

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik
am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)

**Methodik für die systematische Identifikation
von Produktionstechnologien**

Josef Greitemann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Christina Raasch

Die Dissertation wurde am 15.02.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 08.09.2016 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Formelverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Untersuchungsrahmen	2
1.2.1 Begriffsdefinitionen	2
1.2.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs	7
1.3 Zielsetzung der Arbeit	10
1.4 Aufbau der Arbeit	12
2 Stand der Forschung	15
2.1 Allgemeines	15
2.2 Technologiestrategie als Orientierung in der Technologiefrüherkennung	15
2.3 Relevante Ansätze zur Technologiefrüherkennung	16
2.3.1 Informationsbedarfsanalyse	23
2.3.2 Informationssuche	27
2.3.3 Informationsbewertung	32
2.4 Ausgewählte Methoden der Technologiefrüherkennung	36
2.4.1 Szenario-Analyse	36
2.4.2 Roadmapping	39
2.4.3 Portfolio-Analyse	41
2.5 Ableitung des Handlungsbedarfs	42
3 Methodik für die systematische Technologieidentifikation	47
3.1 Allgemeines	47
3.2 Anforderungen an die Methodik	47
3.2.1 Allgemeine Anforderungen	47
3.2.2 Praktische Anforderungen	48
3.3 Konzeption der Methodik	50
3.3.1 Allgemeines	50
3.3.2 Informationsquellen für die Technologieidentifikation	50
3.3.3 Rahmen zur Durchführung der Methodik	54
3.3.4 Ablauf der Methodik	55

3.3.5	Einordnung der Methodik in den Stand der Forschung	57
4	Detaillierung der Methodik	61
4.1	Allgemeines	61
4.2	Schritt 1: Suchfelddeduktion	61
4.2.1	Analyse der Produktionsaufgabe	62
4.2.2	Szenario-Analyse	64
4.2.3	Roadmapping	69
4.3	Schritt 2: Suchfeldauswahl	77
4.4	Schritt 3: Suchfeldbeschreibung	80
4.5	Schritt 4: Informationsquellenauswahl	82
4.5.1	Bestimmung der Phase des Technologielebenszyklus	83
4.5.2	Ermittlung der relevanten Informationsquellen .	85
4.6	Schritt 5: Informationssuche	86
4.6.1	Nomenklatur der Klassen von Informationsquellen zur Bildung von Suchpfaden	87
4.6.2	Analyse der Suchpfade	88
4.6.3	Vorgehen zur Informationssuche über geeignete Such- pfade	89
4.6.4	Dokumentation der Informationssuche	91
4.7	Schritt 6: Informationsbewertung	92
4.7.1	Implizite Informationsbewertung	93
4.7.2	Explizite Informationsbewertung	94
4.7.3	Dokumentation der Technologieidentifikation . .	96
5	Anwendung	99
5.1	Allgemeines	99
5.2	Anwendungsbeispiel	99
5.2.1	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	99
5.2.2	Schritt 1: Suchfelddeduktion	99
5.2.3	Schritt 2: Suchfeldauswahl	106
5.2.4	Schritt 3: Suchfeldbeschreibung	108
5.2.5	Schritt 4: Informationsquellenauswahl	110
5.2.6	Schritt 5: Informationssuche	112
5.2.7	Schritt 6: Informationsbewertung	113
5.3	Evaluation der entwickelten Methodik	114
5.3.1	Beurteilung der Anforderungen	114
5.3.2	Evaluation des Aufwands und Nutzens zur Durch- führung der Methodik	117
5.3.3	Fazit	120
6	Zusammenfassung und Ausblick	121

A	Ergänzende Informationen zur Detaillierung der Methodik	125
B	Ergänzende Informationen zum Anwendungsbeispiel	129
C	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	135
	Literaturverzeichnis	137

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
A	Anforderung
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
AHP	Analytic Hierarchy Process
Akt	Aktivität
AS	Aktivsumme
AW	Auswahl
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
CFK	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
Dyn	Dynamik
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
EF	Einflussfaktor
EIRMA	European Industrial Research Management Association
et al.	et alii
etc.	et cetera
ext	extern
FuE	Forschung und Entwicklung
for	formal
gue	günstig
Gt	Geometrie
Gw	Gewicht
i. d. R.	in der Regel
inf	informell
int	intern

IPC	International Patent Classification
IQ	Informationsquelle
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
K	Kosten
kg	Kilogramm
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
M	Markt
NRC	National Research Council
o. g.	oben genannt
P	Produkt
PK	Produktkomponente
PS	Passivsumme
PT	Personentage
pri	primär
RG	Reifegrad
S	Stückzahl
SB	Suchbegriff
sek	sekundär
SF	Suchfeld
SLF	Schlüsselfaktor
Sic	Sicherheit
Stk	Stück
t	Zeit
teu	teuer
T	Technologie
TF	Technologiefunktion
TFK	Technologiefunktionskette
TM	Technische Machbarkeit
To	Toleranzen
TP	Technologiepotenzial
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
TUM	Technische Universität München
u. a.	unter anderem
UML	Unified Modeling Language
US	United States
v. a.	vor allem

VAW	Vorauswahl
vgl.	vergleiche
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VQ	Vorgelagerte Quelle
W	Werkstoff
WQ	Weiterführende Quelle
z. B.	zum Beispiel
ZQ	Zielquelle
ZV	Zielvektor

Formelverzeichnis

Einige der in dieser Arbeit genutzten Formelzeichen werden mit verschiedenen Bedeutungen verwendet, die sich aus dem jeweiligen Kontext ergeben und im Text erläutert werden.

Große lateinische Buchstaben

Größe	Bezeichnung
C_i	Chance, die aus Suchfeld i resultiert
R_i	Risiko, das aus Suchfeld i resultiert
RL_i	Relevanz der Phase i des Technologielebenszyklus
S	Lösungsmenge geeigneter Informationsquellen für die Informationssuche
SF_i	Gewichtete Summe eines Suchfeldes i
T_i	Technologie i

Kleine lateinische Buchstaben

Größe	Bezeichnung
$a_{j,i}$	Phasenspezifische Ausprägung des Indikators j in der Phase i des Technologielebenszyklus
$c_{i,j}$	Chance in Bezug auf eine Anforderung j eines Suchfeldes i
$d_i(\mathbf{x}_i, \mathbf{v}_{\mathbf{AW}}, \mathbf{y})$	Euklidische Distanz zwischen dem Vektor des i -ten Einflussfaktors $\mathbf{x}_i, \mathbf{v}_{\mathbf{AW}}$ und dem Zielvektor \mathbf{y}
$d_i(\mathbf{x}_i, \mathbf{AW}, \mathbf{z})$	Euklidische Distanz zwischen dem Vektor des i -ten Einflussfaktors $\mathbf{x}_i, \mathbf{AW}$ und dem Zielvektor \mathbf{z}
g_j	Unternehmensspezifische Gewichtung des j -ten Indikators
h, i, j	Laufvariablen
k_i	i -tes Kriterium zur expliziten Bewertung der Informationsqualität

p_j	Unternehmensspezifische Gewichtung des j -ten Unternehmensziels
q_C	Unternehmensspezifische Gewichtung einer Chance C
q_j	Unternehmensspezifische Gewichtung der j -ten Anforderung
q_R	Unternehmensspezifische Gewichtung eines Risikos R
$r_{i,j}$	Risiko in Bezug auf eine Anforderung j eines Suchfeldes i
\mathbf{v}	Zielvektor, $\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_i)^T$
\mathbf{w}	Zielvektor, $\mathbf{w} = (w_1, w_2, w_3)^T$
w_j	Indikator j
$\mathbf{x}_{i,\mathbf{AW}}$	Vektor des i -ten Einflussfaktors bei der Auswahl von Schlüsselfaktoren, $\mathbf{x}_{i,\mathbf{AW}} = (x_{Akt}, x_{Sic}, x_{Dyn})^T$
$\mathbf{x}_{i,\mathbf{VAW}}$	Vektor des i -ten Einflussfaktors bei der Vorauswahl von Einflussfaktoren, $\mathbf{x}_{i,\mathbf{VAW}} = (x_1, \dots, x_l)^T$
\mathbf{y}_j	Vektor der j -ten Informationsquelle
$y_{j,i}$	Vektor der j -ten Informationsquelle mit i Ausprägungen in Indexschreibweise
z_i	Zielvektor der präferierten Informationsquelle mit i Ausprägungen in Indexschreibweise

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Produzierende Unternehmen sind einem zunehmenden Wettbewerb innerhalb eines volatilen Umfeldes ausgesetzt (KAMPKER ET AL. 2013; WIENDAHL ET AL. 2007; ZÄH ET AL. 2010). Die Volatilität äußert sich in einer progressiven Dynamik der Veränderungen des Unternehmensumfeldes sowie in dessen erhöhter Komplexität (LANG 1998), wie sich ändernden (FRIEDLI 2006) oder gesteigerten Kundenanforderungen (LINDEMANN ET AL. 2003), steigenden Rohmaterialpreisen (SPATH ET AL. 2011) oder aufkommenden, alternativen Produktionstechnologien (WELLENSIEK ET AL. 2011).

Um in diesem Umfeld langfristig erfolgreich bestehen zu können, müssen produzierende Unternehmen ihre technologische Basis¹, d. h. die in der Produktion eingesetzten Produktionstechnologien (im Folgenden Technologien genannt), fortlaufend überprüfen (KLOCKE 2009; MILBERG 2005) und anpassen (TSCHIRKY 1998; WELLENSIEK ET AL. 2011). Aus strategischer Sicht existiert ein wachsendes (ABELE & REINHART 2011), veränderliches Spektrum (REINHART ET AL. 2011) an verfügbaren Technologien. Sie unterscheiden sich aufgrund ihres evolutionären Charakters, der sich als Lebenszyklus beschreiben lässt (FOSTER 1986), in ihrer Reife sowie ihrer Eignung für den Einsatz in der Produktion (SCHINDLER 2014). Technologien, die zukünftigen Produkt- und Produktionsanforderungen genügen, werden dabei zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor (SPATH ET AL. 2011). Sie bieten enorme technologische Chancen, bedrohen aber jene Unternehmen, die ihre Erfolgsposition auf veralteten Technologien aufbauen (KLAPPERT ET AL. 2011; PORTER ET AL. 2011).

Die Identifikation geeigneter Technologien ist jedoch ressourcenintensiv (GUDE ET AL. 2015; LICHTENTHALER 2002; REGER 2001), bedingt durch eine unzureichende Systematik (ASHTON & STACEY 1995; BÜRCEL ET AL. 2005; GERHARD & VOIGT 2009; REGER 2001). Die Suche nach Technologien erfolgt ungerichtet infolge einer unspezifischen Formulierung des zukünftigen Technologiebedarfs (ASHTON & STACEY 1995) in Form von Suchfeldern (vgl. WELLENSIEK ET AL.

¹ Neben der Identifikation, Auswahl und Einführung einer geeigneten Technologie müssen zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit u. a. personelle und organisatorische Aspekte berücksichtigt werden, die hingegen nicht Fokus dieser Arbeit sind (FRIEDLI 2006).

2011) („*Was wird gesucht?*“). Daneben verhindert die stetig wachsende Menge verfügbarer Informationen (LANG 1998; LICHTENTHALER 2002; SAVIOZ 2004; SCHIMPF 2010), die in einer Vielzahl von Informationsquellen vorliegt (LICHTENTHALER 2002) („*Wo wird gesucht?*“), eine effektive und effiziente Suche nach Technologien („*Wie wird gesucht?*“), die sich i. d. R. auf die Kernbranche eines Unternehmens beschränkt (GUDE ET AL. 2015). Die aufgeführten Herausforderungen in der Technologieidentifikation sind in Abb. 1.1 dargestellt.

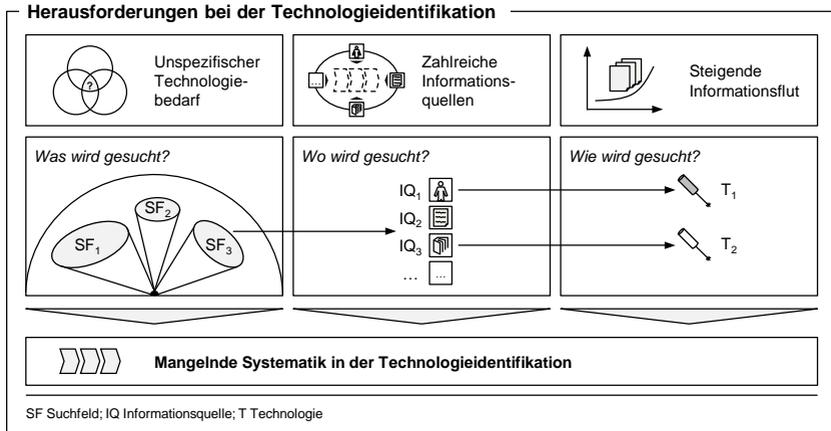


Abb. 1.1: Zentrale Herausforderungen bei der Identifikation von Produktionstechnologien

Ein systematisches Vorgehen ist für die zielgerichtete Identifikation relevanter Technologien notwendig, um Entscheidungen über die zukunftsorientierte Anpassung der technologischen Basis eines Unternehmens vorzubereiten.

1.2 Untersuchungsrahmen

1.2.1 Begriffsdefinitionen

1.2.1.1 Allgemeines

Um ein einheitliches Verständnis für die Zielsetzung dieser Arbeit zu schaffen, wird die Identifikation von Produktionstechnologien im Folgenden thematisch eingeordnet. Hierzu werden die für die vorliegende Arbeit relevanten Begrifflichkeiten, die in der wissenschaftlichen Literatur vielfach unterschiedlich verwendet werden, erläutert und definiert.

1.2.1.2 Daten, Informationen und Wissen

Technologien liegen zunächst in Form von Wissen vor (PERILLIEUX 1987; WOLFRUM 1991; ZAHN 1995), das bei der Anwendung in ein physisches Ergebnis (z. B. zur Umsetzung eines Produktionsverfahrens) überführt wird. Um dieses Wissen zu erzeugen, müssen Informationen über Technologien beschafft, analysiert, bewertet und abschließend bereitgestellt werden (LICHTENTHALER 2002). Informationen sind Bestandteil einer kontextabhängigen Begriffshierarchie, bei der zwischen Zeichen, Daten, Informationen und Wissen unterschieden wird (NORTH 2011; REHÄUSER & KRCMAR 1996). Der kontextuale Zusammenhang der einzelnen Begriffe ist in Abb. 1.2 dargestellt.

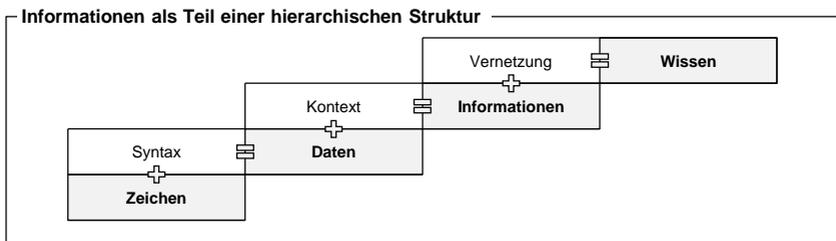


Abb. 1.2: Hierarchischer Zusammenhang zwischen Zeichen, Daten, Informationen und Wissen (NORTH 2011; REHÄUSER & KRCMAR 1996)

Zeichen beschreiben kleinste Datenelemente (HANSEN & NEUMANN 2009) in Form von Buchstaben, Ziffern oder Sonderzeichen (REHÄUSER & KRCMAR 1996). Sie bilden *Daten* (DIN 44300 1972), indem einzelne Zeichen oder Zeichenfolgen über Ordnungsregeln, d. h. eine Syntax, miteinander verknüpft werden (NORTH 2011). *Informationen* bezeichnen Daten, die einen konkreten Bezug zur Lösung von Problemen und zur Vorbereitung von Entscheidungen besitzen (REHÄUSER & KRCMAR 1996). *Wissen* stellt ein Konglomerat aus Informationen dar, die zu einem bestimmten Zweck vernetzt und in einem definierten Kontext interpretiert werden (NORTH 2011; REHÄUSER & KRCMAR 1996), um reale Verhältnisse, Zustände und Vorgänge des Umfeldes abzubilden (STROHNER 1990). In der Literatur wird zwischen explizitem und implizitem Wissen unterschieden (NORTH 2011). *Explizites* Wissen liegt in artikulierter Form (BROSSMANN & MÖDINGER 2011; NORTH 2011) als Medium gespeichert vor, bspw. als Patent oder Prozessbeschreibung (NORTH 2011), und kann folglich kommuniziert und von mehreren Personen angewendet werden. *Implizites* Wissen stellt dagegen das persönliche, erfahrungsbasierte Wissen einer Person dar, das schwer zu formulieren und zu vermitteln ist (LICHTENTHALER 2002; NORTH 2011). Die Transformation von implizitem in explizites Wissen beschreiben NONAKA & TAKEUCHI (1997).

1.2.1.3 Technologie

Der Begriff Technologie bezeichnet heute im Allgemeinen das Wissen zur Lösung technischer Probleme (GERPOTT 2005; PERILLIEUX 1987; SPATH ET AL. 2011; WOLFRUM 1991; ZAHN 1995), das nach BULLINGER (1994) ebenso als Know-how verstanden wird. Der Terminus Technik² ist von dem der Technologie abzugrenzen und stellt das physische Ergebnis des Problemlöseprozesses (BULLINGER 1994) in Form von Produkten und Verfahren (WOLFRUM 1991) infolge der konkreten Anwendung des Know-hows dar (PEIFFER 1992; SERVATIUS 1985). Des Weiteren existieren für Technologien zahlreiche Klassifikationsansätze³, die sich hinsichtlich ihrer Merkmalsausprägungen unterscheiden. Eine Übersicht der für diese Arbeit relevanten Klassifikationsmerkmale liefert Abb. 1.3.

Klassifikationen von Technologien				
Klassifikationsmerkmal	Ausprägungen			
Einsatzgebiet	Produkttechnologie		Produktionstechnologie	

Phase des Lebenszyklus	Entstehungsphase	Wachstumsphase	Reife-phase	Alters-phase

Wettbewerbsrelevanz	Schrittmachertechnologie	Schlüsseltechnologie	Basis-technologie	Verdrängte Technologie

Abb. 1.3: Ausgewählte Ansätze zur Klassifikation von Technologien in Anlehnung an SERVATIUS (1985), WOLFRUM (1991), BULLINGER (1994), TSCHIRKY (1998) und GERPOTT (2005)

Eine weit verbreitete Klassifikation von Technologien ist die nach ihrem Einsatzgebiet⁴, wobei primär zwischen Produkt- und Produktionstechnologien differenziert wird (BULLINGER 1994; GERPOTT 2005; SPATH ET AL. 2011; TSCHIRKY 1998). *Produkttechnologien* bilden die Grundlage für die Umsetzung von Produktfunktionen (GOMERINGER 2007) und sind Teil veräußerter Produkte (GERPOTT 2005; STREBEL 2007). *Produktionstechnologien* dienen dagegen der Herstellung von Produkten und sind kein Element davon (BULLINGER

² Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Begriffen Technologie, Technik und dem zwischen diesen auftretenden Zusammenhang findet sich u. a. in PEIFFER (1992), BULLINGER (1994), ZAHN (1995), BINDER & KANTOWSKY (1996) und GERPOTT (2005).

³ Weitere Ansätze zur Klassifikation von Technologien liefern u. a. PERILLIEUX (1987), PEIFFER (1992), BULLINGER (1994), TSCHIRKY (1998), GERPOTT (2005) und MÜLLER (2007).

⁴ Neben der Unterscheidung zwischen Produkt- und Produktionstechnologien existieren in der wissenschaftlichen Literatur weitere Technologiearten, wie bspw. Werkstoff- (BULLINGER 1994) oder Informationstechnologien (BULLINGER 1994; MOCH 2011).

1996; GERPOTT 2005; GOMERINGER 2007; STREBEL 2007). In Abhängigkeit der Betrachtungsweise, d. h. aus Sicht eines Herstellers oder Anwenders, kann eine Produktionstechnologie ebenso als Produkttechnologie tituliert werden (SCHUH ET AL. 2011). Aus Sicht eines Werkzeugmaschinenherstellers stellt das thermische Abtragen mit Laserstrahl bspw. eine Produkttechnologie dar, ein Anwender versteht darunter eine Produktionstechnologie. Produktionstechnologien können nach WIENDAHL ET AL. (2009) u. a. weiter in Fertigungs- und Montagetechnologien aufgegliedert werden⁵. Fertigungstechnologien dienen der Herstellung geometrisch bestimmter, fester Körper und bezeichnen alle Fertigungsverfahren nach DIN 8580 (2003). Unter Montagetechnologien werden nach LOTTER (2006) Verfahren verstanden, die Produkte aus Komponenten oder Bauteilen durch Fügen herstellen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Produktionstechnologien, d. h. Fertigungs- und Montagetechnologien, betrachtet, die der Herstellung von Produktkomponenten dienen, wie z. B. das *Trennen durch thermisches Abtragen mit dem Laserstrahl* (vgl. DIN 8580 2003). Das Wissen über Produktionstechnologien liegt in Form von Informationen in verschiedenen Informationsquellen vor.

Aufgrund ihrer Entwicklung und veränderlichen unternehmensstrategischen Bedeutung werden Technologien ferner anhand ihres Lebenszyklus⁶ spezifiziert (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985). Technologielebenszyklen⁷ stellen idealtypische Entwicklungsverläufe von Technologien dar (TIEFEL 2007), die in kumulierter Darstellung häufig den Charakter einer S-Kurve⁸ aufweisen (CETINDAMAR ET AL. 2010; FOSTER 1986; HÖFT 1992; KRUBASIK 1982; TAYLOR & TAYLOR 2012). Ein diesen Lebenszyklus beschreibendes Modell liefern SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985), das von REINHART & SCHINDLER (2010a)

⁵ Neben Fertigungs- und Montagetechnologien nennt WIENDAHL ET AL. (2009) ebenso Logistiktechnologien, die in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht betrachtet werden.

⁶ Neben Technologielebenszyklen existieren in der Literatur weitere Arten von Lebenszyklen (z. B. Produktlebenszyklus, Organisationslebenszyklus, Branchenzyklus). Eine Übersicht liefern bspw. HÖFT (1992) und HERRMANN (2010).

⁷ In der Literatur können quantitative und qualitative Modelle von Technologielebenszyklen unterschieden werden. *Quantitative* Modelle (z. B. ANDERSEN 1999; GREITEMANN ET AL. 2014c; HÖFT 1992) nutzen Daten, wie bspw. die Anzahl von Patenten (ANDERSEN 1999), um Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Technologien treffen zu können. Demgegenüber handelt es sich bei *qualitativen* (z. B. FORD & RYAN 1981; KRUBASIK 1982; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985; ÜTTERBACK & ABERNATHY 1975) meist um indikatorbasierte Modelle (z. B. HÖFT 1992; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985; TWISS 1992), die charakteristische Indikatoren einzelner Lebenszyklusphasen bereitstellen, wie bspw. die Breite der potenziellen Anwendungsgebiete einer Technologie (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985), um den Entwicklungsstand einer Technologie einzuordnen.

⁸ Der Verlauf der S-Kurve resultiert durch die Abbildung des Zusammenhangs zwischen einer abhängigen (z. B. der Reife (REINHART & SCHINDLER 2010a, b)) und einer unabhängigen Variablen (z. B. der Zeit (ANSOFF & STEWARD 1967; FORD & RYAN 1981)), wobei die kumulierten Werte der abhängigen Variable über die der unabhängigen aufgetragen werden.

erweitert wurde. Darin werden sowohl das Wettbewerbspotenzial als auch die Reife einer Technologie über die Zeit abgebildet. Das Wettbewerbspotenzial bezeichnet die Generierung von Wettbewerbsvorteilen, bspw. durch die Reduktion von Herstellkosten infolge der Ausnutzung von Erfahrungskurveneffekten, und wird über die Zeit ausgeschöpft. Demgegenüber definiert die Reife den Entwicklungsstand einer Technologie, die im Zeitverlauf zunimmt (REINHART & SCHINDLER 2010a). Abb. 1.4 zeigt schematisch den Technologielebenszyklus mit den darin abgebildeten zeitlichen Verläufen des Wettbewerbspotenzials und der Reife.

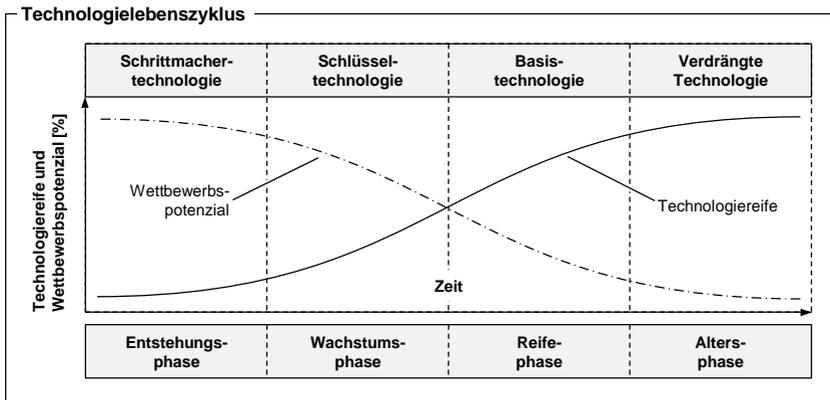


Abb. 1.4: Lebenszyklus von Technologien auf Basis der Reife und des Wettbewerbspotenzials (REINHART & SCHINDLER 2010a; SERVATIUS 1985; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985)

SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) unterteilen den Technologielebenszyklus in vier Phasen, die *Entstehungs-*, *Wachstums-*, *Reife-* und *Altersphase*. Jede dieser Phasen ist über Ausprägungen von Indikatoren charakterisiert und ermöglicht die phasenspezifische Einordnung von Technologien (HÖFT 1992; TIEFEL 2007). Tabelle 1.1 zeigt einen exemplarischen Auszug der Indikatoren und ihrer Ausprägungen nach SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985).

Technologien werden ferner auf Basis ihrer Wettbewerbsrelevanz eingeordnet, wobei primär⁹ zwischen der Schrittmachertechnologie, der Schlüsseltechnologie, der Basistechnologie (SERVATIUS 1985; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985)

⁹ SERVATIUS (1985) führt neue Technologien als weiteren Technologietypen auf, bei dem eine „wirtschaftliche Realisierung noch nicht erkennbar oder sehr unsicher“ (SERVATIUS 1985, S. 116) ist und daher im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter betrachtet wird.

Tabelle 1.1: Exemplarische Auswahl von Indikatoren und ihrer Ausprägungen zur Einordnung von Technologien anhand der Phase des Technologielebenszyklus (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985)

Indikator	Ausprägung			
	Entstehungsphase	Wachstumsphase	Reifephase	Altersphase
Unsicherheit über technische Leistungsfähigkeit	hoch	mittel	niedrig	sehr niedrig
Investitionen in Technologieentwicklung	niedrig	maximal	niedrig	sehr niedrig
Breite der potenziellen Anwendungsgebiete	unbekannt	groß	etabliert	abnehmend

und der verdrängten Technologie (SERVATIUS 1985) unterschieden wird. Diese sind den einzelnen Phasen des Technologielebenszyklus zugeordnet (vgl. Abb. 1.4). *Schrittmachertechnologien* befinden sich in einem frühen Entwicklungsstadium (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985). Aufgrund der erkennbaren Auswirkungen auf den Markt sowie den mit diesem verbundenen Wettbewerb (SERVATIUS 1985) haben diese Technologien, wie auch *Schlüsseltechnologien*, einen erheblichen Einfluss auf das Unternehmen und dessen Wettbewerbssituation. *Basistechnologien* sind aufgrund ihrer Reife frei am Markt verfügbar und werden i. d. R. bereits von zahlreichen Wettbewerbern eingesetzt (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985). SERVATIUS (1985) ergänzt die beschriebenen Technologietypen um *verdrängte Technologien*, die aufgrund ihrer niedrigen technologischen Leistungsfähigkeit durch alternative, unreifere Technologien substituiert werden können.

1.2.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs

Um als produzierendes Unternehmen langfristig wettbewerbsfähig zu sein, müssen Technologien eingesetzt werden, welche die aktuellen und zukünftigen produktionsseitigen Anforderungen bestmöglich erfüllen (SCHUH ET AL. 2011). Technologien stellen damit einen maßgeblichen Wettbewerbsfaktor dar und bilden die Grundlage für das Wachstum eines Unternehmens (CETINDAMAR ET AL. 2009). Das Management über das Wissen der Technologien definiert STREBEL (2007) als Technologiemanagement. Dessen Ziel ist es, den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens durch die Erschließung geeigneter Technologien zum richtigen Zeitpunkt und zu angemessenen Kosten zu sichern und auszubauen (GERPOTT 2005; GERYBADZE 1994; KLAPPERT ET AL. 2011). Der Fokus der

Betrachtung der vorliegenden Arbeit liegt dabei auf der Identifikation dieser Technologien im Rahmen der Technologiefrüherkennung.

1.2.2.1 Früherkennung als Teil des Technologiemanagements

Die zur Erfüllung der aus dem Ziel des Technologiemanagements resultierenden Aufgaben¹⁰ werden in der Literatur unterschiedlich definiert (vgl. u. a. BROCKHOFF 1999; NRC 1987; ZAHN 1995). Einer Vielzahl der Ansätze ist jedoch gemein, dass die *Früherkennung*¹¹ von Technologien eine der zentralen Aufgaben des Technologiemanagements darstellt (BULLINGER 1994; CETINDAMAR ET AL. 2009; PHAAL ET AL. 1998; WOLFRUM 1994). Die Technologiefrüherkennung verfolgt den Zweck, technologische Chancen und Risiken rechtzeitig zu erfassen (KERR ET AL. 2006; REGER 2001) und Maßnahmen zu deduzieren (ASHTON & STACEY 1995; REGER 2001), wie bspw. die frühzeitige Entwicklung einer erfolgsversprechenden, unreifen Technologie für ihren zukünftigen Einsatz in der Produktion. Im Rahmen der Technologiefrüherkennung werden Informationen über reife und unreife Technologien sowie ihrer Entwicklungen auf Basis eines zuvor definierten Bedarfs gesammelt, bewertet und zur Vorbereitung

¹⁰ BULLINGER (1994) nennt bspw. die Früherkennung, strategische Analyse, Strategieformulierung, Programmplanung und -evaluierung, Strategiedurchsetzung bzw. -implementierung und strategische Kontrolle als Aufgaben. PHAAL ET AL. (1998) differenzieren hingegen zwischen der Technologieidentifikation, -selektion, -entwicklung, -verwertung und dem Technologieschutz. Weitere Ansätze finden sich u. a. bei NRC (1987), WOLFRUM (1994), ZAHN (1995), BROCKHOFF (1999), GERPOTT (2005), STREBEL (2007) und CETINDAMAR ET AL. (2009).

¹¹ Die Begrifflichkeiten auf dem Gebiet der Früherkennung werden in der Literatur unscharf verwendet. Eine klare Differenzierung zwischen den im deutschsprachigen und anglo-amerikanischen Raum verwendeten Begriffen existiert nicht. Im deutschsprachigen Raum haben sich in erster Linie die Begriffe Technologiefrühaufklärung und -früherkennung durchgesetzt. Die Technologiefrühaufklärung unterstützt dabei, „Technologieentwicklungen im Unternehmensumfeld bereits im Frühstadium zu identifizieren und einer ersten Bewertung zu unterziehen“ (PEIFFER 1992, S. 1). Demgegenüber fokussiert die Technologiefrüherkennung „die rechtzeitige Bereitstellung relevanter Informationen über technologische Trends im Umfeld des Unternehmens, um dadurch potenzielle Chancen auszunutzen und potenzielle Gefährdungen abzuwehren“ (LICHTENTHALER 2002, S. 55f). Dagegen sind im anglo-amerikanischen Raum primär die Begriffe Technology Foresight (vgl. u. a. REGER 2001) und Technology Intelligence (vgl. u. a. KERR ET AL. 2006) gebräuchlich. Technology Foresight ist definiert als „systematic recognition and observation of new technologies [...] or existing technologies [...] and the storing and diffusion of information“ (REGER 2001, S. 535). Der Begriff Technology Intelligence hat sich hingegen in der wissenschaftlichen Literatur durchgesetzt und bezeichnet die Identifikation technologischer Chancen und Risiken durch die Gewinnung und Verteilung technologisch relevanter Informationen (KERR ET AL. 2006; LICHTENTHALER 2006). Die Definitionen zeigen auf, dass ähnliche Teilziele verfolgt werden. Sie umfassen die Ermittlung technologischer Chancen und Risiken, die sich für das Unternehmen aus dessen Umfeld ergeben, die Identifikation reifer und unreifer Technologien, um den Chancen und Risiken zu begegnen, sowie die Ermittlung ihrer Entwicklungstrends infolge der Gewinnung technologiebezogener Informationen. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher primär der im deutschsprachigen Raum häufig verwendete Begriff der Technologiefrüherkennung verwendet.

von Entscheidungen kommuniziert (vgl. KERR ET AL. 2006; LICHTENTHALER 2002; MORTARA ET AL. 2009), z. B. über die Investition in eine unreife Technologie. Hieraus leiten sich die vier elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung ab, die *Informationsbedarfsanalyse*, *-suche*, *-bewertung* und *Kommunikation der Ergebnisse*. Sie bilden den Kern des Prozesses¹² zur Technologiefrüherkennung (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2002; SCHIMPF 2010).

1.2.2.2 Abgrenzung der Technologieidentifikation im Rahmen der Technologiefrüherkennung

Auf dem Gebiet der Technologiefrüherkennung werden wiederum zahlreiche Begriffe zu ihrer konkreteren Ausgestaltung unterschieden, wie das Technologie-Scanning (vgl. u. a. ASHTON & STACEY 1995), das Technologie-Monitoring (vgl. u. a. SCHIMPF 2010), das Technologie-Scouting (vgl. u. a. ROHRBECK ET AL. 2006) und die Technologieidentifikation (vgl. u. a. GREITEMANN ET AL. 2014b). Die Begriffe sind anhand der *Aktivitäten* (Informationsbedarfsanalyse, *-suche*, *-bewertung* und *Kommunikation der Ergebnisse*) und *Teilziele* der Technologiefrüherkennung (Identifikation technologischer Chancen und Risiken, reifer und unreifer Technologien sowie ihrer Trends) in Abb. 1.5 klassifiziert.

Das *Technologie-Scanning* thematisiert die ungerichtete, explorative Suche nach Informationen zu unbekanntem, zumeist unreifen Technologien und Technologietrends. Ihr Ziel ist es, so genannte „schwache Signale“ zu detektieren (vgl. ANSOFF 1975), z. B. eine überdurchschnittliche Forschungsintensität in der Entwicklung einer bestimmten Technologie, um branchen- und anwendungsübergreifend technologische Chancen und Risiken zu erfassen. Hierzu findet die Suche in einem breiten Themenfeld ohne Fokussierung auf einzelne Technologien statt (LANG-KOETZ ET AL. 2008; PEIFFER 1992; SPATH ET AL. 2011; VAN WYK 1997; WELLENSIEK ET AL. 2011).

Das *Technologie-Monitoring* beschränkt sich demgegenüber auf die gerichtete Beobachtung der Entwicklungen unreifer Technologien eines definierten Technologiefeldes, das einem Unternehmen bereits bekannt ist (SPATH ET AL. 2010, 2011; WELLENSIEK ET AL. 2011).

Das *Technologie-Scouting* stellt eine Ergänzung des Technologie-Monitorings dar, indem detaillierte Informationen (DULLY 2011; ROHRBECK ET AL. 2006) zu

¹² In der Literatur wird ebenso die *Planung der Aktivitäten* zur Technologiefrüherkennung angeführt (vgl. u. a. ASHTON & STACEY 1995; ASHTON ET AL. 1991; KERR ET AL. 2006), die zu Beginn des Prozesses erfolgt. Daneben existieren Ansätze, welche die *Anwendung* (vgl. u. a. ASHTON ET AL. 1991; McDONALD & RICHARDSON 1997) und *Evaluation* der kommunizierten Ergebnisse (vgl. u. a. ASHTON & STACEY 1995; REGER 2001; ROHRBECK ET AL. 2006) als erweiterten Teil des Prozesses zur Technologiefrüherkennung bezeichnen.

