischen Defizite und Bedarfe zu identifizieren. Durch eine systematische Erhebung aktueller sowie aufkommender technologischer Bedarfe können frühzeitig Lösungsansätze erarbeitet, bewertet und getestet werden. Dies ermöglicht es dem Unternehmen, proaktive Maßnahmen zu

ergreifen, um entweder technologische Risiken abzuschwächen oder technologische Chancen zu nutzen und strategische Vorteile zu generieren. Durch eine detaillierte, parameterbasierte Potenzialbewertung kann ein ganzheitliches Bild von den technischen, wirtschaftlichen und strategischen Chancen und Risiken einer innovativen Alternativtechnologie gewonnen werden. Damit wird das Management dazu befähigt, qualitativ höherwertige Technologieentscheidungen zu treffen. Die organisatorische Strukturierung des potenzialbasierten, strategischen Technologiemanagements in Form eines interdisziplinären Innovation-Boards sichert die Entscheidungsqualität zusätzlich ab. Auf Grundlage der umfassenden Potenzialbewertung möglicher technologischer Alternativen kann die langfristig am besten geeignete Technologie für einen Wertschöpfungsbereich ausgewählt werden. Mit der nachgelagerten Integration in die Technologiestrategie sowie deren Visualisierung in Form des Tech-Radars kann der aktuelle technologische Zustand des Unternehmens stets transparent verfolgt werden. Die bereitgestellten Werkzeuge zur Planungsunterstützung bieten abschließend ein stabiles Fundament für die operative Technologieplanung.

Durch die Anwendung der Methodik in mehreren Anwendungsfällen und Projekten im industriellen Umfeld konnten Praxistauglichkeit und Funktionsfähigkeit belegt sowie Stärken und Schwächen des Ansatzes identifiziert werden. Die Stärken liegen dabei insbesondere im strukturierten und pragmatisch-methodischen Umgang mit Technologiepotenzialen, welcher für viele Unternehmen bisher eine Herausforderung darstellt. Schwächen werden tendenziell beim aufzubringenden Aufwand zur Durchführung und Etablierung der Methodik in der Organisation gesehen.

Die vorliegende Arbeit stellt damit eine Grundlage für weiterführende Forschungsaktivitäten im Bereich des strategischen Technologiemanagements dar. Aufgrund der immer kürzer werdenden Technologie- und Produktzyklen sind produzierende Unternehmen gezwungen, neue, innovative Technologien einzusetzen, die sich jedoch oftmals durch einen geringen Reifegrad auszeichnen. Der vorgestellte Ansatz stellt eine Möglichkeit dar, die Unsicherheit bei der Technologieentscheidung zu reduzieren. Dennoch birgt das Spannungsfeld zwischen der inkrementellen Weiterentwicklung bestehender Technologien und der radikalen Veränderung durch eine neuartige Technologie eine große Herausforderung sowie eine große Gefahr für produzierende Unternehmen. Der parallele Umgang mit diesen diametralen Innovationsmechanismen beschreibt eine komplexe Managementaufgabe, welche insbesondere im Produktionskontext methodisch unterstützt werden sollte.

Um der immer weiter steigenden Technologiedynamik systematisch begegnen zu können, kann zudem die Übertragbarkeit agiler Methoden und Managementansätze auf das

Technologiemanagement untersucht werden. Im Umfeld der Softwareentwicklung haben sich agile Arbeitsweisen und Entwicklungsansätze bereits etabliert und führen teilweise zu signifikanten Verbesserungen im Umgang mit unsicheren und dynamischen Projektsituationen. Eine ebenfalls große Dynamik lässt sich in der Start-up-Branche erkennen, welche darauf mit Methoden wie dem sog. Lean-Start-up-Ansatz oder dem sog. Fail-Fast-Ansatz reagieren. Die Betrachtung einer möglichen Übertragbarkeit auf die produzierende Industrie sowie die Technologieentwicklung kann in zukünftigen Forschungsarbeiten aufgegriffen werden.

Neben einem systematischen Umgang mit der Entwicklungsdynamik im Technologieumfeld kann zudem der Einsatz moderner Methoden der künstlichen Intelligenz, insbesondere sog. Large-Language-Modelle (LLM), untersucht werden. Ein zentraler Bestandteil der Technologiebewertung und auch des gesamten Technologiemanagements besteht in der Beschaffung und der Strukturierung von Daten. Moderne LLMs sind in der Lage, sehr große Datenmengen zu verarbeiten und bereits heute hochwertig zu plausibilisieren und zu strukturieren. Eine Untersuchung des bei der Datenakquise unterstützenden Einsatzes von künstlicher Intelligenz erscheint als logischer Aufbau auf bisher bestehende Ansätze des Technologiemanagements.

Anhang

A. Übersicht aller betreuten Studienarbeiten im Themengebiet

Im Rahmen dieser Dissertation entstanden am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München (TUM) unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Autors dieser Arbeit die im Folgenden aufgeführten studentischen Arbeiten. In ihnen wurden verschiedene Fragestellungen rund um die Bewertung von Technologiepotenzialen sowie die Einbettung der Potenzialbetrachtung in ein ganzheitliches Technologiemanagementkonzept untersucht. Deren Ergebnisse sind zum Teil in die vorliegende Arbeit eingeflossen und an den relevanten Stellen zitiert. Der Autor dankt an dieser Stelle allen Studierenden herzlich für ihr Engagement bei der Unterstützung dieser wissenschaftlichen Arbeit.

DAVID GRAULE

Optimierung von Technologieketten für disruptive Produkte. Masterarbeit, 2017, Technische Universität München.

MAXIMILIAN GEIRHOS

Methodik zur Festlegung der Eigenleistungstiefe im disruptiven Umfeld in der Produktion. Masterarbeit, 2017, Technische Universität München.

BENEDICT FABIO BECK

Identifikation und Klassifizierung von Einflussparametern zur Bewertung des Potenzials von Produktionstechnologien. Bachelorarbeit, 2018, Technische Universität München.

HEIKO DESOR

Methode zur Bewertung von Technologiepotenzialen für Produktionstechnologien. Masterarbeit, 2018, Technische Universität München.

FABIAN SPECHT

Methodik zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Produktionstechnologien. Masterarbeit, 2018, Technische Universität München.

QUIRIN GÄRTNER

Methodik zur Identifikation und Bewertung von potenzialträchtigen Produktionstechnologien. Semesterarbeit, 2019, Technische Universität München.

CLEMENS REPP

Studie zum Technologie- und Innovationsmanagement in der industriellen Produktion. Semesterarbeit, 2019, Technische Universität München.

QUIRIN GÄRTNER

Methodik zur Planung von Innovationsprojekten im Rahmen des strategischen Technologiemanagements in der Produktion. Masterarbeit, 2020, Technische Universität München.

BJÖRN KLAGES

Methodik zur Quantifizierung und Bewertung der Potenziale von Produktionstechnologien. Masterarbeit, 2020, Technische Universität München.

BENEDICT FABIO BECK

Methodik zur parameterbasierten Bewertung des technischen, wirtschaftlichen und strategischen Potenzials von Produktionstechnologien. Semesterarbeit, 2020, Technische Universität München.

B. Technologieparameter je Technologieklasse

Nachfolgend ist eine Übersicht über die gesammelten technologischen Parameter innerhalb der jeweiligen Technologieklasse abgebildet.