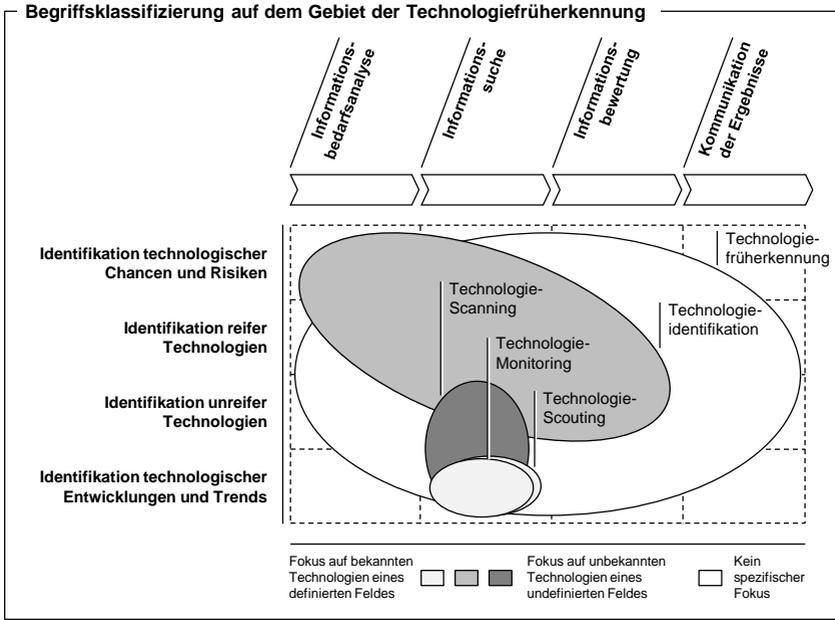


Abb. 1.5: Klassifikation von Begrifflichkeiten auf dem Gebiet der Technologiefrüherkennung (in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. 2016a)

bereits bekannten, unreifen Technologien eines bestimmten Technologiefeldes und ihrer Entwicklungstrends gesammelt werden. Es erfolgt damit im Vergleich zum Scanning und Monitoring sehr gerichtet, stärker fokussiert und ist i. d. R. zeitlich begrenzt (SPATH ET AL. 2011; WELLENSIEK ET AL. 2011).

Die *Technologieidentifikation* unterstützt in diesem Kontext die rechtzeitige Identifikation technologischer Chancen und Risiken, die sich für ein produzierendes Unternehmen ergeben, indem der zukünftige Technologiebedarf in Form von Suchfeldern analysiert und zu dessen Deckung systematisch nach existierenden, aber noch unbekanntem, reifen und unreifen Technologien in Form adäquater Informationen in unterschiedlichen Informationsquellen gesucht wird.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien im Rahmen der Technologiefrüher-

kennung. Die Methodik soll produzierende Unternehmen unterstützen, bereits existierende Technologien unterschiedlicher Reife proaktiv für zukünftige Produktionsaufgaben effektiv und effizient innerhalb des Unternehmens sowie in dessen Umfeld zu finden. Der spätere Einsatz dieser Technologien in der Produktion kann Wettbewerbsvorteile mit sich bringen (ZAHN 1986), indem sie zur Veränderung der Kostenstruktur, z. B. durch eine Reduktion der Herstellkosten, oder zur Produktdifferenzierung, bspw. infolge der Erzeugung hochwertiger Bauteiloberflächen, beitragen (WOLFRUM 1991, 1994).

Die effektive und effiziente Technologieidentifikation erfordert eine vorherige Analyse des unternehmensspezifischen, technologischen Informationsbedarfs. Zur Deckung dieses Bedarfs sind Technologien zu identifizieren, welche die Anforderungen der herzustellenden Produkte und ihrer Komponenten unter Berücksichtigung der hierzu notwendigen Produktionsaufgaben erfüllen. Da Entscheidungen über Investitionen in Technologien langfristig angelegt und kostenintensiv sind (WELLENSIEK ET AL. 2011), ist die alleinige Betrachtung aktueller Produkte, die es herzustellen gilt, nicht ausreichend. Daher ist es notwendig, ebenso die Entwicklung des Produktportfolios innerhalb eines definierten Planungshorizonts abzubilden. Dies bedarf der Antizipation zukünftiger Umfeldszenarien, die Einfluss auf die Veränderung der Produkte und die ihnen zugrunde liegenden Komponenten haben. Dabei hängt die Entwicklung der Produkte von zahlreichen Einflussfaktoren ab, z. B. von Veränderungen des Marktes oder neuen Gesetzesbestimmungen. Um Technologien zielgerichtet zu suchen, muss der zukünftige Technologiebedarf, der sich über technologische Suchfelder spezifizieren lässt, abgeleitet werden. Hierzu müssen Suchfelder systematisch deduziert, ausgewählt und für eine anschließende technologieorientierte Informationssuche ausreichend beschrieben werden (GREITEMANN ET AL. 2015c).

Um Technologien auf Grundlage des ermittelten Technologiebedarfs zu suchen, bedarf es eines weiteren Vorgehens. Da Informationen über Technologien in einer Vielzahl von Informationsquellen enthalten sind (vgl. u. a. ASHTON ET AL. 1991; LICHTENTHALER 2002; MORTARA ET AL. 2009), müssen die relevanten Quellen zunächst für eine Suche ausgewählt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass sowohl Informationen zu reifen als auch unreifen Technologien, d. h. in Abhängigkeit der Phasen des Technologielebenszyklus (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985), in den jeweiligen Quellen gewonnen werden können.

Aufgrund des progressiven Anstiegs der Informationsmenge (LANG 1998; SCHIMPF 2010), die auf zahlreiche Informationsquellen verteilt ist, muss die zielgerichtete Suche nach technologierelevanten Informationen entsprechender Qualität informationsquellenübergreifend gestaltet sein.

Die identifizierten Technologien sollen in Form von Steckbriefen beschrieben werden, da sie nach WELLENSIEK ET AL. (2011) und REINHART ET AL. (2012)

aufgrund ihres standardisierten, inhaltlichen und strukturellen Aufbaus eine geeignete Basis für die Kommunikation aller elementaren Informationen über eine Technologie darstellen. Diese Informationen umfassen bspw. die Technologiebezeichnung und -beschreibung sowie die verwendeten Informationsquellen (REINHART ET AL. 2012), sodass eine detaillierte Bewertung der gefundenen Technologien im Anschluss möglich ist (vgl. SCHINDLER 2014). Der Steckbrief dient damit zur Vorbereitung von Entscheidungen (REINHART ET AL. 2012), z. B. über die Investition in die Weiterentwicklung einer erfolgsversprechenden Technologie für eine spätere Anwendung in der Produktion (FRIEDLI 2006).

Aus der Zielsetzung ergeben sich damit für die vorliegende Arbeit folgende Teilziele:

- Proaktive Erfassung technologischer Chancen und präventive Vermeidung entsprechender Risiken durch die Identifikation alternativer Technologien
- Ableitung des zukünftigen produktionsbezogenen Technologiebedarfs durch eine systematische Deduktion, Auswahl und Beschreibung von Suchfeldern
- Auswahl geeigneter Informationsquellen in Abhängigkeit der Phasen des Technologielebenszyklus
- Unterstützung einer Suche nach adäquaten Informationen über Technologien in einer Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen
- Dokumentation der identifizierten Technologien in Steckbriefen als Basis für die Kommunikation mit Entscheidungsträgern
- Sicherstellung der industriellen Anwendbarkeit der zu entwickelnden Methodik für die systematische Technologieidentifikation

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist in sechs Kapitel gegliedert, deren Aufbau in Abb. 1.6 dargestellt ist. In Kapitel 1 wurden zunächst die Ausgangssituation und die thematische Einordnung dieser Arbeit dargelegt. Diese bilden die Basis für die beschriebene Zielsetzung. Kapitel 2 beschreibt die Grundlagen der Technologiefrüherkennung sowie die in diesem Kontext relevanten Forschungsansätze. Aus diesen Ansätzen wird ein allgemeiner Prozess zur Technologiefrüherkennung abgeleitet, der sich aus folgenden vier Schritten zusammensetzt: der Informationsbedarfsanalyse, -suche und -bewertung sowie der Kommunikation der gewonnenen Ergebnisse. Im Fokus der vorliegenden Arbeit liegen die ersten drei Schritte, die jeweils infolge der Beschreibung weiterer Forschungsansätze detaillierter untersucht werden. Die einzelnen Schritte werden durch den Einsatz von Methoden zur Technologiefrüherkennung unterstützt, wobei die für

die vorliegende Arbeit relevanten Methoden erläutert werden. Die Analyse der Forschungsansätze bildet die Basis für die Ableitung des Handlungsbedarfs, auf dessen Grundlage sowie der formulierten Zielsetzung in Kapitel 3 allgemeine und praktische Anforderungen an die Methodik abgeleitet werden. Darauf aufbauend wird die Methodik zur systematischen Identifikation von Produktionstechnologien konzipiert. Die Detaillierung der Methodik wird in Kapitel 4 thematisiert, in dem die einzelnen Schritte der Methodik ausführlich erläutert werden. Beginnend mit der Analyse des zukünftigen Technologiebedarfs schließt sich die Suche nach Technologien an. Die gesammelten Informationen über eine Technologie werden zuletzt in einem Technologiesteckbrief zusammengefasst. In Kapitel 5 wird die Durchführung der Methodik anhand eines Anwendungsbeispiels beschrieben. Dabei stellt die Anwendung der Methodik in der industriellen Praxis die Basis für die anschließende Evaluation anhand der in Kapitel 3 definierten Anforderungen sowie des sich aus der Anwendung der Methodik ergebenden Nutzens und Aufwands dar. Kapitel 6 fasst abschließend die vorliegende Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsaktivitäten.

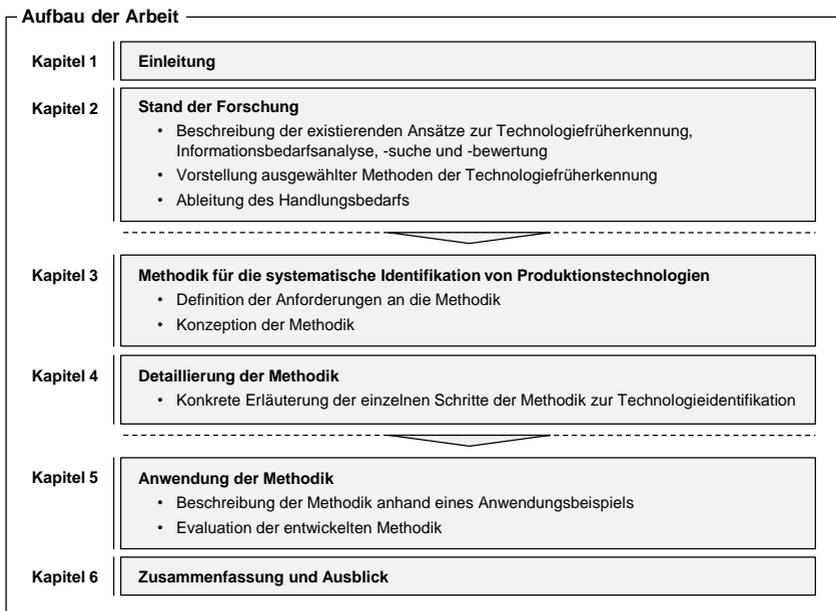


Abb. 1.6: Aufbau der Arbeit und Strukturierung der Kapitel

2 Stand der Forschung

2.1 Allgemeines

Im vorangehenden Kapitel wurde der Untersuchungsbereich eingegrenzt und die Herausforderungen bei der systematischen Identifikation von Technologien aufgezeigt. In Abschnitt 2.2 wird zunächst die Technologiestrategie produzierender Unternehmen als wegweisendes Instrument für die Technologieidentifikation im Rahmen der Früherkennung dargestellt. Anschließend gibt Abschnitt 2.3 eine Übersicht über die relevanten Ansätze der Technologiefrüherkennung sowie deren elementare Aktivitäten, der Informationsbedarfsanalyse, -suche und -bewertung. Zur Unterstützung der Technologiefrüherkennung existieren zahlreiche Methoden, wobei ausgewählte mit Bezug zur beschriebenen Zielsetzung in Abschnitt 2.4 erläutert werden. In Abschnitt 2.5 werden die untersuchten Ansätze gegenüber gestellt, um daraus abschließend den für die vorliegende Arbeit resultierenden Handlungsbedarf abzuleiten.

2.2 Technologiestrategie als Orientierung in der Technologiefrüherkennung

Technologien bilden die Grundlage für die effiziente Herstellung wettbewerbsfähiger Produkte (ZAHN 1986). Ihr Einsatz erzeugt Wettbewerbsvorteile, wenn sie die Kostenstruktur eines produzierenden Unternehmens beeinflussen, z. B. durch Ausnutzung von Erfahrungskurveneffekten, oder zur Produktdifferenzierung beitragen, bspw. infolge der Erzeugung qualitativ hochwertigerer Bauteiloberflächen (WOLFRUM 1991, 1995).

Die Technologiestrategie dient der Erzielung und Erhaltung der durch den Einsatz einer geeigneten Technologie induzierten Wettbewerbsvorteile (KYLÄHEIKO ET AL. 2011; WOLFRUM 1991). Sie ist mit der Unternehmensstrategie verknüpft (KYLÄHEIKO ET AL. 2011; ROBERTS 2001) und beschreibt, welche Technologie mit welchem Leistungsniveau ein Unternehmen zu welchem Zweck und Zeitpunkt einsetzen sollte und woher diese zu beziehen ist (RENZ 2004; SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011; WOLFRUM 1991). Für die Identifikation von Technologien im Rahmen der Früherkennung liefert die Technologiestrategie eine wichtige Orientierung in Bezug auf die Art der gesuchten Technologien (RENZ 2004; SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011; SPATH ET AL. 2011), die sich

u. a. in der Wettbewerbsrelevanz einer Technologie für ein Unternehmen unterscheidet (vgl. Abb. 1.3). Die Auswahl der Technologieart hängt maßgeblich von der angestrebten Position eines Unternehmens bzgl. der technologischen Leistungsfähigkeit ab (DOWLING & HÜSING 2002). Sie äußert sich in einem Entwicklungsvorsprung oder -rückstand gegenüber dem Stand der Technik bzw. den Wettbewerbern (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011). Bei der Position wird i. d. R. zwischen der technologischen Führerschaft¹³ und der technologischen Präsenz¹⁴ unterschieden (SERVATIUS 1985; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985; WOLFRUM 1991).

Die Strategie der *technologischen Führerschaft* zielt auf eine kosten- und qualitätsbezogene Differenzierung vom Wettbewerb (WOLFRUM 1995) infolge der proaktiven Entwicklung und des späteren Einsatzes innovativer Technologien ab (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985; WOLFRUM 1995). Dabei sind nach SPECHT & ZÖRGIEBEL (1985) v. a. Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien im Fokus, die eine hohe wettbewerbsstrategische Bedeutung und ein umfangreiches Weiterentwicklungspotenzial besitzen. Für ihre Weiterentwicklung bedarf es eines langfristigen Aufbaus einzigartiger technologischer Kompetenzen (GREITEMANN ET AL. 2014a; SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011; WOLFRUM 1995), der hingegen zeit- und kostenintensiv ist (SPATH ET AL. 2011). Die *technologische Präsenz* ist durch ein reaktives Technologieverhalten charakterisiert (SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985). Unternehmen, die dieser Strategie folgen, sind i. d. R. risikoaverser und wenden Technologien an, die ausreichend reif sind. Das Entwicklungspotenzial dieser Technologien ist aber nahezu ausgeschöpft. Die so bezeichneten Basistechnologien zeichnen sich durch eine geringe Wettbewerbsrelevanz aus (WOLFRUM 1995), sodass im Vergleich zur Technologieführerschaft nicht der Kompetenzaufbau im Vordergrund steht, sondern vielmehr eine Kostenführerschaft oder eine Imitation der vom Wettbewerber eingesetzten Technologien verfolgt wird (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011).

2.3 Relevante Ansätze zur Technologiefrüherkennung

Der grundlegende Gedanke der Technologiefrüherkennung liegt in der frühzeitigen Detektion von entscheidenden Diskontinuitäten im Umfeld eines Unterneh-

¹³ Der Begriff des Technologieführers wird ferner nach zeitlichen Gesichtspunkten, dem so genannten Technologietiming, unterschieden (WOLFRUM 1991), wobei primär zwischen einem Technologiepionier und -folger differenziert wird (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011; SPATH ET AL. 2011; WOLFRUM 1991). Das Technologietiming beschreibt dabei den geeigneten Zeitpunkt des für die Entwicklung einer Technologie zu generierenden Wissens oder der ersten marktlichen Verwertung einer Technologie (WOLFRUM 1995). Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Technologieführer lediglich im Kontext der Position eines Unternehmens bzgl. der technologischen Leistungsfähigkeit verwendet.

¹⁴ Der Begriff wird nach PERILLIEUX (1987) ebenso als technologische Folgerschaft tituiert.

mens, um rechtzeitig strategische Entscheidungen über proaktive Maßnahmen zu treffen (vgl. KRSTEK & MÜLLER-STEWENS 1993; LIEBL 1996). Dieses Prinzip geht auf die von ANSOFF (1975) postulierte Theorie der *schwachen Signale*¹⁵ zurück. Sie besagt, dass wesentliche Veränderungen im Unternehmensumfeld nicht plötzlich eintreten, sondern sich durch schwache Signale bemerkbar machen. Die Technologiefrüherkennung macht sich diesen Grundgedanken zunutze, um technologische Veränderungen rechtzeitig zu erfassen, die für ein Unternehmen sowohl eine Chance als auch ein Risiko bedeuten können (LANG 1998; LICHTENTHALER 2002).

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung dieser Arbeit werden im Folgenden zunächst die Forschungsansätze vorgestellt, die den Prozess zur Technologiefrüherkennung fokussieren. Daran anschließend werden die Ansätze untersucht, deren Schwerpunkt auf der detaillierten Ausgestaltung einzelner elementarer und für die vorliegende Arbeit relevanten Aktivitäten dieses Prozesses liegt, der Informationsbedarfsanalyse (vgl. Abschnitt 2.3.1), der Informationssuche (vgl. Abschnitt 2.3.2) und der Informationsbewertung (vgl. Abschnitt 2.3.3).

ASHTON ET AL. (1991) entwickelten einen generischen Prozess für die Beobachtung von Fortschritten in Wissenschaft und Technik im internationalen Umfeld. Zunächst wird der Informationsbedarf ermittelt, der von ASHTON ET AL. (1991) entsprechend des Ziels des Beobachtungsprozesses (z. B. Verfolgung technologischer Entwicklungsaktivitäten) klassifiziert wurde. Darauf aufbauend werden die zu nutzenden Informationsquellen und Beobachtungs-Methoden, wie bspw. das Überfliegen und Selektieren von Literatur, festgelegt. Der Suche nach Informationen mit Hilfe der zuvor ausgewählten Methoden in den entsprechenden Informationsquellen schließt sich die Analyse und Interpretation der gewonnenen Informationen an. Die Analyse gliedert sich in ein zweistufiges Vorgehen, bei dem (1) die Informationen zusammengefasst und bei Bedarf (2) detaillierter untersucht werden. Letzteres kann bspw. die Erfassung des konkreten Stands der Technik einer Werkstoffentwicklung sein. Die aufbereiteten Erkenntnisse werden an Informationsempfänger, für die diese Informationen relevant sind, in Form von Berichten, elektronischen Mitteilungen etc. übermittelt und abschließend zur Unterstützung von Technologieentscheidungen herangezogen.

ASHTON & STACEY (1995) entwickelten einen sechsstufigen Prozess zur Technologiefrüherkennung mit den Zielen, Produkte und Technologien zu identifizieren, Informationen über technologische Veränderungen zu antizipieren sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf Produkte und Technologien abzuschätzen. Beginnend mit der Planung der innerhalb dieses Prozesses durchzuführenden

¹⁵ Schwache Signale stellen Ereignisse oder unpräzise Informationen dar, die Hinweise auf Veränderungen des Unternehmensumfeldes geben (ANSOFF 1975, 1979).

Aktivitäten werden im Anschluss Informationsbedarfe intuitiv, z. B. durch Mitarbeiterbefragungen, identifiziert. Die ermittelten Bedarfe dienen als Basis für die Beschaffung von Technologiedaten aus ausgewählten Informationsquellen. Die Auswahl der Quellen hängt u. a. von dem Informationsbedarf oder des für die Früherkennung geplanten Ressourcenaufwands ab. Die Technologiedaten werden analysiert, ihre Bedeutung in Bezug auf den Informationsbedarf interpretiert und weitergehend in Form von Ergebnissen kommuniziert. Dies ermöglicht die Generierung von Wissen und dessen Anwendung zur Unterstützung strategischer Technologieentscheidungen. Die Qualität des Ergebnisses sowie des gesamten Prozesses wird abschließend evaluiert, um einen kontinuierlichen Lernprozess sicherzustellen.

Der von MCDONALD & RICHARDSON (1997) entwickelte Prozess hat das Ziel, Entscheidungen zur Allokation technologischer Ressourcen infolge der Bereitstellung relevanter Informationen zu unterstützen. Der Prozess gliedert sich in fünf Schritte. Ausgehend von dem (1) definierten Informationsbedarf werden (2) Daten zur Deckung dieses Bedarfs in verschiedenen Informationsquellen gesammelt. Dabei wird primär auf so genannte Gatekeeper¹⁶ zurückgegriffen. Die gewonnenen Daten werden (3) kognitiv über Informationen (4) in Wissen, d. h. in Form von Schlussfolgerungen und Implikationen, überführt. Die erzielten (5) Erkenntnisse werden abschließend zur Entscheidungsfindung kommuniziert.

LANG (1998) beschreibt die Entwicklung eines situativen Konzepts für die Gestaltung der Technology Intelligence in verschiedenen Wettbewerbssituationen auf Basis einer empirischen Untersuchung in zwei Fallstudien. Das Konzept umfasst Vorgaben, Aktivitäten und Strukturen der Technology Intelligence, die zur unternehmensspezifischen Adaption durch verschiedene Ausprägungen gekennzeichnet sind. Zunächst werden die Rahmenbedingungen des Prozesses zur Technology Intelligence als Vorgaben auf Basis der Informationsbedürfnisse interner Kunden (z. B. Top-Management) definiert. Davon ausgehend werden Informationen innerhalb von Aktivitäten in ausgewählten Informationsquellen durch Experten gesammelt, hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Unternehmen analysiert und abschließend kommuniziert. Die Struktur bezeichnet die organisationale Zuordnung von Verantwortlichkeiten zur Prozessdurchführung.

REGER (2001) entwickelte einen Prozess zur Technologiefrüherkennung auf Grundlage von 74 Interviews in 26 multinationalen Unternehmen. Dieser lehnt sich an die von ASHTON ET AL. (1991), ASHTON & STACEY (1995) und MCDONALD & RICHARDSON (1997) entwickelten Ansätze an. Zu Beginn wird der Infor-

¹⁶ Gatekeeper sind Mitarbeiter eines Unternehmens, die technologierelevante Informationen neben ihrer regulären Tätigkeit sammeln, bewerten und mit relevanten Personen innerhalb des Unternehmens kommunizieren. Hierzu müssen Gatekeeper u. a. fachlich kompetent, „up-to-date“ und kommunikativ sein sowie effektive Informationsquellen innerhalb und außerhalb des Unternehmens heranziehen (MCDONALD & RICHARDSON 1997).

mationsbedarf in Abhängigkeit des Untersuchungsziels durch die Verwendung der Inside-Out- (z. B. Technologie-Monitoring) oder Outside-In-Perspektive (z. B. Technologie-Scanning) festgelegt. Während bei der Inside-Out-Perspektive der Bedarf aus dem Unternehmen hervorgeht, resultiert der Informationsbedarf bei der Outside-In-Perspektive aus dem Umfeld des Unternehmens (vgl. Abschnitt 2.3.1.2). Insbesondere letztere Perspektive unterstützt die Identifikation neuer Technologien, bei der das Produkt-Roadmapping mit der Szenariotechnik kombiniert wird. Die für die anschließende Datenbeschaffung relevanten Informationsquellen werden durch Experten (Technologieagenten etc.) ausgewählt, wobei zwischen formalen und informellen Quellen unterschieden wird. Die Daten werden primär über unternehmensinterne und -externe Experten beschafft, bevor diese gefiltert, analysiert und interpretiert werden. Die anschließende Entscheidungsvorbereitung gestaltet sich in Abhängigkeit des verfolgten Ziels (Make-or-Buy Entscheidung etc.) verschieden.

In Anlehnung an ASHTON ET AL. (1991) sowie ASHTON & STACEY (1995) liefert LICHTENTHALER (2002) einen weiteren Ansatz, der aus einer Fallstudienanalyse der Organisation von Technology Intelligence in Großunternehmen hervorgeht. LICHTENTHALER (2002) beschreibt die Aktivitäten der Technologiefrüherkennung durch ein auf vier Schritten basierendes Konzept, dessen Ablauf nach LANG-KOETZ ET AL. (2008) teilweise iterativ oder parallel durchzuführen ist. Zunächst wird der (1) Informationsbedarf bestimmt, um eine Informationsflut durch eine Beschränkung der zu beschaffenden Informationen zu vermeiden. Dies erfordert die Festlegung von Beobachtungsbereichen, wobei ebenso wie bei REGER (2001) zwischen der Inside-Out- und Outside-In-Perspektive differenziert wird. Bei der anschließenden (2) Informationsbeschaffung wird zwischen zwei Beschaffungsarten, Scanning und Monitoring, unterschieden und in Abhängigkeit dessen auf unterschiedliche formale und informelle Informationsquellen zurückgegriffen. Des Weiteren ordnet LICHTENTHALER (2002) in Anlehnung an BRENNER (1996) die Quellen anhand der Unsicherheit der in ihnen enthaltenen Informationen sowie in die von ihm definierten Phasen des Technologielebenszyklus ein, um insbesondere Entwicklungen von Technologien unterschiedlicher Reife zu verfolgen. Die (3) Informationsbewertung inkludiert die Filterung, Analyse und Interpretation der beschafften Informationen. Abschließend werden die (4) Ergebnisse an potentielle Nutzer im Unternehmen kommuniziert, um sie gezielt in Entscheidungsprozesse zu integrieren.

KERR ET AL. (2006) entwickelten ein konzeptionelles Technology Intelligence Modell, das in drei Ebenen gegliedert ist. Diese Ebenen umfassen ein Framework sowie ein System- und Prozessmodell. Das *Framework* dient der Verknüpfung der Informationsbedarfe von Entscheidungsträgern über die zur Deckung der Bedarfe relevanten Aktionen mit den zu ihrer Ausführung erforderlichen Informationsquellen. Zur unternehmensspezifischen Operationalisierung der Technology Intelligence differenzieren KERR ET AL. (2006) im *Systemmodell*

zwischen vier generischen Suchmethoden, *Mine*, *Trawl*, *Target* und *Scan*¹⁷. Um die Anwendung des Systemmodells zu unterstützen, wurde von KERR ET AL. (2006) ebenso ein *Prozessmodell* erarbeitet. Dieses umfasst sechs Schritte. Die Eingabe des Prozesses stellt ein Technologiebedarf dar, der nach der (1) Koordination, d. h. der Planung der Prozessaktivitäten, der Festlegung von Prozessverantwortlichen und der Allokation von Ressourcen, als Basis für die anschließende Suche dient. Die (2) Informationssuche gestaltet sich dabei in Abhängigkeit von den vier im Systemmodell definierten Suchmethoden unternehmensspezifisch. Die gewonnenen Informationen werden im Rahmen der (3) Filterung bewertet (z. B. anhand ihres Neuheitsgrades). Im Anschluss daran erfolgt eine (4) Interpretation der bewerteten Informationen, bei der deren Relevanz in Bezug auf die inhaltliche Ausrichtung des Unternehmens untersucht wird. Die Informationen werden innerhalb der (5) Dokumentation aufbereitet, strukturiert und bei ihrer abschließenden (6) Verbreitung innerhalb des Unternehmens mit erforderlichen Entscheidungsträgern kommuniziert. Die Ausgaben des Prozesses sind Informationen, die bspw. Auskunft über neue Technologien und deren Entwicklungstrends geben können. Der Prozess wird zyklisch durchgeführt, um erhaltene Informationen über neue Technologien fortlaufend zu detaillieren und deren Entwicklung zu beobachten.

ROHRBECK ET AL. (2006) spezifizierten den von ROHRBECK (2006) erarbeiteten Prozess durch die Entwicklung eines generischen Scouting-Prozesses. Ziel ist es, die Zeit zwischen dem eigentlichen technologischen Fortschritt einer Technologie und dessen Identifikation zu reduzieren. Bei der Erarbeitung lehnt er sich an die Prozesse von ASHTON & STACEY (1995) sowie REGER (2001) an. Sein Prozess beginnt mit der Definition der Suchfelder, wobei ROHRBECK ET AL. (2006) primär zwischen der Inside-Out- und Outside-In-Perspektive zur Eingrenzung des Suchraumes unterscheiden. Im Anschluss daran werden von Technologie-Scouts Informationsquellen, bei denen zwischen informellen und formalen Quellen differenziert wird, und anzuwendende Methoden ausgewählt. In diesen Informationsquellen sammeln die Scouts Informationen, die zunächst vorgefiltert und anschließend mit den zukünftigen Informationsempfängern analysiert und interpretiert werden. Die aggregierten Informationen werden abschließend von den Scouts bewertet und für Entscheidungsprozesse bereitgestellt.

MORTARA ET AL. (2009) evaluierten das von KERR ET AL. (2006) konzeptionell erarbeitete Modell im Rahmen einer Fallstudie, in der teilstrukturierte Interviews in 14 technologieorientierten Unternehmen unterschiedlicher Branchen in

¹⁷ *Mine* beschreibt die Extraktion expliziter, strukturierter Informationsquellen aus einer internen Datenbank, wohingegen die Untersuchung unstrukturierter, interner Quellen als *Trawl* bezeichnet wird. Demgegenüber werden mit Hilfe des *Scans* neue Technologien sowie Technologietrends mit möglicher Relevanz für die Unternehmung außerhalb des Unternehmensumfeldes proaktiv identifiziert, wobei die externe Entwicklung der relevantesten Technologien über das *Target* beobachtet wird (KERR ET AL. 2006).

Großbritannien durchgeführt wurden. Neben der Anwendung des von KERR ET AL. (2006) entwickelten Modells spezifizieren MORTARA ET AL. (2009) den Zusammenhang zwischen den von ihnen definierten vier Suchmethoden.

In Anlehnung an LICHTENTHALER (2002) entwickelte SCHIMPF (2010) eine Methode zur Technologiebeobachtung für Unternehmen, die kundenindividuelle Produkte produzieren. Um den abgeleiteten Anforderungen dieser Unternehmen gerecht zu werden, greift SCHIMPF (2010) bei der Technologiebeobachtung auf Social Software Systeme zurück. Der Methode liegt ein Prozess zugrunde. Dieser setzt sich aus fünf Schritten zusammen, der Suchfeldbestimmung, der Informationsbeschaffung, der Technologiebewertung, der Informationsspeicherung und der Ergebniskommunikation. Das Ziel der Ermittlung des Suchfeldes ist es, die aus operativer und strategischer Perspektive relevanten Technologien zu identifizieren. Während die Basis zur operativen Bestimmung des Suchfeldes kundenrelevante Produktfunktionen bilden, wird das strategische Suchfeld über eine Analyse der technologiestrategischen Ausrichtung eines Unternehmens ermittelt. Die Suchfelder beider Ebenen (strategisch, operativ) werden deskriptiv (u. a. durch Beschreibung der Produktfunktion) und taxonomisch (u. a. durch Definition von Keywords und ihrer Synonyme) spezifiziert. Daran anschließend erfolgt die Beschaffung von Informationen über die identifizierten Technologien. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Bewertung der Qualität von Informationsquellen und ihrer Archivierung in einem „Social Bookmarking System“. Die gesammelten Informationen dienen der Technologiebewertung. Die in den einzelnen Schritten gewonnenen Informationen und generierten Ergebnisse werden anschließend in einem Wiki-System abgespeichert und kommuniziert.

WELLENSIEK ET AL. (2011) beschreiben in Anlehnung an LICHTENTHALER (2002) einen vierstufigen Prozess, der Unternehmen auf Basis (1) des ermittelten Informationsbedarfs unterstützt, (2) technologierelevante Informationen zu beschaffen, (3) zu bewerten und (4) die aufbereiteten Informationen in Form von Ergebnissen zu kommunizieren. Sie beschreiben den Informationsbedarf in Form von Suchfeldern, die sie durch die Nutzung eines so genannten Technologiebaums ableiten. Der Technologiebaum ist als systemtheoretisches Modell aufgebaut, in dem die zur Produktrealisierung erforderlichen Technologie- und Wissensfelder mit den Produkten strategischer Geschäftsfelder über Produktfunktionen verknüpft werden. Die abgeleiteten Suchfelder werden spezifiziert, bspw. durch Funktionen, Werkstoffe und Eigenschaften, und bilden neben den festzulegenden Informationszielen (z. B. Detailgrad der Suche sowie die damit aufzuwendenden Kosten) die Grundlage der Informationsbeschaffung. Anhand der anwendungsspezifischen Ziele werden Informationsquellen ausgewählt, bei denen eine hohe Wahrscheinlichkeit vorliegt, relevante Informationen zu finden. In diesen Quellen werden die erforderlichen Informationen gesammelt und bereits implizit vorgefiltert, bevor diese mit Hilfe geeigneter Bewertungsansätze und -methoden beurteilt werden. Die resultierenden Ergebnisse, d. h.

Informationen über neue Technologien, ihrer Entwicklungen sowie die in Prognosen ermittelten Auswirkungen auf das Unternehmen, werden proaktiv mit Entscheidungsträgern kommuniziert.

Zusammenfassend zeigt Abb. 2.1 für die präsentierten Ansätze¹⁸ eine qualitative Analyse der Spezifikation der einzelnen Aktivitäten ihrer Prozesse zur Technologiefrüherkennung in Bezug auf den Grad der Formalisierung.

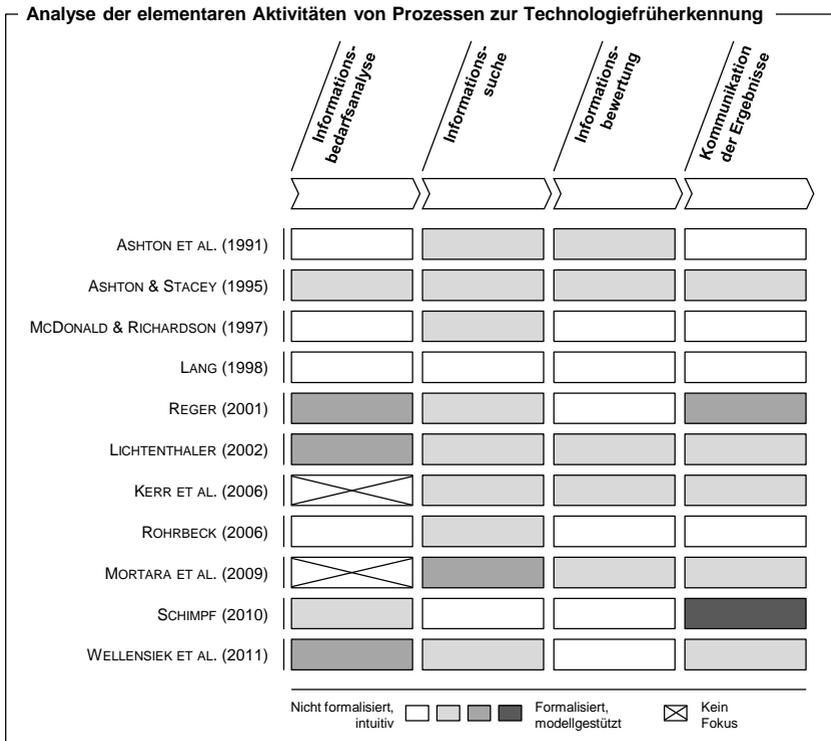


Abb. 2.1: Qualitative Analyse der Spezifikation elementarer Aktivitäten von Prozessen zur Technologiefrüherkennung

¹⁸ Neben den aufgeführten Ansätzen existieren in der Literatur weitere Arbeiten. Sie legen ihren Schwerpunkt u. a. auf die Identifikation und Beobachtung ganzer Technologiefelder (vgl. PEIFFER 1992) oder spezifische Aspekte der Technologiefrüherkennung, wie Richtlinien zu ihrer Gestaltung (vgl. KOBE 2001), die Zuordnung von Methoden zu ihren einzelnen Aktivitäten (vgl. DRACHSLER 2006; SHEHABUDEEN & PROBERT 2004; SPATH ET AL. 2010) oder die ihr zugrunde gelegte Aufbauorganisation (vgl. MIEKE 2005; SAVIOZ 2004, 2006).