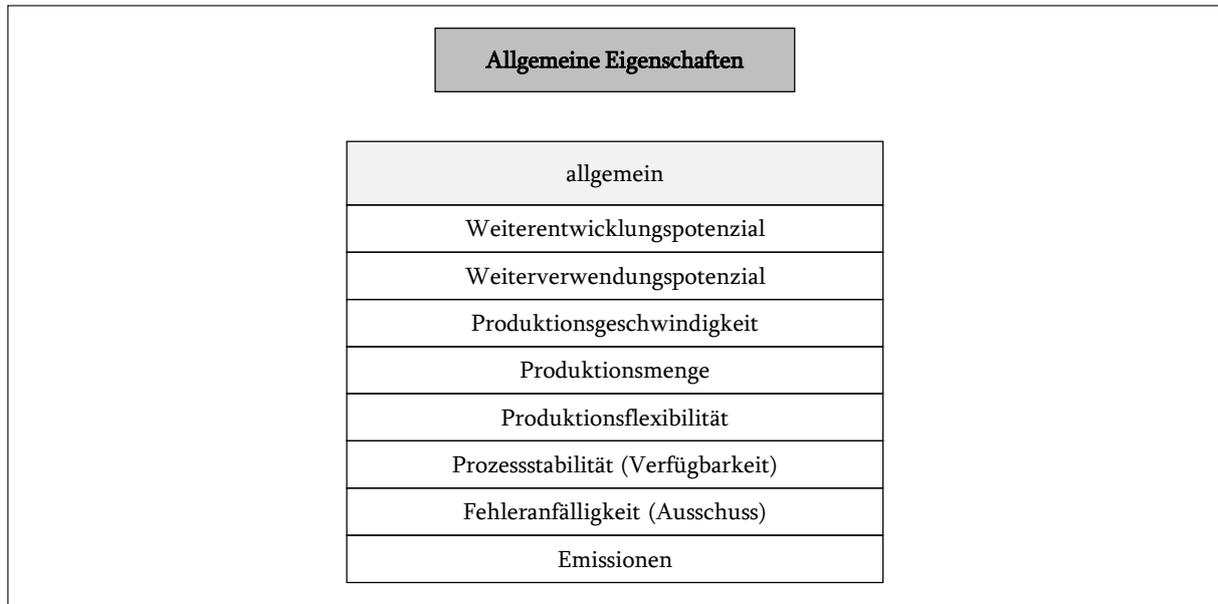


Abbildung A-1: Allgemeine Technologieparameter

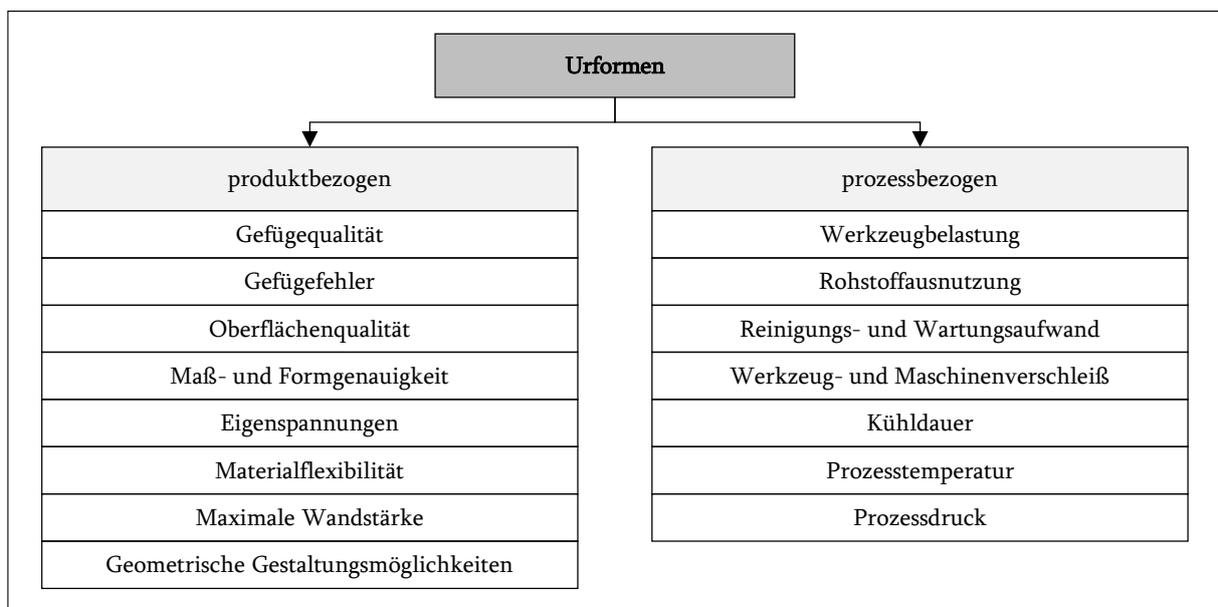


Abbildung A-2: Technologieparameter für urformende Technologien

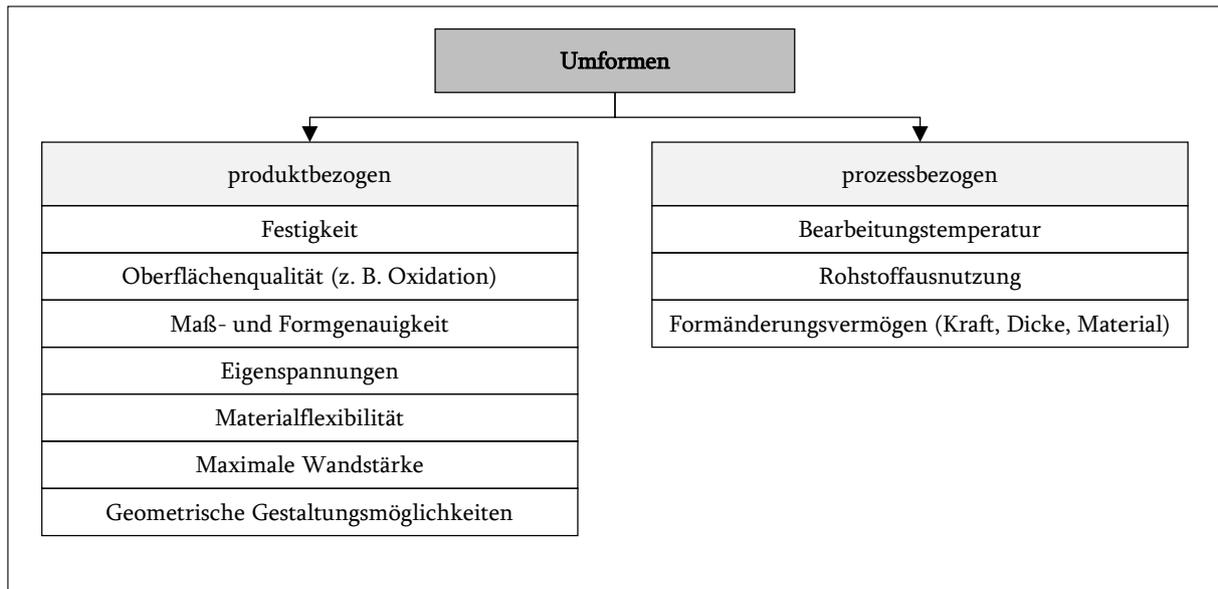


Abbildung A-3: Technologieparameter für umformende Technologien

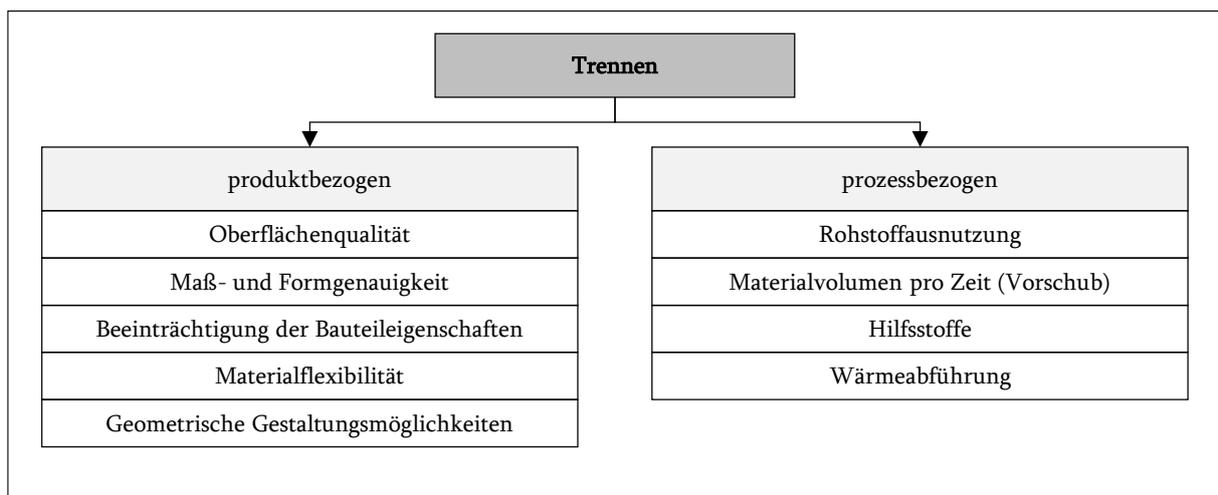


Abbildung A-4: Technologieparameter für trennende Technologien

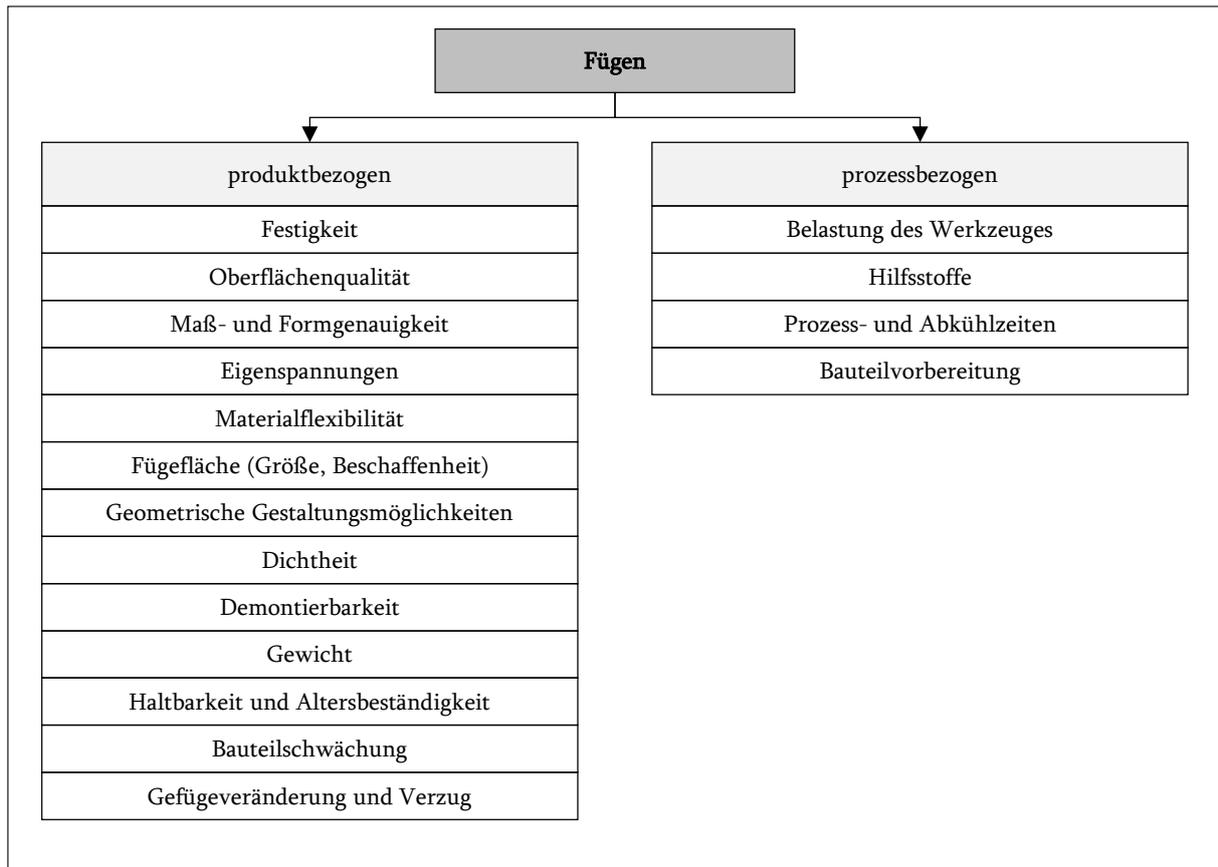


Abbildung A-5: Technologieparameter für fügende Technologien

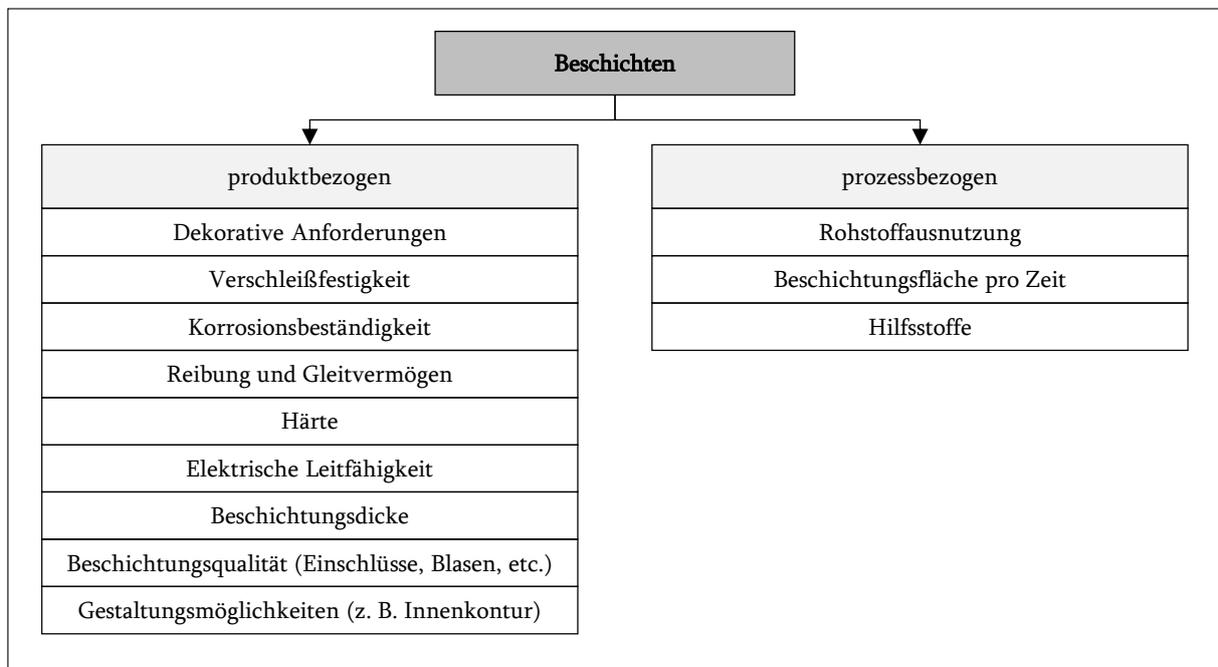


Abbildung A-6: Technologieparameter für beschichtende Technologien

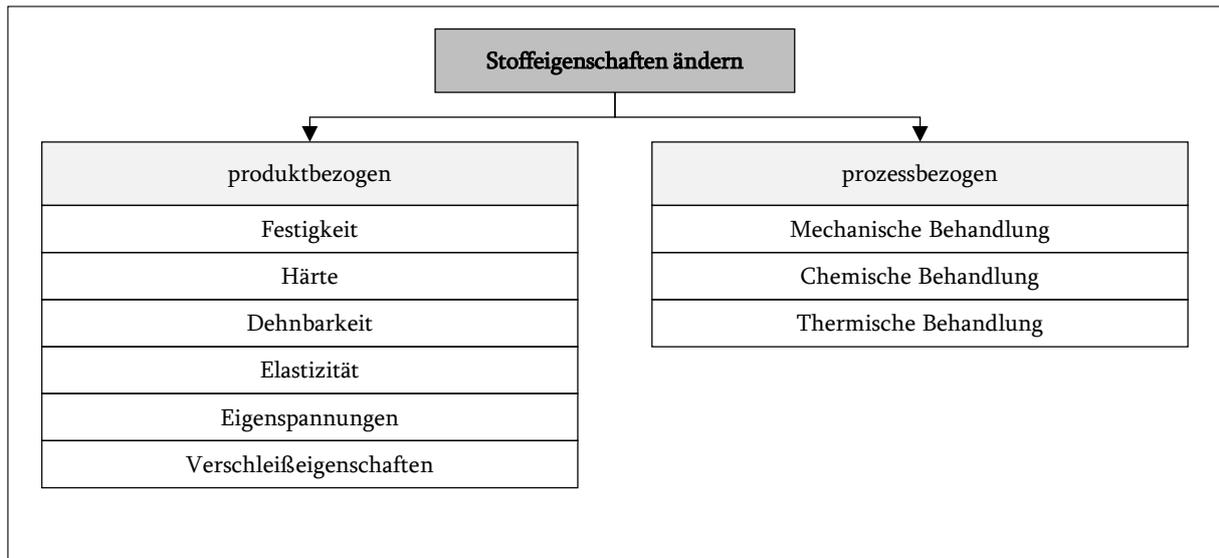


Abbildung A-7: Technologieparameter für Stoffeigenschaften ändernde Technologien

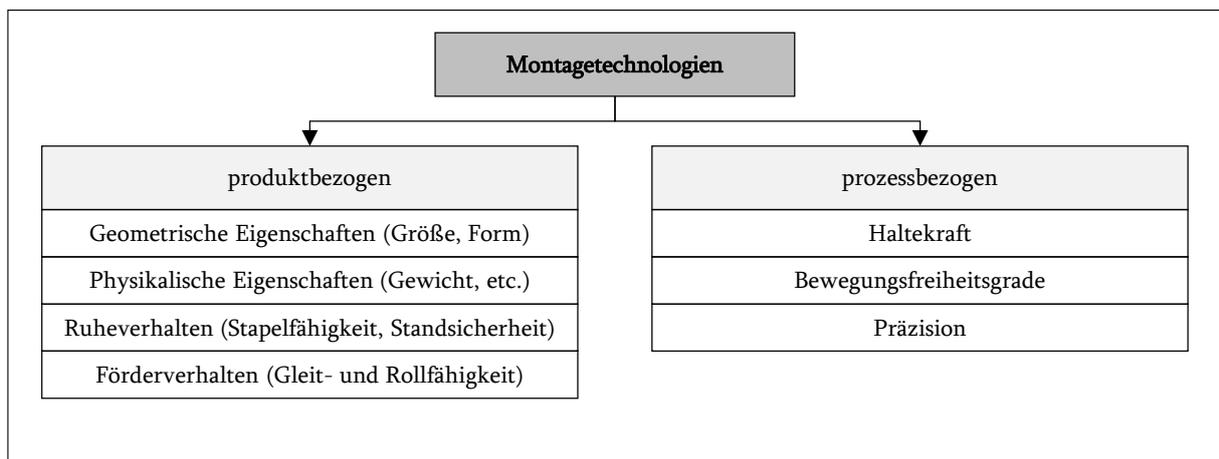


Abbildung A-8: Technologieparameter für Montagetechnologien

C. Betrachtete Potenzialstudien

Technologiefeld der Studie (technologieneutral)	Anzahl Studien	Technologiefeld der Studie (technologiespezifisch)	Anzahl Studien
Additive Fertigung	8	Laserschweißen	6
Batterieproduktion	7	Reibschweißen	1
CFK-Produktion	2	Wasserstrahlschneiden	4
Industrie 4.0	10	Laserschneiden	7
Bildverarbeitende Verfahren	2	Hochgeschwindigkeitsfräsen	3

Abbildung A-9: Einordnung der betrachteten Potenzialstudien

Numer	Autor	Studientitel
1	Albrecht, Volker (2011):	Laserschneiden im Dauereinsatz.
2	Albrecht, Udo (2018):	Automatisierte Trennverfahren.
3	Bischoff, Jürgen (2015):	Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand
4	Blech in Form (Hg.) (2009):	Wasserstrahlschneiden, ein Verfahren macht Druck.
5	Boos, Wolfgang; Arntz, Kristian; Johanssen, Lars; Prummer, Marcel (2017):	Erfolgreich Automatisieren im Werkzeugbau.
6	Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) (2013):	Zukunftsbild „Industrie 4.0“.
7	Dreyer Stefan (1997):	3D- Wasserstrahlschneiden mit Robotern – ein umweltschonendes Verfahren.
8	Eickenbusch, Heinz; Krauss, Oliver (2013):	Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe im Fahrzeugbau – Ressourceneffizienz und Technologien.
9	Emmrich, Volkhard; Döbele, Mathias (2015):	Geschäftsmodell- Innovation durch Industrie 4.0.
10	Fehrentz, Bernhard (2011):	Wasserstrahl überwindet die Grenzen des Lasers.
11	Fischer, Markus (2006):	Schneller fräsen statt teuer erodieren.
12	Heimes, Heiner Hans (2014):	Methodik zur Auswahl von Fertigungsressourcen in der Batterieproduktion.
13	Hergt, Oliver (2015):	Faserlaserschneiden ohne Kompromisse.
14	Herrmann, Axel (2013):	Innovation Report Magazin für den Carbon-Faser- Verbund- Leichtbau.
15	Hofmann, Erik; Oettmeier, Katrin (2016):	3-D-Druck. Wie additive Fertigungsverfahren die Wirtschaft und deren Supply Chains revolutionieren.
16	Hompel, Michael; Anderl, Rainer; Gausemeier, Jürgen (2016):	Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0
17	Ilin, Alexander (2016):	Simulation Controlled Laserwelding – SimColas.
18	Jäschke, Peter; Fischer, Patricia (2014):	Leichtbau in Serie: 3D-Laserbearbeitung von CFK.
19	Kempermann, Hanno; Millack, Agnes (2016):	Industrie 4.0 in Nordbayern.
20	Kleine-Möllhoff, Peter; Benad, Holger; Beilard, Frank (2012):	Die Batterie als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität der Zukunft Herausforderungen – Potenziale – Ausblick.
21	Krappig, Reik; Bichmann, Stephan (2021):	Automatisierte Erkennung von Defekten in Transparenten Materialien.
22	Laser Micronics GmbH (Hg.) (2009):	Laser- Kunststoffschweißen Sauber, sicher und stressfrei.
23	Meyer, Gereon (2015):	Bestandsaufnahme Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität.
24	Michaelis, Sahrh; Karpnker, Achirn; Thielmann, Axel (2016):	Roadmap Batterie Produktionsmittel 2030.
25	Mulcha, Patrick (2015):	Qualitäts- und produktivitätsbeeinflussende Mechanismen beim Laserschneiden von CF und CFK.

Abbildung A-10: Auflistung der betrachteten Potenzialstudien Teil 1

Nummer	Autor	Studientitel
26	Müller, Andreas; Karevska, Stefana (2016):	EY's Global 3D printing Report 2016.
27	Neudegger, Patrick; Klöckner, Frederik (2017):	Additive Manufacturing: A rising production paradigm.
28	Neuer, Johannes; Hofele, Markus; Riegel, Harald (2017):	Ermittlung von Prozessparametern für das Laserschweißen.
29	Permin, Elke (2015):	INDUSTRIE 4.0 – Vernetzte, Adaptive Produktion.
30	Petschow, Ulrich; Ferdinand, Jan-Peter (2014):	Dezentrale Produktion, 3D-Druck und Nachhaltigkeit.
31	Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2017):	Potenzialanalyse 3D-Druck.
32	Rath, Wolfgang (2008):	Die Potenziale des Laserschneidens.
33	Reinhart, Gunther; Bauernhansl, Thomas; Krüger, Jörg; Schuh, Günther (2016):	WgStandpunkt Industrie 4.0.
34	Richter, Stephan; Wischmann, Steffen (2016):	Additive Fertigungsmethoden – Entwicklungsstand, Marktperspektiven für den industriellen Einsatz und IKT-spezifische Herausforderungen bei Forschung und Entwicklung.
35	Riesterer, Ramona (2010):	Effizienter Sprung ins industrielle Zeitalter
36	Roman, Jean-Philippe (2015):	Innovativer 3D-Scanner setzt auf schnelle Kamera. Direkte Ergebnisse wie im Flug.
37	Rosenstock, Frieda; Wirth, Marco (2013):	3D-Druckereien in Europa – Eine Marktanalyse.
38	Schmicker, David; Naumenko, Konstantin; Strackeljan, Jens (2013):	Potenziale der Prozesssimulation beim Rotationsreißschweißen.
39	Scholz, Jürgen (2012):	Laser in der Materialbearbeitung - Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.
40	Sun, Wu (2015):	Hochgeschwindigkeitsfräsen von hochwarmfesten Stählen mit Minimalmengenschmierung.
41	Thielmann, Axel; Sauer, Andreas; Wietschel, Martin (2015):	Gesamt-Roadmap Lithium-ionen-Batterien 2030.
42	Tüchert, Carsten; Bonten, Christian (2000):	Laserschweißen - Potenzial und Grenzen.
43	Umbach, Eberhard (2015):	Zellproduktion in Deutschland. Eine Betrachtung aus Sicht der Wissenschaft.
44	Weber, Thomas; Weiss, Michael (2016):	Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland.
45	Weberpals, Jan (2005):	Anwendungspotenzial stark fokussierter Laser.
46	Weskamp, Markus; Tamas, Andrei; Wochinger, Thomas (2014):	Studie Einsatz und Nutzenpotenziale von Data Mining in Produktionsunternehmen.
47	Winzen, Ralph (2008):	Wasserstrahlchneiden, kalt, sauber und präzise.
48	Wippo, Verena; Jäschke, Peter; Klages, Pamela (2016):	Fügen im Leichtbau: Laserschweißen von Faserverbundbauteilen.
49	Wischmann, Steffen; Wangler, Leo (2015):	Industrie 4.0 Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland.
50	Zweck, Axel; Holtmannspötter, Dirk; Braun, Matthias; Cuhls, Kerstin (2015):	Forschungs- und Technologieperspektiven 2030.

Abbildung A-11: Auflistung der betrachteten Potenzialstudien Teil 2

D. Schlagwortkombinationen bei der Google-Recherche zu Potenzialstudien

Nachfolgend ist eine Aufstellung der zur Identifikation der Potenzialstudien durchgeführten Internetrecherche zu finden.

Suchbegriff (technologieneutrale Recherche)	Anzahl betrachteter Seiten der Google-Ergebnisse	Pick-Rate
Potenzialstudien Produktionstechnologie	10	gut
Chancen Risiken Produktionstechnologie	10	mittel
Potenzialanalyse Produktionstechnologie	10	mittel
Potenzial Produktionstechnologie	10	schlecht
Technologiestudien Produktionstechnologie	10	schlecht
Technologiestudien Beispiel	10	schlecht

Suchbegriff (technologiespezifische Recherche) (Bsp.)	Anzahl betrachteter Seiten der Google-Ergebnisse	Pick-Rate
Wasserstrahlschneiden Potenzial	10	mittel
Wasserstrahlschneiden Analyse	10	schlecht
Wasserstrahlschneiden Chancen Risiken	10	schlecht

Pick-Rate: X | Gut: $X \geq 50\%$ | mittel: $50\% > X > 20\%$ | schlecht: $X \leq 20\%$

Abbildung A-12: Schlagwortkombinationen bei der Google-Recherche zu Potenzialstudien

E. Leitfaden zur Identifikation ergänzender technischer Parameter

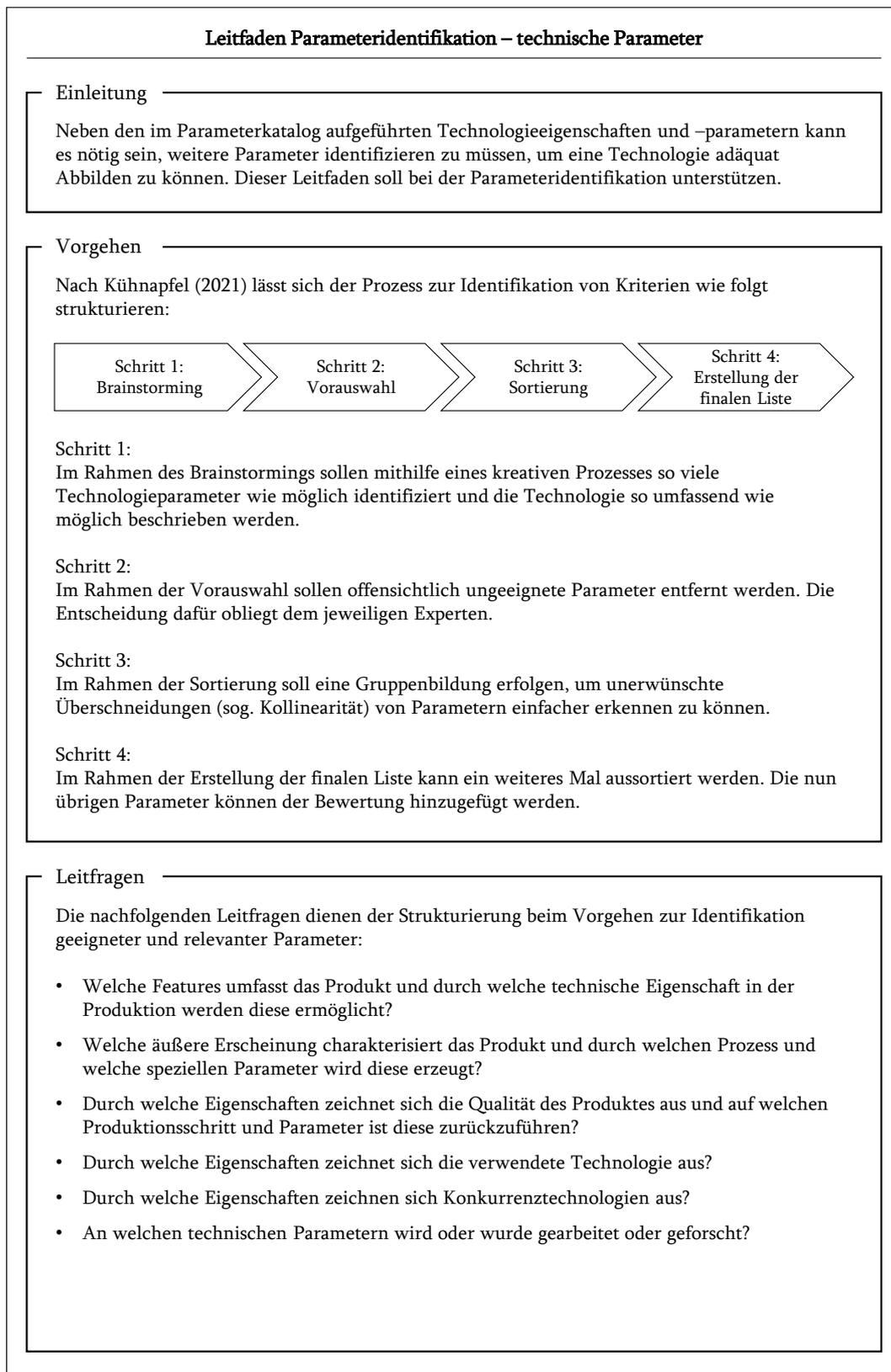


Abbildung A-13: Leitfaden zur Identifikation ergänzender technischer Parameter

F. Exemplarische Zahlungsströme zur Modellierung des Business-Cases

In der nachfolgenden Aufstellung werden exemplarisch einige Ein- und Ausgangszahlungsströme aufgeführt. Diese können als Hilfestellung und Inspiration beim Aufbau des Business-Cases herangezogen werden.