Die Technologiefrüherkennung dient der rechtzeitigen Erfassung technologischer Chancen und Risiken (ARMAN & FODEN 2010; LICHTENTHALER 2003, 2006), indem die Suche, Bewertung und Kommunikation aufbereiteter technologierelevanter Informationen für einen zuvor analysierten Informationsbedarf unterstützt wird (KERR ET AL. 2006; LICHTENTHALER 2002). Zum einen erschwert die unzureichende Differenzierung zwischen den Einsatzgebieten einer Technologie, d. h. insbesondere in Produkten oder in der Produktion, die systematische Identifikation von Technologien (ASHTON & STACEY 1995; GERHARD & VOIGT 2009; LICHTENTHALER 2004a; REGER 2001), die zukünftigen Anforderungen der Produktion gerecht werden sollen (GERHARD & VOIGT 2009). Zum anderen bedarf es bei den Prozessen bisheriger Ansätze der Technologiefrüherkennung (vgl. u. a. ASHTON ET AL. 1991; KERR ET AL. 2006; LICHTENTHALER 2002; REGER 2001) einer Spezifikation der einzelnen Aktivitäten in Bezug auf die Identifikation von Technologien. Die Aktivitäten sind unzureichend formalisiert, sodass ihre Durchführung meist auf der Intuition des Anwenders basiert (vgl. Abb. 2.1). Die mangelhafte Spezifikation der gegenwärtigen Prozesse liegt darin begründet, dass die Prozesse unterschiedliche Teilziele gleichzeitig adressieren, sei es die Identifikation von reifen (KERR ET AL. 2006; REGER 2001) und unreifen Technologien (ASHTON & STACEY 1995; REGER 2001), die Ermittlung ihrer zukünftigen Entwicklungstrends (ASHTON & STACEY 1995; ASHTON ET AL. 1991; KERR ET AL. 2006; REGER 2001) oder die Erfassung der aus dem Umfeld eines Unternehmens resultierenden technologischen Chancen und Risiken (ASHTON & STACEY 1995; KERR ET AL. 2006; REGER 2001).

Im Folgenden werden daher Ansätze, welche die einzelnen Aktivitäten der Technologiefrüherkennung detaillierter behandeln, näher untersucht. Dabei liegt der Fokus auf der Informationsbedarfsanalyse (Abschnitt 2.3.1), -suche (Abschnitt 2.3.2) und -bewertung (Abschnitt 2.3.3). Die Analyse geeigneter Wege zur Kommunikation von Ergebnissen ist nicht primärer Fokus der Technologieidentifikation und wird daher im Rahmen dieser Arbeit nicht im Detail thematisiert. Für die Vermittlung und erfolgreiche Nutzung technologischer Informationen eignen sich nach WELLENSIEK ET AL. (2011) sowie REINHART ET AL. (2012) Technologiesteckbriefe. Durch inhaltliche und strukturelle Vorgaben lassen sich diese schnell erstellen und die darin enthaltenen, wesentlichen Informationen über eine Technologie kommunizieren (WELLENSIEK ET AL. 2011).

2.3.1 Informationsbedarfsanalyse

2.3.1.1 Allgemeines

Die verfügbare Informationsmenge steigt progressiv an (LICHTENTHALER 2002; SAVIOZ 2004; WELLENSIEK ET AL. 2011). Ihr Wachstum liegt nach LANG (1998) in dem rapiden technologischen Wandel sowie den Möglichkeiten neuer

Informationstechnologien begründet. Um eine Informationsflut zu vermeiden und unternehmensrelevante Technologien in Form von Informationen effektiv und effizient zu identifizieren, bedarf es einer Begrenzung der aufzuwendenden zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen (LICHTENTHALER 2003). Im Konkreten bedeutet dies eine Eingrenzung des Suchraums, bei der in der Literatur zwischen der Inside-Out- und Outside-In-Perspektive differenziert wird (PEIFFER 1992), sowie eine weitergehende Festlegung von Suchfeldern, welche die inhaltliche Dimension des konkreten technologischen Informationsbedarfs beschreiben. Innerhalb dieser Suchfelder findet die anschließende Informationssuche statt (WELLENSIEK ET AL. 2011).

2.3.1.2 Ansätze zur Informationsbedarfsanalyse

In diesem Abschnitt werden Arbeiten vorgestellt, die sich im Speziellen mit der Analyse des Informationsbedarfs aus der Inside-Out- bzw. Outside-In-Perspektive beschäftigen.

Bei der *Inside-Out*-Perspektive orientiert sich die Formulierung des Informationsbedarfs an bereits vorhandenen Produkten und Technologien eines Unternehmens (PEIFFER 1992). Die daraus resultierenden spezifischen Fragestellungen müssen problemorientiert, aber gleichzeitig lösungsneutral, in Suchbegriffe und Suchanfragen für die anschließende Informationssuche überführt werden (VOLLMER ET AL. 2013). Hierzu eignet sich die Verwendung von Technologiefunktionen (vgl. BRINK & IHMELS 2008; GRAWATSCH 2005; PEIFFER 1992; REINHART ET AL. 2012; WELLENSIEK ET AL. 2011), die nach DIN 69910 (1973) und VDI 2803 (1996) den Zweck einer Technologie beschreiben.

Das Ziel der von GRAWATSCH (2005) entwickelten Methodik zur TRIZ¹⁹-basierten Früherkennung erfolgsversprechender Produkttechnologien ist die Abschätzung ihres technologischen Potenzials in frühen Phasen. Ein mögliches Suchfeld wird mit Hilfe der TRIZ-Methode als systemhierarchisches Modell auf Basis der Produktfunktion beschrieben und eingegrenzt. Die Nutzung einer Produktfunktion zur Beschreibung des Informationsbedarfs erlaubt dabei ebenso die Identifikation von Technologien anderer Wirkprinzipien.

KAISER ET AL. (2007) thematisieren die Ableitung und Spezifikation von Suchfeldern, um relevante Produkttechnologien über Experten zu finden. Hierzu

¹⁹ TRIZ bezeichnet die „Theorie des erfinderischen Problemlösens“. Hierbei wird unterstellt, dass der Weg des Erfindens definierten Lösungsmustern folgt (vgl. ALTSCHULLER 1984). Das Vorgehen von TRIZ erfolgt in drei Schritten. Das Problem wird (1) analysiert und abstrahiert. Für die abstrahierte Problembeschreibung werden (2) zur Übertragung eines Lösungsmusters analoge, frühere Problemstellungen identifiziert. Unter Zuhilfenahme des Lösungsmusters lässt sich eine (3) konkrete problemspezifische Lösung entwickeln (GRAWATSCH 2005).

werden bereits existierende Produkte funktional in ihre Komponenten und ferner in die darin integrierten Technologien hierarchisch aufgegliedert. Die abgeleiteten Suchfelder werden anschließend unter Verwendung von Begriffsnetzwerken spezifiziert. Dabei beschreibt ein Begriffsnetzwerk ein Konglomerat aus Schlüsselbegriffen, die das Suchfeld aus unterschiedlichen Perspektiven beschreiben, z. B. durch die Funktion oder Eigenschaften eines Produktes.

VOLLMER ET AL. (2013) entwickelten eine Methode zur probleminduzierten Funktionsanalyse in der Produktion. Zur Komplexitätsreduktion wird der betrachtete Produktionsprozess zunächst hierarchisch strukturiert (Produktionslinie, Arbeitsstation, Arbeitsabläufe, Prozessschritte) und analysiert. Ziel ist es dabei, relevante Produktionsaufgaben unter Berücksichtigung der zu fertigenden Produktkomponenten über Funktionen in Form von Substantiv-Verb-Kombinationen (vgl. REINHART ET AL. 2012; SCHMITZ 2015; VDI 2803 1996) zu beschreiben, bspw. „Komponenten X und Y fügen“. Die Abstraktion der Technologiefunktionen erlaubt es, das Suchfeld entsprechend der Zielsetzung der Suche enger oder weiter zu fassen, um ähnliche bzw. gänzlich neue, alternative Technologien zu finden. Zur Spezifikation des Informationsbedarfs und Abgrenzung eines Suchfeldes werden die Funktionen um zusätzliche Anforderungen ergänzt.

Der Informationsbedarf resultiert bei der *Outside-In*-Perspektive aus dem Unternehmensumfeld und hat im Vergleich zur *Inside-Out*-Perspektive einen externen Ursprung (PEIFFER 1992). Um zukünftige Ereignisse, die innerhalb des Unternehmensumfeldes auftreten, zu antizipieren, müssen Unternehmen Produkte entwickeln und produzieren, die den Kundenanforderungen gerecht sind. Ein Unternehmen muss dabei infolge der Anpassung seiner technologischen Basis (TSCHIRKY 1994, 1998; WELLENSIEK ET AL. 2011) fortlaufend fähig sein, aktuelle und zukünftige Produkte wirtschaftlich herzustellen. Die Prinzipien der Retro- und Extrapolation von internen und externen Entwicklungen, wie in Abb. 2.2 dargestellt, eignen sich für die Ermittlung des Informationsbedarfs (GASSMANN & KAUSCH 2005). Während die Szenario-Analyse der Erstellung von Zukunftsszenarien zur Abschätzung zukünftiger Umfeldentwicklungen bezogen auf den heutigen Tag Anwendung findet (Retropolation), dient das Roadmapping der unternehmensspezifischen Überführung der Szenarien in zukünftige, interne Entwicklungen (Extrapolation) (vgl. u. a. GASSMANN & KAUSCH 2005; LIZASO & REGER 2004; REGER 2001).

In der von LIZASO & REGER (2004) erarbeiteten Methode werden die Szenario-Analyse und das Roadmapping im Sinne der Retro- und Extrapolation zur Planung der Entwicklung und des Einsatzes sowohl unreifer als auch reifer Technologien verknüpft. Ihre Methode gliedert sich in sechs Schritte. Basierend auf einer (1) Planung der durchzuführenden Aktivitäten werden (2) Einflussfaktoren mit Bezug zu bereits erfassten Technologien identifiziert und ausgewählt.

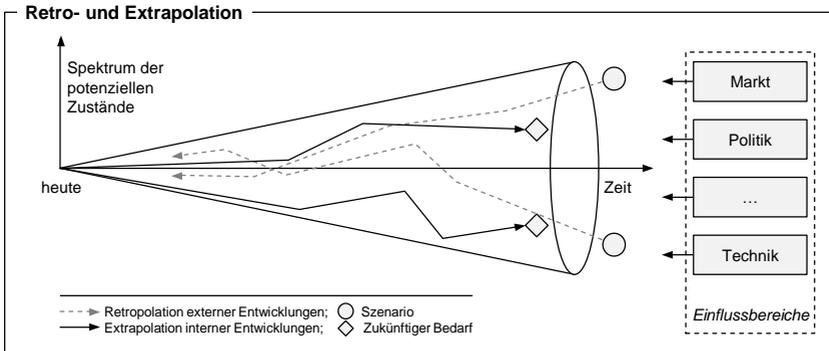


Abb. 2.2: Prinzip der Retro- und Extrapolation in Anlehnung an REGER (2001), BEHRENDT & ERDMANN (2006) und STUCKENSCHNEIDER & SCHWAIR (2011)

Die (3) Entwicklungen alternativer Technologien werden in die Zukunft projiziert, um daraus (4) Zukunftsszenarien zu bilden. Sie werden nach (5) ihrem zeitlichen Auftreten eingeordnet. Innerhalb einer (6) Roadmap werden die Wege zur Erreichung dieser Szenarien aufgezeigt und ausgewählt.

GASSMANN & KAUSCH (2005) präsentieren eine Methode für die strategische Suchfeldanalyse, um Technologieentwicklungen im Unternehmensumfeld bereits in frühen Phasen zu identifizieren. Die Methode basiert auf drei Eingaben, den (1) Inventionsimpulsen von Mitarbeitern, den (2) prognostizierten Entwicklungen von Produkten und bereits identifizierten Technologien aus Roadmaps sowie den (3) Zukunftsbildern aus der Szenario-Analyse. Infolge der Kombination von Roadmapping und Szenario-Analyse, die im Rahmen von Workshops durchgeführt werden, können relevante Zukunftstrends erfasst und Bedarfe ermittelt werden. Sie fließen als Ergebnisse in die Erstellung von Suchfeldportfolios ein, in denen Markt- und Technologietrends gegenübergestellt und anhand ihrer Relevanz bewertet werden.

STUCKENSCHNEIDER & SCHWAIR (2011) entwickelten bei der Siemens AG so genannte „Pictures of the Future“. Sie stellen konsistente Abbildungen der Zukunft für verschiedene Arbeitsgebiete dar. Der Erstellung dieser Bilder liegt ein systematischer Prozess zugrunde, der das Prinzip von Retro- und Extrapolation infolge der kombinierten Nutzung von Szenario-Analyse und Roadmapping berücksichtigt. Dies erlaubt u. a. die Identifikation von Diskontinuitäten in den jeweiligen Arbeitsgebieten sowie die Ermittlung zukünftiger Kundenanforderungen. Hieraus ergeben sich Bedarfe und weitergehend neue Geschäftsmöglichkeiten für bspw. Produkte, Systeme und Anlagen.

Das Prinzip von Retro- und Extrapolation greifen BEHRENDT & ERDMANN (2006) ebenso in ihrer Methodik für das intergierte Technologie-Roadmapping auf, um insbesondere gesellschaftliche Bedarfe und Kundenbedürfnisse frühzeitig zu erfassen und in die weitere Planung einzubeziehen. Im Rahmen der Extrapolation werden Trends, v. a. im sozio-ökonomischen und sozial-ökologischen Umfeld eines Unternehmens, durch qualitative (z. B. Interviews) und quantitative Expertenbefragungen (z. B. Delphi-Studien) prognostiziert. Diese werden mit den bei der Retropolation entwickelten Szenarien abgeglichen, um bspw. neue Anwendungen oder Märkte zu identifizieren. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Festlegung von Maßnahmen in Form von Meilensteinen und Aktivitäten in die strategische Planung ein.

Die Inside-Out-Perspektive orientiert sich ausschließlich an der eigenen Domäne eines Unternehmens und die bereits in diesem existierenden Produkte und Technologien. Sie unterstützt eine lösungsneutrale, gerichtete Informationssuche mit speziellem Themenbezug. Ansätze dieser Perspektive präsentieren Vorgehen zur Analyse produktbezogener (vgl. GRAWATSCH 2005; KAISER ET AL. 2007) oder produktionsbezogener Technologiefunktionen (vgl. REINHART ET AL. 2012; VOLLMER ET AL. 2013). Sie analysieren den aktuellen Bedarf eines Unternehmens, ohne auf den zukünftigen Technologiebedarf einzugehen, der sich aus der Veränderung des Unternehmensumfeldes und folglich der Auswirkung auf das Produktportfolio eines Unternehmens ergibt. Die Ansätze mit Fokus auf der Outside-In-Perspektive ziehen das Prinzip von Retro- und Extrapolation heran, gehen jedoch von bereits identifizierten Technologien aus, um signifikante Veränderungen ihrer Entwicklungen (vgl. GASSMANN & KAUSCH 2005) sowie des Unternehmensumfeldes und den daraus abgeleiteten Kundenanforderungen zu erfassen (vgl. BEHRENDT & ERDMANN 2006; STUCKENSCHNEIDER & SCHWAIR 2011). Die systematische Ableitung des zukünftigen produktionsbezogenen Technologiebedarfs in Form von Suchfeldern wird zusammenfassend von bisherigen Ansätzen nicht adressiert. Dies liegt primär an der unzureichenden Verknüpfung von Ansätzen und etablierten Methoden (vgl. BALACHANDRA 1980a, b; LICHTENTHALER 2002; REGER 2001). Ferner liegt die Suchfeldauswahl und -beschreibung nicht im Schwerpunkt dieser Arbeiten.

2.3.2 Informationssuche

2.3.2.1 Allgemeines

Der Ermittlung des Informationsbedarfs, der sich als technologische Suchfelder beschreiben lässt, schließt sich die Informationssuche an. Ihr Ziel ist es, technologierelevante Informationen für die einzelnen Suchfelder zur Deckung des in den Suchfeldern formulierten Informationsbedarfs zu gewinnen und aufzubereiten (WELLENSIEK ET AL. 2011).

Aufgrund einer zunehmenden Informationsflut, vor allem digitaler Informationen (SONG ET AL. 2014), werden Ansätze des „Information Retrieval“²⁰ (vgl. BAEZA-YATES ET AL. 2010; DULLY 2011), „Text Mining“²¹ (vgl. HU & ZHANG 2010; LEE ET AL. 2009; SCHLOEN & SCHMITZ 2015) und „Data Mining“²² (vgl. LEE ET AL. 2008; LOSIEWICZ ET AL. 2000; SUKANYA & BIRUNTHA 2012) zur Informationsgewinnung eingesetzt. Sie unterstützen die automatisierte Sammlung und Verarbeitung großer Informationsmengen auf Basis einer einmaligen Suchanfrage in einzelnen elektronischen Informationsquellen, wie Patenten (YOON & PARK 2005). Die Suche gestaltet sich in der Realität hingegen nicht nur statisch, sondern vielmehr iterativ durch adaptierte Suchanfragen sowie unter Verwendung einer Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen (BATES 1989), die bspw. formaler oder informeller Natur sind (vgl. u. a. REGER 2001).

Im Folgenden werden zunächst die Klassifizierungsarten von Informationsquellen vorgestellt (Abschnitt 2.3.2.2), bevor relevante Ansätze erläutert werden, welche die iterative Suche in verschiedenen Quellen im Rahmen des Informationsmanagements abbilden (Abschnitt 2.3.2.3).

2.3.2.2 Klassifizierung von Informationsquellen

KERR ET AL. (2006) differenzieren drei Hauptklassen von Informationsquellen, weiße, graue und schwarze. *Weiß*e Informationsquellen sind öffentlich zugäng-

²⁰ Ziel des *Information Retrieval* ist es, relevante Dokumente für einen in einer einzelnen Suchanfrage formulierten Informationsbedarf automatisiert zu sammeln und aufzubereiten (BAEZA-YATES ET AL. 2010; KUNZ 2006; MANNING ET AL. 2008). Dabei erfolgt ein Abgleich der Suchanfrage mit den Metadaten von Dokumenten, d. h. deren Titel, Inhaltsbeschreibung, Autoren etc., ohne auf die eigentlichen Informationen des Dokumentes zuzugreifen. Die relevanten Informationen müssen entweder manuell vom Informationssuchenden ausfindig gemacht (GENEST & CHEIN 2005) oder bspw. unter Verwendung von Text Mining automatisiert analysiert werden (SUKANYA & BIRUNTHA 2012). Das grundsätzliche Prinzip des Information Retrieval ist durch die klassischen von ROBERTSON (1977) und SALTON & MCGILL (1983) entwickelten Modelle beschrieben. Zur Erfüllung dieses Prinzips existieren diverse Ausprägungen von Information Retrieval-Modellen, wie das Boolesche Modell, das probabilistische Modell oder das Vektorraummodell (BAEZA-YATES ET AL. 2010). Detaillierte Erläuterungen zu den angeführten Modellen liefern KUNZ (2006); STOCK (2007) und BAEZA-YATES ET AL. (2010). Die Suchmaschine *Google* stellt die derzeit bekannteste Umsetzung des Prinzips dar (CHANG ET AL. 2008), die innerhalb kürzester Zeit die im Internet frei zugänglichen Informationen mit der Suchanfrage eines Informationssuchenden abgleicht.

²¹ Das *Text Mining* fokussiert die automatisierte Extraktion einer großen Menge semi- und unstrukturiert vorliegender Informationen in Form von Texten (HU & ZHANG 2010; SUKANYA & BIRUNTHA 2012). Das Ziel ist es, zuvor noch unbekannte, aber relevante, Informationen aufzuzeigen (YOON 2008), sodass unter Text Mining auch „Knowledge Discovery“ verstanden wird (SUKANYA & BIRUNTHA 2012).

²² Im Vergleich zum Text Mining adressiert das *Data Mining* die Analyse großer Informationsmengen, die strukturiert vorliegen, z. B. Messdaten, um neue relevante Informationen über Strukturen, Trends etc. zu identifizieren (LEE ET AL. 2008; LOSIEWICZ ET AL. 2000; SUKANYA & BIRUNTHA 2012).

lich, wohingegen *schwarze* auf illegale Weise, bspw. durch Industriespionage, beschafft werden. *Graue* Informationsquellen enthalten dagegen Informationen, die nicht formal publiziert sind, wie z. B. informelle Diskussionen. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf weißen und grauen Informationsquellen. Jede dieser Hauptklassen lässt sich nach KERR ET AL. (2006) und MORTARA ET AL. (2009) weiter in Teilklassen untergliedern, z. B. in unternehmensinterne und -externe oder formale und informelle Klassen. Eine literaturbasierte Übersicht der Klassifizierungsarten von Informationsquellen zeigt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Klassifizierungsarten von Informationsquellen

Komplementäre Teilklassen	Literaturquellen																
	ASHTON ET AL. (1991)	ASHTON & STACEY (1995)	SEPP (1996)	PAAP (1997)	HERTZUM & PEJTERSEN (2000)	KUNZE (2000)	KOBE (2001)	REGER (2001)	LICHTENTHALER (2002)	LUX & PESKE (2002)	DELIT. (2004)	KERR ET AL. (2006)	LICHTENTHALER (2006)	PLEUR (2006)	MORTARA ET AL. (2009)	SCHIMPF (2010)	WELLENSIEK ET AL. (2011)
Intern / extern	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Formal / informell	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Explizit / implizit	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Unpersönlich / persönlich	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Elektronisch / Papierform	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Primär / sekundär	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Direkt / indirekt	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Kostengünstig / teuer	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○ nicht zutreffend; ● zutreffend

Die Kombination aus diesen Teilklassen spezifiziert eine Informationsquelle. Bei einer schriftlichen Publikation handelt es sich bspw. um eine externe, formale Quelle, die sowohl Informationen aus erster als auch zweiter Hand enthalten kann (vgl. MORTARA ET AL. 2009). Informationsquellen liegen *intern* und *extern* vor, d. h. innerhalb und außerhalb eines Unternehmens (vgl. u. a. LUX & PESKE 2002), und sind *formaler* oder *informeller* Art (vgl. u. a. PLEUSS 2006). Während formale Informationsquellen (z. B. Konferenzberichte, Patente) auf explizitem Wissen aufbauen, sind informelle Quellen (z. B. Konferenzen, Expertengespräche) durch implizites gekennzeichnet, sodass KERR ET AL. (2006) und MORTARA ET AL. (2009) *explizite* und *implizite* Quellen unterscheiden.

SEPP (1996), PAAP (1997) und DELTL (2004) differenzieren dagegen zwischen *unpersönlichen* (z. B. Internet, Patente) und *persönlichen* Informationsquellen (z. B. Lieferanten, Berater), die ebenso wie explizite und implizite Quellen einen formalen bzw. informellen Charakter besitzen. DELTL (2004) gliedert die formalen Informationsquellen weiter auf und unterscheidet, ob die darin enthaltenen Informationen *elektronisch* auf Datenträgern oder in *Papierform* vorliegen. KERR ET AL. (2006) und KUNZE (2005) unterteilen Quellen ferner in *primäre* und *sekundäre*, wobei erstere Informationen aus erster Hand und letztere die aus zweiter Hand kennzeichnen. PAAP (1997) bezeichnen die Quellen nach der Art des Ursprungs auch als *direkte* bzw. *indirekte* Informationsquellen. Des Weiteren unterscheiden sich Informationsquellen in den Kosten ihrer Zugänglichkeit. Aus Unternehmenssicht sind das Internet und interne Experten bspw. *kostengünstig* erschließbare Quellen, wohingegen die Teilnahme an einer Konferenz oder Messe aufgrund der aufzubringenden Zeit und den gebundenen personellen Kapazitäten *teuer* ist (HERTZUM & PEJTERSEN 2000).

2.3.2.3 Ansätze zur Informationssuche

Die in diesem Abschnitt erläuterten Ansätze beziehen sich auf die iterative Suche nach Informationen in unterschiedlichen Informationsquellen.

BATES (1989) entwickelte ein Modell für die sukzessive, evolutionsbasierte Informationssuche in Informationssystemen, die als „*Berrypicking*“²³ tituliert wird. Im Vergleich zu den klassischen Ansätzen des Information Retrievals versteht BATES (1989) die Informationssuche nicht als einmalige Aufgabe, sondern als iterativen Prozess, der infolge einer fortlaufenden Adaption der Suchanfrage sowie der Nutzung einer Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen schrittweise zur Deckung des Informationsbedarfs beiträgt. Zur Unterstützung dieser Art der Informationssuche präsentiert BATES (1989) sechs Suchtechniken (vgl. BATES 1989), wie das „Footnote chasing“ oder „Citation searching“, und die für ihre Anwendung notwendigen Fähigkeiten.

ELLIS (1989) entwickelte ein Modell, das den Ablauf des Suchverhaltens in formalen, elektronischen Informationsquellen abbildet. Der Ablauf gliedert sich in sechs Aktivitäten, „Starting“, „Chaining“, „Browsing“, „Differentiating“, „Monitoring“ und „Extracting“, und besitzt, ebenso wie das Modell von BATES

²³ Der Begriff „Berrypicking“ bezeichnet eine schrittweise Informationsgewinnung, die sich in Abhängigkeit der gefundenen Informationen durch eine angepasste Suchanfrage evolutionär gestaltet. Der Begriffsursprung liegt dabei in der Sammlung von Blaubeeren, die heterogen an Sträuchern verteilt sind. Die Suche wird solange fortgesetzt, bis ein Strauß von Beeren gefunden wird. Die Gewinnung von Informationen wird demnach sukzessive durchgeführt, analog zur Suche nach weiteren Beeren (BATES 1989).

(1989) einen iterativen Charakter. Zunächst werden Informationsquellen identifiziert, in denen die Suche beginnt. Diese sollten nach ELLIS (1989) Informationen enthalten, die bspw. einen Überblick über das interessierte Themengebiet geben. Sie bilden die Grundlage für die Rückwärts- und Vorwärtszitation²⁴. Sind weitere relevante Quellen identifiziert, werden Informationen des Interessensgebietes über eine semi-gerichtete Suche mit Hilfe von Suchbegriffen, wie Fachbegriffen, gesammelt. Aufgrund der Informationsflut werden die Quellen vorgefiltert, präferiert und dienen der weiteren Beobachtung des Interessensgebietes. Aus ihnen werden die relevanten Informationen extrahiert.

CHOO ET AL. (2000) präsentieren ein Modell für die webbasierte Informationssuche, welches das Suchverhalten von Personen im Internet abbildet. Sie verknüpfen hierzu die von ELLIS (1989) für die Suche in formellen Informationsquellen identifizierten Aktivitäten mit den von AGULIAR (1967) klassifizierten Suchebenen („Undirected viewing“, „Conditioned viewing“, „Informal search“, „Formal search“), die sich in der Art des benötigten Informationsbedarfs und der Suchstrategie unterscheiden.

JOHNSON ET AL. (2006) ermittelten Suchpfade auf Basis einer empirischen Analyse, anhand derer die Studienteilnehmer Informationen über vererbbares Krebs gewinnen würden. Sie definieren einen Suchpfad als eine Kombination sequentiell genutzter Informationsquellen zur Sammlung problemspezifischer Informationen. Nach JOHNSON ET AL. (2006) wird bspw. zunächst das Internet genutzt, bevor ein Arzt als informelle Informationsquelle aufgesucht wird und die von ihm erhaltenen Informationen durch Bücher spezifiziert werden.

SAVOLAINEN (2008) analysierte Suchpfade für die problemspezifische Suche nach Alltagsinformationen. Hierzu identifizierte er fünf Typen von Informationsquellen: personelle (z. B. Experten), schriftliche (z. B. Zeitungen), vernetzte (z. B. Internet), organisatorische (z. B. öffentliche Bibliotheken) und sonstige Quellen. Die Quellen priorisierte SAVOLAINEN (2008) nach ihrer Relevanz (hoch, mittel, niedrig) anhand von Qualitätskriterien, bspw. nach dem Inhalt oder der Zugänglichkeit der darin enthaltenen Informationen. Aus ihnen ermittelte er empirisch Suchpfade, wobei die Relevanz der zu Beginn eines Suchpfads herangezogenen Informationsquelle stets hoch ist und mit den nachfolgenden Quellen abnimmt. Dabei sind nach SAVOLAINEN (2008) vor allem personelle sowie vernetzte Quellen, im Speziellen das Internet, von hoher Relevanz.

Ziel des von LOIZIDES & BUCHANAN (2013) entwickelten Modells ist die manuelle Sichtung relevanter Dokumente aus der Ergebnisliste einer Suchanfrage zur

²⁴ Die Rückwärtszitation bezeichnet die Identifikation von Referenzen in bereits vorliegenden Informationen, bspw. die Suche nach Hinweisen zu Literatur in dem Quellenverzeichnis einer schriftlichen Publikation, wohingegen die Vorwärtszitation die Ermittlung von Referenzen kennzeichnet, die zu einer gesuchten Information führen (ELLIS 1989).

Deckung eines Informationsbedarfs. LOIZIDES & BUCHANAN (2013) adressieren mit ihrem Modell die von ELLIS (1989) identifizierte Phase der Informationsextraktion und differenzieren zwischen drei Ebenen. In der ersten Ebene wird eine Menge potenziell relevanter Dokumente nach der Relevanz ihres Titels intuitiv gefiltert. Die selektierten Dokumente werden in der zweiten Ebene überflogen. Sind Dokumente nach dieser Ebene weiterhin potenziell relevant, werden sie in der dritten Ebene genau durchgelesen und die zur Deckung des Informationsbedarfs benötigten Informationen extrahiert.

Die beschriebenen Suchansätze des Informationsmanagements weisen keinen direkten Bezug zur Technologiefrüherkennung auf. Sie stellen jedoch den generellen Ablauf einer Informationssuche dar (vgl. BATES 1989; CHOO ET AL. 2000; ELLIS 1989) oder betrachten einzelne Aspekte davon, bspw. Suchpfade (vgl. JOHNSON ET AL. 2006; SAVOLAINEN 2008) oder die Informationsextraktion (vgl. LOIZIDES & BUCHANAN 2013). Die Relevanz der Identifikation einer geeigneten Startquelle für die Suche wird in den Ansätzen genannt (vgl. ELLIS 1989; SAVOLAINEN 2008), ihre Auswahl ist hingegen intuitiv und folgt keiner Systematik. Des Weiteren konzentrieren sich die Ansätze in erster Linie auf formale Informationsquellen, die elektronisch vorliegen (vgl. BATES 1989; CHOO ET AL. 2000; ELLIS 1989), in denen bspw. mit den von BATES (1989) beschriebenen Suchtechniken Informationen gesammelt werden. JOHNSON ET AL. (2006) und SAVOLAINEN (2008) konkretisieren das von ELLIS (1989) genannte „Chaining“, indem sie auf die Nutzung so genannter Suchpfade eingehen. Diese ermöglichen es, relevante Informationen über eine Kombination von Informationsquellen zu finden. Eine fallspezifische informationsquellenübergreifende Suche über geeignete Suchpfade, die z. B. sowohl formale als auch informelle Quellen einschließt, ist hingegen nicht Fokus bisheriger Ansätze (vgl. u.a. ELLIS 1989; SAVOLAINEN 2008). LOIZIDES & BUCHANAN (2013) liefern ferner keine Hinweise auf ein Vorgehen zur Informationssuche, sondern präsentieren einen Ansatz zur impliziten, intuitiven Informationsbewertung als Bestandteil der Suche.

2.3.3 Informationsbewertung

2.3.3.1 Allgemeines

Die gewonnenen und aufbereiteten Informationen werden zur Vorbereitung von Entscheidungen mit relevanten Personen kommuniziert (vgl. u.a. LICHTENTHALER 2002). Um die Güte der Entscheidungen zu erhöhen, müssen die zur Verfügung gestellten Informationen eine hohe Qualität aufweisen (RAGHUNATHAN 1999). Informationen besitzen nach KAHN & STRONG (1998) eine hohe Qualität, wenn diese mindestens den Anforderungen der Informationsnutzer entsprechen. SALAÜN & FLORES (2001) konkretisieren diese Behauptung und bezeichnen Informationen hoher Qualität als jene, die den vom Anwender

spezifizierten Bewertungskriterien genügen. Zur Bewertung der Qualität von Informationen anhand definierter Kriterien existiert eine Vielzahl von Ansätzen, die primär dem Bereich des Informationsmanagements zuzuordnen sind. Eine Übersicht dieser Ansätze findet sich bspw. bei BERNHARD ET AL. (2007).

2.3.3.2 Ansätze zur Informationsbewertung

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Ansätze vorgestellt, welche die kriterienübergreifende²⁵ Bewertung der Qualität von Informationen fokussieren.

WANG & STRONG (1996) erarbeiteten eine Struktur zur Klassifikation qualitätsrelevanter Kriterien für Daten. Hierzu ermittelten sie im Rahmen einer empirischen Studie die Relevanz der Qualitätsmerkmale eines Datensatzes. Das Ergebnis der ausgewerteten Studie sind 15 Qualitätskriterien, die vier Kategorien zugewiesen sind, der inneren Qualität, der kontextuellen Qualität, der Darstellungsqualität und der Zugangsqualität (vgl. Tabelle 2.2). Eine *innere Qualität* besitzen Daten, die für sich bereits eine eigene Qualität aufweisen, z. B. durch ihre Glaubwürdigkeit. Eine *kontextuelle Qualität* kennzeichnet den Wertbeitrag von Daten zur Deckung eines Informationsbedarfs und äußert sich u. a. in ihrer Relevanz und Vollständigkeit. Die *Darstellungsqualität* ist durch die Formalität eines Datensatzes gegeben und ist bspw. von dessen Eindeutigkeit abhängig. Die *Zugangsqualität* drückt die Bedeutung der Datenquelle in Bezug auf die Zugänglichkeit und Zugriffssicherheit aus.

KAHN ET AL. (2002) entwickelten aufbauend auf den Vorarbeiten von KAHN & STRONG (1998) ein Modell zur Einordnung von Informationsqualitätskriterien in vier Quadranten, um die Qualität von Entscheidungen durch eine verbesserte Informationsqualität zu erhöhen. Zum einen wird zwischen der Qualität des Informationsprodukts (z. B. Vollständigkeit) und des Services (z. B. Rechtzeitigkeit) differenziert. Zum anderen wird unterschieden, ob ein Kriterium unabhängig (z. B. Fehlerfreiheit) oder abhängig von einer Aufgabe bzw. Entscheidung und folglich dem Informationsnutzer ist (z. B. Relevanz). Die diesen Quadranten zugeordneten Kriterien sind nach der Kategorisierung von WANG & STRONG (1996) in Tabelle 2.2 aufgeführt.

EPPLER (2006) erarbeitete ein Modell für das Management von Informationsqualität. Die Basis des Modells bildet ein *Informationsverwertungsprozess*, der sich in vier Schritte unterteilt: die Identifikation der benötigten Informationen und geeigneter Informationsquellen, die Bewertung ihrer Güte und Relevanz, die kontextabhängige Adaption der Informationen sowie ihre Nutzung. Den

²⁵ In der Literatur existieren weitere Ansätze (vgl. u. a. WÜRTHELE 2003 und HEINRICH & KLIER 2011), die bspw. Metriken zur Bewertung einzelner Kriterien der Daten- und Informationsqualität präsentieren.