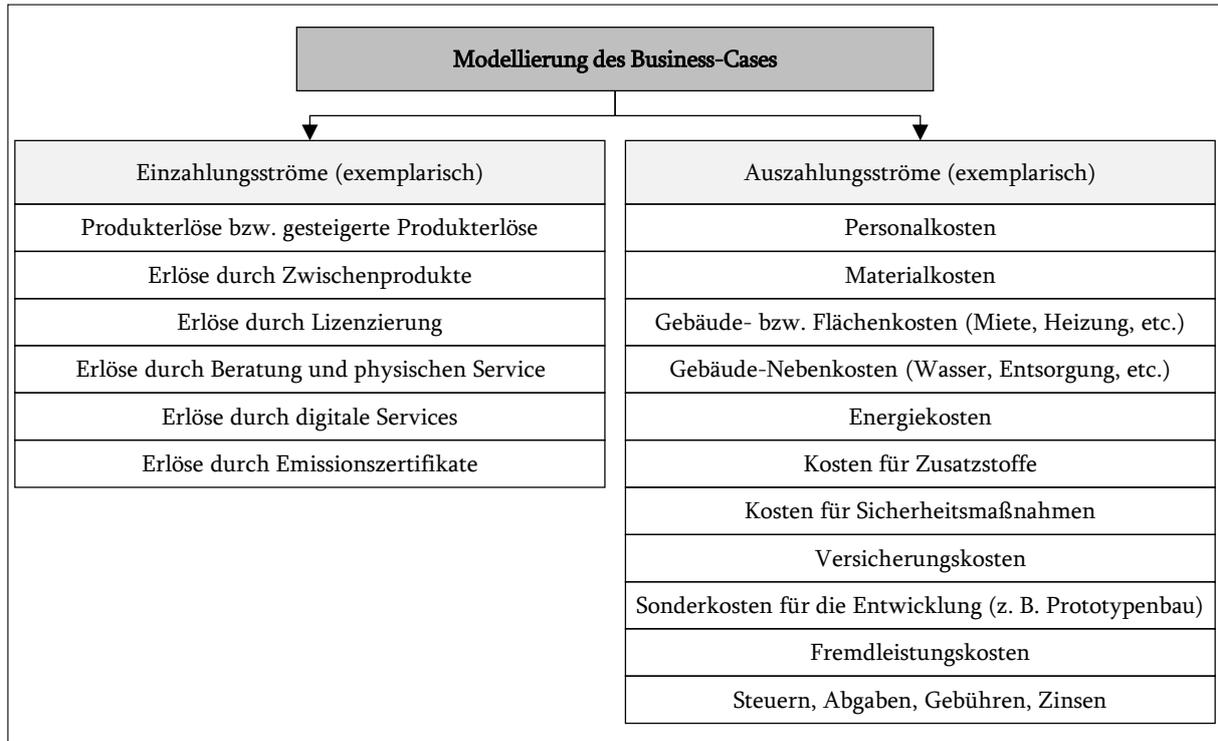


Abbildung A-14: Aufstellung exemplarischer Ein- und Auszahlungsströme zur Modellierung des Business-Cases

Kategorie	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
Übersicht				
Überschuss	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Gesamteinnahmen	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Gesamtausgaben	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Einzahlungen				
Einzahlungsstrom 1	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Einzahlungsstrom 2	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Einzahlungsstrom 3	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Auszahlungen				
Auszahlungsstrom 1	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Auszahlungsstrom 2	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>
Auszahlungsstrom 3	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>	<i>Wert</i>

Abbildung A-15: Exemplarische Strukturvorlage zum Aufbau eines Business-Cases

G. Leitfaden zur Skalierungsidentifikation

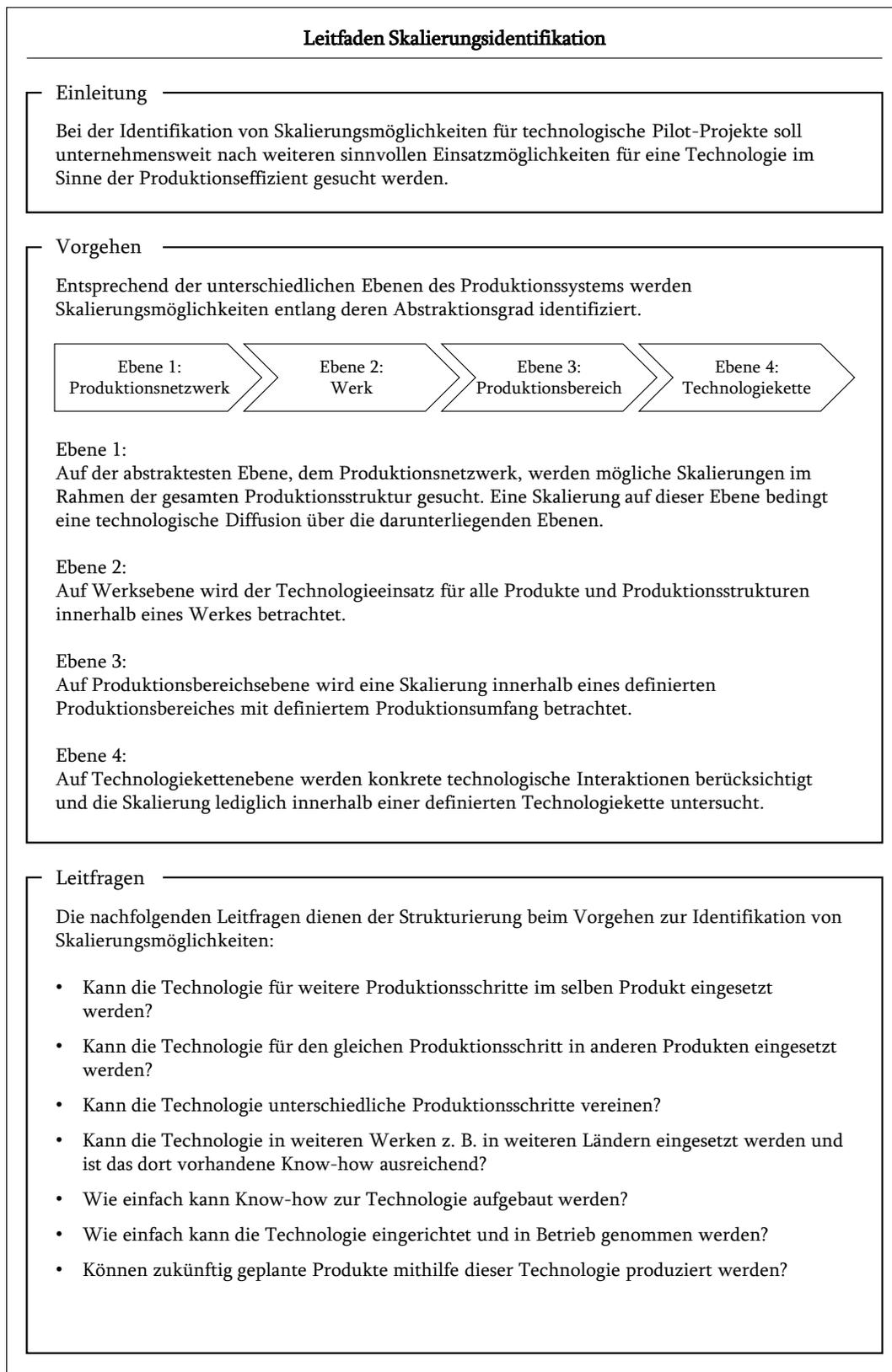


Abbildung A-16: Leitfaden zur Identifikation von Skalierungsmöglichkeiten eines Pilot-Cases

H. Leitfaden zur Identifikation strategischer Technologieparameter

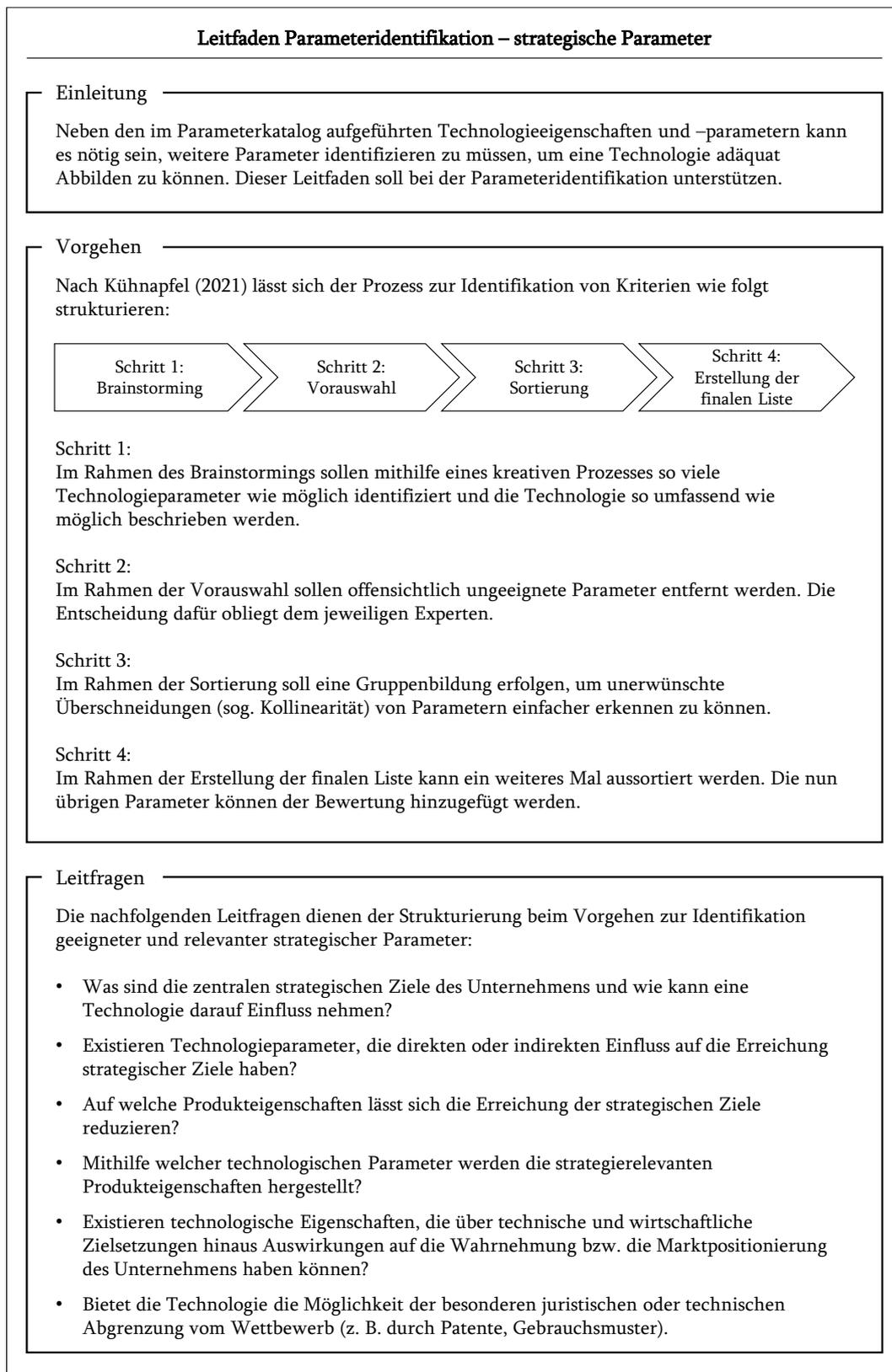


Abbildung A-17: Leitfaden zur Identifikation ergänzender strategischer Parameter

I. Vereinfachter Technologiesteckbrief

Technologiesteckbrief	
Allgemeine Angaben	
Bezeichnung	Abteilung und Verantwortlicher
Allgemeine Angaben	
Bild oder Skizze	Kurzbeschreibung
	Anwendungsbereiche
Einordnung in Wertstrom	
Technologische Details	
Relevante technologische Parameter	Mögliche Substitutionstechnologien
Phase der Technologieentwicklung	Phase in Tech-Radar
Kommentare	

Abbildung A-18: Vorlage für einen vereinfachten Technologiesteckbrief

J. Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends

Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends – Teil 1 von 3

Allgemeines

Der nachfolgende Rechercheleitfaden soll bei der Identifikation technologischer Trends unterstützen. Zu diesem Zweck werden die unterschiedlichen, in der Arbeit vorgestellten, Quellen und Rechercheansätze erläutert und konkrete Ansatzpunkte bereitgestellt.

Analyse von Beratungsunternehmen

Vorgehen

Zahlreiche Beratungsunternehmen führen in regelmäßigen Abständen Studien und Trend-Analysen zu unterschiedlichen technologischen Schwerpunkten durch. Die meisten dieser Studien oder Analysen sind über das Internet frei zugänglich und über eine einfache Google-Recherche zu finden. Viele der Beratungsunternehmen bewerben diese zudem aktiv über ihre Newsletter, zu denen man sich in der Regel kostenfrei anmelden kann.

Mögliche Quellen

- Gartner Hype Cycle
- Deloitte Tech Trends
- Capgemini IT Trends
- McKinsey Global Trends

Forschungsprojekte

Vorgehen

Forschungsprojekte renommierter Universitäten, Institute oder Forschungseinrichtungen verfolgen meist relevante technologische Trends. Informationen zu den aktuellen Forschungsprojekten oder thematischen Schwerpunkten lassen sich meist auf den jeweiligen Homepages finden. Zur tiefergehenden Diskussion der Themen kann zusätzlich Kontakt per Telefon oder E-Mail mit der zuständigen Person hergestellt werden.

Mögliche relevante Forschungsstellen

- Massachusetts Institute of Technology
- California Institute of Technology
- ETH Zürich
- University of Oxford
- Technische Universität München
- Stanford University
- Fraunhofer Institute
- Max-Planck-Gesellschaft

Abbildung A-19: Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 1 von 3

Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends – Teil 2 von 3

Allgemeines

Der nachfolgende Rechercheleitfaden soll bei der Identifikation technologischer Trends unterstützen. Zu diesem Zweck werden die unterschiedlichen, in der Arbeit vorgestellten, Quellen und Rechercheansätze erläutert und konkrete Ansatzpunkte bereitgestellt.

Fachliteraturrecherche

Vorgehen

Durch die Wissenschaft und industrielle Akteure werden kontinuierlich Beiträge beispielsweise in Form von Dissertationen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Fachbüchern, Studien oder Konferenzbeiträgen generiert. Eine Vielzahl dieser Beiträge lassen sich frei zugänglich oder gegen geringe Gebühren im Internet abrufen. Hierzu kann eine Recherche der identifizierten Themen und Technologien über die nachfolgend aufgezählten Quellen und Plattformen erfolgen. Dabei kann im Rahmen einer ersten Vorauswahl lediglich der Abstract bzw. die Zusammenfassung des Beitrages untersucht und nach Relevanz klassifiziert werden.

Aufgrund der Vielzahl an Quellen und Beiträgen kann die Recherche schnell zeit- und ressourcenaufwändig werden. Daher bietet es sich an, die Suche auf die für das Themenfeld relevantesten Universitäten, Forschungseinrichtungen oder Autoren einzugrenzen.

Mögliche Quellen

- Google Scholar
- ResearchGate
- Fraunhofer Publica
- Web of Science
- Scopus
- Bibliotheken / Universitätsbibliotheken

Fachmessen

Vorgehen

Fachmessen stellen eine umfassende Plattform für Unternehmen und Forschungseinrichtungen da, um den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung zu präsentieren. Neben der reinen Ausstellung von Technologie finden im Rahmen von Fachmessen zumeist Diskussionsrunden und Vorträge statt. Es sollten daher mehrere relevante Messen identifiziert und besucht werden, um die für die jeweilige Branche bedeutenden Trends ausfindig machen zu können. Die Themen der Vorträge und Diskussionsrunden sind zudem meist im Vorfeld der Messe bekannt und sollten im Rahmen der Messenvorbereitung hinsichtlich ihrer Relevanz kategorisiert und für den Besuch eingeplant werden. Es empfiehlt sich zu jedem Messebesuch einen aussagekräftigen Bericht zu verfassen, um die wichtigsten Informationen und Eindrücke zu dokumentieren.