Tabelle 2.2: Auszug von Kriterien zur Bewertung der Informationsqualität

Kategorie	Kriterien	Literaturquellen						
		WANG & STRONG (1996)	KAHN & STRONG (1998)	KAHN ET AL. (2002)	LEE ET AL. (2002)	EPPLER (2006)	KERR ET AL. (2006)	BERNHARD ET AL. (2007)
Innere Qualität	Glaubwürdigkeit	●	●	●	●	●	●	○
	Korrekt-/Fehlerfreiheit	●	●	●	●	○	●	●
	Objektivität	●	●	●	●	○	●	●
	Reputation	●	●	●	●	○	●	●
	Nachweisbarkeit	○	○	○	○	○	●	○
Kontextuelle Qualität	Relevanz	●	●	●	●	○	●	●
	Rechtzeitigkeit	●	●	●	●	●	●	○
	Vollständigkeit	●	●	●	●	○	●	●
	Aktualität	○	○	○	○	●	○	●
	Mehrwert/Nützlichkeit	●	○	○	○	○	○	○
	Angemessener Umfang	●	●	●	●	●	●	○
	Wichtigkeit	○	○	○	○	○	●	○
	Eindeutigkeit	○	○	○	○	●	●	○
	Bedienungsfreundlichkeit	○	●	●	●	●	○	○
	Unbeständigkeit	○	○	○	○	○	●	○
	Anwendbarkeit	○	○	○	○	●	○	○
	Rückverfolgbarkeit	○	○	○	○	●	○	●
	Kongruenz	○	○	○	○	○	○	●
Homogenität	○	○	○	○	○	○	●	
Darstellungsqualität	Interpretierbarkeit	●	●	●	●	○	●	○
	Verständlichkeit	●	●	●	●	○	●	●
	Konsistente Darstellung	●	●	●	●	●	○	●
	Prägnante Darstellung	●	●	●	●	●	○	●
	Übersichtlichkeit	○	○	○	○	○	●	○
	Granularität	○	○	○	○	○	●	●
	Semantische Integrität	○	○	○	○	○	●	○
Zugangsqualität	Verfügbarkeit	●	●	●	●	●	●	●
	Sicherheit	●	●	●	●	●	○	○
	Zugänglichkeit	○	○	○	○	○	○	●
	Schnelligkeit	○	○	○	○	○	○	○
	Wartbarkeit	○	○	○	○	●	○	○

○ nicht zutreffend; ● zutreffend

vier Schritten sind neben Managementprinzipien (vgl. EPPLER 2006) jeweils *Qualitätsperspektiven* zugeordnet. Die Perspektiven umfassen die Relevanz bzw. Güte der Informationen, die Prozessoptimierung sowie die Verlässlichkeit der Infrastruktur. Während die ersteren beiden Perspektiven die inhaltliche Qualität von Informationen präsentieren, stellen die letzteren beiden die Medienqualität dar. Anhand der vier Schritte des Informationsverwertungsprozesses sowie der vier Qualitätsperspektiven ordnet EPPLER (2006) die für ihn relevanten Kriterien (vgl. Tabelle 2.2) ein. Neben der Strukturierung der Kriterien zeigt er potenzielle Zielkonflikte auf, die zwischen einzelnen Kriterien bestehen.

Die bereits aufgeführten Ansätze fokussieren eine Klassifikation von Kriterien zur Beurteilung der Informationsqualität, die sich mitunter sowohl in den Kategorien als auch in den Kriterien unterscheiden. Sie stellen jedoch keine Methoden oder Modelle bereit, um die Informationsqualität zu bewerten.

LEE ET AL. (2002) entwickelten daher eine Methode zur Bewertung der Informationsqualität. Diese gliedert sich in drei Komponenten. Die erste Komponente bildet das von KAHN ET AL. (2002) erarbeitete Modell mit den darin klassifizierten Informationsqualitätskriterien, die in Tabelle 2.2 dargestellt sind. Die Messung der Kriterien basiert auf einer zweiten Komponente, einer Befragung aller Nutzer von Informationen, unabhängig von deren Zielsetzung, zur empirischen Ermittlung der Qualität von Informationen in Bezug auf jedes Kriterium. LEE ET AL. (2002) zeigen bei der Auswertung ebenso die Interdependenzen zwischen den einzelnen Kriterien auf. Die dritte Komponente stellt eine Gap-Analyse dar, die der Qualitätsanalyse der Messergebnisse zur gezielten Verbesserung der Informationsqualität dient.

BERNHARD ET AL. (2007) präsentieren ein Modell zur Bewertung der Informationsqualität im Rahmen der Informationsgewinnung für die modellbasierte Analyse von Logistiknetzwerken. Hierzu ordnen BERNHARD ET AL. (2007) die Qualitätskriterien (vgl. Tabelle 2.2) vier Kategorien zu, die sich auf den Inhalt, die Bedeutung, die Herkunft sowie die Anwendung von Informationen beziehen. Zur Bewertung der Informationsqualität wird jedem Kriterium eine Ordinalskala als Maßstab zugrunde gelegt, die sich aus jeweils drei Ausprägungen zusammensetzt. Zur Quantifizierung der Ausprägungen wird die Ordinalskala in eine Verhältnisskala mit einem Wertebereich zwischen 1 und 100 überführt. Darüber hinaus können die Kriterien nach BERNHARD ET AL. (2007) relativ untereinander gewichtet werden. Der Abgleich eines festgelegten Soll-Wertes mit den tatsächlich erreichten Werten für die Qualität einer Information in Bezug auf jedes Kriterium erlaubt die Bewertung der Informationsqualität.

PAUSE (2016) erweitert das Modell von BERNHARD ET AL. (2007) für die Bewertung der Wissensqualität von Eingangsdaten für Kostenanalysen. Seine Methode basiert auf drei Elementen: Struktur des Kostenelements, Messung und Bewertung der Wissensqualität des Kostenelements. Der Metrik zur Bewertung

liegen vier Dimensionen zugrunde: die Dokumentenqualität der recherchierten und generierten Informationen, die Wertqualität der Informationsquellen und Berechnungen, die Aktualität sowie die Schulungsqualität zur Erhöhung der Transparenz des erzeugten Wissens.

LEE ET AL. (2002), BERNHARD ET AL. (2007) sowie PAUSE (2016) präsentieren Ansätze zur detaillierten Bewertung der Qualität von Informationen anhand definierter Kriterien bzw. Dimensionen. Jedoch können Unternehmen aufgrund begrenzter Ressourcen eine Bewertung in dieser Form für eine Vielzahl von Information nicht wirtschaftlich durchführen. Bisherige Ansätze unterscheiden dabei in Abhängigkeit der für die Bewertung zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht zwischen einer impliziten und expliziten Informationsbewertung. Diese Differenzierung ist hingegen nötig, um dem effizienten Umgang mit großen Informationsmengen im Rahmen der Technologiefrüherkennung gerecht zu werden. Des Weiteren werden die aus formalen Quellen gewonnenen Informationen bewertet, wohingegen eine Bewertung der Informationen aus informellen Quellen unberücksichtigt bleibt.

2.4 Ausgewählte Methoden der Technologiefrüherkennung

Zur Unterstützung der elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung existiert in der Literatur eine Vielzahl von Methoden²⁶. SHEHABUDEEN & PROBERT (2004), DRACHSLER (2006) sowie SPATH ET AL. (2011) ordnen bspw. jedem dieser Aktivitäten Methoden zu, die sich zu ihrer effizienten Durchführung eignen, z. B. Roadmapping als unterstützende Methode für die Identifikation von Suchfeldern im Rahmen der Informationsbedarfsanalyse. Die für die vorliegende Arbeit relevanten Methoden, die Szenario-Analyse, das Roadmapping und die Portfolio-Analyse, sind im Folgenden erläutert und beleuchtet.

2.4.1 Szenario-Analyse

Die Szenario-Analyse²⁷ dient der Identifikation zukünftiger Umweltzustände in Form von Szenarien infolge der Prognose möglicher Entwicklungen des Unternehmensumfeldes (MIETZNER 2009). Der Methode liegen zwei Gedanken

²⁶ Eine Übersicht von Methoden der Technologiefrüherkennung zeigen bspw. LICHTENTHALER (2002), LICHTENTHALER (2004a), LICHTENTHALER (2005) und DRACHSLER (2006).

²⁷ Bei der Szenario-Analyse wird zwischen normativen und explorativen Szenarien unterschieden. Bei *normativen* Szenarien („Was-muss-geschehen-dass“) werden potenzielle Entwicklungspfade zu bereits vorgegebenen Zukunftsszenarien aufgezeigt, während bei der *explorativen* („Was-wäre-wenn“) Analyse mögliche Pfade erarbeitet werden, die in noch unbekanntem Zukunftsszenarien resultieren (GAUSEMEIER ET AL. 1996). In der vorliegenden Arbeit werden explorative Szenarien betrachtet.

zugrunde, das vernetzte Denken und die multiple Zukunft (BULLINGER ET AL. 2008; FINK & SIEBE 2011; GAUSEMEIER ET AL. 1996, 1998). Die Komplexität des Unternehmensumfeldes lässt sich nicht durch unidirektionale, kausale Zusammenhänge beschreiben, sondern erfordert das *vernetzte Denken* zur ganzheitlichen Erfassung und Analyse der relevantesten Einflussfaktoren, den so genannten Schlüsselfaktoren, sowie die zwischen ihnen auftretenden Interdependenzen und Abhängigkeiten (LIEBL 1996). Des Weiteren sind zukünftige Entwicklungen i. d. R. nicht exakt vorhersehbar, sodass durch die Abbildung potenzieller Zukunftsszenarien eine *multiple Zukunft* aufgezeigt wird (GODET 1986; WACK 1985; ZENTNER 1982).

Die Ansätze zur Szenario-Analyse können, wie in Abb. 2.3 dargestellt, in quantitative und qualitative klassifiziert werden (HUSS & HONTON 1987; MEYER-SCHÖNHERR 1992). *Quantitativen* Ansätzen (vgl. u. a. MEADOWS 1972; MESAROVIC & PESTEL 1974) liegt ein mathematisches Modell zugrunde, dass die computergestützte Prognose der Zukunft auf Basis vergangenheitsbezogener Daten erlaubt. Disruptive Veränderungen im Unternehmensumfeld, die integraler Bestandteil einer multiplen Zukunft sind (SCHNAARS 1987), werden dadurch nicht berücksichtigt. Demgegenüber stützen sich *qualitative* Ansätze auf Abschätzungen. Sie werden weiter in „nicht formalisierte, intuitive“, „formalisierte, intuitive“ und „formalisierte, modellgestützte“ Ansätze untergliedert.

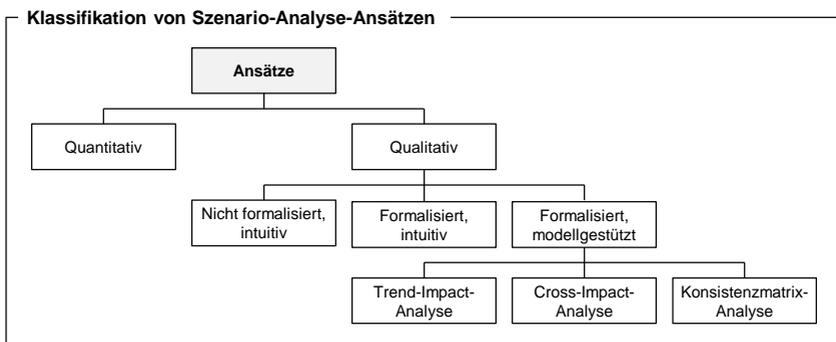


Abb. 2.3: Klassifikation von Ansätzen zur Szenario-Analyse (HUSS & HONTON 1987; MEYER-SCHÖNHERR 1992)

Nicht formalisierte, intuitive Ansätze (vgl. u. a. KAHN & WIENER 1967) weisen zum einen kein systematisches Vorgehen auf, zum anderen erfordert die erfolgreiche Durchführung der Szenarioanalyse, wie auch bei den *formalisierten, intuitiven* Ansätzen (vgl. u. a. SCHOEMAKER 1993; VAN DER HEIJDEN, K. 1996, 2000, 2002; VANSTON ET AL. 1977; WACK 1985), die Kreativität der teilnehmenden Personen. Dies führt zu einem effizienten Ablauf, jedoch entspre-

chen die resultierenden Ergebnisse oft den bereits bekannten Zukunftsszenarien. Gleichzeitig werden die zwischen Einflüssen aus der Umwelt auftretenden Wechselwirkungen, die nicht intuitiv erfassbar sind, vernachlässigt (GAUSEMEIER ET AL. 1996; MEYER-SCHÖNHERR 1992; MIETZNER 2009). *Formalisierte, modellgestützte* Ansätze liefern eine Vorgehensweise zur Szenario-Analyse, im Rahmen derer zur Bildung von Szenarien verschiedene Modelle herangezogen werden, die Trend-Impact-Analyse²⁸ (vgl. u. a. BECKER 1983; DUPERRIN & GODET 1975), die Cross-Impact-Analyse²⁹ (vgl. u. a. ENZER 1980; GORDON & HAYWARD 1968; HONTON ET AL. 1984; MACNULTY & MACNULTY 1977) oder die Konsistenzmatrix-Analyse³⁰ (vgl. u. a. GAUSEMEIER ET AL. 1996; GESCHKA & HAMMER 1990; REIBNITZ 1988). Die Trend-Impact-Analyse bedarf einer fundierten Datenbasis. Gleichzeitig werden bei ihr Wechselwirkungen zwischen den extrapolierten Einflussfaktoren nicht berücksichtigt. Die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten bei der Cross-Impact-Analyse ist aufwändig. Die quantifizierten Werte der Wahrscheinlichkeiten suggerieren eine Exaktheit, die infolge der intuitiven Abschätzung von Experten nicht vorliegt. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit die im deutschsprachigen Raum häufig eingesetzte Konsistenzmatrix-Analyse fokussiert.

Ein weit verbreiteter Ansatz zur formalisierten, modellgestützten Szenario-Analyse mit Konsistenzmatrix stellt der von GAUSEMEIER ET AL. (1996) erarbeitete dar. Die von ihnen entwickelte Methodik umfasst fünf Schritte (vgl. Abb. 2.4). In der (1) Szenario-Vorbereitung werden der Betrachtungshorizont und die Ziele der Szenario-Erstellung definiert. Die Szenario-Erstellung beginnt mit der (2) Szenario-Feld-Analyse, in der Einflussfaktoren, bspw. aus der Politik oder dem Markt, ermittelt und die relevantesten Faktoren, die Schlüsselfaktoren, über eine Einflussanalyse ausgewählt werden. Für jede dieser Schlüsselfaktoren werden ihre Entwicklungen in Form potenzieller Ausprägungen in der (3) Szenario-Prognostik als Zukunftsprojektionen bestimmt. Mit Hilfe der Konsistenzmatrix-Analyse werden in der (4) Szenario-Bildung durch die Kombination verschiedener Projektionen konsistente Szenarien erzeugt, die eine Beschreibung eines möglichen Zustandes in der Zukunft darstellen. Den

²⁸ Die *Trend-Impact-Analyse* basiert auf einer Extrapolation historischer Daten, die in die Zukunft fortgeschrieben werden, und berücksichtigt weitere Einflüsse, die bspw. eine progressive oder depressive Wirkung auf den prognostizierten Trend haben (KOSOW & GASSNER 2008; MIETZNER 2009).

²⁹ Bei der *Cross-Impact-Analyse* werden einzelnen Ereignissen Eintrittswahrscheinlichkeiten zugewiesen, die durch Expertenbefragungen erfasst werden. Da diese Wahrscheinlichkeiten von dem Auftreten anderer Ereignisse abhängen, werden die zwischen diesen auftretenden Wechselwirkungen analysiert (HUSS & HONTON 1987; KOSOW & GASSNER 2008).

³⁰ Im Rahmen der *Konsistenzmatrix-Analyse* werden Projektionen in Form von Ausprägungen für die das Unternehmensumfeld bestimmenden Schlüsselfaktoren ermittelt. Durch einen paarweisen Vergleich werden die Projektionen bewertet, inwieweit sie gemeinsam auftreten oder sich gegenseitig ausschließen. Hierdurch werden inkonsistente Szenarien ausselektiert (KOSOW & GASSNER 2008).

Abschluss bildet der (5) Szenario-Transfer, um Strategien für ein Unternehmen abzuleiten (GAUSEMEIER ET AL. 1996, 1998).

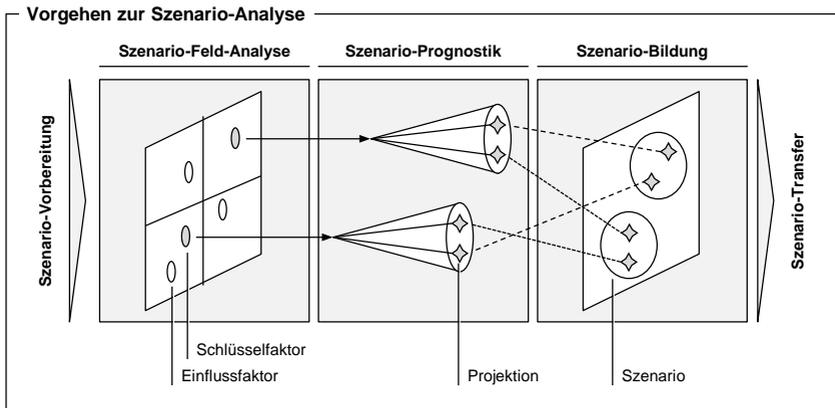


Abb. 2.4: Fünfstufiges Vorgehen zur Szenario-Analyse (GAUSEMEIER ET AL. 1996, 1998)

GAUSEMEIER ET AL. (1996) kombinieren in ihrem Vorgehen formalisierte Methoden, z. B. die Konsistenzmatrix-Analyse, und die Intuition des Anwenders, um zukünftige Szenarien abzubilden. Ihr Ansatz kann unternehmensspezifisch sowie in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Ressourcen angepasst werden. Dennoch gestaltet sich der Ablauf zur effizienten Selektion unternehmensrelevanter Schlüsselfaktoren aus einer Vielzahl von Einflussfaktoren schwierig, da die Einflüsse der Faktoren über einen paarweisen Vergleich zunächst ermittelt werden müssen. Der damit verbundene Aufwand hängt maßgeblich von der Anzahl an Einflussfaktoren ab.

2.4.2 Roadmapping

Das Roadmapping³¹ zeigt Wege auf, wie ein zukünftiger Zielzustand, ausgehend von einem aktuellen Zustand, erreicht werden kann (FINK & SIEBE 2011; MÖHRLE & ISENMANN 2005; PHAAL ET AL. 2001a, 2005). Die resultierende

³¹ Der Ursprung des Roadmappings liegt in der industriellen Anwendung (LEE ET AL. 2011) und ist auf Motorola, Inc. zurückzuführen (WILLYARD 1987). Weitere Unternehmen und Institutionen haben diese Methode übernommen und für ihre Bedürfnisse angepasst (BARKER & SMITH 1995; KOSTOFF & SCHALLER 2001; MÖHRLE & ISENMANN 2005; PHAAL ET AL. 2005).

Roadmap kann verschiedene Formen annehmen (vgl. PHAAL ET AL. 2001a, b). Die in der Wissenschaft und Praxis am häufigsten verwendete Form bildet die Entwicklungen des Marktes, der Produkte und der Technologien über die Zeit ab und verknüpft sie miteinander (ALBRIGHT & KAPPEL 2003; MÖHRLE & ISENMANN 2005; PHAAL ET AL. 2001b, 2004). Die Roadmap veranschaulicht, welche Ressourcen („*know-how*“) zu welchem Zweck („*know-why*“) und welcher Zeit („*know-when*“) eingesetzt werden müssen und wie die hierzu notwendige Ausgestaltung erfolgt („*know-what*“), um den Zielzustand des Unternehmens zu realisieren (LIZASO & REGER 2004). Der Zusammenhang ist in Abb. 2.5 dargestellt.

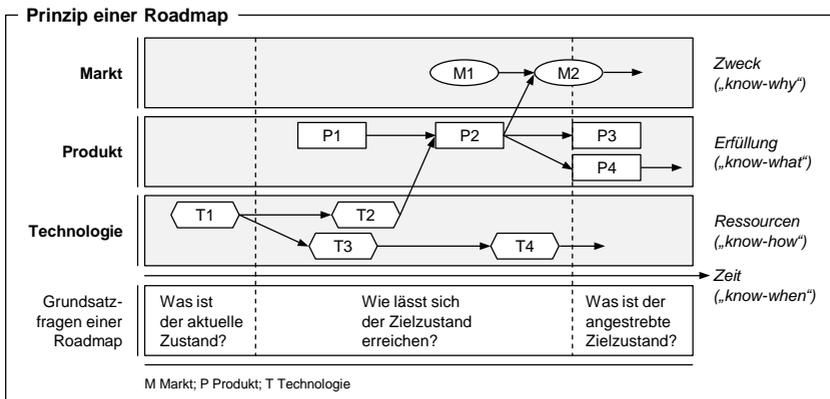


Abb. 2.5: Prinzip des Roadmappings in Anlehnung an LIZASO & REGER (2004) und PHAAL ET AL. (2005)

Bei dem Roadmapping wird zwischen zwei Perspektiven, der Market-Pull- und Technology-Push-Perspektive differenziert. Bei dem Top-Down-Ansatz des *Market-Pull* werden ausgehend vom Markt die zur Erfüllung der Marktanforderungen benötigten, bereits bekannten Technologien retrospektiv abgeleitet. Demgegenüber werden beim *Technology-Push* ausgehend von bereits vorhandenen Technologien in einem Bottom-Up-Ansatz Produktmöglichkeiten sowie Marktchancen prospektiv aufgezeigt (KOSTOFF & SCHALLER 2001).

Das erste grundlegende Vorgehen zum Roadmapping stammt von EIRMA (1997), mit dem Ziel, eine finale Roadmap zu erstellen, die fortlaufend aktualisiert wird. Dieses Vorgehen wurde von PHAAL ET AL. (2001a) erweitert. Ihr entwickelter „T-Plan“ (PHAAL ET AL. 2001a, 2004) unterstützt den Anwender in vier Workshops bei der Durchführung des Roadmappings. Eine Übersicht weiterer Ansätze und Vorgehensweisen zur Erstellung einer Roadmap liefern

u. a. KOSTOFF & SCHALLER (2001), PROBERT ET AL. (2003), PHAAL ET AL. (2004), DAIM ET AL. (2011) sowie CARVALHO ET AL. (2012).

Eine der zentralen Aufgaben des Roadmappings ist die Interpretation von Zukunftsszenarien (ABELE 2006), für die es Wege zu erstellen gilt. Neben der Visualisierung von Wegen zur Zielerreichung dient die Roadmap in erster Linie der Kommunikation und als Basis zur Diskussion über mögliche Entwicklungen und ihre Plausibilität (ALBRIGHT & KAPPEL 2003; MÖHRLE & ISENMANN 2005; PROBERT ET AL. 2003; RINNE 2004). Roadmaps stellen i. d. R. die Verknüpfung zu Technologien her, die in Produkten (vgl. EVERSHEIM ET AL. 2004; PHAAL ET AL. 2001a) oder zur Herstellung der Produkte (vgl. SCHMITZ 1996) verwendet werden. Bereits vorhandene oder bekannte Technologien bilden dabei die Basis zu ihrer Anfertigung. Dagegen erlaubt es das Roadmapping nicht, Anforderungen an Technologien strukturiert abzuleiten, um den zukünftigen Technologiebedarf eines Unternehmens zu analysieren und zu ermitteln.

2.4.3 Portfolio-Analyse

Portfolio-Ansätze³² zählen zu den in der Praxis am häufigsten angewendeten Analyse- und Planungsmethoden (SCHUH ET AL. 2005) zur Unterstützung strategischer Unternehmensentscheidungen (CETINDAMAR ET AL. 2010; WOLFRUM 1991, 1994). Sie lassen sich auf zahlreiche Bereiche der Unternehmensplanung übertragen (PFEIFFER ET AL. 1991). In der Literatur existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Markt- (vgl. u. a. PFEIFFER ET AL. 1991) und Technologieportfolio-Konzepte (vgl. u. a. BROSE & CORSTEN 1983; PFEIFFER 1983; PFEIFFER & SCHNEIDER 1985) sowie Kombinationen aus diesen (vgl. u. a. KRUBASIK 1982), bei denen unternehmensexterne (z. B. Marktsituation) und -interne Erfassungsgrößen (z. B. Know-how-Stärke) zu zwei Dimensionen verdichtet werden. Durch die Anwendung von Punktbewertungsverfahren werden bspw. die Bedeutung eines strategischen Geschäftsfeldes in Bezug auf eine Technologie im Branchenwettbewerb und die technologiespezifische Unternehmensposition erfasst (WOLFRUM 1991). Infolge der ermittelten Position in dem Portfolio lassen sich Normstrategien ableiten, um z. B. erfolgsversprechende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zum Auf- oder Ausbau technologiebezogener Wettbewerbsvorteile aufzuzeigen. Eine Übersicht und detaillierte Erörterung der verschiedenen Portfolio-Ansätze finden sich u. a. bei PFEIFFER ET AL. (1991) und WOLFRUM (1991).

³² Der Ursprung der Portfolio-Ansätze geht auf die Analyse von Wertpapierportfolios nach MARKOWITZ (1952) zurück, die auf die strategische Unternehmensplanung zur Unterstützung langfristiger Unternehmensentscheidungen übertragen wurde (WOLFRUM 1991).

Der Vorteil von Portfolios liegt in ihrer Nutzung als Visualisierungs- und Kommunikationsmedium. Trotz einer Integration unternehmensinterner und -externer Größen in die Bewertung wird die starke Datenaggregation vorwiegend qualitativer Erfassungsgrößen sowie die simplifizierte Abbildung komplexer Entscheidungssituationen in der Literatur kritisch diskutiert (vgl. ANTONI & RIEKHOF 1991; HÖFT 1992; PFEIFFER ET AL. 1991). Nach WOLFRUM (1994) sollten die den Dimensionen des Portfolios zugrunde liegenden Kriterien daher einzeln analysiert und bewertet werden.

2.5 Ableitung des Handlungsbedarfs

In der Literatur existieren zahlreiche Ansätze zur Früherkennung von Technologien (vgl. Abschnitt 2.3) sowie ihrer elementaren Aktivitäten (Informationsbedarfsanalyse, -suche und -bewertung), deren Durchführung durch ausgewählte Methoden (vgl. Abschnitt 2.4) unterstützt wird. Diese Ansätze und Methoden sollen im Folgenden unter Berücksichtigung des in Abschnitt 1.2 definierten Untersuchungsrahmens analysiert werden, um den für diese Arbeit resultierenden Handlungsbedarf für die systematische Technologieidentifikation abzuleiten.

Technologien müssen je nach Einsatzgebiet unterschiedlichen Anforderungen genügen. Während Produkttechnologien Bestandteil eines zu veräußernden Produktes sind (GERPOTT 2005; STREBEL 2007), dienen Produktionstechnologien ihrer Herstellung (BULLINGER 1996; GERPOTT 2005) und müssen unter Berücksichtigung der jeweiligen Produktionsaufgabe gänzlich andere Anforderungen erfüllen. Sie müssen bspw. die wirtschaftliche Herstellung von Produktkomponenten einer bestimmten Geometrie aus einem festgelegten Werkstoff in einer definierten Stückzahl sicherstellen (GREITEMANN ET AL. 2014b; REINHART ET AL. 2012). In der Literatur werden Technologien unzureichend unterschieden. Dies trägt dazu bei, dass der Technologiebedarf nicht spezifisch formuliert werden kann (REGER 2001). Die Folge ist eine ungerichtete Informationssuche, die für Unternehmen aufgrund der mangelnden Fokussierung ressourcenintensiv ist (LICHTENTHALER 2002; REGER 2001). Hieraus resultiert die Notwendigkeit zur Differenzierung zwischen Produkt- und Produktionstechnologien.

Um Produktionstechnologien systematisch identifizieren zu können, müssen die hierzu erforderlichen Aktivitäten erfasst und für die industrielle Anwendbarkeit konkret ausgestaltet werden. Den generischen Prozessen bisheriger Ansätze der Technologiefrüherkennung (vgl. u. a. ASHTON & STACEY 1995; KERR ET AL. 2006; LICHTENTHALER 2002; REGER 2001) mangelt es jedoch aufgrund mehrerer heterogener Teilziele, wie der Identifikation unbekannter oder der Beobachtung der Entwicklung bereits bekannter Technologien (vgl. u. a. ASHTON & STACEY 1995; LICHTENTHALER 2002), an einer Spezifikation der einzelnen Aktivitäten

bezogen auf die Identifikation von bereits existierenden, jedoch für Unternehmen noch unbekanntem Technologien unterschiedlicher Reife.

Da die Technologieidentifikation eine Ausgestaltung der Technologiefrüherkennung darstellt (vgl. Abschnitt 1.2.2.2), wurden die Ansätze, deren Fokus auf der Spezifikation der für die Identifikation von Technologien relevanten Aktivitäten der Technologiefrüherkennung liegt, näher untersucht. Der Schwerpunkt der Betrachtung lag auf den Aktivitäten der Informationsbedarfsanalyse (vgl. Abschnitt 2.3.1), -suche (vgl. Abschnitt 2.3.2) und -bewertung (vgl. Abschnitt 2.3.3). Die Kommunikation der Ergebnisse ist nicht primärer Schwerpunkt der Technologieidentifikation und wurde daher nicht weiter im Detail betrachtet.

Das Ziel der Analyse des Informationsbedarfs ist es, die steigende Informationsflut (LICHTENTHALER 2002; SAVIOZ 2004) durch die Bildung von Suchfeldern (WELLENSIEK ET AL. 2011) zu bewältigen und damit den zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcenaufwand für die Suche nach Technologien zu reduzieren (LICHTENTHALER 2002; PEIFFER 1992; SPATH ET AL. 2010). Es existieren Ansätze, die zur Ableitung des Informationsbedarfs Technologiefunktionen als Suchfelder nutzen, um lösungsneutral Technologien zu identifizieren (vgl. u. a. VOLLMER ET AL. 2013). Einer Vielzahl von Unternehmen ist jedoch nicht bekannt, wie relevante Suchfelder systematisch aus den Entwicklungen des Unternehmensumfeldes abgeleitet (vgl. u. a. BEHRENDT & ERDMANN 2006) und für eine anschließende Informationssuche beschrieben werden können, da zahlreiche Ansätze und Methoden ausschließlich intuitiv oder nicht miteinander verknüpft sind (vgl. u. a. BALACHANDRA 1980a, b; LICHTENTHALER 2002; REGER 2001). Die unspezifische Formulierung des zukünftigen produktionsbezogenen Technologiebedarfs eines Unternehmens geht ebenso mit der defizitären Unterscheidung zwischen Produkt- und Produktionstechnologien einher und verhindert die zielgerichtete Identifikation von Produktionstechnologien.

Um den zukünftigen Technologiebedarf ausgehend von Veränderungen des Marktes und folglich der Produkte im Sinne eines *Market-Pull*³³ abzuleiten,

³³ Ebenso müssen im Sinne eines *Technology-Push* die Optionen und Potenziale untersucht werden, die sich durch die Identifikation einer neuen Technologie für ein produzierendes Unternehmen ergeben. Dies schließt die Analyse der Auswirkung von Änderungen am Produkt, in der Produktion (vgl. KOCH ET AL. 2016) oder im Speziellen am Fabrikssystem (vgl. PLEHN ET AL. 2016) ein. Auf der einen Seite kann bspw. eine Produktimplikation nötig sein, um ein Produkt bzw. eine Produktkomponente mit der neuen Technologie herstellen zu können. Auf der anderen Seite kann die neue Technologie z. B. infolge der Substitution einer bereits vorhandenen Technologie zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit (KRUBASIK 1982) und damit gesteigerten Effizienz eines Produktionsprozesses beitragen. Da eine neue Technologie nicht unmittelbar reif für die Serienproduktion ist, müssen überdies Maßnahmen abgeleitet und verfolgt werden, um die Technologie für ihren zukünftigen Einsatz in der Produktion weiterzuentwickeln (vgl. REINHART & SCHINDLER 2010a). Aufgrund der formulierten Zielsetzung ist jedoch die Analyse der Potenziale, die aus einer neu identifizierten Technologie für ein Unternehmen hervorgehen, nicht Fokus der vorliegenden Arbeit.

müssen aus Sicht der Produktion zunächst die bereits existierenden und in Zukunft zu produzierenden Produktkomponenten beachtet werden. Zum einen gilt es die zur lösungsneutralen Beschreibung der Produktionsaufgabe erforderlichen Technologiefunktionen (Inside-Out-Perspektive) zu erfassen, zum anderen sind die sich zukünftig aus dem Umfeld des Unternehmens ergebenden Anforderungen (Outside-In-Perspektive) zu berücksichtigen und in Suchfelder zu überführen. Die Anforderungen haben dabei maßgeblich Einfluss auf die Herstellung der Komponenten und können für ein produzierendes Unternehmen in Abhängigkeit der technologischen Fähigkeiten (vgl. GREITEMANN ET AL. 2014a) sowohl Chancen als auch Risiken darstellen. Zur Antizipation von Umfeldentwicklungen eignet sich nach GASSMANN & KAUSCH (2005) das Prinzip von Retro- und Extrapolation, das sich über eine geeignete Verknüpfung von Szenario-Analyse und Roadmapping realisieren lässt. Die Suchfelder gilt es dann zu priorisieren, auszuwählen und für eine anschließende Suche nach Informationen über Technologien unterschiedlicher Reife zu beschreiben.

Im Kontext des Informationsmanagements werden bei der Informationssuche Ansätze unterschieden, welche die automatisierte (vgl. u. a. CHEN ET AL. 2013; LEE ET AL. 2009; PORTER 2005; YOON 2008, 2012) oder die manuelle Suche (vgl. u. a. BATES 1989; JOHNSON ET AL. 2006; LOIZIDES & BUCHANAN 2013; SAVOLAINEN 2008) behandeln. Während automatisierte Ansätze sich meist auf einzelne Informationsquellen konzentrieren, bspw. die webbasierte Informationssuche in Patenten, liegt der Fokus manueller Ansätze primär auf der Suche nach Informationen in formalen, elektronischen Quellen. Allerdings existiert kein Modell für die informationsquellenübergreifende Suche. Die Vielzahl an Ansätzen beschreibt des Weiteren ein intuitives Vorgehen zur Informationsquellenauswahl, dem keine Systematik zugrunde liegt (vgl. GRAWATSCH 2005; LICHTENTHALER 2002; SCHIMPF 2010). Lediglich GRAWATSCH (2005) nutzt ausgewählte Informationsquellen, um Informationen über die Ausprägungen von Indikatoren einzelner Phasen des Technologielebenszyklus zu sammeln. LICHTENTHALER (2002) greift ebenso wie GRAWATSCH (2005) den Technologielebenszyklus auf und ordnet den jeweiligen Phasen des Lebenszyklus diverse Informationsquellen zu. Die Betrachtung der Relevanz der Quellen in den einzelnen Phasen ist hingegen nicht Schwerpunkt seiner Arbeit.

Zur Vorbereitung von Entscheidungen müssen die gewonnenen Informationen eine adäquate Qualität besitzen (RAGHUNATHAN 1999), die den vom Anwender definierten Kriterien genügen (SALAÜN & FLORES 2001). Die Ansätze, welche die Bewertung der Qualität auf Basis von Kriterien adressieren, konzentrieren sich indessen auf die Klassifikation der Kriterien (vgl. u. a. WANG & STRONG 1996) oder präsentieren ein Vorgehen zur detaillierten Bewertung der Informationsqualität (vgl. u. a. BERNHARD ET AL. 2007). Da im Rahmen der Technologieidentifikation jedoch eine riesige Menge an Informationen bei begrenzt verfügbaren Ressourcen zu bewältigen ist, muss zwischen einer im-

pliziten und expliziten Informationsbewertung, sowohl für Informationen aus formalen als auch informellen Quellen, unterschieden werden.