Mögliche Messen

- IFA
- CeBIT
- Automatica
- IAA
- CastForge
- EMO
- FormNext
- Hannover Messe

Abbildung A-20: Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 2 von 3

Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends – Teil 3 von 3

Allgemeines

Der nachfolgende Rechercheleitfaden soll bei der Identifikation technologischer Trends unterstützen. Zu diesem Zweck werden die unterschiedlichen, in der Arbeit vorgestellten, Quellen und Rechercheansätze erläutert und konkrete Ansatzpunkte bereitgestellt.

Start-up-Analyse

Vorgehen

Junge, innovative Unternehmen, sog. Start-ups, sind oftmals Vorreiter bei der Entwicklung neuer Technologien und Trends. Um einen Überblick über die Aktivitäten und die thematischen Schwerpunkte dieser Unternehmen zu erhalten kann auf Plattformen zurückgegriffen werden, die sich auf die Analyse eben dieser Unternehmen spezialisiert haben. Da die Start-up-Szene eine Art eigenen Ökosystem entwickelt hat, können oftmals sehr einfach und transparent Informationen über das Internet gesammelt werden. Die nachfolgenden Plattformen dienen dabei als vielversprechende Anlaufstellen.

Mögliche Quellen

- InnoSpot
- StartupDetector
- VentureDaily
- Deutsche-startups
- Gründerszene.de
- Angel.co
- WhatAventure
- Founderio.com

Patentdatenbanken

Vorgehen

Die Anzahl und Art von Patenten, die in einem bestimmten technologischen Feld angemeldet werden, kann eine Indikation für Trends und Aktivität in diesem Technologiefeld darstellen. Patentdatenbanken sind über die Internetseiten der relevanten Patentämter auf europäischer und nationaler (z. B. deutscher) Ebene abrufbar. Die Patentdatenbanken sind meist mithilfe einer eigenen Suchmaske durchsuchbar.

Relevante Datenbanken

- Europäische Patentsuche (www.epo.org)
- Deutsche Patentsuche (www.register.dpma.de)

Abbildung A-21: Rechercheleitfaden zur Identifikation technologischer Trends - Teil 3 von 3

K. Trendsteckbrief

Trendsteckbrief	
Allgemeine Angaben	
Oberbegriff des Trends	Abteilung und Verantwortlicher
Trendbeschreibung	
Kurzbeschreibung	Technologien innerhalb des Trends
	Anwendungsbereiche
Sonstiges	
Quellen	Kommentare

Abbildung A-22: Vorlage für einen Trendsteckbrief

L. Vorlage zur Bedarfsdokumentation

Bedarfsdokumentation	
Allgemeine Angaben	
Oberbegriff des Bedarfes	Abteilung und Verantwortlicher
Grobbewertung	
Relevanz	Dringlichkeit
Bedarfsbeschreibung	
Beschreibung der Problemstellung	
Beschreibung der Zielsetzung	
Betroffene Prozessschritte und Wertstrombereiche	
Mögliche Lösungsansätze	
Relevante Parameter Ist vs. Soll	Lösungsideen

Abbildung A-23: Vorlage zur Bedarfsdokumentation

M. Trend-Mind-Map für den Anwendungsfall (Ausschnitt)

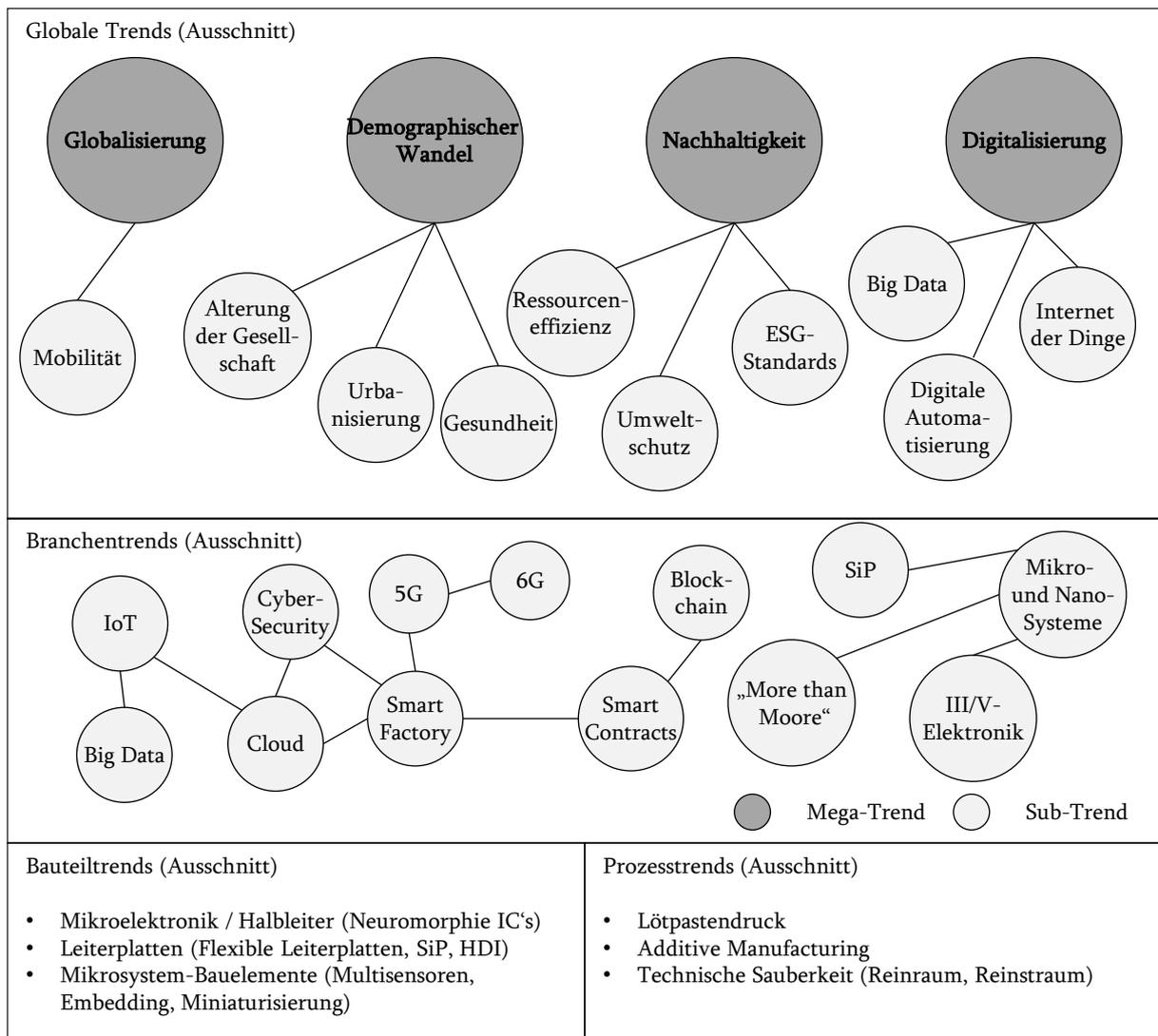


Abbildung A-24: Trend-Mind-Map für den Anwendungsfall (Ausschnitt)

N. Roadmap für strategische Technologieprojekte im Anwendungsfall

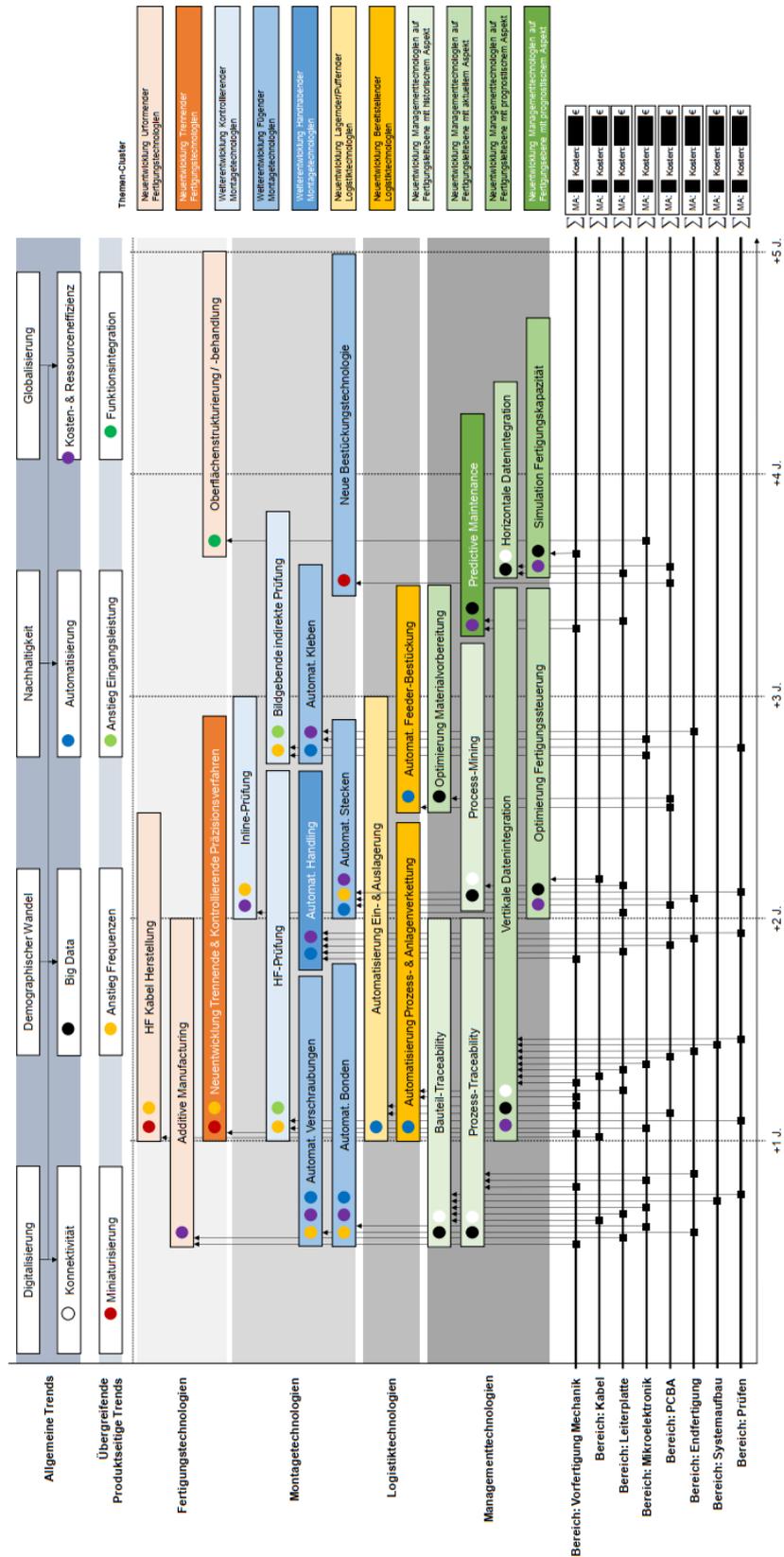


Abbildung A-25: Roadmap für strategische Technologieprojekte für den betrachteten Anwendungsfall

Literaturverzeichnis

ABELE 2006

Abele, T.: Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Universität Stuttgart. Heimsheim: Jost-Jetter 2006. ISBN: 3936947945. (IPA-IAO-Forschung und Praxis Nr. 441).

ABELE & REINHART 2011

Abele, E.; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Hanser 2011. ISBN: 3446425950.

AKAO 1990

Akao, Y.: Quality function deployment. Integrating customer requirements into product design. New York: Productivity Press 1990. ISBN: 1563273136.

ALBERS 2005

Albers, S.: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Strategie - Umsetzung - Controlling. Wiesbaden: Springer Gabler 2005. ISBN: 9783322907868.

ALISCH ET AL. 2004

Alisch, K.; Arentzen, U.; Winter, E.: Gabler Wirtschaftslexikon. Wiesbaden: Gabler Verlag 2004. ISBN: 978-3-663-01440-9.

ALLEN 2009

Allen, R. C.: The steam engine. In: Allen, R. C. (Hrsg.): The British industrial revolution in global perspective. Cambridge: Cambridge University Press 2009, S. 156-181. ISBN: 9780511816680.

AMMON 2009

Ammon, U.: Delphi-Befragung. In: Kühl, S. et al. (Hrsg.): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und Qualitative Methoden. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2009, S. 458-476. ISBN: 9783531915708.

ANSOFF & STEWART 1967

Ansoff, H. I.; Stewart, J. M.: Strategies for a technology-based business. Harvard Business Review 45 (1967) 6, S. 71-83.

ARDILIO 2013

Ardilio, A.: Eine Vorgehensweise zur strategischen Technologieentwicklungsplanung für Forschungseinrichtungen. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag 2013. ISBN: 3839605482. (Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement 6).

ARDILIO & LAIB 2008

Ardilio, A.; Laib, S.: Technologiepotenzialanalyse. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser 2008, S. 175-217. ISBN: 9783446417939.

BAUERNHANSL 2014

Bauernhansl, T.: Die Vierte Industrielle Revolution. In: Bauernhansl, T. et al. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden 2014, S. 5-36. ISBN: 978-3-658-04681-1.

BEA & HAAS 2019

Bea, F. X.; Haas, J.: Strategisches Management. 10. Aufl. Stuttgart: UVK Verlag 2019. ISBN: 9783838587530.

BECK 2018

Beck, B.: Identifikation und Klassifizierung von Einflussparametern zur Bewertung des Potenzials von Produktionstechnologien. (Bachelor Thesis). iwb, Technische Universität München. München (2018).

BERGMANN & LACKER 2009

Bergmann, L.; Lacker, M.: Denken in Wertschöpfung und Verschwendung. In: Behrens, G. (Hrsg.): Modernisierung kleiner und mittlerer unternehmen. Ein ganzheitliches konzept. [Place of publication not identified]: Springer 2009, S. 161-168. ISBN: 978-3-540-92926-0.

BILSING 2007

Bilsing, A.: Kennzahlengestützte Bewertung der technologischen Leistungsfähigkeit der Fertigung im Werkzeug- und Formenbau. Aachen: Shaker 2007. ISBN: 3832261540. (Berichte aus der Produktionstechnik 2007, 11).

BINDER & KANTOWSKY 1996

Binder, V. A.; Kantowsky, J.: Technologiepotentiale. Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des Strategischen Technologiemanagements. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 1996. ISBN: 9783663090328.

BLEICHER 2011

Bleicher, K.: Das Konzept Integriertes Management. 7. Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verlag 2011. ISBN: 3593376342.

BLESSING & CHAKRABARTI 2009

Blessing, L. T.; Chakrabarti, A.: DRM, a Design Research Methodology. London: Springer 2009. ISBN: 9781848825864.

BOOS ET AL. 2011

Boos, W.; Völker, M.; Schuh, G.: Grundlagen des Managements produzierender Unternehmen. In: Schuh, G. et al. (Hrsg.): Strategie und Management produzierender Unternehmen. Handbuch Produktion und Management 1. Berlin: Springer 2011, S. 1-62. ISBN: 978-3-642-14501-8.

BRODBECK 1999

Brodbeck, H.: Strategische Entscheidungen im Technologie-Management. Relevanz und Ausgestaltung in der unternehmerischen Praxis. Zürich: Verlag Industrielle Organisation 1999. ISBN: 3857436026. (Technology, innovation and management 2).

BULLINGER 1994a

Bullinger, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 1994. ISBN: 978-3-322-84859-8.

BULLINGER 1994b

Bullinger, H.-J.: Was ist Technikfolgenabschätzung? In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung (TA). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 1994, S. 3-31. ISBN: 9783322871930.

BULLINGER 1996

Bullinger, H.-J.: Technologiemanagement. In: Eversheim, W. et al. (Hrsg.): Produktion und Management. Betriebshütte. 7 Aufl. Berlin: Springer 1996, 4.26-4.54. ISBN: 3540593608.

BULLINGER 2002

Bullinger, H.-J.: Technologiemanagement. Forschen und Arbeiten in einer vernetzten Welt. Berlin: Springer 2002. ISBN: 9783642563478.

BULLINGER 2009

Bullinger, H.-J.: Technology Guide. Principles - Applications - Trends. Berlin 2009. ISBN: 9783540885467.

BURGELMAN ET AL. 2009

Burgelman, R. A.; Christensen, C. M.; Wheelwright, S. C.: Strategic management of technology and innovation. 5. Aufl. Boston: McGraw-Hill 2009. ISBN: 0073381543.

BURGSTAHLER 1997

Burgstahler, B.: Synchronisation von Produkt- und Produktionsentwicklung mit Hilfe eines Techniekalenders. Essen: Vulkan-Verlag 1997. ISBN: 380278636X. (Schriftenreihe des IWF).

CETINDAMAR ET AL. 2009

Cetindamar, D.; Phaal, R.; Probert, D.: Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities. *Technovation* 29 (2009) 4, S. 237-246.

CHRISTENSEN 2008

Christensen, C. M.: The innovator's dilemma. When new technologies cause great firms to fail. Boston 2008. ISBN: 0875845851. (The management of innovation and change series).

CLARK 1962

Clark, C. E.: The PERT Model for the Distribution of an Activity Time. *Operations Research* 10 (1962) 3, S. 405-406.

COOPER 1979

Cooper, R. G.: Identifying industrial new product success: Project NewProd. *Industrial Marketing Management* 8 (1979) 2, S. 124-135.

COOPER 2007

Cooper, R. G.: Managing technology development projects. *IEEE Engineering Management Review* 35 (2007) 1, S. 67.

DEMARCO & LISTER 2003

DeMarco, T.; Lister, T.: *Bärentango. Mit Risikomanagement Projekte zum Erfolg führen.* München: Hanser 2003. ISBN: 3446223339.

DILLERUP & STOI 2016

Dillerup, R.; Stoi, R.: *Unternehmensführung. Management & Leadership: Strategien, Werkzeuge, Praxis.* 5. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen 2016. ISBN: 9783800651139.

DOBLER ET AL. 2021

Dobler, R.; Hofer, A.; Martin, M.; Reinhart, G.: Prognose produktionstechnischer Defizite. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 116 (2021) 3, S. 100-105.

DÖNITZ 2009

Dönitz, E. J.: *Effizientere Szenariotechnik durch teilautomatische Generierung von Konsistenzmatrizen.* Wiesbaden: Gabler 2009. ISBN: 978-3-8349-1668-6.

DOSI 1982

Dosi, G.: Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy* 11 (1982) 3, S. 147-162.

DOWLING & HÜSIG 2002

Dowling, M.; Hüsigg, S.: Technologiestrategie. In: Specht, D. et al. (Hrsg.): *Gabler Lexikon Technologie Management. Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen*. Wiesbaden: Gabler 2002. ISBN: 9783322823670.

DU PREEZ & LOUW 2008

Du Preez, N. D.; Louw, L.: A framework for managing the innovation process. In: Kocaoglu, D. F. (Hrsg.): *Portland International Conference on Management of Engineering & Technology, 2008, Portland International Conference on Management of Engineering & Technology (PICMET)*. Cape Town, 27 - 31 July 2008. Piscataway, NJ: IEEE 2008. ISBN: 9781890843175.

DYCKHOFF 1994

Dyckhoff, H.: *Betriebliche Produktion. Theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft*. Berlin: Springer 1994. ISBN: 9783642579592.

ERLACH 2007

Erlach, K.: *Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik*. Berlin: Springer 2007. ISBN: 9783540371922.

EVERSHEIM 1996

Eversheim, W.: *Organisation in der Produktionstechnik. Band 1: Grundlagen*. Berlin: Springer 1996. ISBN: 9783642877377.

EVERSHEIM ET AL. 2002

Eversheim, W.; Hachmöller, K.; Knoche, M.; Walker, R.: *Vorsprung durch richtige Technologieentscheidungen*. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 97 (2002) 5, S. 251-253.

DIN 8580

Deutsche Industrienorm 8580, DIN 8580:2003-09: *Fertigungsverfahren- Begriffe, Einteilung*. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2003-09.

FIEBIG 2004

Fiebig, C.: *Synchronisation von Fabrik- und Technologieplanung*. Düsseldorf 2004. ISBN: 3183165163. (Fortschritt-Berichte VDI Reihe 16, Technik und Wirtschaft 165).

FORD & RYAN 1981

Ford, D.; Ryan, C.: Taking technology to market. Harvard Business Review 59 (1981) 2, S. 117-126.

FÖRSTER & FÖRSTER 2018

Förster, R.; Förster, A.: Einführung in die Fertigungstechnik. Lehrbuch für Studenten ohne Vorpraktikum. Berlin: Springer 2018. ISBN: 9783662547021.

FOSTER 1986

Foster, R. N.: Innovation. The attacker's advantage. New York: Summit Books 1986. ISBN: 0671622501.

FRIES & LIENKAMP 2016

Fries, M.; Lienkamp, M.: Technology assesement based on growth functions for prediction of future development trends and the maximum achieveable potential. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): IEEM 2016, 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Bali, Indonesia, 12/4/2016 - 12/7/2016. Piscataway, NJ: IEEE 2016, S. 1563-1568. ISBN: 978-1-5090-3665-3.

FRITZ 2018

Fritz, Alfred Herbert (Hrsg.): Fertigungstechnik. 12. Aufl. Berlin: Springer 2018. ISBN: 9783662565353.

GÄRTNER 2019

Gärtner, Q.: Methodik zur Identifikation und Bewertung von potenzialträchtigen Produktionstechnologien. (Semesterarbeit). Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München. München (2019).

GÄRTNER 2020

Gärtner, Q.: Methodik zur Planung von Innovationsprojekten im Rahmen des strategischen Technologiemanagements in der Produktion. (Master Thesis). Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München. München (2020).

GAUSEMEIER ET AL. 2006

Gausemeier, J.; Stollt, G.; Wenzelmann, C.: Szenariogestützte Technologieplanung. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 101 (2006) 6, S. 349-355.

GAUSEMEIER ET AL. 2016

Gausemeier, J.; Pfänder, T.; Lehner, A.-C.: Strategische Unternehmensführung mit Szenario-Management. In: Spath, D. et al. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin: Springer 2016, S. 1-13. ISBN: 978-3-642-45370-0.

GERPOTT 2013

Gerpott, T. J.: Strategisches Technologie-- und Innovationsmanagement. 2. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag 2013. ISBN: 9783799262842.

GHEMAWAT 1991

Ghemawat, P.: Commitment. New York: Free Press 1991. ISBN: 9781439106174.

GLÄSER & LAUDEL 2010

Gläser, J.; Laudel, G.: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 4. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag 2010.

ISBN: 9783531172385.

GOMERINGER 2007

Gomeringer, A.: Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte. Heimsheim: Jost-Jette 2007. ISBN: 9783939890157. (IPA-IAO Forschung und Praxis 460).

GÖTZE 2014

Götze, U.: Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 7. Aufl. Berlin: Springer 2014. ISBN: 9783642546228.

GRAWATSCH 2005

Grawatsch, M.: TRIZ-basierte Technologiefrüherkennung. Aachen: Shaker 2005. ISBN: 383224624X. (Berichte aus der Produktionstechnik 19/2005).

GREITEMANN 2016

Greitemann, J.: Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien. (Dissertation). Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München. München (2016).

HAAG ET AL. 2011

Haag, C.; Schuh, G.; Kreysa, J.; Schmelter, K.: Technologiebewertung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 309-366. ISBN: 9783642125300.

HÄDER 2014

Häder, M.: Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer 2014. ISBN: 9783658019280.

HÄDER 2015

Häder, M.: Empirische Sozialforschung. Wiesbaden: Springer 2015. ISBN: 978-3-531-19674-9.

VDI 2860

VDI 2860: Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.

HÄRDLER ET AL. 2016

Härdler, Jürgen; Gonschorek, Torsten; Walter, Angela; Gestring, Ingo; Schwarz, Matthias; Büchner, Angelika; Gonschorek, Dietmar; Gruber, Joachim; Brenzke, Dieter; Mietke, Romy; Strunz, Herbert; Dorsch, Monique; Munkelt, Torsten; Völker, Sven; Zirkler, Bernd; Jung, Robin (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure. Lehr- und Praxisbuch. 6. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig 2016. ISBN: 9783446443648.

HAUSCHILDT ET AL. 2016

Hauschildt, J.; Salomo, S.; Schultz, C.; Kock, A.: Innovationsmanagement. 6. Aufl. München: Franz Vahlen 2016. ISBN: 9783800647293.

HAWER ET AL. 2018

Hawer, S.; Schönmann, A.; Reinhart, G.: Guideline for the Classification and Modelling of Uncertainty and Fuzziness. Procedia CIRP 67 (2018), S. 52-57.

HAWER 2020

Hawer, S.: Planung veränderungsfähiger Fabrikstrukturen auf Basis unscharfer Daten. (Dissertation). Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München. München (2020).

HEINEN ET AL. 2008

Heinen, T.; Rimpau, C.; Wörn, A.: Wandlungsfähigkeit als Ziel der Produktionssystemgestaltung. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Hannover: Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek; PZH Produktionstechnisches Zentrum 2008, S. 19-32. ISBN: 9783939026969.

HELFRICH 2016

Helfrich, H.: Wissenschaftstheorie für Betriebswirtschaftler. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler 2016. ISBN: 9783658070366.

HEROLD 2021

Herold, S.: Strategische Technologieplanung am Beispiel der Automobilen Service Robotik. Vulkan (2021).

HERRMANN 2010

Herrmann, C.: Ganzheitliches Life Cycle Management. Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Berlin: Springer 2010. ISBN: 9783642014215.

HEUBACH ET AL. 2008

Heubach, D.; Slama, A.; Rüger, M.: Der Technologieentwicklungsprozess. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser 2008, S. 13-43. ISBN: 9783446417939.

HÖCHERL 2000

Höcherl, I.: Das S-Kurven-Konzept im Technologiemanagement. Eine kritische Analyse. Frankfurt am Main: Lang 2000. ISBN: 363135858X. (Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft 2564).

HOFER ET AL. 2019

Hofer, A.; Schnell, J.; Beck, B.; Reinhart, G.: Potential-based Technology Planning for Production Companies. Procedia CIRP 81 (2019), S. 1400-1405.

HOFER ET AL. 2020a

Hofer, A.; Brandl, F.; Bauer, H.; Haghi, S.; Reinhart, G.: A Framework for Managing Innovation Cycles in Manufacturing Systems. Procedia CIRP 93 (2020), S. 771-776.

HOFER ET AL. 2020b

Hofer, A.; Repp, C.; Klages, B.: Strategisches Technologiemanagement in der Produktion. Eine Studie zu industriellem Einsatz, Defiziten und Chancen. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 115 (2020) 9, S. 559-562.

HOFER ET AL. 2021

Hofer, A.; Pemsel, B.; Putz, M.: Potenzialbasierte Bewertung innovativer Technologien in der Produktion. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 116 (2021) 5, S. 294-298.