Hieraus resultiert für diese Arbeit der Handlungsbedarf, eine Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien zu entwickeln, welche den nachfolgend aufgeführten inhaltlichen Defiziten begegnet. Dabei ergeben sich folgende Teilziele:

- Entwicklung eines Modells zur systematischen Ableitung und Beschreibung des zukünftigen produktionsbezogenen Technologiebedarfs in Form von Suchfeldern unter Berücksichtigung etablierter Methoden der Technologiefrüherkennung, d. h. der Szenario-Analyse, dem Roadmapping und der Portfolio-Analyse
- Erarbeitung eines Modells zur Auswahl geeigneter Informationsquellen anhand ihrer Relevanz in den unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus
- Entwicklung eines Modells für die informationsquellenübergreifende Suche nach Informationen über Technologien mit Hilfe geeigneter Suchpfade
- Entwicklung eines Modells für die anwendungsnahe, implizite und explizite Bewertung der Qualität gewonnener Informationen
- Integration der zu entwickelnden Modelle in eine Methodik für die systematische Technologieidentifikation

3 Methodik für die systematische Technologieidentifikation

3.1 Allgemeines

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, produzierende Unternehmen bei der systematischen Identifikation von Produktionstechnologien zu unterstützen (vgl. Abschnitt 1.3). Hierzu wurden zunächst die relevanten Ansätze zur Technologiefrüherkennung sowie zu ihren elementaren Aktivitäten, der Informationsbedarfsanalyse, -suche und -bewertung, analysiert. Zur Unterstützung der einzelnen Aktivitäten der Technologiefrüherkennung existieren zahlreiche Methoden, von denen die für diese Arbeit relevanten beschrieben wurden. Vor allem aus der Analyse der bestehenden Forschungsansätze wurde abgeleitet, dass zur Erfüllung der oben genannten Zielsetzung eine Methodik zu entwickeln ist, die es produzierenden Unternehmen ermöglicht, Informationen über Technologien unterschiedlicher Reife in adäquaten Informationsquellen auf Basis eines zuvor analysierten zukünftigen Technologiebedarfs zu ermitteln. Anhand der in Abschnitt 1.3 formulierten Zielsetzung und den Erkenntnissen aus Abschnitt 2.5 werden in Abschnitt 3.2 zunächst allgemeine und praktische Anforderungen an die Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien definiert. Darauf aufbauend wird die Methodik in Abschnitt 3.3 konzipiert und das ihr zugrunde liegende Vorgehen erläutert. Die Methodik wird abschließend in den Stand der Forschung eingeordnet.

3.2 Anforderungen an die Methodik

3.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die zu entwickelnde Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien muss allgemeine Anforderungen erfüllen, die sich sowohl aus der Zielsetzung dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 1.3) als auch dem abgeleiteten Handlungsbedarf (vgl. Abschnitt 2.5) ergeben. Diese sind nachfolgend aufgeführt und erläutert:

- *Integration der Technologiestrategie*: Die aus der Unternehmensstrategie abgeleitete Technologiestrategie dient zur Orientierung bei der Identifikation von Technologien unterschiedlicher Reife und muss folglich bei

der Anwendung der Methodik Berücksichtigung finden. Während risikofreudigere Technologieführer die Suche nach unreiferen Technologien, den Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien, präferieren (SPECHT & ZÖRGIEBEL 1985), konzentrieren sich Technologiefolger, die i. d. R. risikoaverser sind, auf reifere Technologien, bspw. die Basistechnologien (WOLFRUM 1995).

- *Berücksichtigung unterschiedlicher Informationsquellen:* Informationen über Technologien liegen in den verschiedensten Arten von Informationsquellen vor. Diese Informationen können bspw. aus formalen Quellen, wie Patenten, oder informellen, z. B. internen Experten, gewonnen werden (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2002). Bei der Identifikation von Technologien müssen daher die unterschiedlichen Informationsquellen berücksichtigt werden, die Informationen über Technologien enthalten.
- *Berücksichtigung der unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus:* In Abhängigkeit der Technologiestrategie eines produzierenden Unternehmens können Technologien unterschiedlicher Reife relevant sein. Das qualitative Modell des Technologielebenszyklus (vgl. Abb. 1.4) bildet den zeitlichen Verlauf der Reife einer Technologie ab. Der Verlauf ist nach SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) in vier Phasen gegliedert, denen sich Technologien einer bestimmten Reife zuweisen lassen. Um Informationen über eine Technologie einer bestimmten Lebenszyklusphase zu suchen, bspw. Schlüsseltechnologien, muss die Relevanz der verschiedenen Informationsquellen in den unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus bei der Informationssuche berücksichtigt werden.
- *Orientierung an den elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung:* Da die Technologieidentifikation eine Ausgestaltung des Prozesses zur Technologiefrüherkennung darstellt, muss sich der Ablauf der zu entwickelnden Methodik für die systematische Technologieidentifikation an den ihr zugrunde liegenden vier elementaren Aktivitäten orientieren, der Informationsbedarfsanalyse, -suche, -bewertung und Kommunikation der Ergebnisse.

3.2.2 Praktische Anforderungen

Neben den allgemeinen Anforderungen muss die Methodik praktischen Anforderungen in Bezug auf ihre Anwendung in der industriellen Praxis genügen. Diese sind im Folgenden aufgelistet und beschrieben:

- *Allgemeingültigkeit der Methodik:* Die Methodik soll produzierende Unternehmen unterschiedlicher Branchen unterstützen, Technologien für jegliche aktuelle und zukünftige Produktionsaufgaben zu identifizieren. Zu diesen zählen bspw. alle Technologien nach DIN 8580 (2003).

- *Modularisierbarkeit der Methodik*: Unternehmen stehen i. d. R. begrenzte zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen zur Verfügung. Um den Ablauf der Methodik effizient zu gestalten, muss das ihr zugrunde gelegte Vorgehen modular sein und aus mehreren Schritten bestehen. In Abhängigkeit der Ressourcen soll ein Unternehmen die Schritte durchführen können, die für dieses relevant sind.
- *Durchgängige Konsistenz der Methodik*: Die Schritte der Methodik müssen des Weiteren einen durchgehenden Informationsfluss unterstützen, insbesondere vor dem Hintergrund der Modularisierbarkeit. Ihre Schnittstellen, d. h. die Ein- und Ausgänge der jeweiligen Schritte, müssen daher klar definiert und aufeinander abgestimmt werden. Dies gilt ebenso für die Verwendung etablierter Methoden in einzelnen Schritten der Methodik.
- *Skalierbarkeit des Detaillierungsgrades bei der Durchführung der Methodik*: In Abhängigkeit der verfügbaren Ressourcen eines Unternehmens müssen Schritte in ihrem Detaillierungsgrad variabel sein, d. h. bspw. sowohl eine Grob- als auch eine Feinsuche technologiespezifischer Informationen erlauben. Aus diesem Grund ist sicherzustellen, dass die Schritte adäquate Abstraktionsgrade zulassen und der Aufwand ihrer Durchführung skalierbar ist.

Zusammenfassend sind die allgemeinen und praktischen Anforderungen, die an die zu entwickelnde Methodik für die systematische Technologieidentifikation gestellt sind, in Abb. 3.1 dargestellt. Sie dienen der späteren Evaluation der Methodik (vgl. Abschnitt 5.3.1).

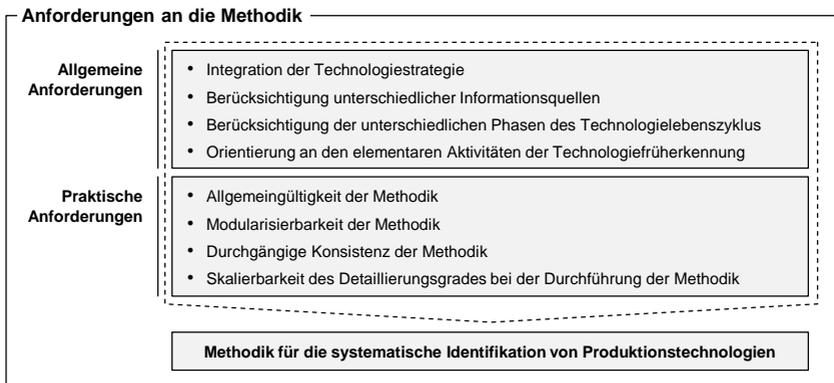


Abb. 3.1: Allgemeine und praktische Anforderungen an die Methodik für die systematische Technologieidentifikation

3.3 Konzeption der Methodik

3.3.1 Allgemeines

Die in Abschnitt 1.3 dargelegte Zielsetzung sowie die in Abschnitt 3.2 definierten Anforderungen bilden die Grundlage für die Konzeption der Methodik für die systematische Technologieidentifikation. Da mit Hilfe der Methodik Informationen über Technologien gefunden werden sollen, werden in Abschnitt 3.3.2 zunächst technologierelevante Informationsquellen dargelegt, klassifiziert und ihre Relevanz in Abhängigkeit der Phasen des Technologielebenszyklus untersucht. Damit produzierende Unternehmen die Methodik anwenden können, wird der Rahmen zu ihrer Durchführung in Abschnitt 3.3.3 definiert, bevor auf den Ablauf der Methodik in Abschnitt 3.3.4 eingegangen wird. Abschließend wird die Methodik in Abschnitt 3.3.5 in den Stand der Forschung eingeordnet, indem das ihr zugrunde gelegte Vorgehen mit dem Prozess zur Technologiefrüherkennung verglichen wird.

3.3.2 Informationsquellen für die Technologieidentifikation

Das Ziel der Technologiesuche ist die Sammlung relevanter Informationen über Technologien in geeigneten Informationsquellen. Zu diesem Zweck werden die in der Literatur aufgeführten Informationsquellen gesammelt, aggregiert und klassifiziert (vgl. Abschnitt 3.3.2.1). In Anlehnung an BRENNER (1996) und LICHTENTHALER (2002) hängt die Präferenz einer Informationsquelle von der jeweiligen Phase des Technologielebenszyklus ab, um Informationen über Technologien eines bestimmten Reifegrades zu erhalten. Aus diesem Grund haben GREITEMANN ET AL. (2016b) eine Studie durchgeführt, um die Relevanz der klassifizierten Informationsquellen in den jeweiligen Phasen des Technologielebenszyklus zu erfassen (vgl. Abschnitt 3.3.2.2).

3.3.2.1 Sammlung und Klassifizierung von Informationsquellen

Informationen über Technologien sind in zahlreichen Informationsquellen enthalten. GREITEMANN ET AL. (2016b) identifizierten und analysierten 283 für die Technologiesuche relevante Informationsquellen, die in 18 Literaturquellen im Bereich der Technologiefrüherkennung aufgeführt sind. Die Informationsquellen liegen zum einen auf unterschiedlichen *Aggregationsebenen* vor. LICHTENTHALER (2002), LICHTENTHALER (2004a), LICHTENTHALER (2006) und DULLY (2011) nennen bspw. Publikationen, während MORTARA ET AL. (2009) zwischen „field publications“ und „non-field publications“ unterscheiden. Zum anderen sind Informationsquellen durch ihre *Heterogenität* gekennzeichnet. WOLFRUM

(1991) führt Forschungs- und Entwicklungs-Zeitschriften (FuE-Zeitschriften) auf. REGER (2001) differenziert dagegen zwischen Zeitschriften, Zeitungen und Konferenzbänden. Um eine konsistente Liste verfügbarer Informationsquellen für die Suche nach Technologien bereitzustellen, werden die in der Literatur genannten Quellen aggregiert. Die Informationsquellen sind in Tabelle 3.1 definiert. Informationsquellen existieren innerhalb und außerhalb eines Unternehmens. Sie liegen formal oder informell vor. Formale Quellen enthalten Informationen, die in schriftlicher Form vorliegen, z. B. als Konferenzband oder Patent. Demgegenüber sind die Informationen informeller Quellen in den Köpfen von Individuen verankert, wie undokumentierte Diskussionen mit Experten. Die Informationen können des Weiteren aus erster Hand aus primären Informationsquellen gewonnen oder aus zweiter Hand in sekundären Quellen gesammelt werden. Informationsquellen unterscheiden sich ebenso in Bezug auf die Kosten ihrer Zugänglichkeit. Informationen aus erster Hand, die von externen Experten oder auf Veranstaltungen gesammelt werden, führen zu höheren Kosten aufgrund von Reisekosten- und Zeitaufwendungen im Vergleich zu Informationen, die im Internet oder von internen Experten gewonnen werden. Es werden daher günstigere und teurere Quellen unterschieden. Die Informationsquellen sind literaturbasiert nach den dargelegten Charakteristika ebenso in Tabelle 3.1 klassifiziert (GREITEMANN ET AL. 2016b).

3.3.2.2 Relevanz von Informationsquellen in Abhängigkeit der Phasen des Technologielebenszyklus

Die Nutzung der Informationsquellen zur Sammlung von Informationen über Technologien unterschiedlicher Reife korreliert mit dem Technologielebenszyklus (vgl. BRENNER 1996; LICHTENTHALER 2002). Der Lebenszyklus lässt sich nach SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) in vier Phasen gliedern: *Entstehung*, *Wachstum*, *Reife* und *Alter* (vgl. Abschnitt 1.2.1.3). Zur Ermittlung der Relevanz von Informationsquellen für die Identifikation von Technologien in den jeweiligen Phasen des Technologielebenszyklus führten GREITEMANN ET AL. (2016b) eine empirische Studie durch. An der als elektronisch-schriftliche Umfrage gestalteten Studie haben 100 Personen des mittleren Managements deutscher Industrieunternehmen teilgenommen, da sich diese primär mit den Aktivitäten der Technologiefrüherkennung befassen (vgl. LICHTENTHALER 2002; REGER 2001). 55 Studienteilnehmer haben den Fragebogen vollständig ausgefüllt. Die Mehrheit der Studienteilnehmer (53 %) stammt aus der Automobilbranche (Automobilhersteller und -zulieferer), dem Maschinen- und Anlagenbau (22 %), der Elektronikbranche (9 %) sowie sonstigen Branchen (16 %). Die Erfassung der Relevanz der Informationsquellen basiert auf einer 5-Punkte-Likert-Skala, die den ganzzahligen Wertebereich von 0 („Nicht relevant“) bis 4 („Relevant“) umfasst. Die Priorisierung der Informationsquellen ist branchenunabhängig über alle Phasen hinweg vergleichbar. Lediglich die Höhe der Relevanz der

Tabelle 3.1: Aggregierte und klassifizierte Informationsquellen (GREITEMANN ET AL. 2016b)

Informationsquellen	Definition	int	ext	for	inf	pri	sek	gue	teu
Internet	Informationen in Websites, Blogs und Newsfeeds, die im Surface Web frei verfügbar sind (Websites von Zulieferern etc.)	0	1	1	0	1	1	1	0
Intranet, interne Berichte und Datenbanken	Informationen im Intranet oder internen Berichten, die unternehmensexternen Personen nicht zugänglich sind	1	0	1	0	1	1	1	0
Patente	Informationen aus Patentdatenbanken (Patentämter etc.), die einen zielgerichteten Zugriff auf Patente und Gebrauchsmuster ermöglichen	0	1	1	0	1	0	1	0
Schriftliche Publikationen	Informationen aus Publikationen (Journals etc.) und Literaturdatenbanken, die einen Zugriff auf Publikationen erlauben (Google Scholar etc.)	0	1	1	0	1	1	1	0
Technologiestudien	Informationen über Technologiestudien und -reports, die von der Regierung, einer Beratung oder einem Verband ausgearbeitet sind	0	1	1	0	0	1	1	0
Öffentliche Förderprogramme	Informationen zu Forschungsprogrammen in Datenbanken öffentlicher Forschungsförderer (Deutsche Forschungsgemeinschaft etc.)	0	1	1	0	1	0	1	0
Wissenschaftliche Veranstaltungen	Informationen zu wissenschaftlichen Erkenntnissen, die durch Teilnahme an diesen Veranstaltungen verfügbar sind (Konferenzen etc.)	0	1	0	1	1	0	0	1
Kommerzielle Veranstaltungen	Informationen über neueste Technologien für den Serieneinsatz, die durch Teilnahme an diesen Veranstaltungen verfügbar sind (Messens etc.)	0	1	1	1	1	0	0	1
Persönliche Kontakte	Gespräche und Abstimmungstermine mit persönlichen Kontakten, die persönlich, telefonisch, per E-Mail, auf Veranstaltungen etc. stattfinden	1	1	0	1	1	1	1	0
Interne Experten	Gespräche und Abstimmungstermine mit Spezialisten, FuE-Mitarbeitern oder Gatekeepern, die persönlich, telefonisch, per E-Mail etc. stattfinden	1	0	0	1	1	1	1	0
Externe Experten und Geschäftsinteressenten	Gespräche und Abstimmungstermine bspw. mit Mitarbeitern von Zulieferern oder Wettbewerbern, die persönlich, telefonisch, per E-Mail etc. stattfinden	0	1	0	1	1	1	0	1
Forschungsinsstitute und Universitäten	Gespräche und Abstimmungstermine mit Doktoranden und Professoren, die persönlich, telefonisch, per E-Mail, auf Veranstaltungen etc. stattfinden	0	1	0	1	1	1	0	1
Kooperationen mit Unternehmen	Informationen, die aus einer Kooperation mit einem oder mehreren Unternehmen gewonnen werden (Joint-Ventures, Allianzen etc.)	0	1	1	1	1	1	0	1
Komitees und Verbände	Gespräche und Abstimmungstermine mit Mitgliedern von Normungskomitees und Verbänden, die persönlich, telefonisch, per E-Mail etc. stattfinden	0	1	0	1	1	0	0	1
Kapitalmarkt	Informationen, die aus Kapitalmarktinformationen und Geldströmen (z.B. von Venture-Capital-Fonds) geschlossen werden können	0	1	1	0	1	1	0	1

int intern; ext extern; for formal; inf informell; pri primär; sek sekundär; gue günstig; teu teuer; 0 zutreffend; 1 nicht zutreffend

Quellen für die Suche nach Informationen über Technologien variiert marginal in Abhängigkeit der Branche sowie den einzelnen Phasen (vgl. GREITEMANN ET AL. 2016b). Die durchschnittliche Relevanz jeder Informationsquelle in den jeweiligen Phasen des Technologielebenszyklus ist in Tabelle 3.2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3.2: Relevanz von Informationsquellen in den unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus (GREITEMANN ET AL. 2016b)

<i>Informationsquelle</i>	<i>Relevanz (5-Punkte-Likert-Skala 0-4)</i>			
	<i>Entstehung</i>	<i>Wachstum</i>	<i>Reife</i>	<i>Alter</i>
Internet	3,26	3,18	2,98	2,65
Intranet, interne Berichte und Datenbanken	2,68	2,91	2,84	2,63
Patente	2,58	2,60	2,39	1,89
Schriftliche Publikationen	3,16	3,04	2,63	2,21
Technologiestudien	3,14	2,96	2,60	1,93
Öffentliche Förderprogramme	2,63	2,65	2,18	1,54
Wissenschaftliche Veranstaltungen	2,93	2,96	2,60	1,93
Kommerzielle Veranstaltungen	2,72	2,93	2,88	2,79
Persönliche Kontakte	3,00	3,00	2,91	3,02
Interne Experten	3,33	3,47	3,35	3,26
Externe Experten und Geschäftsinteressenten	2,96	3,09	3,02	2,77
Forschungsinstitute und Universitäten	3,18	2,93	2,44	1,65
Kooperationen mit Unternehmen	2,61	2,39	2,56	2,02
Komitees und Verbände	2,09	1,95	1,93	1,72
Kapitalmarkt	1,35	1,42	1,40	0,96

Interne Experten sind phasenunabhängig die aus Unternehmenssicht relevanteste Informationsquelle zur Gewinnung von Informationen über Technologien. Während in der Entstehungs- und Wachstumsphase eher formale Informationsquellen (u. a. Internet, schriftliche Publikationen, Patente) von den befragten

Studienteilnehmern als relevant genannt sind, werden in der Reife- und Altersphase prinzipiell eher informelle Informationsquellen (u. a. persönliche Kontakte, externe Experten) als relevant eingeschätzt. Das Internet als formale Quelle ist bspw. relevant in den ersten zwei Phasen, wohingegen seine Bedeutung in den letzten zwei Phasen abnimmt. Sowohl Forschungsinstitute und Universitäten als auch Technologiestudien besitzen aus Sicht der Befragten eine hohe Relevanz in der Entstehungsphase, die jedoch über den Technologielebenszyklus rapide abfällt. Patente werden in der Literatur oftmals als relevante Quelle genannt, um entweder Technologien zu identifizieren oder ihren voraussichtlichen Entwicklungsverlauf zu prognostizieren (YOON 2008, 2012). Ungeachtet dessen stellen Patente eine Informationsquelle dar, die lediglich eine mäßige Relevanz für die Suche nach Technologien besitzen. Aus Sicht der industriellen Praxis sind der Kapitalmarkt sowie Komitees und Verbände tendenziell irrelevante Quellen zur Technologieidentifikation. Des Weiteren ist die grundsätzliche Relevanz von Informationsquellen in frühen Phasen des Technologielebenszyklus höher und sinkt mit dessen weiteren Verlauf (GREITEMANN ET AL. 2016b).

3.3.3 Rahmen zur Durchführung der Methodik

Die Methodik für die systematische Technologieidentifikation ist zu ihrer erfolgreichen Durchführung in einen ablauf- und aufbauorganisatorischen Rahmen integriert (vgl. Abb. 3.2).

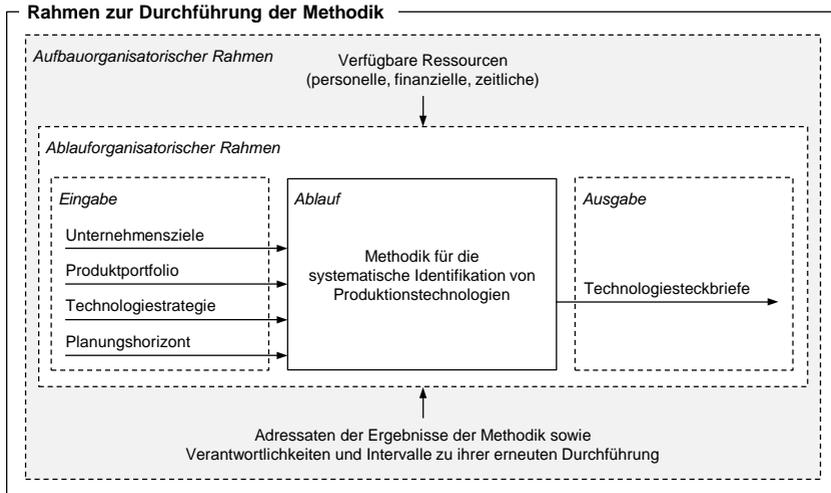


Abb. 3.2: Organisatorischer Rahmen zur Durchführung der Methodik

Die Methodik hat mehrere Eingaben, die für ihren zielgerichteten Ablauf, den *ablauforganisatorischen* Rahmen, erforderlich sind. Zum einen gilt es zu bestimmen, welche (1) langfristigen Ziele ein Unternehmen fokussiert und welche (2) Produkte sowie Produktkomponenten des Produktportfolios untersucht werden sollen. Zum anderen ist zu entscheiden, welche (3) Technologiestrategie zur Orientierung bei der Technologieidentifikation verfolgt (z. B. Technologieführerschaft) und welcher (4) Planungshorizont (z. B. fünf Jahre) betrachtet wird. Der Zeithorizont der Planung hängt von verschiedenen Aspekten ab, wie dem Produktlebenszyklus oder relevanten Gesetzen (SCHOEMAKER 1995). Die Ausgabe der Methodik sind identifizierte Technologien, die in Form von Technologiesteckbriefen (vgl. REINHART ET AL. 2012) beschrieben sind. Die Steckbriefe dienen als Basis für die Kommunikation der Resultate mit Technologieplanern, z. B. für eine detaillierte Bewertung der Technologien (vgl. SCHINDLER 2014), oder mit Entscheidungsträgern, bspw. als Vorbereitung für eine Entscheidung über die Investition in eine Technologie (vgl. ASHTON ET AL. 1991).

Daneben muss zur Durchführung der Methodik ein *aufbauorganisatorischer* Rahmen geschaffen werden. Innerhalb dessen werden zunächst die zur Verfügung stehenden personellen, finanziellen und zeitlichen Ressourcen erfasst. Um die Methodik erfolgreich anzuwenden, sollten die Adressaten der Ergebnisse, d. h. der Technologiesteckbriefe, im Voraus ermittelt sowie Verantwortlichkeiten mit entsprechenden Kompetenzen für den Ablauf der einzelnen Schritte der Methodik definiert werden. Darüber hinaus ist festzulegen, nach welchen Intervallen die Methodik oder einzelne Schritte davon durchgeführt werden.

3.3.4 Ablauf der Methodik

Zur systematischen Identifikation von Produktionstechnologien wird eine Methodik vor dem Hintergrund der Zielsetzung dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 1.3) entwickelt. Sie greift den in Abschnitt 2.5 dargelegten Handlungsbedarf auf und begegnet den aufgezeigten Defiziten unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.2 definierten Anforderungen. Das der Methodik zugrunde liegende Vorgehen gliedert sich in sechs Schritte und ist in Abb. 3.3 dargestellt.

Im *ersten* Schritt werden die Entwicklungen des Umfeldes eines Unternehmens im Rahmen einer Szenario-Analyse retroprolativ ermittelt und durch Zukunftsszenarien beschrieben. Für jedes dieser Szenarien werden Anforderungen an eine Technologie in einer Roadmap abgeleitet, die sich im Rahmen zukünftiger Produktionsaufgaben für ein Unternehmen, d. h. für die Herstellung aktueller und zukünftiger Produkte und ihrer Produktkomponenten, ergeben. Die Herstellung der Produktkomponenten wird in einer Funktionsanalyse untersucht und abstrakt über Technologiefunktionen (z. B. „Fasergelege vorformen“) beschrieben. Eine Technologiefunktion definiert in diesem Zusammenhang den Zweck einer Technologie in Bezug auf die jeweilige Produktionsaufgabe. Die

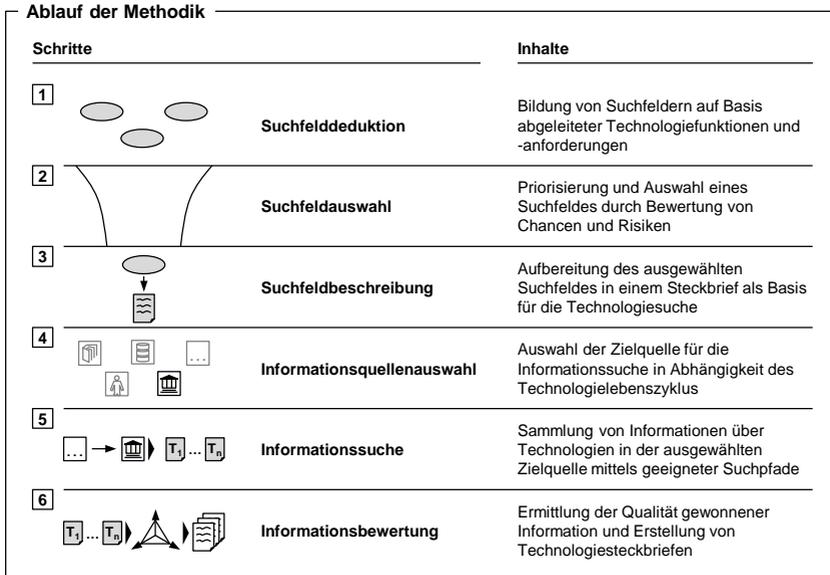


Abb. 3.3: Ablauf der Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2015c)

Kombination aus einer Technologiefunktion und den zugehörigen Anforderungen³⁴ stellt dabei ein Suchfeld dar (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015b), welches ein Gebiet definiert, in dem für ein produzierendes Unternehmen der größte Bedarf für neue Technologien besteht. Sämtliche abgeleiteten Suchfelder werden im *zweiten* Schritt anhand der aus ihnen resultierenden technologischen Chancen und Risiken bewertet, priorisiert und ausgewählt, bevor die ausgewählten Suchfelder im *dritten* Schritt in Steckbriefen spezifiziert und beschrieben werden. Um den in einem Suchfeldsteckbrief dargelegten Technologiebedarf zu decken, werden potenzielle Technologien unterschiedlichen Reifegrades gesucht. Hierzu werden adäquate Informationsquellen für eine anschließende Informationssuche

³⁴ Eine *Anforderung* definiert in diesem Kontext nach IEEE 610.12-1990 (1990) eine zu erfüllende Bedingung oder Eigenschaft, die ein System (z. B. ein Produkt oder eine Technologie) zur Lösung eines Problems oder Erreichung eines Ziels aufweisen muss. Die im Rahmen des Roadmappings abgeleiteten Anforderungen können weiter spezifiziert werden (vgl. IEEE 830-1998 1998), bspw. mit Hilfe von Snowcards (vgl. SCHIENMANN 2002). Sie sollten dabei den von IEEE 830-1998 (1998) und RUPP (2001) definierten Qualitätskriterien, wie Korrektheit oder Konsistenz, genügen. Zur Spezifikation von Anforderungen sei auf weiterführende Literatur verwiesen, wie u. a. SCHIENMANN (2002), VERSTEEGEN (2004) und POHL (2008).

in Abhängigkeit des Technologielebenszyklus im *vierten* Schritt ausgewählt. In diesen Quellen werden Informationen über Technologien im *fünften* Schritt mit Hilfe von Suchpfaden gewonnen. Zur Ermittlung der Suchpfade wurden die Zusammenhänge zwischen den Quellen durch Interviews mit Suchexperten der industriellen Praxis in einer Relationsmatrix erfasst. Auf diese Weise konnte ermittelt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, in einer Quelle A Hinweise auf oder eine Verbindung zu Quelle B zu finden. Bspw. besteht eine tendenziell hohe Wahrscheinlichkeit, mit Hilfe des Internets über Patente zu externen Experten, wie Lieferanten, zu gelangen. Die gesammelten Informationen über eine Technologie werden anhand ihrer Qualität im *sechsten* Schritt sowohl implizit auch auch explizit bewertet und abschließend in einem Technologiesteckbrief (vgl. REINHART ET AL. 2012) zusammengefasst. Die Suche und Bewertung der gewonnenen Informationen läuft hierbei hoch iterativ ab. Die Suche nach Technologien, d. h. die Informationsquellenauswahl, -suche und -bewertung, wird für jedes weitere betrachtete Suchfeld erneut durchlaufen.

Zur effizienten Durchführung ist der Eintritt in den Ablauf der Methodik durch definierte Schnittstellen zwischen den einzelnen Schritten flexibel gestaltet und kann in Abhängigkeit der anwendungsspezifischen Ausgangssituation festgelegt werden. Sind die Suchfelder bspw. für ein Unternehmen bereits bekannt, jedoch nicht priorisiert, kann unmittelbar mit der Suchfeldauswahl begonnen werden. Liegt hingegen ein relevantes Suchfeld vor, muss dieses im Rahmen der Suchfeldbeschreibung lediglich für die Technologiesuche spezifiziert werden.

3.3.5 Einordnung der Methodik in den Stand der Forschung

Die entwickelte Methodik lässt sich in den Stand der Forschung zur Technologiefrüherkennung eingliedern. Hierzu sind die Schritte der Methodik den vier elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung, wie in Abb. 3.4 dargestellt, zugeordnet. Die sechs Schritte basieren wiederum auf vier Modellen, die eine Ausarbeitung der im Handlungsbedarf abgeleiteten Teilziele darstellen (vgl. Abschnitt 2.5) und in der Methodik für die systematische Technologieidentifikation integriert sind.

Die abgeleiteten, ausgewählten und beschriebenen Suchfelder kennzeichnen in Anlehnung an WELLENSIEK ET AL. (2011) den zukünftigen Technologiebedarf eines produzierenden Unternehmens, der über Technologiefunktionen, welche die Produktionsaufgaben beschreiben, sowie den aus der Szenario-Analyse und dem Roadmapping resultierenden Anforderungen spezifiziert ist. Die Suchfelddeduktion, -auswahl und -beschreibung stellen folglich die aus der Technologiefrüherkennung bekannte Informationsbedarfsanalyse dar (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2002). Aufbauend auf dem abgeleiteten Technologiebedarf können für die beschriebenen Suchfelder Technologien gesucht werden. Die

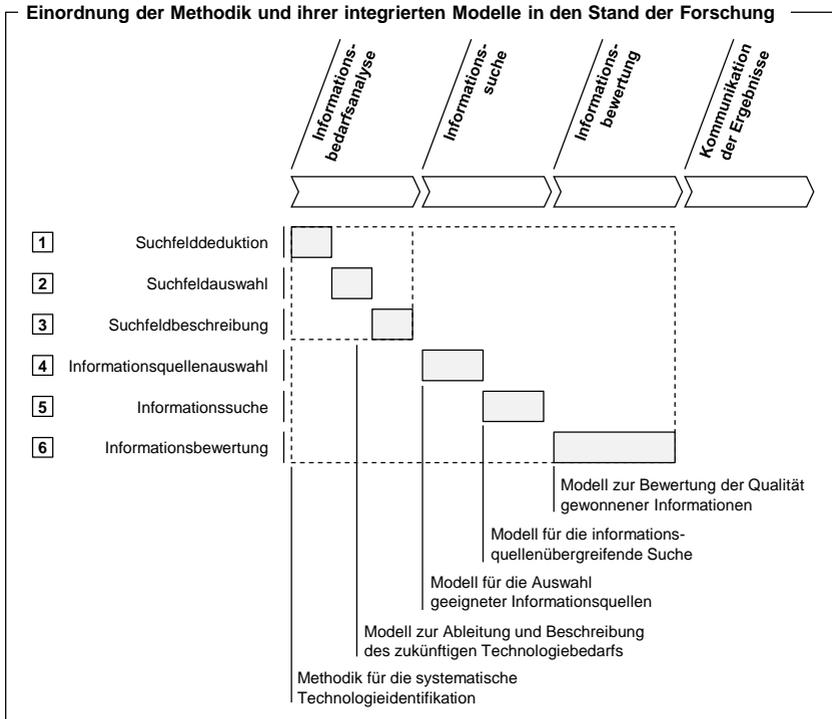


Abb. 3.4: Allokation der sechs Schritte der Methodik für die systematische Technologieidentifikation und ihrer integrierten Modelle zu den vier elementaren Aktivitäten des Prozesses zur Technologiefrüherkennung

klassische Informationssuche der Technologiefrüherkennung gliedert sich hierbei in die fallspezifische Auswahl geeigneter Informationsquellen, bei der in Anlehnung an BRENNER (1996) und LICHTENTHALER (2002) die Phasen des Technologielebenszyklus berücksichtigt werden, sowie in die Informationssuche im engeren Sinn. Ihr Schwerpunkt liegt in einer informationsquellenübergreifenden, iterativen Suche (vgl. u. a. BATES 1989) nach Informationen über Technologien mit Hilfe geeigneter Suchpfade (vgl. u. a. SAVOLAINEN 2008). Die Informationsbewertung im Rahmen der Technologieidentifikation bezeichnet die implizite und explizite Bewertung der Qualität gesammelter Informationen (vgl. CUNNINGHAM ET AL. 2004). Die aus ihr resultierenden Technologiesteckbriefe (vgl. REINHART ET AL. 2012) bilden die Grundlage für die Kommunikation der aufbereiteten Ergebnisse (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2002; REGER 2001).

Die Methodik für die systematische Technologieidentifikation orientiert sich damit an dem Prozess zur Technologiefrüherkennung. Ihre Detaillierung wird im Folgenden in Kapitel 4 behandelt.

4 Detaillierung der Methodik

4.1 Allgemeines

Die Methodik für die systematische Identifikation von Technologien wurde konzeptionell in Kapitel 3 erarbeitet. Dabei lag der Fokus sowohl auf den Rahmenbedingungen zur Durchführung der Methodik als auch ihrem übergeordneten Ablauf, der sich in sechs Schritte gliedert. Die einzelnen Schritte sind in den folgenden Abschnitten 4.2 bis 4.7 im Detail beschrieben.

4.2 Schritt 1: Suchfelddeduktion

Um effektiv und effizient nach Technologien zu suchen, muss der zukünftige Technologiebedarf eines Unternehmens analysiert werden, der sich nach WELLENSIEK ET AL. (2011) über Suchfelder darstellen lässt. Zu diesem Zweck müssen Suchfelder abgeleitet werden. Nach GREITEMANN ET AL. (2015b) stellt ein Suchfeld eine Kombination aus einer Technologiefunktion und den entsprechenden Anforderungen dar, für das es potenziell geeignete Technologien im Rahmen der Informationssuche zu finden gilt.