HÖFT 1992

Höft, U.: Lebenszykluskonzepte. Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement. Berlin: Schmidt 1992. ISBN: 3503033157. (Technological economics 46).

HUNGENBERG 2014

Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen. Ziele - Prozesse - Verfahren. 8. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler 2014. ISBN: 9783658066819.

JOLLY 2003

Jolly, D.: The issue of weightings in technology portfolio management. Technovation 23 (2003) 5, S. 383-391.

KAISER 2014

Kaiser, R.: Qualitative Experteninterviews. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014.
ISBN: 978-3-658-02478-9.

KERN 1974

Kern, W.: Investitionsrechnung. Stuttgart: Poeschel 1974. ISBN: 3791001612.

KLAPPERT 2006

Klappert, S.: Systembildendes Technologie-Controlling. Aachen: Shaker 2006.
ISBN: 3832248714. (Berichte aus der Produktionstechnik 2006, 4).

KLAPPERT ET AL. 2011a

Klappert, S.; Schuh, G.; Aghassi, S.: Einleitung und Abgrenzung. In: Schuh, G. (Hrsg.):
Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin:
Springer 2011, S. 5-10. ISBN: 9783642125300.

KLAPPERT ET AL. 2011b

Klappert, S.; Schuh, G.; Möller, H.; Nollau, S.: Technologieentwicklung. In: Schuh, G.
(Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl.
Berlin: Springer 2011, S. 223-240. ISBN: 9783642125300.

KLOCKE 2009

Klocke, F.: Production Technology in High-Wage Countries. In: Schlick, C. M. (Hrsg.):
Industrial Engineering and Ergonomics. Visions, Concepts, Methods and Tools Festschrift
in Honor of Professor Holger Luczak. Berlin: Springer 2009, S. 13-30.
ISBN: 9783642425530.

KLOCKE 2017a

Klocke, F.: Fertigungsverfahren 2. Zerspanung mit geometrisch unbestimmter Schneide.
5. Aufl. Berlin: Springer 2017. ISBN: 9783662533109.

KLOCKE 2017b

Klocke, F.: Fertigungsverfahren 4. Umformen. 6. Aufl. Berlin: Springer 2017.
ISBN: 9783662547144.

KLOCKE 2018a

Klocke, F.: Fertigungsverfahren 1. Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide.
9. Aufl. Berlin: Springer 2018. ISBN: 9783662542071.

KLOCKE 2018b

Klocke, F.: Fertigungsverfahren 5. Gießen und Pulvermetallurgie. 5. Aufl. Berlin: Springer
2018. ISBN: 9783662547281.

KLOCKE & KÖNIG 2007

Klocke, F.; König, W.: Fertigungsverfahren 3. Abtragen, Generieren
Lasermaterialbearbeitung. 4. Aufl. Berlin: Springer 2007. ISBN: 9783540489542.

KOETHER ET AL. 2017

Koether, R.; Sauer, A.; Odening, D.: Fertigungstechnik für Wirtschaftsingenieure. 5. Aufl.
München: Hanser 2017. ISBN: 9783446454538.

KUBICEK 1976

Kubicek, H.: Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesign als
Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung. Berlin: Institut für
Unternehmensführung 1976. ISBN: 3883980161. (Arbeitspapier / Institut für
Unternehmensführung im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Freien Universität
Berlin 16).

KÜHNAPFEL 2021

Kühnapfel, J. B.: Scoring und Nutzwertanalysen. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2021.
ISBN: 978-3-658-34809-0.

KUSTER ET AL. 2011

Kuster, J.; Huber, E.; Lippmann, R.; Schmid, A.; Schneider, E.; Witschi, U.; Wüst, R.:
Handbuch Projektmanagement. 3. Aufl. Berlin: Springer 2011. ISBN: 9783642212437.

KYLÄHEIKO ET AL. 2011

Kyläheiko, K.; Jantunen, A.; Puumalainen, K.; Luukka, P.: Value of knowledge—
Technology strategies in different knowledge regimes. International Journal of Production
Economics 131 (2011) 1, S. 273-287.

LANGER & LINDEMANN 2009

LANGER & LINDEMANN: Managing Cycles in Development Processes - Analysis and
Classification of External Context Factors, International Conference on Engineering
Design (ICED). Stanford, CA, 24. - 27. August 2009. 2009. (1).

LICHTENTHALER 2002

Lichtenthaler, E. R.: Organisation der Technology Intelligence. Eine empirische
Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven
Grossunternehmen. Zürich: Verlag Industrielle Organisation 2002. ISBN: 3857436050.
(Technology, innovation and management 5).

LICHTENTHALER 2008

Lichtenthaler, E.: Methoden der Technologie-Früherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl. In: Möhrle, M. G. et al. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping. Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 3 Aufl. Berlin: Springer 2008, S. 59-84. ISBN: 978-3-540-74755-0.

LOTTER 2006a

Lotter, B.: Die Primär-Sekundär-Analyse. In: Lotter, B. et al. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. Berlin: Springer 2006, S. 59-94. ISBN: 3-540-21413-5.

LOTTER 2006b

Lotter, B.: Einführung. In: Lotter, B. et al. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Ein Handbuch für die Praxis. Berlin: Springer 2006, S. 1-9. ISBN: 3-540-21413-5.

MALCOLM ET AL. 1959

Malcolm, D. G.; Roseboom, J. H.; Clark, C. E.; Fazar, W.: Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation. Operations Research 7 (1959) 5, S. 646-669.

MANKINS 1995

Mankins, J. C.: Technology Readiness Levels. 1995.

MARTINI 1995

Martini, C. J.: Marktorientierte Bewertung neuer Produktionstechnologien. (Dissertation) Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften. St. Gallen (1995).

MEYER & DANG-XUAN 2010

Meyer, J.-A.; Dang-Xuan, L.: Strategien von kleinen und mittleren Unternehmen. In: Meyer, J.-A. (Hrsg.): Strategien von kleinen und mittleren Unternehmen. 1 Aufl. Lohmar: Eul 2010. ISBN: 9783899369113.

MILBERG 2005

Milberg, J.: Deutschland eine starke Marke - ein Beitrag zur Leitbilddiskussion in Deutschland. In: Brecher, C. et al. (Hrsg.): Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik. Aachen: Shaker 2005, S. 1-16. ISBN: 383223988X.

MOCH 2011

Moch, D.: Strategischer Erfolgsfaktor Informationstechnologie. Analyse des Wertbeitrags der Informationstechnologie zur Produktivitätssteigerung und Produktdifferenzierung. Wiesbaden: Springer Gabler 2011. ISBN: 978-3-8349-2705-7. (Gabler Research).

MOWERY & ROSENBERG 1979

Mowery, D.; Rosenberg, N.: The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy* 8 (1979) 2, S. 102-153.

MÜLLER 2008

Müller, S.: Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen. München: Utz 2008. ISBN: 978-3-8316-0750-1. (IWB Forschungsberichte 209).

MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2016

Müller-Stewens, G.; Lechner, C.: Strategisches Management. Wie strategische Initiativen zum Wandel führen. 5. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2016. ISBN: 9783791034393.

NAU 2012

Nau, B.: Anlauforientierte Technologieplanung zur Auswahl von Fertigungstechnologien. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT. Aachen: Apprimus 2012. ISBN: 9783863590642. (Edition Wissenschaft Apprimus 2012, 10).

NEEMANN & SCHUH 2011

Neemann, C. W.; Schuh, G.: Technologieschutz. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 283-308. ISBN: 9783642125300.

NEYER & ASENDORPF 2018

Neyer, F. J.; Asendorpf, J.: Psychologie der Persönlichkeit. 6. Aufl. Berlin: Springer 2018. ISBN: 9783662549421.

NORMAN 2008

Norman, E. S.: Work Breakdown Structures. The Foundation for Project Management Excellence. 1. Aufl. Hoboken: John Wiley & Sons Incorporated 2008. ISBN: 9781118276921.

PEIFFER 1992

Peiffer, S.: Technologie-Frühaufklärung. Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung. Universität Duisburg. Hamburg: Steuer- und Wirtschaftsverlag 1992. ISBN: 3891618530. (Duisburger betriebswirtschaftliche Schriften 3).

PERILLIEUX 1987

Perillieux, R.: Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement. Früher oder später Einstieg bei technischen Produktinnovationen? Technische Hochschule Darmstadt. Berlin: Schmidt 1987. ISBN: 3503026800. (Technological economics 25).

PFEIFFER ET AL. 1982

Pfeiffer, W.; Metze, G.; Schneider, W.; Amler, R.: Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder. 1. Aufl. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1982. ISBN: 3525125550. (Innovative Unternehmensführung 7).

PFEIFFER & DÖGL 1990

Pfeiffer, W.; Dögl, R.: Das Technologie-Portfolio-Konzept zur Beherrschung der Schnittstelle Technik und Unternehmensstrategie. In: Hahn, D. et al. (Hrsg.): Strategische Unternehmensplanung / Strategische Unternehmensführung. Heidelberg: Physica-Verlag 1990, S. 254-282. ISBN: 978-3-662-41485-9.

PFEIFFER & WEIß 1995

Pfeiffer, W.; Weiß, E.: Methoden zur Analyse und Bewertung technologischer Alternativen. In: Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1995, S. 663-680. ISBN: 3791007580.

POGUNTKE 2014

Poguntke, S.: Corporate Think Tanks. Zukunftsgerichtete Denkfabriken, Innovation Labs, Kreativforen and Co. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014. ISBN: 9783658043186.

PORST 2014

Porst, R.: Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 4. Aufl. Wiesbaden: Springer 2014. ISBN: 978-3-658-02117-7.

PORTER 1983

Porter, M. E.: The technological dimension of competitive strategy. In: Rosenbloom, R. S. (Hrsg.): Research on Technological Innovation, Management and Policy. A Research Annual. Greenwich: JAI Press Inc. 1983, S. 1-33. (1).

PORTER 1999

Porter, M. E.: Wettbewerbsstrategie. Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten. 10. Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verlag 1999. ISBN: 3593361779.

PORTER 2004

Porter, M. E.: Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance. New York, NY: Free Press 2004. ISBN: 0743260872.

PORTER 2014

Porter, M. E.: Wettbewerbsvorteile. Spitzenleistungen erreichen und behaupten = (Competitive Advantage). 8. Aufl. Frankfurt am Main: Campus-Verlag 2014. ISBN: 3593500485.

PROBST & GOMEZ 1991

Probst, G. J.; Gomez, P.: Die Methodik des vernetzten Denkens zur Lösung komplexer Probleme. In: Probst, G. J. B. et al. (Hrsg.): Vernetztes Denken. Ganzheitliches Führen in der Praxis. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler 1991, S. 3-22. ISBN: 3409233571.

PÜMPIN 1990

Pümpin, C.: Das Dynamik-Prinzip. Zukunftsorientierungen für Unternehmer und Manager. 2. Aufl. Düsseldorf: ECON Verlag 1990. ISBN: 3430176077.

QIAN 2002

Qian, Y.: Strategisches Technologiemanagement im Maschinenbau. (Dissertation). Betriebswirtschaftliches Institut, Universität Stuttgart. Stuttgart (2002).

REINHARDT 2013

Reinhardt, S. K.: Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung. München: Utz 2013. ISBN: 9783831643172. (Forschungsberichte IWB 278).

REINHART ET AL. 2012

Reinhart, G.; Greitemann, J.; Schindler, S.: Strategische Frühaufklärung und Auswahl von Technologieketten für die Produktion. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung, 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Berlin, 06.12.2012 2012. (HNI-Verlagsschriftenreihe 306).

REINHART & SCHINDLER 2010

Reinhart, G.; Schindler, S.: A Strategic Evaluation Approach For Defining The Maturity Of Manufacturing Technologies. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering 4 (2010) 11.

REINHART & ZÜHLKE 2017

Reinhart, G.; Zühlke, D.: Von CIM zu Industrie 4.0. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München 2017, S. XXXI-XXXV. ISBN: 9783446449893.

REMINGER 1990

Reminger, B.: Expertensystem zur Unterstützung der strategischen Technologieplanung. Berlin: Schmidt 1990. ISBN: 3503028714. (Technological economics 35).

RENZ 2004

Renz, K.-C.: Technologiestrategien in wachsenden und schnell wachsenden Unternehmen. Heimsheim: Jost-Jetter 2004. ISBN: 3936947422. (IPA-IAO-Forschung und Praxis 406).

DIN ISO 31000

Deutsche Industrienorm 31000, DIN ISO 31000:2018-10: Risikomanagement. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2018-10.

ROTHERING 1990

Rothering, C.: Forschungs- und Entwicklungskooperationen zwischen Unternehmen. Eine empirische Analyse. Stuttgart: Poeschel 1990. ISBN: 3791005189. (Management von Forschung, Entwicklung und Innovation 4).

ROTHER ET AL. 2018

Rother, M.; Shook, J.; Wiegand, B.; Womack, J. P.; Jones, D. T.: Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Mülheim an der Ruhr: Lean Management Institut 2018. ISBN: 3980952118.

ROTHWELL 1992

Rothwell, R.: Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. R & D Management 22 (1992) 3, S. 221-240.

SCHIMPF & RUMMEL 2015

Schimpf, S.; Rummel, S.: Bewertung von technologischen Entwicklungen. In: Warschat, J. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung ; Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes syncTech - synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag 2015, S. 46-61. ISBN: 3839608813.

SCHIMPF & WAGNER 2010

Schimpf, S.; Wagner, F.: TechnologieAssessment. In: Spath, D. (Hrsg.): Technologiemonitoring. Technologien identifizieren, beobachten und bewerten. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag 2010, S. 29-33. ISBN: 9783839601747.

SCHINDLER 2015

Schindler, S.: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion. München: Utz 2015. ISBN: 3831644349. (Forschungsberichte IWB 294).