Die Basis der Suchfelddeduktion bildet die Analyse der Produktionsaufgabe (Abschnitt 4.2.1), d. h. die lösungsneutrale Beschreibung der Herstellung einer aktuellen oder zukünftigen Produktkomponente über eine Kette von Technologiefunktionen (vgl. REINHART ET AL. 2012). Um den zukünftigen Technologiebedarf abzuleiten, werden mit Hilfe einer Szenario-Analyse zukünftige Marktentwicklungen in Form von Szenarien retroprolativ ermittelt (Abschnitt 4.2.2). Die marktseitigen Entwicklungen der Unternehmensumwelt werden für ein ausgewähltes Szenario in einer Roadmap extrapolativ dargestellt. Durch das Roadmapping werden produktionsbezogene Anforderungen an aktuelle und zukünftige Produktkomponenten unter Berücksichtigung des betrachteten Produktportfolios sukzessive in Workshops³⁵ unter Zuhilfenahme von Kreativitätstechniken (vgl. u. a. SCHIENMANN 2002) abgeleitet, die von der

³⁵ Zu ihrer Durchführung empfiehlt sich ein geleiteter Teilnehmerkreis von maximal zehn Personen, der sich u. a. aus Methoden-, Strategie-, Markt- und Technologieexperten zusammensetzt. Detaillierte Informationen zu Beteiligten der Workshops finden sich bspw. bei GAUSEMEIER ET AL. (1996) und PHAAL ET AL. (2001a).

gesuchten Technologie für den erfolgreichen Einsatz in der Produktion erfüllt werden müssen (Abschnitt 4.2.3). Die Ableitung der Suchfelder erfolgt somit durch die Verknüpfung der Inside-Out- (vgl. u. a. REINHART ET AL. 2012) und Outside-In-Perspektive (vgl. u. a. GASSMANN & KAUSCH 2005), indem den jeweiligen Technologiefunktionen die abgeleiteten Anforderungen zugeordnet werden (Abschnitt 4.2.4). Abb. 4.1 zeigt das Vorgehen zur Suchfelddeduktion.

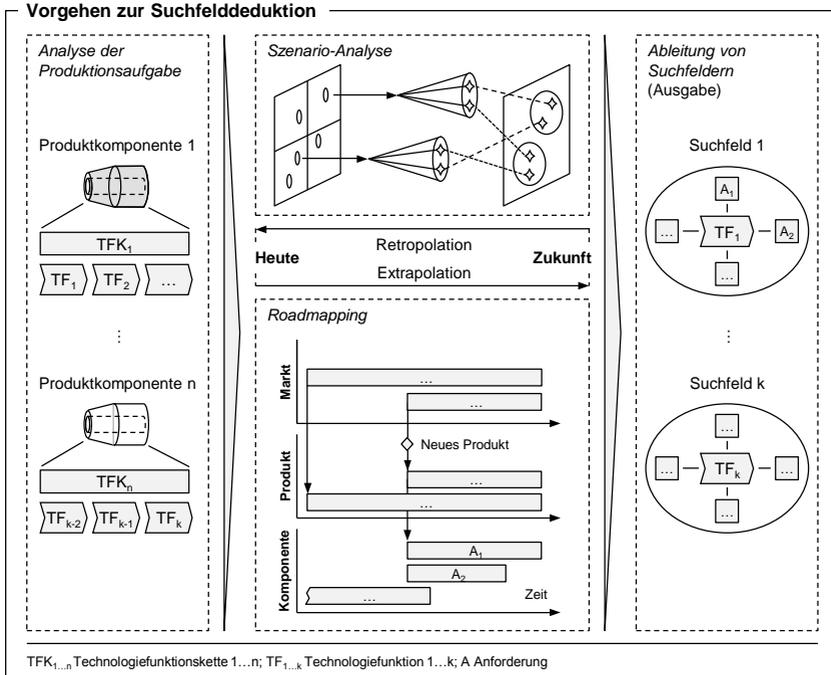


Abb. 4.1: Überblick des Vorgehens zur Suchfelddeduktion (GREITEMANN ET AL. 2016a)

4.2.1 Analyse der Produktionsaufgabe

Um eine systematische Identifikation von Technologien für die Produktion durchzuführen, müssen die herzustellenden Produktkomponenten des definierten Spektrums aus aktuellen und zukünftigen Produkten zur Analyse der daraus resultierenden Produktionsaufgaben beschrieben werden. Die zu betrachtenden Produkte und Produktkomponenten stellen nach Abschnitt 3.3.3 gegebene Eingangsgrößen für die Methodik dar.

Die Identifikation einer Vielzahl potenzieller Technologien zur Herstellung dieser Komponenten muss in Bezug auf die Bandbreite ermittelbarer Technologiewirkprinzipien weit ausgelegt und ebenso zielgerichtet sein (REINHART ET AL. 2012). Die jeweilige Produktionsaufgabe muss hierzu nach VOLLMER ET AL. (2013) problemorientiert und gleichzeitig lösungsneutral beschrieben werden. Zu ihrer abstrakten Beschreibung eignet sich die Nutzung von Technologiefunktionen (REINHART ET AL. 2012; VOLLMER ET AL. 2013). Dies erlaubt es, die Suche nach relevanten Technologien zu strukturieren und die nach irrelevanten zu vermeiden (PEIFFER 1992). Eine Technologiefunktion ist in diesem Zusammenhang nach VDI 2803 (1996) als Zweck zu verstehen, dem eine Technologie im Sinne eines Gesamtzwecks, der Erfüllung der Produktionsaufgabe, nachkommt. Der Gesamtzweck und damit die Herstellung einer Produktkomponente wird dabei über eine Kette von Technologiefunktionen beschrieben (REINHART ET AL. 2012). Eine Technologiefunktionskette ist exemplarisch in Abb. 4.2 für die Produktkomponente „CFK-Dach“ dargestellt. Jede Technologiefunktion kann über eine Substantiv-Verb-Kombination mit aktivistischer Bedeutung beschrieben werden (VDI 2803 1996), z. B. „Preform herstellen“.

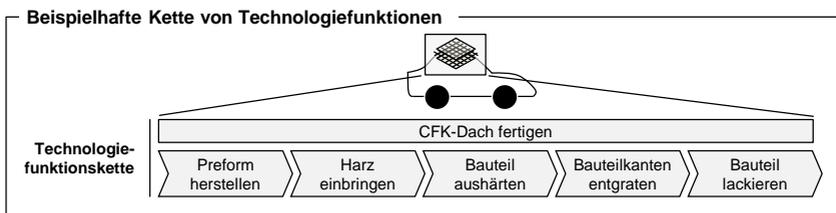


Abb. 4.2: Kette von Technologiefunktionen am Beispiel der Fertigung eines CFK-Dachs

Die Verwendung von Technologiefunktionen ermöglicht dabei nicht nur die Identifikation von Technologien des gleichen oder ähnlichen Wirkprinzips, sondern erweitert den Suchraum, sodass zugleich Technologien mit gänzlich anderen Wirkprinzipien gefunden werden können, bspw. *Laserstrahlbohren* statt das konventionelle spanende *Bohren ins Volle* (REINHART ET AL. 2012). Die Größe des Suchraums nimmt zu, je generischer das Substantiv und das Verb formuliert sind. Um dessen Größe zu klassifizieren, wurden drei grundlegende Ebenen von Technologiefunktionen unterschiedlichen Abstraktionsgrades erarbeitet, die sich in Bezug auf die Suchperspektive und den damit einhergehenden Suchaufwand unterscheiden (vgl. Abb. 4.3). Die *erste* Ebene beschreibt ein Substantiv-Verb-Paar, das primär durch ein aus produktionstechnischer Perspektive generisch formuliertes Verb gekennzeichnet ist, wie „herstellen“, und damit die Identifikation sämtlicher Technologiewirkprinzipien zulässt. Die weit gefasste Technologiefunktion geht jedoch aufgrund der ungerichteten Suche

mit einem hohen Suchaufwand einher. Die Technologiefunktionen der *zweiten* Ebene sind konkreter gefasst, z. B. „Komponente urformen“, indem Verben, die der Hauptgruppe der DIN 8580 (2003) zugeordnet sind (urformen, umformen, trennen, fügen, beschichten, Stoffeigenschaften ändern), verwendet werden. Technologiefunktionen der *dritten* Ebene werden insbesondere durch spezifische Verben beschrieben, wie „Komponente sintern“. Sie grenzen den Suchraum stark ein. Die Suche auf Basis dieser Technologiefunktionen erfolgt gerichtet mit niedrigem Suchaufwand, da bspw. Sintertechnologien gesucht werden, die sehr ähnlich zu einer bereits im Unternehmen eingesetzten Technologie sind.

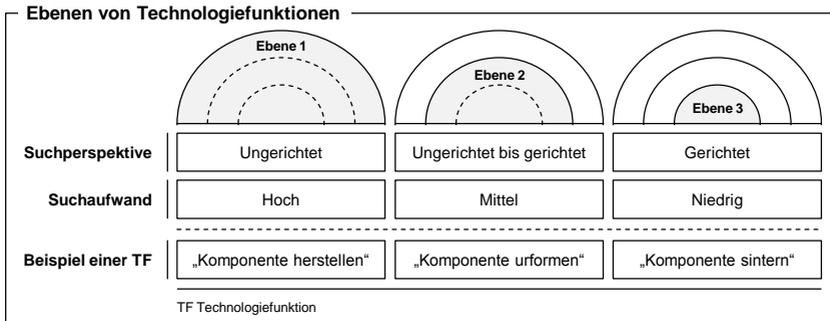


Abb. 4.3: Klassifikation der Ebenen von Technologiefunktionen

4.2.2 Szenario-Analyse

Die Szenario-Analyse hat im Rahmen dieser Arbeit das Ziel, zukünftige Entwicklungen des Unternehmensumfeldes retroprolativ zu erfassen, um eine Orientierung über potenzielle Marktentwicklungen zu liefern. Diese dienen wiederum als Basis, um daraus zukünftige Anforderungen an Technologien innerhalb des Roadmappings abzuleiten. Aus diesem Grund werden Produktszenarien betrachtet. Hierzu wird das von GAUSEMEIER ET AL. (1996) erarbeitete Vorgehen zur formalisierten, modellgestützten Szenario-Analyse herangezogen (vgl. Abschnitt 2.4.1) und adaptiert, sodass Zukunftsszenarien systematisch durch den Anwender unter Verwendung etablierter Methoden, wie der Konsistenzmatrix-Analyse, gebildet werden können.

Das Vorgehen gliedert sich in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (1996) in drei Teilschritte, die Szenario-Feld-Analyse (Abschnitt 4.2.2.1), die Szenario-Prognostik (Abschnitt 4.2.2.2) und die Szenario-Bildung (Abschnitt 4.2.2.3). Die von GAUSEMEIER ET AL. (1996) beschriebene Szenario-Vorbereitung adressiert Rahmenbedingungen zur effizienten Durchführung der Szenario-Analyse,

wie die Definition von Verantwortlichkeiten oder die Festlegung des Planungshorizonts, und ist bereits im Rahmen zur Durchführung der Methodik verankert (vgl. Abschnitt 3.3.3). Der Szenario-Transfer wird zur konsistenten und durchgängigen Verknüpfung der Methoden in das Roadmapping integriert (vgl. Abschnitt 4.2.3). Die o. g. drei Teilschritte sind im Folgenden beschrieben.

4.2.2.1 Szenario-Feld-Analyse

Die Szenario-Feld-Analyse bildet die Grundlage zur Erstellung der Szenarien, indem die relevantesten Faktoren mit Einfluss auf das Produktportfolio eines Unternehmens, die so genannten Schlüsselfaktoren, sukzessive abgeleitet werden. Es existieren zahlreiche Bereiche, die Einfluss auf ein produzierendes Unternehmen haben (vgl. Abb. 4.4), die Politik, die Gesellschaft, der Markt, die Wissenschaft und Technik sowie das Unternehmen selbst (vgl. GASSMANN & SUTTER 2011; GAUSEMEIER ET AL. 1996; GESCHKA 1997; GESCHKA ET AL. 2009; MIETZNER 2009; SCHWARZ-GESCHKA ET AL. 2012).

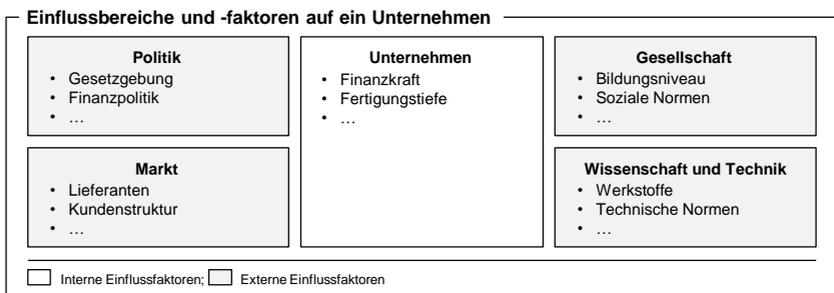


Abb. 4.4: Einflussbereiche und zugehörige, exemplarische Einflussfaktoren auf ein Unternehmen in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (1996)

Die relevanten Einflussfaktoren werden durch Kreativtechniken, bspw. dem Brainstorming, ermittelt (vgl. BRADFIELD ET AL. 2005; GAUSEMEIER ET AL. 1996; GODET 1986; MERCER 1995) und zur Gewährleistung einer einheitlichen begrifflichen Abstraktionsebene nivelliert. Dabei sollten sowohl vom Unternehmen lenkbare, interne (z. B. Fertigungstiefe) als auch nicht-lenkbare, externe Einflussfaktoren (z. B. Gesetzgebung) berücksichtigt werden (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 1996, 1998). Bei der Sammlung der Einflussfaktoren ist nach GAUSEMEIER ET AL. (1996) ferner darauf zu achten, dass sie (1) dieselbe Granularität besitzen (z. B. „Gesetze“ sind ungleich „Umweltgesetze“), (2) keine Redundanzen enthalten (z. B. „Umweltgesetze“ und „Gesetze zur Reduktion von

Produktionsemissionen“) sowie (3) wertungsfrei beschrieben sind (z. B. „wirtschaftliche Entwicklung“ statt „Wirtschaftswachstum“). Aus den erfassten Einflussfaktoren werden die relevantesten Schlüsselfaktoren herausgefiltert, aus denen die tatsächlichen Szenarien gebildet werden. Die Auswahl erfolgt sukzessive anhand der nachfolgenden Charakterisierungen³⁶ der Einflussfaktoren:

- *Wichtig und unwichtig* (vgl. FINK & SIEBE 2011; MERCER 1995; WELGE & AL-LAHAM 2003): Faktoren haben in Abhängigkeit ihrer Wichtigkeit einen entsprechend hohen Einfluss auf die Unternehmensziele.
- *Aktiv und passiv* (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 1996; REIBNITZ 1988): Die Aktivität oder Passivität eines Faktors drückt aus, ob er andere Faktoren beeinflusst oder selbst beeinflusst wird.
- *Sicher und unsicher* (vgl. BECKER 1983; SCHNAARS 1987; SCHOEMAKER 1995; VAN DER HEIJDEN, K. 2000): Die Sicher- bzw. Unsicherheit eines Faktors kennzeichnet, inwieweit dieser prognostizierbar ist.
- *Statisch und dynamisch* (vgl. POSTMA & LIEBL 2005): Während statische Faktoren zeitlich unverändert sind, ändern sich dynamische über die Zeit.

Da in der Literatur kein Ansatz existiert, der eine systematische Auswahl der relevantesten Einflussfaktoren unter Berücksichtigung aller zuvor genannten Eigenschaften von Einflussfaktoren aus einer großen Vielzahl ressourceneffizient unterstützt, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein zweistufiges Vorgehen entwickelt. Zunächst werden (1) die Einflussfaktoren nach ihrer Wichtigkeit vorausgewählt, da sie die späteren Szenarien maßgeblich bestimmen (vgl. MERCER 1995). Die für den Betrachtungsbereich wichtigsten Einflussfaktoren werden daran anschließend (2) in Bezug auf ihre Aktivität, Sicherheit und Dynamik bewertet. Das Vorgehen ist in Abb. 4.5 dargestellt. Nach GAUSEMEIER ET AL. (1996) sollte die Anzahl der Schlüsselfaktoren zwischen 10 und 15 liegen.

Zur Bewertung der Wichtigkeit der Faktoren wird ermittelt, wie hoch ihr Einfluss auf die definierten Unternehmensziele $j \in \{1, \dots, n\} \subset N$ ist (vgl. Abschnitt 3.3.3). Jedes Unternehmensziel kann mit Hilfe des Faktors p_j gewichtet werden, wobei gilt:

$$\sum_{j=1}^n p_j \equiv 1 \quad (4.1)$$

³⁶ Eine weitere Charakterisierung von Einflussfaktoren stellt die Differenzierung zwischen vorhersehbar und nicht vorhersehbar dar (POSTMA & LIEBL 2005; WACK 1985), die im Rahmen dieser Arbeit aufgrund ihres spekulativen Charakters nicht betrachtet wird. Die Vorhersehbarkeit beschreibt, ob völlig unbekannte Ereignisse auftreten (z. B. Naturkatastrophen), die eine enorme Störung einer Entwicklung kennzeichnen.

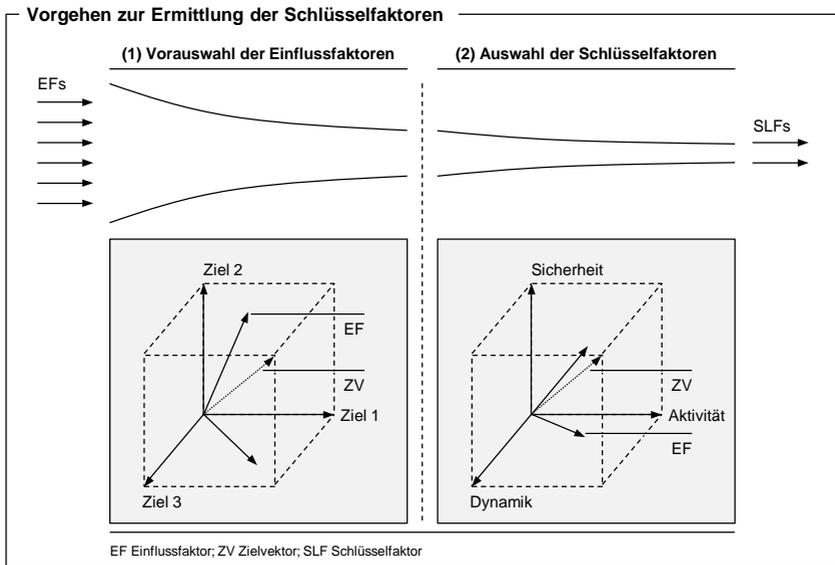


Abb. 4.5: Zweistufiges Vorgehen zur Ermittlung der Schlüsselfaktoren

Die Bewertung der Wichtigkeit eines Einflussfaktors erfolgt anhand einer 4-Punkte-Skala von 0 („keinen Einfluss“) bis 3 („großen Einfluss“). Das Ergebnis sind i Vektoren \mathbf{x}_i , wobei $i \in \{1, \dots, l\} \subset \mathbb{N}$ die Anzahl der Einflussfaktoren bezeichnet. Die Ermittlung ihrer relativen Wichtigkeit erfolgt durch den Abgleich mit dem Zielvektor \mathbf{v} , der eine Maximierung des Einflusses auf alle Unternehmensziele darstellt. Die Berechnung des Abstandes zwischen den Einflussfaktoren \mathbf{x}_i und dem Zielvektor \mathbf{v} im Rahmen der Vorauswahl VAW basiert auf der euklidischen Distanz $d_i(\mathbf{x}_i, \mathbf{VAW}, \mathbf{v})$ und bestimmt sich zu:

$$d_i(\mathbf{x}_i, \mathbf{VAW}, \mathbf{v}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n p_j^2 (x_{i,j} - v_j)^2} \quad (4.2)$$

In Anlehnung an MERCER (1995) werden die wichtigsten 20 % der Einflussfaktoren mit der geringsten Distanz zum Zielvektor vorausgewählt. Handelt es sich bereits um 15 Faktoren, fließen diese als Schlüsselfaktoren direkt in die Szenario-Prognostik ein. Liegen hingegen weiterhin mehr als 15 Faktoren vor, werden diese in der finalen Auswahl AW nach ihrer Aktivität Akt , Sicherheit Sic und Dynamik Dyn infolge des Abgleichs mit einem fallspezifisch zu definie-

renden Zielvektor \mathbf{w} über die euklidische Distanz analog zur Wichtigkeit auf einer 4-Punkte-Skala (vgl. Abb. A.1 im Anhang) von 0 bis 3 bewertet zu:

$$d_i(\mathbf{x}_{i,AW}, \mathbf{w}) = \sqrt{(x_{i,Akt} - w_1)^2 + (x_{i,Sic} - w_2)^2 + (x_{i,Dyn} - w_3)^2} \quad (4.3)$$

Anhand des Zielabgleichs werden 10 bis 15 Schlüsselfaktoren mit der geringsten Distanz ausgewählt. Diese bilden die Eingabe für die Szenario-Prognostik.

4.2.2.2 Szenario-Prognostik

Für jeden Schlüsselfaktor wird der aktuelle Zustand ermittelt (GAUSEMEIER ET AL. 1996). Die Schlüsselfaktoren sollten bereits derart formuliert sein, dass ihr Zustand unmittelbar qualitativ über Deskriptoren, wie die „Konjunkturelle Entwicklung in Deutschland“ *steigt an*, oder quantitativ in Form konkreter Werte beschrieben werden kann, z. B. der „Ölpreis“ beträgt *100 US Dollar* (DÖNITZ 2009). Ausgehend von diesem Zustand werden über extreme Ausprägungen (BECKER 1983; VAN DER HEIJDEN, K. 2000) oder Trendextrapolationen zwei bis drei Zukunftsprojektionen für jeden Schlüsselfaktor (vgl. Abb. 4.6) in Workshops oder Expertengesprächen entwickelt (GAUSEMEIER ET AL. 1996).

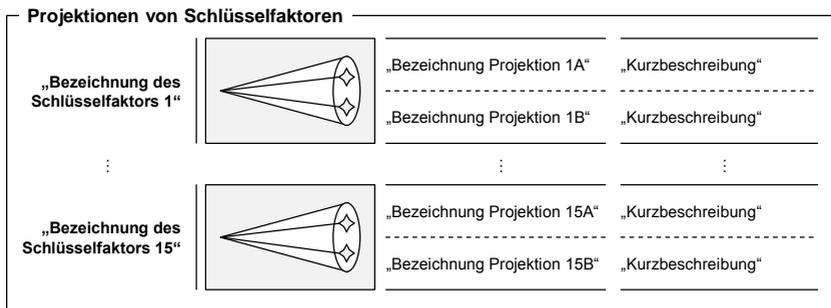


Abb. 4.6: Bildung und Beschreibung der Projektionen von Schlüsselfaktoren (GAUSEMEIER ET AL. 1996)

4.2.2.3 Szenario-Bildung

Aus den Projektionen der Schlüsselfaktoren werden konsistente Szenarien gebildet. Hierzu werden zunächst die Projektionen paarweise im Rahmen einer Konsistenzmatrix-Analyse bewertet (GAUSEMEIER ET AL. 1996; GESCHKA &

HAMMER 1990; REIBNITZ 1988). Zur Beurteilung dient eine fünfstufige Bewertungsskala von 1 („*totale Inkonsistenz*“) bis 5 („*sehr starke gegenseitige Beeinflussung*“) (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 1996). Eine Glaubwürdigkeit der späteren Szenarien ist nur dann gegeben, wenn sich die Projektionen nicht gegenseitig ausschließen, sodass inkonsistente Paarungen von Projektionen, d. h. sowohl totale als auch partielle, ausgeschlossen werden. Anschließend werden Projektionsbündel infolge der Kombination von je einer Projektion eines Schlüsselfaktors erzeugt (vgl. Abb. 4.7). Sie stellen mögliche Rohszenarien dar, die nach der Ähnlichkeit der den Projektionsbündeln zugrunde liegenden Projektionskombinationen (GAUSEMEIER ET AL. 1996) mit Hilfe einer hierarchischen Clusterung (vgl. BACKHAUS ET AL. 1996) i. d. R. zu zwei bis drei Szenarien zusammengefasst werden (SCHNAARS 1987).

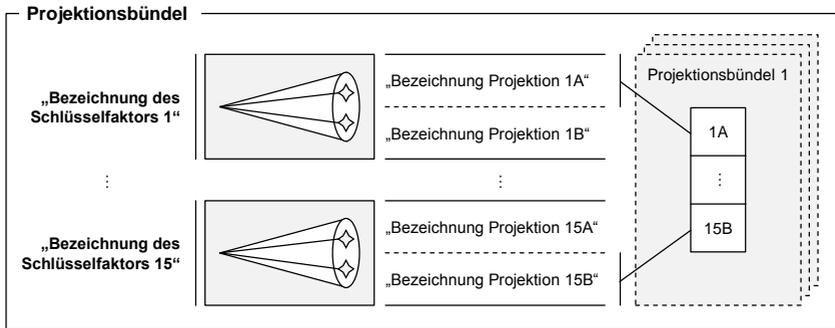


Abb. 4.7: Bildung von Projektionsbündeln (GAUSEMEIER ET AL. 1996)

Nach MALASKA ET AL. (1984) und WILSON (1998) wird ein Szenario weiter verfolgt. Die Auswahl des Szenarios wird intuitiv getroffen, bspw. nach der Wahrscheinlichkeit des Eintretens. Eine priorisierte Rangfolge der Szenarien kann jedoch ebenso unter Verwendung des Analytic Hierarchy Process (AHP) (vgl. SAATY 1990) ermittelt werden.

4.2.3 Roadmapping

Auf Basis des ausgewählten Szenarios werden mögliche Suchfelder über die relevanten Marktentwicklungen sukzessive innerhalb eines Workshops (vgl. u. a. PHAAL ET AL. 2001a; POHL 2008; SCHIENMANN 2002) abgeleitet. Die Roadmap bildet dabei die Entwicklungen des Marktes (Abschnitt 4.2.3.1), der Produkte (Abschnitt 4.2.3.2) und Produktkomponenten ab (Abschnitt 4.2.3.3), für die jeweils eine Swimlane erstellt wird. Die Systematik zur Ableitung der Suchfelder (Abschnitt 4.2.3.4) ist in Abb. 4.8 dargestellt und nachfolgend beschrieben.

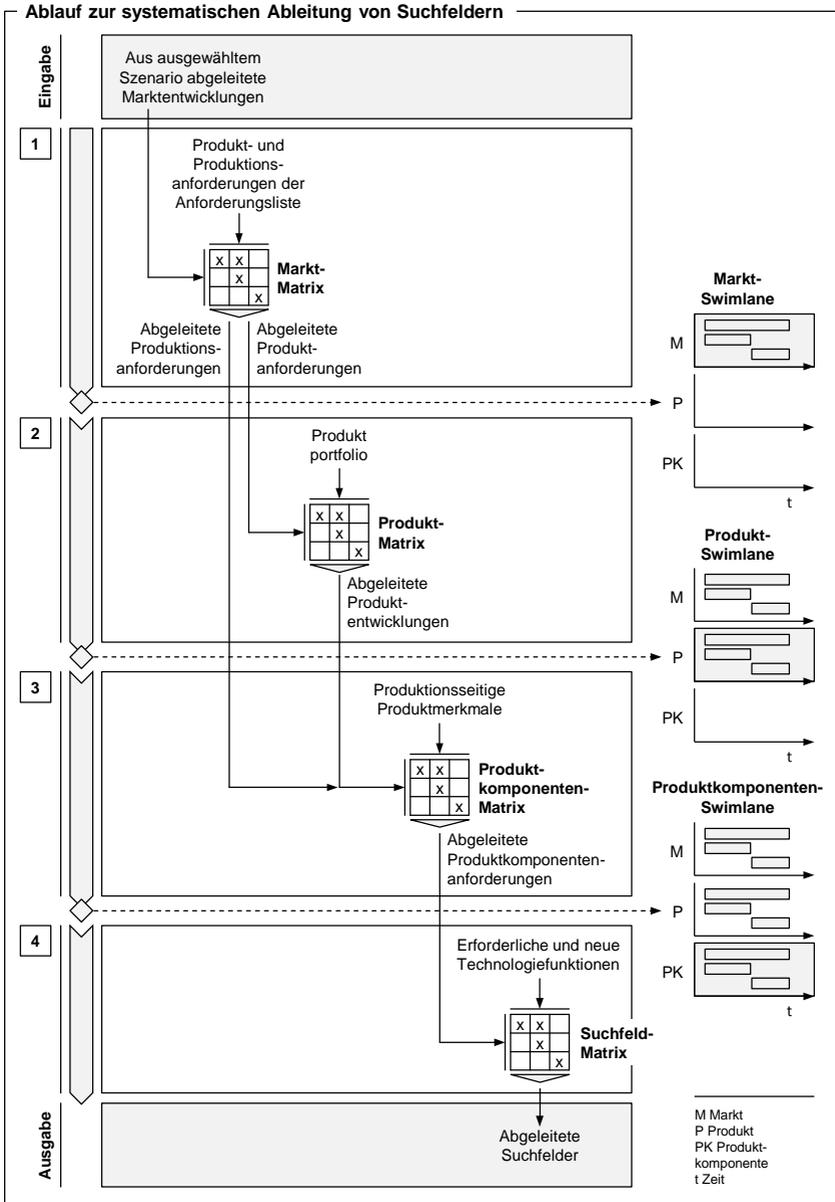


Abb. 4.8: Vierstufige Systematik zur Ableitung von Suchfeldern im Rahmen des Roadmappings (GREITEMANN ET AL. 2016a)

4.2.3.1 Markt-Swimlane

Zur konsistenten Verknüpfung von Szenario-Analyse und Roadmapping werden die aktuellen Zustände der Schlüsselfaktoren als auch ihre zugehörigen Projektionen des Projektionsbündels für das ausgewählte Szenario auf die Markt-Swimlane übertragen. Die Projektionen bilden dabei den Zielzustand der Marktentwicklungen ab (vgl. Abb. 4.9).

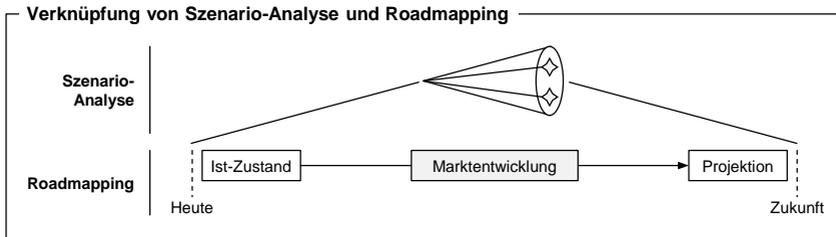


Abb. 4.9: Verknüpfung von Szenario-Analyse und Roadmapping infolge der Ableitung von Marktentwicklungen aus den Projektionen eines Szenarios

Aus den Projektionen werden die marktseitigen Entwicklungen abgeleitet, die erforderlich sind, um den jeweiligen Zielzustand zu erreichen. Diese Entwicklungen werden als Zeitraum (z. B. Demographischer Wandel) oder Zeitpunkt (z. B. Eintreten gesetzlicher Bestimmungen) in der Markt-Swimlane dargestellt. Zur konsequenten Bezeichnung der Marktentwicklungen wird eine Syntax in Form einer Adjektiv-Substantiv-Objekt-Kombination verwendet und ermöglicht ein interpretationsfreies Verständnis der Beschreibung der Entwicklung. Resultiert am Beispiel der Elektromobilität die Projektion *Günstigere Preise* aus dem aktuellen Zustand *Teure Preise* des Schlüsselfaktors *Relative Preisentwicklung*, kann die Marktentwicklung *Sinkendes relatives Preisniveau elektrischer Kraftfahrzeuge* abgeleitet werden.

Aus den identifizierten Marktentwicklungen, wie *Steigende Verfügbarkeit multipler Werkstoffe*, werden wiederum marktseitige Anforderungen mit Hilfe einer Markt-Matrix abgeleitet und in der Markt-Swimlane eingetragen (vgl. Abb. 4.10), die Einfluss auf das Produkt, z. B. *Hohe Reichweite elektrischer Fahrzeuge*, oder die Produktion direkt haben, bspw. *Schadstofffreie Werkstoffe in der Produktion*.

Hierzu werden die identifizierten Marktentwicklungen im ersten Schritt mit den betroffenen Einträgen einer unternehmensspezifischen, generellen Anforderungsliste in der Markt-Matrix verknüpft. Infolge der Verknüpfung lässt sich feststellen, ob die Marktentwicklungen eine Auswirkung auf das Produkt

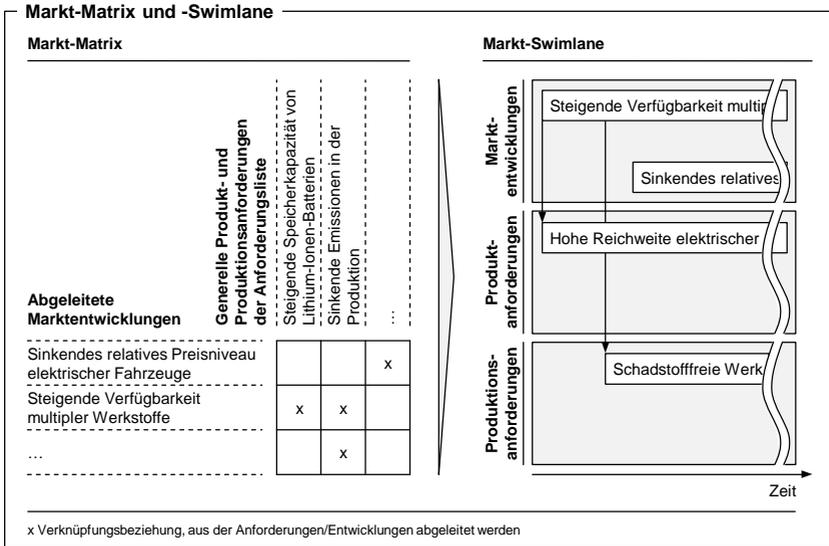


Abb. 4.10: Ableitung marktseitiger Produkt- und Produktionsanforderungen aus den Marktentwicklungen mit Hilfe der Markt-Matrix und ihre Einordnung in der Markt-Swimlane

oder die Produktion besitzen. Die Anforderungsliste kann bspw. initial durch die Übertragung sowohl aktueller Anforderungen aus den Lastenheften der Produkte (z. B. *Steigende Speicherkapazität von Lithium-Ionen-Batterien*) und Produktion (z. B. *Sinkende Emissionen in der Produktion*) als auch zukünftiger, produkt- und produktionsbezogener Anforderungen aus dem Kunden-Anforderungsmanagement (vgl. SCHIENMANN 2002) erstellt und fortlaufend durch neue Anforderungen erweitert werden. Im zweiten Schritt werden aus den einzelnen Verknüpfungen marktseitige Produkt- und Produktionsanforderungen abgeleitet, deren Verbindungen zur entsprechenden Marktentwicklung in Form von Verknüpfungspfeilen visualisiert sind. Sie werden, ebenso wie die Marktentwicklungen, als Adjektiv-Substantiv-Objekt-Kombination in der Markt-Swimlane dargestellt und zeitlich eingeordnet.

4.2.3.2 Produkt-Swimlane

Auf Basis der identifizierten marktseitigen Produkthanforderungen sind die Produktentwicklungen abzuleiten, die zu ihrer Erfüllung beitragen. Dabei gilt

es, das Produktportfolio (vgl. Abschnitt 3.3.3) aus der strategischen Produktplanung des Unternehmens zu berücksichtigen. Hierzu ist unter Verwendung der Produkt-Matrix zu ermitteln, ob eine der in Abschnitt 4.2.3.1 abgeleiteten, marktseitigen Produktanforderungen einen Einfluss auf die Entwicklung der betrachteten Produkte des Produktportfolios hat (vgl. Abb. 4.11). Aus den in der Produkt-Matrix erfassten Verknüpfungen werden die erforderlichen Produktentwicklungen deduziert und in der Produkt-Swimlane explizit abgebildet. Um bspw. der Forderung nach einer *hohen Reichweite elektrischer Kraftfahrzeuge* gerecht zu werden, ist die Einführung eines neuen *Elektrofahrzeugs Typ Y* zu einem bestimmten Zeitpunkt geplant. Dies erfordert die Entwicklung eines *leistungsfähigeren Energiespeichers* und einer *kompakteren Leistungselektronik*. Die Eintragung der abgeleiteten Produktentwicklungen in der Produkt-Swimlane, die über eine Adjektiv-Substantiv-Syntax beschrieben werden, sollten sich dabei an dem Einführungszeitpunkt des jeweiligen Produktes orientieren.

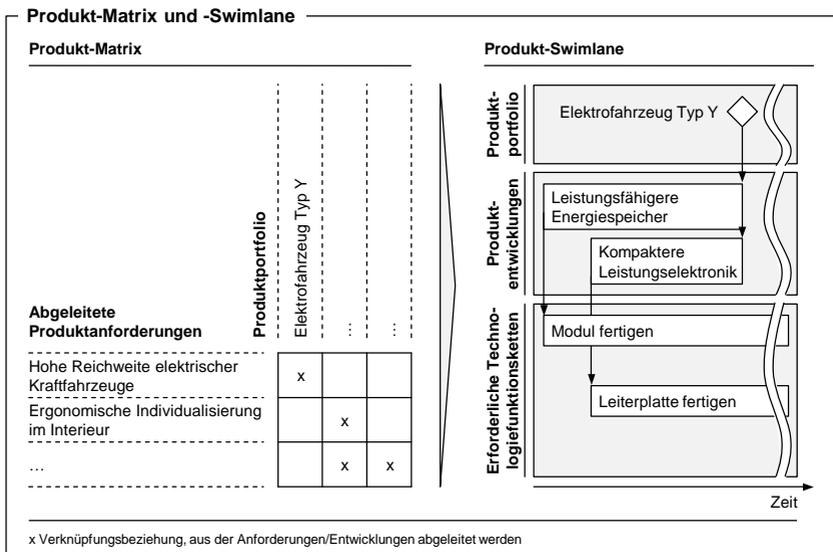


Abb. 4.11: Ableitung von Produktentwicklungen aus den Produktanforderungen unter Berücksichtigung des geplanten Produktportfolios

Zur Herstellung dieser Produkte bzw. Produktkomponenten müssen ebenso die zu ihrer Umsetzung erforderlichen Technologiefunktionsketten infolge der Befragung von Technologieexperten ermittelt werden. Die Herstellung dieser Komponenten bedarf z. B. zwei erforderliche Technologiefunktionsketten, das „Modul fertigen“ bzw. das „Leiterplatte fertigen“. Durch die Technologiefunk-

tionsketten lassen sich dementsprechend zukünftig benötigte Fertigungs- und Montagelinien technologieunabhängig aufzeigen. Die Verbindungen der jeweiligen Entwicklungen mit den hierzu erforderlichen Technologiefunktionsketten werden über Verknüpfungspfeile abgebildet.

4.2.3.3 Produktkomponenten-Swimlane

Für jede zukünftig erforderliche Technologiefunktionskette (z. B. „Leiterplatte fertigen“), welche die Herstellung einer Produktkomponente lösungsneutral beschreibt, werden zunächst die einzelnen Technologiefunktionen ermittelt (vgl. Abschnitt 4.2.1), wie bspw. „Kontaktmittel auftragen“, „Bauelemente zuführen“ oder „Leiterplatte bestücken“ (vgl. Abb. 4.12).

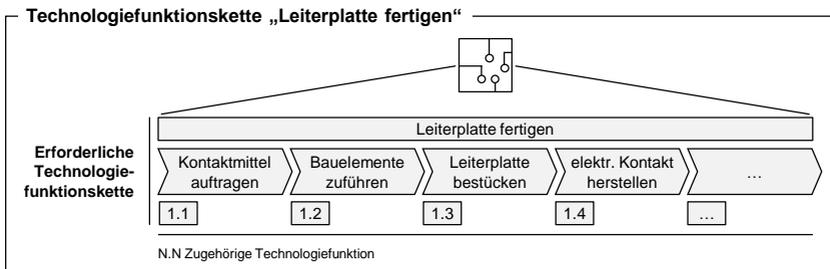


Abb. 4.12: Ausschnitt der zukünftig erforderlichen Technologiefunktionskette am Beispiel „Leiterplatte fertigen“

Daran anschließend werden die Anforderungen an die entsprechende Komponente für jede dieser Technologiefunktionsketten über die Produktkomponenten-Matrix ermittelt und in einer Produktkomponenten-Swimlane zeitlich dargestellt (vgl. Abb. 4.13). Im Konkreten bedeutet dies, welche Anforderungen die Produktkomponenten in Bezug auf die abgeleiteten Produktionsanforderungen und Produktentwicklungen aus produktionstechnischer Perspektive erfüllen müssen. Zur Ableitung der Produktkomponentenanforderungen wird zunächst überprüft, welche produktionsseitigen Produktmerkmale die Produktionsanforderungen und Produktentwicklungen beeinflussen. Diese Merkmale sind bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung bekannt und sollten von einer zu suchenden Technologie für ihren Einsatz in der Produktion erfüllt werden (vgl. GREITEMANN ET AL. 2014b; REINHART ET AL. 2012, 2014; REISEN ET AL. 2014). Zu diesen Produktmerkmalen gehören nach ULLMANN (1995), FALLBÖHMER (2000) und KNOCH (2005) der Werkstoff W , aus der eine Komponente herzustellen ist, das Gewicht Gw , die Geometrie Gt (Abmessungen, Form), die Toleranzen To (Oberflächen-, Maß- und Formtoleranz) sowie die

Stückzahl S , in der die Komponente zu produzieren ist. Daneben wird den Kosten K zur Herstellung der Komponente aus Sicht der industriellen Praxis eine hohe Bedeutung beigemessen. Die Stückzahl und die Kosten stellen im engeren Sinn keine produktbezogenen Merkmale dar. Sie sind jedoch für den wirtschaftlichen Einsatz einer Technologie essentiell (GREITEMANN ET AL. 2014b; REINHART ET AL. 2012). Jedem dieser Merkmale werden in der späteren Suchfelddbeschreibung (vgl. Abschnitt 4.4) die produktspezifischen Ausprägungen zugeordnet, die letztlich die abgeleiteten Anforderungen konkretisieren (FALLBÖHMER 2000; MÜLLER 2007). Das Merkmal *Werkstoff* kann bspw. die Ausprägungen Eisenwerkstoff, Nichteisen-Metall, polymere Werkstoffe, faserverstärkte Werkstoffe und keramische Werkstoffe besitzen (FISCHER 1995). Eine *kompaktere Leistungselektronik* bedarf z. B. einer *platzsparenderen Bauweise*, welche die Geometrie der Produktkomponente betrifft, und soll in Zukunft in einer höheren Stückzahl von über 1000 gefertigt werden.

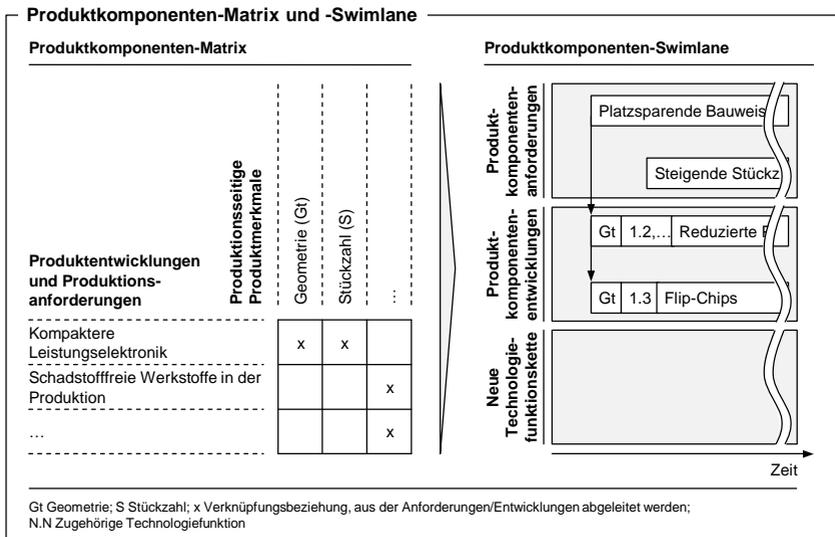


Abb. 4.13: Ableitung von Produktkomponentenanforderungen mit Hilfe einer Produktkomponenten-Matrix und Darstellung der Ergebnisse in der Produktkomponenten-Swimlane (GREITEMANN ET AL. 2016a)

Auf Basis der Produktkomponentenanforderungen werden die Entwicklungen der Komponente in der Produktkomponenten-Matrix deduziert. Die *platzsparende Bauweise* wird bspw. durch eine *reduzierte Platinengröße* sowie *Flip-Chips* realisiert. Neben dem betroffenen Produktmerkmal, das als Kürzel in der Swimlane aufgeführt ist (z. B. Geometrie Gt), wird die zugehörige Techno-

logiefunktion der betrachteten Kette mit Nummernhinweis angeben. Die Umsetzung der Flip-Chips betrifft z. B. die Technologiefunktion 1.3 „Leiterplatte bestücken“ (vgl. Abb. 4.12). Sowohl Produktkomponentenanforderungen als auch -entwicklungen werden in der Swimlane in Form einer Adjektiv-Substantiv-Kombination beschrieben. Bedarf eine Produktkomponentenentwicklung zur Erfüllung der jeweiligen Anforderungen eine neue Technologiefunktionskette oder lediglich eine neue Technologiefunktion, wird diese ebenfalls erfasst und über einen Pfeil mit der entsprechenden Produktkomponentenentwicklung verbunden.

4.2.3.4 Ableitung von Suchfeldern

Zur Ableitung der Suchfelder wird ermittelt, welche der produktionsseitigen Produktkomponentenanforderungen eine Auswirkung auf die Technologiefunktionen haben, die zur Herstellung der jeweiligen Komponente erforderlich sind. Zu diesem Zweck werden den einzelnen Technologiefunktionen einer Technologiefunktionskette die zugehörigen Produktkomponentenanforderungen zugeordnet (vgl. Abb. 4.14), deren Kombination ein Suchfeld bildet.

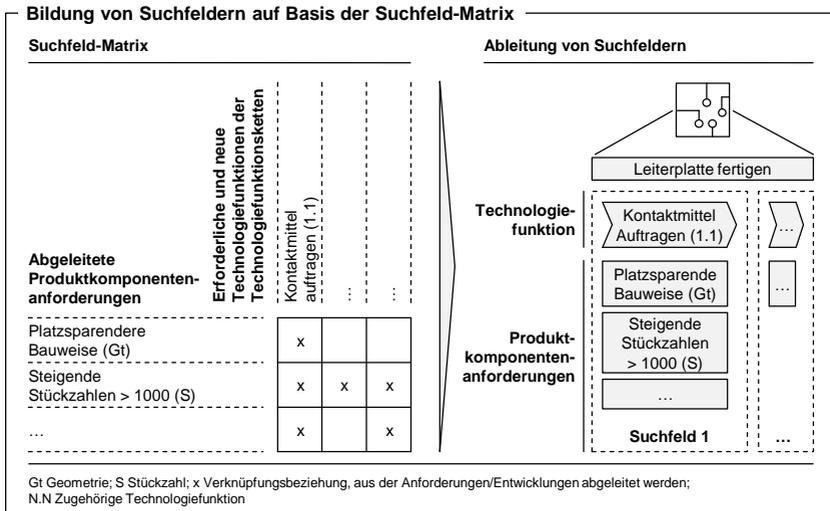


Abb. 4.14: Bildung von Suchfeldern am Beispiel der Funktionskette „Leiterplatte fertigen“ in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2016a)

Aufgrund der Vielzahl von Suchfeldern sind diese zu priorisieren und auszuwählen, bevor diese im Detail für die Technologiesuche spezifiziert werden.

4.3 Schritt 2: Suchfeldauswahl

Aufgrund begrenzter zeitlicher, personeller und finanzieller Ressourcen, die ein Unternehmen bereit ist, zu investieren, um Technologien für ein Suchfeld zu identifizieren, müssen die abgeleiteten Suchfelder priorisiert und die relevantesten ausgewählt werden. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Suchfelder, welche die zukünftige Produktionsaufgabe abstrakt beschreiben, anhand der aus ihnen resultierenden Chancen und Risiken bewertet. Das Vorgehen zur Suchfeldauswahl ist in Abb. 4.15 dargestellt. Das Ziel der Technologieidentifikation ist es dabei, geeignete Technologien für die entsprechende Produktionsaufgabe zu finden, um technologische Chancen zu nutzen und Risiken zu vermeiden.

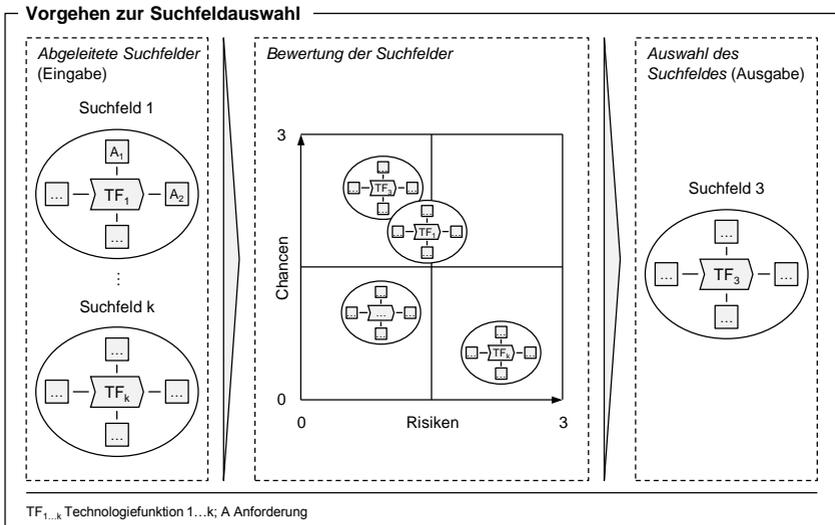


Abb. 4.15: Überblick des Vorgehens zur Suchfeldauswahl

Jede Anforderung $j \in \{1, \dots, n\} \subset \mathbb{N}$ eines Suchfeldes $i \in \{1, \dots, m\} \subset \mathbb{N}$ wird unter Berücksichtigung der Technologiefunktion in Bezug auf ihre Chance $c_{i,j}$ und ihr Risiko $r_{i,j}$ bewertet. Zur anwendungsorientierten Bewertung zeigt Tabelle 4.1 eine ordinale Bewertungsskala, die der Abschätzung von Chancen und Risiken dient. Die Bewertung sollte aufgrund des spezifischen Themenwissens von Entwicklern oder Technologieexperten durchgeführt werden.

Die Relevanz der Anforderungen kann aus Unternehmenssicht schwanken, sodass diese gewichtet werden müssen. Die Gewichtung q_j jeder Anforderung wird mit Hilfe des von SAATY (1990) entwickelten AHP ermittelt, wobei gilt:

Tabelle 4.1: Nominale Skala zur Bewertung der durch eine Anforderung resultierenden Chancen und Risiken in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2016a)

Skala	Chancen	Risiken
0	Es besteht <i>keine</i> Chance in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsvorteil zu generieren.	Es besteht <i>kein</i> Risiko in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsnachteil zu erlangen.
1	Es besteht eine <i>kleine</i> Chance in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsvorteil zu generieren.	Es besteht ein <i>kleines</i> Risiko in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsnachteil zu erlangen.
2	Es besteht eine <i>mittlere</i> Chance in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsvorteil zu generieren.	Es besteht ein <i>mittleres</i> Risiko in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsnachteil zu erlangen.
3	Es besteht eine <i>große</i> Chance in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsvorteil zu generieren.	Es besteht ein <i>großes</i> Risiko in Bezug auf die betrachtete Anforderung, einen Wettbewerbsnachteil zu erlangen.

$$\sum_{j=1}^n q_j \equiv 1 \quad (4.4)$$

Die Chance C_i bzw. das Risiko R_i eines Suchfeldes i ergibt sich aus der Summe der Produkte von Chancen $c_{i,j}$ und Risiken $r_{i,j}$ der einzelnen Anforderungen und den entsprechenden Gewichtungen q_j zu:

$$C_i = \sum_{j=1}^n c_{i,j} \cdot q_j, \quad R_i = \sum_{j=1}^n r_{i,j} \cdot q_j \quad (4.5)$$

Die Bewertungsergebnisse jedes Suchfeldes können zur Vorbereitung der späteren Suchfeldauswahl in einem Portfolio, wie in Abb. 4.16 dargestellt, visualisiert werden.

Unternehmen setzen, bedingt durch ihre Technologiestrategie, einen unterschiedlichen Schwerpunkt in Bezug auf die Nutzung technologischer Chancen und Vermeidung potenzieller Risiken, sodass C_i und R_i über die Faktoren q_C bzw. q_R unternehmensspezifisch unter folgender Randbedingung gewichtet werden:

$$q_C + q_R \equiv 1 \quad (4.6)$$

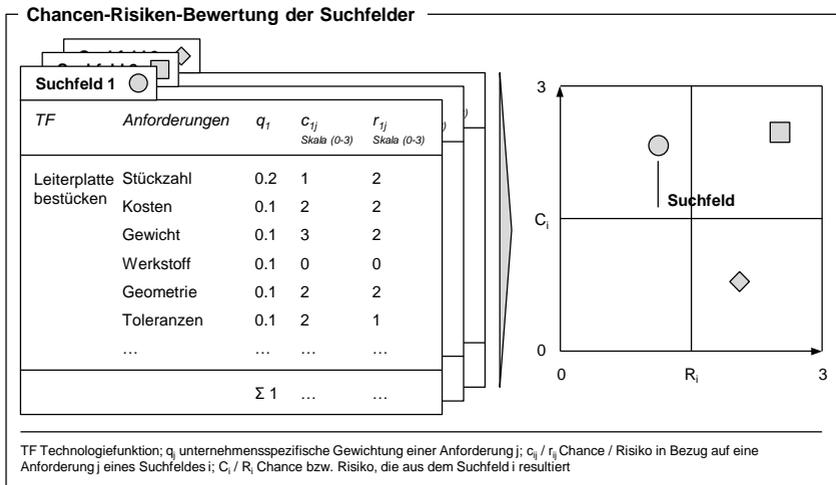


Abb. 4.16: Bewertung der Suchfelder in Bezug auf die aus ihnen resultierenden Chancen und Risiken in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2016a)

Technologieführer wählen bspw. in erster Linie Suchfelder, die eine hohe Chance zur Gewinnung von Wettbewerbsvorteilen implizieren, selbst wenn damit hohe technologische Risiken verbunden sind (vgl. SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011) ($q_C = 1$, $q_R = 0$). Demgegenüber sind Unternehmen tendenziell risikoaverser, die eine technologische Präsenz anstreben. Sie sind eher darauf bedacht, technologische Risiken zu vermeiden (vgl. SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011) ($q_C = 0$, $q_R = 1$). Zwischen diesen zwei extremen Ausprägungen existiert eine Vielzahl weiterer, die maßgeblich von der individuellen Technologiestrategie eines Unternehmens abhängen.

Die Priorisierung und Auswahl eines Suchfeldes i basiert auf einer gewichteten Summe SF_i :

$$SF_i = q_C \cdot C_i + q_R \cdot R_i \quad (4.7)$$

Die Suchfelder werden in absteigender Rangfolge nach dem Wert ihrer gewichteten Summe sortiert. Das Suchfeld mit der höchsten Summe stellt das für das Unternehmen relevanteste dar und wird zuerst ausgewählt. Für dieses werden potenzielle Technologien identifiziert, welche die im Suchfeld beschriebene Produktionsaufgabe unter den definierten Anforderungen erfüllen.

4.4 Schritt 3: Suchfeldbeschreibung

Jedes ausgewählte Suchfeld wird in Anlehnung an SCHIMPF (2010) deskriptiv (z. B. Beschreibung der Technologiefunktion) sowie taxonomisch (z. B. Ermittlung von Schlüsselbegriffen und ihren Synonymen) spezifiziert und in einem Suchfeldsteckbrief, wie in Abb. 4.17 gezeigt, zusammengefasst.

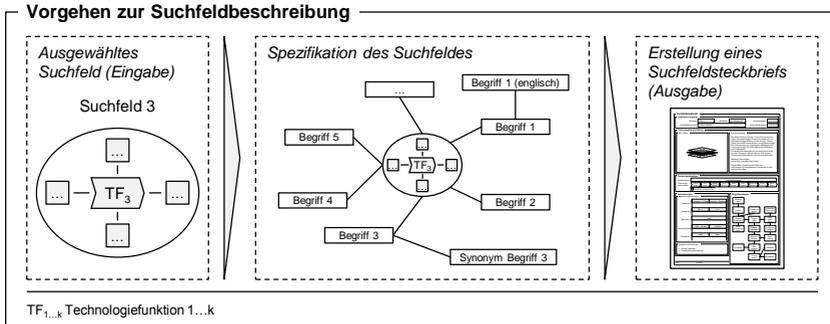


Abb. 4.17: Überblick des Vorgehens zur Suchfeldbeschreibung

Der Suchfeldsteckbrief enthält sämtliche Informationen, die für die Technologiesuche erforderlich sind. Seine Struktur ist in Abb. 4.18 dargestellt. Der obere Teil des Suchfeldsteckbriefs fasst organisatorische Daten zusammen, wie die für das Suchfeld verantwortliche Abteilung und Person, die Suchfeldbezeichnung sowie das Aufnahme- und Aktualisierungsdatum zur Gewährleistung der Aktualität der Suchfeldbeschreibung. Die aktuelle oder zukünftige Produktionsaufgabe, die eine Technologie zu erfüllen hat, wird grafisch skizziert und textuell beschrieben. Dies erlaubt dem Suchenden, ein schnelles Verständnis über die Produktionsaufgabe und die zur erfolgreichen Umsetzung benötigten Technologien auszubilden. Daneben ist die entsprechende Technologiefunktion einer Funktionskette aufgeführt, welche die zu identifizierende Technologie in Bezug auf die Produktionsaufgabe zu erfüllen hat. Die textuelle Beschreibung enthält ebenso eine Liste bereits bekannter Technologien, die für den jeweiligen Zweck geeignet sind und vergleichbare herzustellende Produkte anderer Branchen. Um die Größe des Suchfeldes zu begrenzen und demnach die Suche zielgerichteter zu gestalten, wird das Suchfeld durch generelle und zusätzliche Anforderungen an die zu identifizierende Technologie spezifiziert, die aus der Suchfelddeduktion resultieren.

Der kritische Erfolgsfaktor in der Erstellung des Suchfeldsteckbriefs ist die Entwicklung eines Begriffsnetzwerks (vgl. KAISER ET AL. 2007) zur Orientierung bei der Suche nach Technologien. Das Begriffsnetzwerk wird über ein Brainstorming

Suchfeldsteckbrief	
Organisatorische Daten (Suchfeldbezeichnung etc.)	
<i>Links:</i> Abbildung der Produktionsaufgabe <i>Rechts:</i> Beschreibung der Produktionsaufgabe sowie bereits bekannte Technologien, die sich hierfür eignen und vergleichbare Produkte anderer Branchen	
Technologiefunktion und zugehörige Funktionskette	
Allgemeine Anforderungen an die Technologie hinsichtlich ihres zukünftigen Einsatzes	
Begriffsnetzwerk	
Zusätzliche Anforderungen an die Technologie hinsichtlich ihres zukünftigen Einsatzes	

Abb. 4.18: Struktur des Suchfeldsteckbriefs (GREITEMANN ET AL. 2016a)

erarbeitet und nach BATES (1989) iterativ im Rahmen der späteren Informationssuche erweitert. Zur vernetzten Darstellung der Begriffe können ebenso Ontologien³⁷ verwendet werden (SCHMALENBACH 2013). Da der Erfolg der späteren Informationssuche maßgeblich von den verwendeten Begriffen abhängt (KITAMURA & MIZOGUCHI 2003), ist das Suchfeld, für das es Technologien zu finden gilt, exakt zu beschreiben. Die zu bewältigende Produktionsaufgabe, die zu erfüllende Technologiefunktion und die abgeleiteten Anforderungen, die an

³⁷ Eine *Ontologie* stellt eine „explizit formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung“ dar (GRUBER 1993, S. 199f), die durch eine vereinfachte abstrakte Perspektive das Ziel verfolgt, einen bestimmten Zweck zu erfüllen, bspw. die Abbildung eines suchfeldspezifischen Begriffsnetzwerks. Ontologien bilden ein strukturiertes System (LI ET AL. 2007) aus einem gemeinsamen Vokabular (NOY & MCGUINNESS 2001), das die subjektive Sicht ihres Erstellers widerspiegelt (SCHMALENBACH 2013). Der Kern der Ontologiebildung ist die Sammlung von Begriffen, die hierarchisch zu Klassen angeordnet sind. Ihnen sind wiederum Eigenschaften zugeordnet, die durch mögliche Randbedingungen eingeschränkt werden können. Neben den genannten Klassen, Eigenschaften und Einschränkungen sind Ableitungen von Klassen, Axiome und Instanzen weitere Elemente einer Ontologie (PARK ET AL. 2013). Für die Vorgehensweise zur Erstellung einer Ontologie wird auf weiterführende Literatur verwiesen (vgl. u. a. SCHMALENBACH 2013; STAAB & STUDER 2004; USCHOLD & KING 1995; WELP ET AL. 2007). Die Erarbeitung der Wissensbasis einer Ontologie ist jedoch aufgrund der vielfältigen Anforderungen, z. B. der erforderlichen Vollständigkeit, aufwendig (KUNZ 2006) und kostspielig (SCHMALENBACH 2013).

die gesuchte Technologie gestellt sind, müssen dabei explizit berücksichtigt werden. Nach SCHIMPF (2010) sollten die dem Begriffsnetzwerk zugrunde liegenden Begriffe in verschiedenen Sprachen, z. B. Deutsch und Englisch, gesammelt und ihre Synonyme³⁸ erfasst werden. Das Begriffsnetzwerk erlaubt es ebenso, die Begriffe hierarchisch zu ordnen, sodass eine fortlaufende, evolutionäre Erweiterung der Suchbegriffe in der Informationssuche nach BATES (1989) möglich ist.

4.5 Schritt 4: Informationsquellenauswahl

Ausgehend von dem im Suchfeldsteckbrief spezifizierten Technologiebedarf sind Technologien zu suchen, die diesem Bedarf gerecht werden. Im Rahmen der Suche ist zu klären, welche Informationsquellen existieren, in denen sich aller Voraussicht nach Informationen über Technologien unterschiedlichen Reifegrades identifizieren lassen. Zur Unterstützung des Anwenders bei der systematischen Auswahl der relevantesten Informationsquellen wird im Folgenden ein zweistufiges Vorgehen präsentiert, das in Abb. 4.19 dargestellt ist.

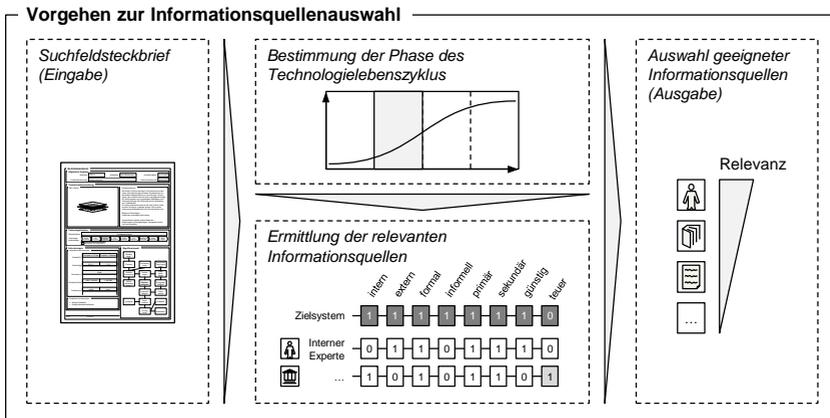


Abb. 4.19: Überblick des Vorgehens zur Informationsquellenauswahl

Dieses umfasst zum einen die Auswahl der Phase des Technologielebenszyklus, für die Technologien gesucht werden sollen, und zum anderen die Ermittlung der für die jeweilige Phase relevantesten Informationsquellen, deren Auswahl in absteigender Rangfolge in der Informationssuche herangezogen wird.

³⁸ Synonyme sind über Synonymwörterbücher ermittelbar, bspw. Thesaurus (SCHMITZ 2015).

4.5.1 Bestimmung der Phase des Technologielebenszyklus

Aufgrund der Vielzahl von Technologien unterschiedlicher Reife, die aus strategischer Perspektive existieren (SCHINDLER 2014), muss der Suchraum für eine effektive und effiziente Suche begrenzt werden. Aus Unternehmenssicht ist daher die mit der Reife korrelierende Phase des Technologielebenszyklus zu ermitteln, für die Technologien identifiziert werden sollen. Die Entscheidung über die Auswahl einer Phase kann sowohl unternehmensweit von der Technologiestrategie als auch der Orientierung einer Unternehmensabteilung abhängen, welche die zweckdefinierte Identifikation von Technologien einer bestimmten Technologielebenszyklusphase fokussiert. Eine Technologieentwicklungsabteilung sucht bspw. eher junge Technologien, die sich in der Wachstumsphase befinden, wohingegen eine seriennahe Produktionsabteilung womöglich reifere Technologien für den sofortigen Einsatz in der Produktion identifiziert (GREITEMANN ET AL. 2016b).

Zur Unterstützung der anwenderspezifischen Auswahl einer Lebenszyklusphase wird das von SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) erarbeitete qualitative Modell eines Technologielebenszyklus herangezogen, um über Indikatoren sowie ihren phasenspezifischen Ausprägungen den Entwicklungsstand einer Technologie abzuleiten. Eine Übersicht von Indikatoren von SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) und SAAD ET AL. (1993) sowie ihren zugehörigen Ausprägungen in den jeweiligen Technologielebenszyklusphasen zeigt Abb. 4.20. Sie stellen eine Auswahl dar, die insbesondere die unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus charakterisieren.

Die Indikatoren und ihre Ausprägungen sind als morphologischer Kasten dargestellt, mit dessen Hilfe die unternehmensrelevante Phase des Technologielebenszyklus identifiziert werden kann. Die Indikatoren w_j mit $j \in \{1, \dots, n\} \subset \mathbb{N}$ sind untereinander angeordnet. Da jeder dieser Indikatoren eine unterschiedliche Relevanz für ein Unternehmen besitzt, werden die Indikatoren unternehmensspezifisch unter Verwendung des AHP (vgl. SAATY 1990) gewichtet. Die in eine Technologie zu tätigen Investitionen können bspw. für ein Unternehmen relevanter sein als die Dauerhaftigkeit des Wettbewerbsvorsprungs, die durch eine Technologie realisiert wird. Für die Summe der Gewichtungen g_j gilt:

$$\sum_{j=1}^n g_j \equiv 1 \quad (4.8)$$

Den Indikatoren sind zeilenweise die vier phasenspezifischen Ausprägungen $a_{j,i}$ zugeordnet mit $i \in \{1, \dots, 4\} \subset \mathbb{N}$. Um die für ein Unternehmen relevante Phase des Technologielebenszyklus zu ermitteln, wird die gewünschte Ausprägung

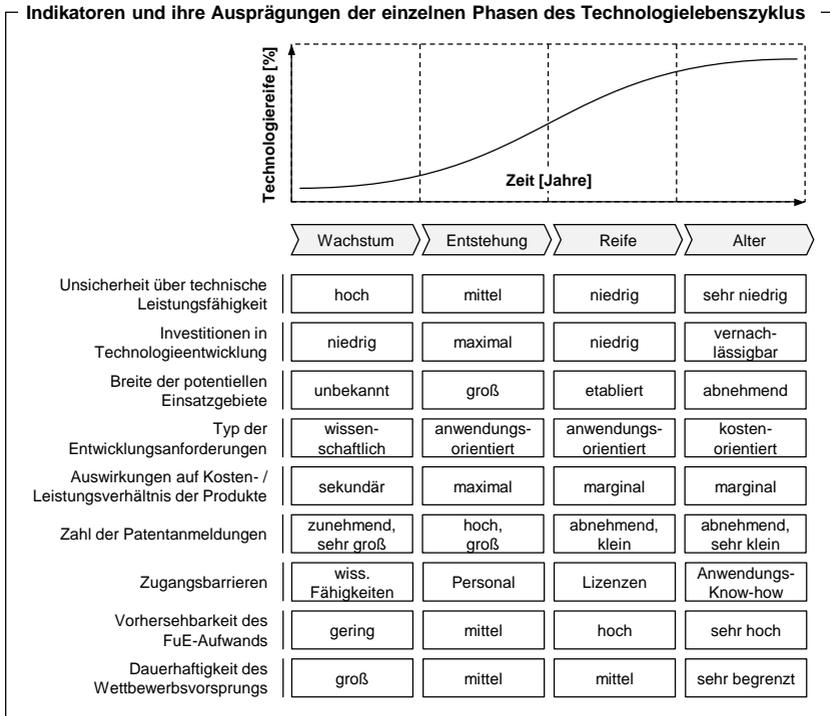


Abb. 4.20: Ausgewählte Indikatoren und ihre Ausprägungen in den unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus (SAAD ET AL. 1993; SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985)

$a_{j,i}$ jedes einzelnen Indikators w_j zunächst unternehmensspezifisch ermittelt, wobei die Nebenbedingung gilt:

$$\sum_{i=1}^4 a_{j,i} \equiv 1 \quad \text{mit} \quad a_{j,i} = \begin{cases} 1, & \text{wenn Ausprägung } a_{j,i} \text{ zutrifft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad (4.9)$$

Die Relevanz RL_i jeder Technologielebenszyklusphase i ergibt sich nach ZAN-GEMEISTER (2000) durch Addition der Produkte aus den Ausprägungen $a_{j,i}$ und den Gewichtungen g_j zu (vgl. zusammenfassend Tabelle A.2 im Anhang):

$$RL_i = \sum_{j=1}^n a_{j,i} \cdot g_j \quad (4.10)$$

Die Phasen des Technologielebenszyklus können auf diese Weise nach ihrer Relevanz in absteigender Rangfolge sortiert und die für ein Unternehmen relevante ausgewählt werden.

4.5.2 Ermittlung der relevanten Informationsquellen

Um die geeignetsten Informationsquellen in der ausgewählten Technologielebenszyklusphase zu ermitteln, muss zunächst ein Zielsystem erstellt werden, das die Art der innerhalb der Informationssuche zu verwendenden Quellen aus Anwendersicht kennzeichnet. Das Zielsystem ist mit den in Tabelle 3.1 klassifizierten Informationsquellen abzugleichen. Dabei sind die Quellen für die Informationssuche auszuwählen und nach ihrer Relevanz zu priorisieren, die mindestens dem Zielsystem entsprechen.

Das Zielsystem wird vom Anwender spezifiziert und kann als Vektor $z_i = (z_1, \dots, z_i)^T$ mit $z_i \in [0, 1]$ beschrieben werden. Die Laufvariable $i \in \{1, \dots, 8\} \subset \mathbb{N}$ kennzeichnet dabei die Teilklassen der Informationsquellen gemäß Tabelle 3.1.

Die Tiefe der Suche nach Informationen über Technologien hängt maßgeblich von den im Unternehmen verfügbaren Ressourcen ab. Kostengünstigere Informationsquellen, wie das Internet, werden tendenziell eher für eine Grobsuche genutzt, bei der in kurzer Zeit über Stichworte und deren Kombinationen Informationen, z. B. zur Bezeichnung einer Technologie, gefunden werden können. Demgegenüber werden teurere Quellen, wie der Besuch einer kommerziellen Veranstaltung für den Austausch mit anderen Experten, eher innerhalb einer Detailsuche herangezogen.

Ebenso wie das Zielsystem wird jede der in Tabelle 3.1 aufgeführten Quellen als Vektor $y_{j,i} = (y_{j,1}, \dots, y_{j,i})^T$ definiert, wobei jede Quelle $j \in \{1, \dots, 15\} \subset \mathbb{N}$ durch ihre spezifischen Ausprägungen $y_{j,i} \in [0, 1]$ der Teilklassen $i \in \{1, \dots, 8\} \subset \mathbb{N}$ charakterisiert wird. Das Internet wird bspw. als Informationsquelle durch den Vektor $y_{1,i} = (y_{1,1}, \dots, y_{1,8})^T = (0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0)^T$ repräsentiert. Zur Bestimmung der aus Anwendersicht geeigneten Informationsquellen wird jede Quelle $y_{j,i}$ mit dem Zielsystem z_i abgeglichen. Die Quellen, die mindestens dem Zielsystem entsprechen, werden in einer Lösungsmenge S zusammengefasst, wobei gilt:

$$S = \{y_j \mid z_i - y_{j,i} \geq 0 \ \forall i \in \{1, \dots, 8\}\} \quad (4.11)$$

mit $z_h + z_{h+1} > 0$ und $h \in [1, 3, 5, 7]$.

Die in der Lösungsmenge S enthaltenen Quellen sind für eine anschließende Informationssuche geeignet und werden für die ausgewählte Technologielebenszyklusphase entsprechend ihrer Relevanz (vgl. Tabelle 3.2) in absteigender Rangfolge sortiert. Das Ergebnis der Informationsquellenauswahl ist demnach eine Rangfolge der relevantesten Informationsquellen, die in der anschließenden Informationssuche sequentiell oder parallel herangezogen werden. Das Vorgehen zur Auswahl der Informationsquellen wird erneut durchgeführt, sofern das Zielsystem adaptiert wird oder Technologien für ein weiteres Suchfeld gesucht werden sollen.