SCHMIDT 2002

Schmidt, M. J.: The business case guide. Cost of ownership, financial justification, return on investment, cost benefit analysis. 2. Aufl. Boston: Solution Matrix 2002. ISBN: 1929500017.

SCHMITZ 1996

Schmitz, W. J.: Methodik zur strategischen Planung von Fertigungstechnologien. Ein Beitrag zur Identifizierung und Nutzung von Innovationspotentialen. Aachen: Shaker 1996. ISBN: 3826511808. (Berichte aus der Produktionstechnik 96,1).

SCHMOOKLER 1966

Schmookler, J.: Invention and Economic Growth. Boston: Harvard University Press 1966. ISBN: 9780674432826.

SCHOEMAKER 1995

Schoemaker, P.: Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking. MIT Sloan Management Review 36 (1995) 2, S. 25-40.

SCHOLZ 2022

Scholz, P.: Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung. Aachen: Apprimus Wissenschaftsverlag 2022. ISBN: 9783985550517.

SCHÖNING 2006

Schöning, S.: Potenzialbasierte Bewertung neuer Technologien. Aachen: Shaker 2006. ISBN: 3-8322-4912-5. (Berichte aus der Produktionstechnik 2006,7).

SCHÖNMANN 2018

Schönmann, A. F.: Antizipative Identifikation produktionstechnologischer Substitutionsbedarfe durch Verwendung von Zyklusmodellen. (Dissertation). iwB, Technische Universität München. München (2018).

SCHRAFT ET AL. 1996

Schraft, R. D.; Eversheim, W.; Tönshoff, H., K.; Milberg, J.; Reinhart, G.: Planung von Produktionssystemen. In: Eversheim, W. et al. (Hrsg.): Produktion und Management. Betriebshütte. 7 Aufl. Berlin: Springer 1996. ISBN: 3540593608.

SCHUH ET AL. 2011a

Schuh, G.; Klappert, S.; Schubert, J.; Nollau, S.: Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 33-54. ISBN: 9783642125300.

SCHUH ET AL. 2011b

Schuh, G.; Klappert, S.; Moll, T.: Ordnungsrahmen Technologiemanagement. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 11-31. ISBN: 9783642125300.

SCHUH ET AL. 2011c

Schuh, G.; Kampker, A.; Stich, V.; Kuhlmann, K.: Prozessmanagement. In: Schuh, G. et al. (Hrsg.): Strategie und Management produzierender Unternehmen. Handbuch Produktion und Management 1. Berlin: Springer 2011, S. 327-382. ISBN: 978-3-642-14501-8.

SCHUH 2011

Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2. Aufl. Berlin: Springer 2011. ISBN: 9783642125300.

SCHUH ET AL. 2011d

Schuh, G.; Klappert, S.; Orilski, S.: Technologieplanung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 171-222. ISBN: 9783642125300.

SCHUH ET AL. 2011e

Schuh, G.; Drescher, T.; Beckermann, S.; Schmelter, K.: Technologieverwertung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 241-282. ISBN: 9783642125300.

SCHUH ET AL. 2011f

Schuh, G.; Aghassi, S.; Orilski, S.; Schubert, J.; Bambach, M.; Freudenberg, R.; Hinke, C.; Schiffer, M.: Technology roadmapping for the production in high-wage countries. *Production Engineering* 5 (2011) 4, S. 463-473.

SCHUH ET AL. 2016

Schuh, G.; Vogt, F.; Drescher, T.: Technology capability: Identification and assessment of technology and market specific exploitation options. *IOSR Journal of Business and Management* 18 (2016) 11, S. 90-103.

SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011

Schulte-Gehrmann, A.; Klappert, S.; Schuh, G.: Technologiestrategie. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 55-88. ISBN: 9783642125300.

SCHUMPETER 2013

Schumpeter, J. A.: Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmerrgewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus. 9. Aufl. Berlin: Duncker & Humblot 2013. ISBN: 3-428-07725-3.

SERVATIUS 1984

Servatius, H.-G.: Methodik des strategischen Technologie-Managements. Grundlage für erfolgreiche Innovationen. Berlin: Schmidt 1984. ISBN: 3503024956. (*Technological economics* 13).

SHEEN & GALLO 2015

Sheen, R.; Gallo, A.: HBR guide to building your business case. Boston: Harvard Business Review Press 2015. ISBN: 9781633690035.

SLAMA ET AL. 2012

Slama, A.; Potinecke, T.; Bullinger, H.-J.: Erfolgreiche Technologieentwicklung "Krisensicher in die Zukunft". Studie. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2012. ISBN: 9783839603789.

SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1986

Sommerlatte, T.; Deschamps, J.-P.: Der strategische Einsatz von Technologien. In: Little, A., D. (Hrsg.): Management im Zeitalter der Strategischen Führung. 2 Aufl. Wiesbaden: Springer 1986, S. 37-76. ISBN: 978-3-322-93117-7.

SPATH 2004

Spath, D.: Vorwort. In: Spath, D. (Hrsg.): Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen - Zukunft gestalten. München: Hanser 2004, S. V-X. ISBN: 3446229116.

SPATH & RENZ 2005

Spath, D.; Renz, K.-C.: Technologiemanagement. In: Albers, S. et al. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Wiesbaden: Gabler Verlag 2005, S. 229-246. ISBN: 978-3-322-90787-5.

SPATH & WARSCHAT 2008

Spath, D.; Warschat, J.: Innovation durch neue Technologien. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser 2008, S. 1-12. ISBN: 9783446417939.

SPUR & EßER 2013

Spur, G.; Eßer, G.: Innovationssystem Produktionstechnik. München: Hanser, Carl 2013. ISBN: 978-3-446-42912-3. (Hanser eLibrary).

STATISTA 2021

Statista: Zalando. Dossier.

<<https://de.statista.com/statistik/studie/id/22869/dokument/statista-dossier-zum-versandhaendler-zalando/>> - 14.05.2022.

STEINWENDER 2021

Steinwender, A.: Entwicklung eines Vorgehensmodells zur multikriteriellen bewertungsbasierten Potenzialanalyse additiver Fertigung. Institut für Managementwissenschaften, TU Wien. Wien (2021).

STREBEL 2007

Strebel, H.: Innovations- und Technologiemanagement. 2. Aufl. Wien: UTB 2007.
ISBN: 9783838524559. (2455).

TASCHNER 2017

Taschner, A.: Business Cases. Ein anwendungsorientierter Leitfaden. 3. Aufl. Wiesbaden:
Springer Gabler 2017. ISBN: 9783658146788.

VDI 3780

VDI 3780: Technikbewertung. Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

TIEFEL 2007

Tiefel, T.: Technologielebenszyklus-Modelle. In: Tiefel, T. (Hrsg.): Gewerbliche
Schutzrechte im Innovationsprozess. 1 Aufl. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag
2007, S. 25-49. ISBN: 3824408245. (Interdisziplinäres Patentmanagement).

TSCHIRKY 1998

Tschirky, H.: Konzept und Aufgaben des Integrierten Technologie-Managements.
In: Tschirky, H. et al. (Hrsg.): Technologie-Management. Idee und Praxis. Zürich: Orell
Füssli 1998, S. 193-394.

TSCHIRKY & KORUNA 1998

Tschirky, H.; Koruna, S. (Hrsg.): Technologie-Management. Idee und Praxis. Zürich: Orell
Füssli 1998.

ULRICH 1982

Ulrich, H.: Anwendungsorientierte Wissenschaft. Die Unternehmung 36 (1982) 1, S. 1-10.

ULRICH ET AL. 1984

Ulrich, H.; Dyllick, T.; Probst, G. J.: Management. Bern: Haupt 1984. ISBN: 325803446X.

ULRICH & HILL 1976a

Ulrich, P.; Hill, W.: Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre
(Teil I). WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium; Zeitschrift für Studium und
Forschung 5 (1976) 7, S. 304-309.

ULRICH & HILL 1976b

Ulrich, P.; Hill, W.: Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre
(Teil II). WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium; Zeitschrift für Studium und
Forschung 5 (1976) 8, S. 345-390.

UNTIEDT 2009

Untiedt, D.: Technologie Rating. Modell zur Bewertung der technologischen Leistungsfähigkeit produzierender Unternehmen. Aachen: Apprimus-Verl. 2009. ISBN: 3940565296. (Ergebnisse aus der Produktionstechnik Technologiemanagement 2009, 3).

VAHS & BREM 2015

Vahs, D.; Brem, A.: Innovationsmanagement. Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. 5. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag 2015. ISBN: 9783791034201.

VALERDI & KOHL 2004

Valerdi, R.; Kohl, R. J.: An approach to technology risk management. Engineering Systems Division Symposium 3 (2004), S. 29-31.

VAN DEN ENDE & DOLFSMA 2005

van den Ende, J.; Dolfsma, W.: Technology-push, demand-pull and the shaping of technological paradigms - Patterns in the development of computing technology. Journal of Evolutionary Economics 15 (2005) 1, S. 83-99.

VOEGELE 2012

Voegele, A.: Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure. Kostenmanagement im Engineering. München: Hanser 2012. ISBN: 9783446426177.

VOGEL-HEUSER ET AL. 2014

Vogel-Heuser, B.; Lindemann, U.; Reinhart, G.: Innovationsprozesse zyklensorientiert managen. Verzahnte Entwicklung von Produkt-Service Systemen. Berlin: Springer 2014. ISBN: 9783662449325.

VOIGT 2008

Voigt, K.-I.: Industrielles Management. Industriebetriebslehre aus prozessorientierter Sicht. Berlin: Springer 2008. ISBN: 9783540690092.

WALLENTOWITZ ET AL. 2009

Wallentowitz, H.; Freialdenhoven, A.; Olschewski, I.: Strategien in der Automobilindustrie. Technologietrends und Marktentwicklungen. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 2009. ISBN: 978-3-8348-0725-0.

WARNECKE ET AL. 1975

Warnecke, H.-J.; Löhr, H.-G.; Kiener, W.: Montagetechnik. Schwerpunkt der Rationalisierung. Mainz: Krausskopf 1975. ISBN: 9783783000986.

WARNECKE ET AL. 1996

Warnecke, H.-J.; Bullinger, H.-J.; Hichert, R.; Voegele, Arno, Alex: Kostenrechnung für Ingenieure. 5. Aufl. München: Hanser 1996. ISBN: 3446186956.

WARTBURG 2000

Wartburg, I. v.: Wissensbasiertes Management technologischer Innovationen. (Dissertation) Universität Zürich. Zürich (2000).

WEBER ET AL. 2018

Weber, W.; Kabst, R.; Baum, M.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 10. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler 2018. ISBN: 9783658182526.

WELLENSIEK ET AL. 2011

Wellensiek, M.; Schuh, G.; Hacker, P., A.; Saxler, J.: Technologiefrüherkennung. In: Schuh, G. (Hrsg.): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2. 2 Aufl. Berlin: Springer 2011, S. 89-170. ISBN: 9783642125300.

WESTKÄMPER 2009

Westkämper, E.: Turbulentes Umfeld von Unternehmen. In: Westkämper, E. et al. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionsunternehmen. Das Stuttgarter Unternehmensmodell. Berlin: Springer 2009, S. 7-23. ISBN: 978-3-540-21889-0.

WESTKÄMPER & BALVE 2009

Westkämper, E.; Balve, P.: Technologiemanagement in produzierenden Unternehmen. In: Bullinger, H.-J. et al. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin, Heidelberg: Springer 2009. ISBN: 978-3-540-72136-9.

WESTKÄMPER & WARNECKE 2011

Westkämper, E.; Warnecke, H.-J.: Einführung in die Fertigungstechnik. 8. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner 2011. ISBN: 9783834808356.

WIBE 2004

Wibe, S.: Engineering and economic laws of production. International Journal of Production Economics 92 (2004) 3, S. 203-206.

WIENDAHL ET AL. 2007

Wiendahl, H.-P.; ElMaraghy, H. A.; Nyhuis, P.; Zäh, M. F.; Wiendahl, H.-H.; Duffie, N.; Brieke, M.: Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation. CIRP Annals 56 (2007) 2, S. 783-809.

WIENDAHL ET AL. 2014

Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: Handbuch Fabrikplanung. Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. 2. Aufl. München: Hanser 2014. ISBN: 3446437029.

WÖHE ET AL. 2016

Wöhe, G.; Döring, U.; Brösel, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 26. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen 2016. ISBN: 9783800650002.

WOLFRUM 1991

Wolfrum, B.: Strategisches Technologiemanagement. Wiesbaden: Gabler 1991. ISBN: 9783663068938. (Neue betriebswirtschaftliche Forschung 77).

WÖRDENWEBER & WICKORD 2008

Wördenweber, B.; Wickord, W.: Technologie- und Innovationsmanagement im Unternehmen. Lean Innovation. 3. Aufl. Berlin: Springer 2008. ISBN: 9783540776949.

ZAHN 1986

Zahn, E.: Innovations- und Technologiemanagement. In: Zahn, E. (Hrsg.): Technologie- und Innovationsmanagement. Festgabe für Gert v. Kortzfleisch zum 65. Geburtstag. Berlin: Duncker & Humblot 1986. ISBN: 3428060962.

ZAHN 1995

Zahn, E.: Gegenstand und Zweck des Technologiemanagements. In: Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1995, S. 3-32. ISBN: 3791007580.

ZALANDO SE 2022

Zalando SE: Zalando-Tech-Radar. 2022.

ZANGEMEISTER 2000

Zangemeister, C.: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (EWA). Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein "3-Stufen-Verfahren" zur Arbeitssystembewertung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. 2. Aufl. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2000. ISBN: 3897015099. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Forschung 879).

ZEHNDER 1997

Zehnder, T.: Kompetenzbasierte Technologieplanung. Analyse und Bewertung technologischer Fähigkeiten im Unternehmen. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 1997. ISBN: 9783663086406.