4.6 Schritt 5: Informationssuche

Zur Gewinnung technologierelevanter Informationen in den ausgewählten Informationsquellen, den so genannten Zielquellen, müssen diese effektiv erschlossen werden. Sofern kein direkter Zugang zu den Zielquellen vorhanden ist, müssen diese in Anlehnung an JOHNSON ET AL. (2006) und SAVOLAINEN (2008) über geeignete Suchpfade schrittweise über vorgelagerte Informationsquellen erreicht werden. In den Zielquellen werden daran anschließend Informationen über Technologien gesammelt, die zur Deckung des im Suchfeldsteckbrief spezifizierten Bedarfs beitragen. Im Rahmen dessen können im Sinne einer iterativen Suche nach BATES (1989) Hinweise auf aussichtsreiche, weiterführende Informationsquellen gefunden werden, in denen ebenso technologierelevante Informationen gewonnen werden. Einen Überblick der Informationssuche zeigt Abb. 4.21.

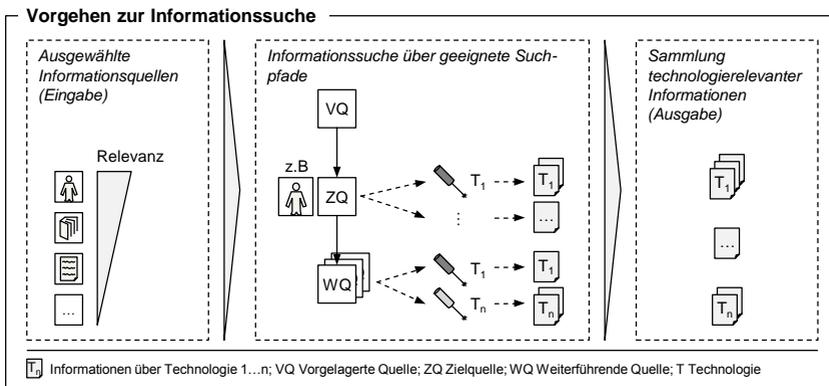


Abb. 4.21: Überblick des Vorgehens zur Informationssuche

Die Informationssuche gliedert sich in Abhängigkeit ihres Detaillierungsgrads und Umfangs in eine Grob- und Feinsuche. Während Stichworte zu Technologien im Rahmen einer Grobsuche in wenigen Tagen gefunden werden können, z. B. über eine Internetrecherche, kann eine Feinsuche zur Sammlung detaillierter Informationen mehrere Wochen oder gar Monate in Anspruch nehmen, wie bspw. die umfassende Befragung von Lieferanten einer Technologie.

4.6.1 Nomenklatur der Klassen von Informationsquellen zur Bildung von Suchpfaden

Um die Bildung geeigneter Suchpfade zu unterstützen, wurde eine Nomenklatur entwickelt, die der artunabhängigen Einteilung von Informationsquellen in Klassen dient. Die Nomenklatur ist in Abb. 4.22 dargestellt. Hierbei wird zwischen vorgelagerten Quellen, Zielquellen und weiterführenden Quellen differenziert, die in Kombination einen Suchpfad definieren. Jede dieser drei Klassen enthält die in Abschnitt 3.3.2 definierten Informationsquellen.

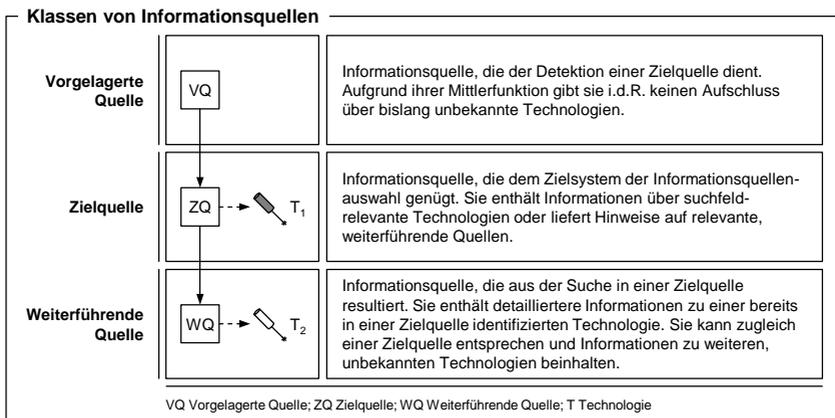


Abb. 4.22: Nomenklatur der Klassen von Informationsquellen

Vorgelagerte Informationsquellen dienen in erster Linie dazu, zu der ausgewählten Zielquelle zu gelangen, sofern diese nicht unmittelbar erschließbar ist. Die *Zielquellen* resultieren aus der Informationsquellenauswahl und verfügen über wertvolle Informationen zu bislang unbekanntem Technologien. Gleichzeitig können die Zielquellen Hinweise auf *weiterführende Informationsquellen* geben, die entweder Informationen über weitere, neue Technologien oder detaillierte Informationen zu einer bereits in einer Zielquelle ermittelten Technologie enthalten.

4.6.2 Analyse der Suchpfade

Zur Identifikation der zwischen den in Abschnitt 3.3.2 aufgeführten Informationsquellen auftretenden Suchpfade wurden ihre Zusammenhänge in einer Matrix mit reflexiven Relationen analysiert. Die Matrix wurde durch fünf separate Interviews mit erfahrenen Experten für die Suche nach Produktionstechnologien erhoben. Aufgrund ihrer spezifischen Expertise sind diese Experten selbst in Großunternehmen selten (vgl. GREITEMANN ET AL. 2016b).

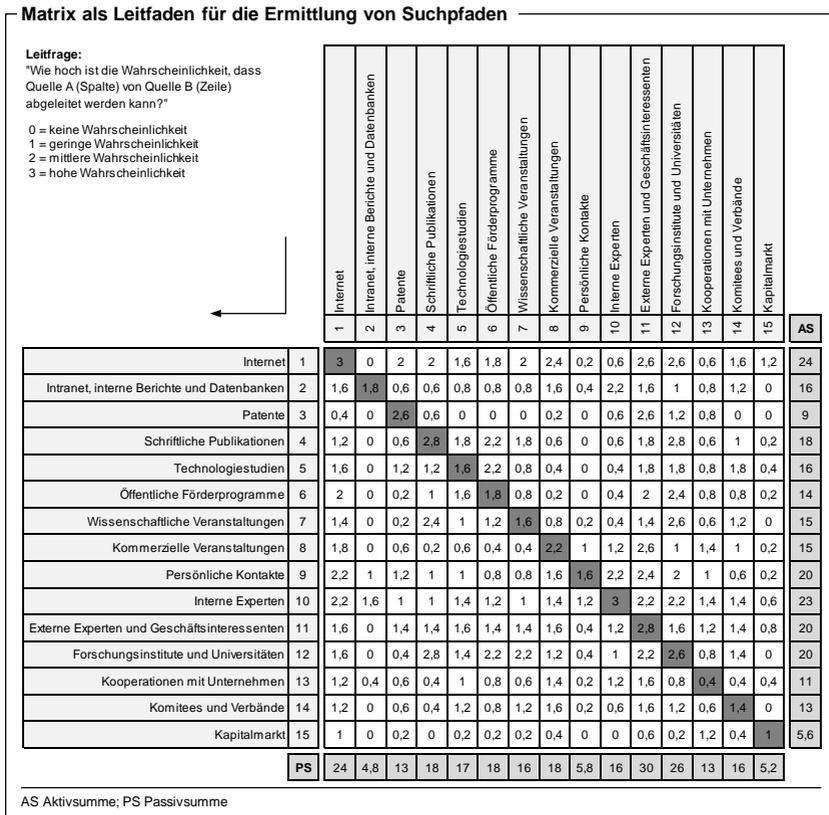


Abb. 4.23: Relationsmatrix als Leitfaden für die Ermittlung von Suchpfaden (GREITEMANN ET AL. 2016b)

Jeder Suchexperte füllte die Matrix im Hinblick auf die Beantwortung der folgenden Leitfrage aus: „Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass Quelle A

(Spalte) von Quelle B (Zeile) abgeleitet werden kann?“. Die Skala zu ihrer Beantwortung reichte von 0 („keine Wahrscheinlichkeit“) bis 3 („hohe Wahrscheinlichkeit“). Die arithmetisch gemittelten Ergebnisse der Interviews sind in Abbildung 4.23 dargestellt.

Die Summen der Zeilen- (Aktivsumme) und Spaltenwerte (Passivsumme) geben an, wie hoch der Einfluss einer Quelle auf alle anderen ist bzw. wie stark eine Quelle von den restlichen beeinflusst wird. Aus einer aktiven Quelle, wie dem *Internet* oder *internen Experten*, lassen sich zahlreiche andere Quellen ableiten. Sie eignen sich daher als Einstieg in eine Informationssuche. Sowohl das Internet als auch interne Experten sind aufwandsarm und relativ kostengünstig für Unternehmen verfügbar. Passive Quellen, z. B. *externe Experten und Geschäftsinteressenten* sowie *Forschungsinstitute und Universitäten*, stellen i. d. R. die Senken einer Suche dar. So können bspw. Lieferanten (*externe Experten und Geschäftsinteressenten*) in Patenten oder Professoren und Doktoranden (*Forschungsinstitute und Universitäten*) über schriftliche Publikationen identifiziert werden.

4.6.3 Vorgehen zur Informationssuche über geeignete Suchpfade

Die in Abschnitt 4.5 ausgewählten Informationsquellen, die Zielquellen, werden in absteigender Relevanz für die Identifikation der zu ihrer Erschließung relevanten Suchpfade herangezogen. Handelt es sich bspw. bei der Zielquelle um *externe Experten und Geschäftsinteressenten*, ist die Frage, wie diese am effektivsten und effizientesten erreicht werden können, bevor diese zu Technologien befragt werden. Den Kern eines Suchpfads bildet demnach die Zielquelle, die sowohl um eine vorgelagerte als auch weiterführende Quellen erweitert werden kann. Bei der Ermittlung geeigneter Suchpfade unterstützt das in Abb. 4.24 dargestellte dreistufige Vorgehen (vgl. GREITEMANN ET AL. 2016b).

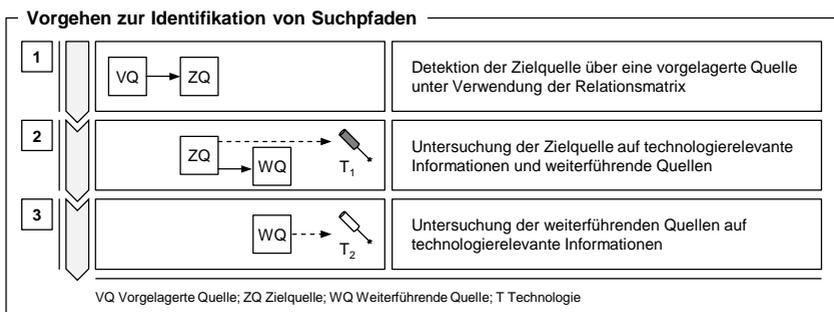


Abb. 4.24: Vorgehen zur Informationssuche mit Hilfe geeigneter Suchpfade

Das Vorgehen beginnt mit der (1) Detektion der Zielquelle, sofern diese nicht unmittelbar erschlossen werden kann. Daran anschließend wird die (2) Zielquelle auf technologierelevante Informationen und weiterführende Quellen untersucht. Werden Hinweise auf weiterführende Quellen ermittelt, erfolgt in ihnen ebenso eine (3) Überprüfung auf Informationen über bisher unbekannte Technologien. Das Vorgehen ist im Folgenden beschrieben. Es wird solange erneut durchlaufen, bis alle ausgewählten Zielquellen entlang der Suchpfade untersucht oder die verfügbaren Ressourcen (zeitlich, personell oder finanziell) ausgeschöpft wurden. Eine formalisierte Darstellung des Vorgehens ist im Anhang dieser Arbeit in Abb. A.1 dargestellt.

Zur *Detektion der Zielquelle* wird zunächst überprüft, ob sich diese direkt erschließen lässt. Andernfalls wird die Spalte der Zielquelle mit der höchsten Relevanz in der Relationsmatrix (vgl. Abb. 4.23) betrachtet. Innerhalb dieser Spalte wird die Zelle ausgewählt, welche die höchste Wahrscheinlichkeit besitzt, zu dieser Zielquelle zu gelangen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Zelleinträge ausgewählt werden, deren zugeordnete Quellen dem in Abschnitt 4.5.2 festgelegten Zielsystem entsprechen. Die Informationsquelle der entsprechenden Zeile wird daraufhin als vorgelagerte Quelle fokussiert. Sollte die Verwendung der identifizierten vorgelagerten Quelle aus anwendungsspezifischen Gründen nicht möglich sein, wird die Quelle mit der nächst höheren Wahrscheinlichkeit als vorgelagerte Quelle weiter verfolgt, um darüber die Zielquelle aufzuspüren. *Patente* können bspw. mit einer mittleren bis hohen Wahrscheinlichkeit über andere Patente oder eine Recherche im Internet, die zu einer Patentdatenbank (z. B. PatBase, Google Patents) führt, erschlossen werden. *Interne Experten* lassen sich bspw. als unternehmensinterne Quelle wiederum über andere interne Experten, die womöglich persönlich bekannt sind, oder dem Intranet, internen Berichten und Datenbanken ermitteln.

Sobald die gesuchte Zielquelle über die vorgelagerte Quelle erschlossen wurde, beginnt die *Untersuchung der Zielquelle* zur Gewinnung von Informationen über Technologien, die zur Deckung des im Suchfeld spezifizierten Technologiebedarfs beitragen. Eine Zielquelle kann ebenso auf eine weiterführende Quelle verweisen. Der Ablauf der Informationsgewinnung in einer Zielquelle wird am Beispiel von Patenten, einer formalen Quelle, sowie externen Experten und Geschäftsinteressenten als eine informelle Quelle nachfolgend erläutert (vgl. ebenso Abb. A.2 im Anhang). Die Informationssuche in *Patenten* beginnt bspw. mit der Auswahl einer Patentdatenbank (z. B. PatBase). Zur Bewältigung der Vielzahl hinterlegter Patente und Spezifikation der Suche werden die relevanten Klassen der International Patent Classification³⁹ (IPC) festgelegt (vgl. CESARO-

³⁹ Die IPC-Klassen stellen eine Klassifikation dar, in der alle Patent- und Gebrauchsmusterschriften eingeordnet werden. Die Klassen decken sämtliche Gebiete der Technik vollständig ab (vgl. DPMA 2014).

NI ET AL. 2013; WALLENTOWITZ ET AL. 2009). Über eine Suchanfrage werden daran anschließend relevante Patente ermittelt sowie die darin enthaltenen Informationen gesammelt. Gleichzeitig können hierüber bspw. externe Experten und Geschäftsinteressenten als weiterführende Quelle identifiziert werden. Die Suchanfragen stellen dabei eine Kombination aus booleschen Suchoperatoren (z. B. AND, OR, NOT) und den im Suchfeldsteckbrief spezifizierten Begriffen dar. Treten im Rahmen der Informationssuche weitere Begriffe auf, die zu den bereits im Suchfeldsteckbrief dokumentierten Begriffen im Zusammenhang stehen, wird das Begriffsnetzwerk für das entsprechende Suchfeld erweitert. Der Ablauf zur Informationssuche besitzt einen iterativen Charakter und wiederholt sich, bis in Abhängigkeit verfügbarer Ressourcen sämtliche Begriffskombinationen zur Suche verwendet und keine weiteren Patente gefunden wurden. Im Vergleich zu Patenten werden die *externen Experten und Geschäftsinteressenten* im Rahmen von Interviews gezielt nach Informationen über Technologien unter Berücksichtigung des im Suchfeld deklarierten Technologiebedarfs befragt. Kontakte zu weiteren Experten, die relevante Informationen über Technologien besitzen, können bspw. ebenso über Interviews mit bereits identifizierten Experten erfasst werden. Der Prozess der Expertenbefragung wiederholt sich, wie bei Patenten, in Abhängigkeit der einem Unternehmen zur Verfügung stehenden zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen solange, bis der Informationsbedarf gedeckt ist oder keine weiteren Experten bekannt sind.

Eine *Untersuchung einer weiterführenden Quelle* erfolgt dann, wenn diese aus der Zielquelle hervorging. Die Informationsgewinnung gestaltet sich analog zu der in einer Zielquelle. Eine weiterführende Quelle kann dabei entweder Informationen über weitere, noch unbekannte Technologien oder detailliertere Informationen zu einer bereits in einer Zielquelle oder einer anderen weiterführenden Quelle identifizierten Technologie enthalten.

4.6.4 Dokumentation der Informationssuche

Neben den gefundenen Technologien muss die Informationssuche selbst als Teil eines kontinuierlichen Wissensmanagementprozesses dokumentiert werden, um die Technologieidentifikation nachvollziehbar und verlässlich zu machen (z. B. welche Art von Informationsquellen wurden genutzt? Wie erfolgreich war die Suche nach Informationen über Technologien in den ausgewählten Quellen?). Der sachlogische und zeitliche Ablauf der Informationssuche wird hierzu in einem Suchverlaufdiagramm, wie in Abb. 4.25 gezeigt, dokumentiert.

Darin wird zwischen vorgelagerten Quellen, den ausgewählten Zielquellen, weiterführenden Quellen sowie Technologien differenziert. Infolge der Angabe verwendeter Suchbegriffe sowie der zusätzlichen zeitlichen Abbildung der Suche kann die Informationssuche transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

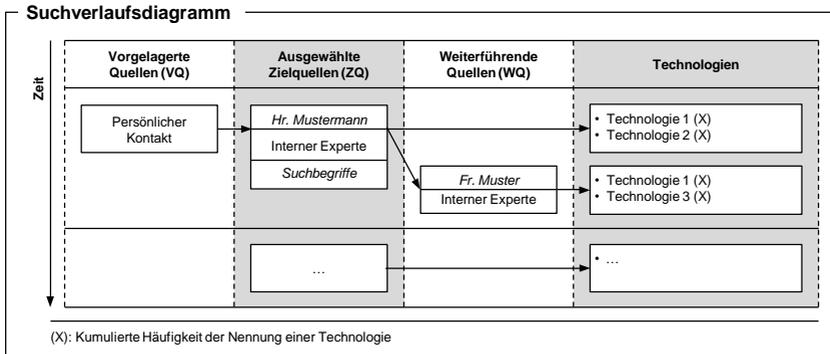


Abb. 4.25: Suchverlaufdiagramm zur Dokumentation der Informationssuche in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2016b)

Da Technologien ebenso in mehreren Informationsquellen identifiziert werden können, sind diese nach der Häufigkeit ihres Auftretens zu sortieren. Hieraus ergibt sich eine Verteilung der Suchergebnisse, die einen Indikator für die Bekanntheit der Technologie darstellt und sich im Umfang und der Verfügbarkeit von Informationen widerspiegelt.

Die resultierende Transparenz, die durch das Suchverlaufdiagramm geschaffen wird, kann sowohl Entscheidungsprozesse unterstützen als auch eine Grundlage zur Kostenermittlung zukünftiger Identifikationsaktivitäten bilden. Darüber hinaus können die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse genutzt werden, um den darauffolgenden Durchlauf der Methodik effektiver und effizienter zu gestalten.

4.7 Schritt 6: Informationsbewertung

Die gewonnenen Informationen müssen in Bezug auf ihre Relevanz für das Unternehmen bewertet werden. In Anlehnung an LOIZIDES & BUCHANAN (2013) gliedert sich die Bewertung der Informationen in eine implizite und explizite (CUNNINGHAM ET AL. 2004). Die über eine identifizierte Technologie gewonnenen adäquaten Informationen werden abschließend in einem Technologiesteckbrief (vgl. REINHART ET AL. 2012) aggregiert. Das Vorgehen zur Informationsbewertung zeigt Abb. 4.26.

Die Tiefe der Sichtung von Informationen ist in Abhängigkeit zur Verfügung stehender Ressourcen begrenzt (LOIZIDES & BUCHANAN 2013). Gerade zu Beginn einer Suche steht der Informationssuchende einem riesigen Informationsangebot

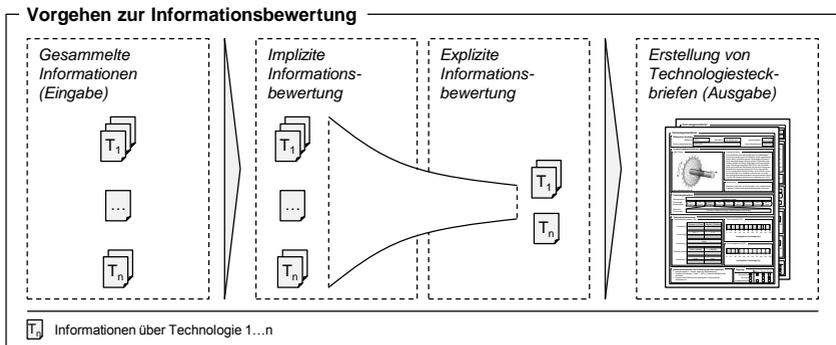


Abb. 4.26: Überblick des Vorgehens zur Informationsbewertung

zur Deckung seines Bedarfs gegenüber, welches dieser zu bewältigen hat. Die Bewertung der gesichteten Informationen erfolgt *implizit*, d. h. unterbewusst und intuitiv, wie bspw. die Auswahl einer Website aus der Trefferliste einer Internet-Suchmaschine. Sobald sämtliche Informationen zur Beschreibung einer Technologie vorliegen, werden diese *explizit*, d. h. bewusst, hinsichtlich ihrer Qualität anhand festgelegter Kriterien beurteilt, z. B. die Überprüfung der Glaubwürdigkeit eines Autors einer Publikation.

Bei der expliziten Informationsbewertung muss insbesondere die Art der Informationsquelle berücksichtigt werden, die maßgeblichen Einfluss auf die Wahl der Bewertungskriterien hat. Hierbei werden *formale* und *informelle* Quellen unterschieden. Abb. 4.27 zeigt zusammenfassend die Klassifikation der Informationsbewertung in einem Portfolio.

4.7.1 Implizite Informationsbewertung

Aufgrund der begrenzten Ressourcen, die Unternehmen für eine detaillierte Informationsbewertung aufwenden können, wird die Qualität jeder Information zunächst implizit bewertet. Die Informationen können sowohl aus formalen als auch aus informellen Quellen stammen. Dabei wird bspw. bei der Suche nach Technologien im Internet innerhalb weniger Millisekunden entschieden, ob ein Link oder eine Website relevant in Bezug auf den zu deckenden Technologiebedarf ist. Die Leitfrage, die der impliziten Informationsbewertung zugrunde liegt, lautet: „Ist die Information für das Suchfeld relevant?“

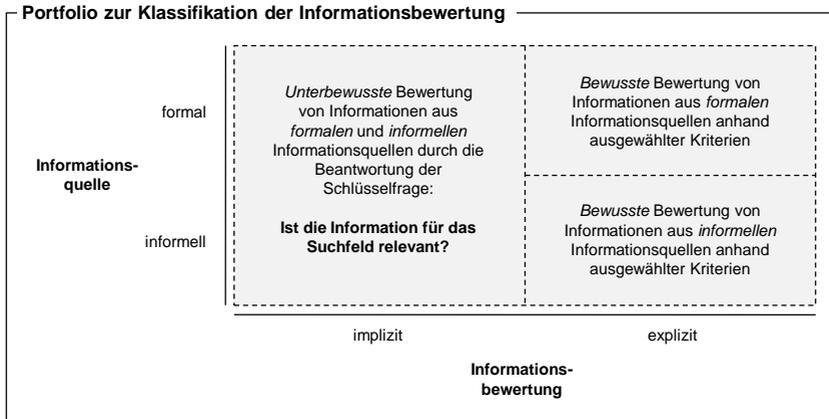


Abb. 4.27: Klassifikation der Informationsbewertung in Abhängigkeit von der Art der Informationsquelle (GREITEMANN ET AL. 2016b)

4.7.2 Explizite Informationsbewertung

Sofern ein Unternehmen die Qualität selektierter Informationen über eine Technologie untersuchen möchte, insbesondere zur Verbesserung einer Entscheidungsgrundlage, werden die Informationen explizit anhand von Kriterien bewertet. Die in Tabelle 4.2 dargestellte Zusammenstellung von Kriterien basiert auf ihrer Relevanz, die aus der Häufigkeit ihrer Nennung in der Literatur resultiert. Die Bewertungskriterien sind nach WANG & STRONG (1996) den Kategorien innere Qualität, kontextuelle Qualität, Darstellungsqualität und Zugangsqualität zugeordnet. Jedes dieser Kriterien wird durch die Beantwortung einer zugehörigen Leitfrage beurteilt, welche die Charakteristika des jeweiligen Kriteriums aufgreift. Das Bewertungskriterium Glaubwürdigkeit drückt bspw. eine Vertrauenswürdigkeit und Zuverlässigkeit des Inhalts einer Information aus (vgl. LEE ET AL. 2002).

Nicht alle Kriterien sind gleichermaßen relevant. Vielmehr ist ihre Auswahl in Anlehnung an KERR ET AL. (2006) anwendungsspezifisch und hängt ferner davon ab, ob die Quelle formaler oder informeller Natur ist. Die Objektivität einer mündlichen Information, die aus einer informellen Quelle, z. B. über einen internen Experten, gewonnen wurde, besitzt für einen Anwender bspw. eine andere Relevanz als die einer schriftlichen Information aus einer formalen Quelle. Die ausgewählten Kriterien stellen Ausschlusskriterien dar. Zur Bewertung der Qualität gewonnener Informationen wird anhand der Leitfragen überprüft, ob diese den ausgewählten Kriterien k_i genügen. Die Beurteilung der Erfüllung

Tabelle 4.2: Kriterien und zugehörige Leitfragen zur expliziten Informationsbewertung (GREITEMANN ET AL. 2016b)

Kategorie	Kriterium	Leitfrage	Bewertungsskala
Innere Qualität	Glaubwürdigkeit	Ist die Information vertrauenswürdig und zuverlässig?	0/1
	Korrektheit	Ist die Information ausreichend exakt und enthält sie keine Widersprüche oder Fehler?	0/1
	Objektivität	Ist die Information wertfrei und basiert auf Fakten?	0/1
	Reputation	Ist die Information hoch angesehen in Bezug auf ihre Quelle und ihren Inhalt?	0/1
Kontextuelle Qualität	Relevanz	Ist die Information verwertbar und deckt den Technologiebedarf (ganz / teilweise)?	0/1
	Rechtzeitigkeit	Ist die Information ausreichend aktuell und zeitig verfügbar?	0/1
	Vollständigkeit	Ist der Inhalt der Information ausreichend, um den Technologiebedarf zu decken?	0/1
	Angemessener Umfang	Ist die Information ausreichend, um den Technologiebedarf zu decken?	0/1
Darstellungsqualität	Interpretierbarkeit	Ist der Inhalt der Information einfach zu interpretieren?	0/1
	Verständlichkeit	Ist die Information einfach zu verstehen?	0/1
	Konsistente Darstellung	Ist die Information in einem konsistenten Format präsentiert?	0/1
	Prägnante Darstellung	Ist die Information prägnant formuliert und präsentiert?	0/1
Zugangsqualität	Verfügbarkeit	Ist der Zugriff auf die Information ungehindert möglich?	0/1
	Sicherheit	Ist die Information gegen unerlaubten Zugriff geschützt und der Zugang zu ihr beschränkt?	0/1

0 nicht zureifend; 1 zureifend

der Kriterien basiert auf einer binären Antwortlogik, d. h. nicht zutreffend (0) oder zutreffend (1), wobei $i \in \{1, \dots, n\} \subset \mathbb{N}$ die Anzahl der ausgewählten Kriterien darstellt und $k \in [0, 1]$. Um sicherzustellen, dass die Information eine ausreichende Qualität besitzt, muss das Produkt der einzelnen Werte der Kriterien einen Gesamtwert von „1“ ergeben.

$$\prod_{i=1}^n k_i \equiv 1 \quad (4.12)$$

4.7.3 Dokumentation der Technologieidentifikation

Sämtliche Informationen zu einer identifizierten Technologie werden nach REINHART ET AL. (2012) in einem Technologiesteckbrief, wie in Abb. 4.28 strukturell dargestellt, zusammengefasst.

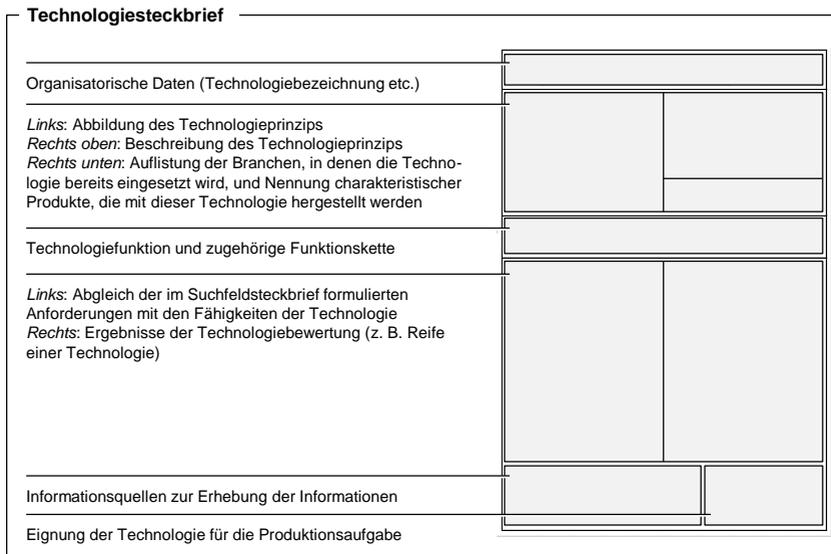


Abb. 4.28: Struktur des Technologiesteckbriefs in Anlehnung an REINHART ET AL. (2012)

In der Kopfzeile des Technologiesteckbriefs sind organisatorische Daten, z. B. die Technologiebezeichnung oder die verantwortliche Abteilung, aufgeführt. Daran anschließend wird das Technologieprinzip grafisch abgebildet und textuell kurz

beschrieben. Daneben werden Branchen aufgelistet, in denen die Technologie bereits eingesetzt wird, und charakteristische Produkte genannt, die mit Hilfe der Technologie möglicherweise bereits produziert werden. Da Technologien für jeweils ein Suchfeld identifiziert werden, ist die im Suchfeldsteckbrief dargestellte Technologiefunktion (z. B. Blech umformen) und ihre zugehörige Technologiefunktionskette erneut abgebildet. Die identifizierten Technologien müssen den im Suchfeldsteckbrief festgelegten Anforderungen genügen. Die gesammelten Informationen zu den Fähigkeiten einer Technologie werden daher im Technologiesteckbrief ergänzt. Dies erlaubt den späteren Abgleich der abgeleiteten Anforderungen mit den Technologiefähigkeiten und weitergehend die Ermittlung der fertigungstechnischen Machbarkeit (vgl. REINHART ET AL. 2012, 2014; REISEN ET AL. 2014). Ebenso können die Ergebnisse einer nachfolgenden Technologiebewertung, wie die Bewertung der Reife oder des Potenzials einer Technologie (vgl. SCHINDLER 2014; SCHINDLER ET AL. 2014), dem Steckbrief hinzugefügt werden. Die Eignung einer Technologie für die entsprechende Produktionsaufgabe führt die Ergebnisse der Technologiebewertung zusammen und wird am Fuß des Technologiesteckbriefs abgebildet. Weiterführende Informationen zur Technologiebewertung finden sich u. a. bei SCHINDLER (2014). Um die Entwicklung einer Technologie im Sinne des Technologie-Monitorings über die Zeit zu verfolgen, werden abschließend die Informationsquellen angeführt, die bei der Erhebung der im Steckbrief enthaltenen Informationen herangezogen wurden.

Der ausgefüllte Technologiesteckbrief kann mit Technologieexperten zur detaillierten Bewertung einer Technologie oder mit Führungskräften als Grundlage für Entscheidungsprozesse, bspw. über Investitionen in eine Technologie oder in Aktivitäten zu ihrer Entwicklung, kommuniziert werden.

Die in diesem Kapitel im Detail präsentierte Methodik für die systematische Technologieidentifikation wird nachfolgend in Kapitel 5 an einem Beispiel aus der industriellen Praxis angewendet und evaluiert.

5 Anwendung

5.1 Allgemeines

Nachdem die Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien konzipiert (vgl. Kapitel 3) und detailliert (vgl. Kapitel 4) wurde, wird ihre Anwendung an einem adaptierten Beispiel aus der industriellen Praxis in Abschnitt 5.2 vorgestellt. Des Weiteren wird die Methodik anhand der in Kapitel 3 definierten allgemeinen und praktischen Anforderungen sowie in Bezug auf den Aufwand und Nutzen ihrer Anwendung in Abschnitt 5.3 evaluiert.

5.2 Anwendungsbeispiel

5.2.1 Beschreibung des Anwendungsbeispiels

Die Methodik wird im Folgenden exemplarisch am Automobilbau für die Identifikation von Technologien zur Großserienfertigung von Faser-Kunststoff-Verbundkomponenten der Karosseriestruktur von elektrifizierten Kraftfahrzeugen angewendet. Die einzelnen Schritte der Methodik werden in den Abschnitten 5.2.1 bis 5.2.6 in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2015a) durchgeführt. Der Anwendung wird ein Planungshorizont von zehn Jahren zugrunde gelegt. Die angenommenen Ziele des Unternehmens, das der produktionstechnischen Strategie einer technologischen Führerschaft folgt, umfassen die (1) Marktführerschaft im Absatz von Elektrofahrzeugen, die (2) Technologieführerschaft in der Entwicklung von Elektrofahrzeugen und die (3) Steigerung der Nachhaltigkeit der Produkte.

5.2.2 Schritt 1: Suchfelddeduktion

5.2.2.1 Szenario-Analyse

Zur Ermittlung der zukünftigen Entwicklung des Unternehmensumfeldes wurden in einem Workshop mit sieben Personen (ein Moderator, ein Strategieexperte sowie zwei Methoden- und drei Technologieexperten) zur *Szenario-Feld-Analyse* 78 Einflussfaktoren aus den Bereichen Politik (z. B. Emissionsrichtlinien), Gesellschaft (z. B. demographischer Wandel), Markt (z. B. autonomes

Fahren), Wissenschaft und Technik (z. B. alternative Antriebstechnologien) sowie dem Unternehmen selbst (z. B. Know-how im Bereich Leichtbau und Antriebskonzepte) gesammelt (vgl. Abb. B.1 im Anhang). Zur Reduktion der Anzahl der Faktoren wurden diese nivelliert, indem (1) eine einheitliche begriffliche Abstraktionsebene geschaffen, (2) Redundanzen beseitigt und (3) die Faktoren wertungsfrei beschrieben wurden. Auf diese Weise konnten bspw. im Bereich Politik die *Emissionsrichtlinien*, die *CO₂-Verordnung* und die *Emissionsgesetze* in dem Einflussfaktor *Emissionsgesetze* konsolidiert werden. Aus der Nivellierung resultierten 27 Einflussfaktoren (vgl. Abb. B.2 im Anhang). Diese wurden anhand ihrer Wichtigkeit zur Erfüllung der definierten Unternehmensziele auf einer 4-Punkte-Skala (vgl. Abschnitt 4.2.2.1) bewertet. Die Ziele wurden über einen paarweisen Vergleich wie folgt gewichtet:

- *Marktführerschaft im Absatz von Elektrofahrzeugen*: 0,5
- *Technologieführerschaft in der Entwicklung von Elektrofahrzeugen*: 0,25
- *Steigerung der Nachhaltigkeit der Produkte*: 0,25

Unter Berücksichtigung der gewichteten Unternehmensziele ergaben sich nach der Bewertung 12 Schlüsselfaktoren (vgl. Abb. B.3 im Anhang), welche die Ziele stark beeinflussen. Da die nach GAUSEMEIER ET AL. (1996) empfohlene Grenze von 15 Schlüsselfaktoren unterschritten wurde, konnte die Bewertung der Faktoren nach ihrer Aktivität, Sicherheit und Dynamik entfallen. Die sukzessive Reduktion der Einflussfaktoren auf die 12 Schlüsselfaktoren ist in Abb. 5.1 dargestellt.

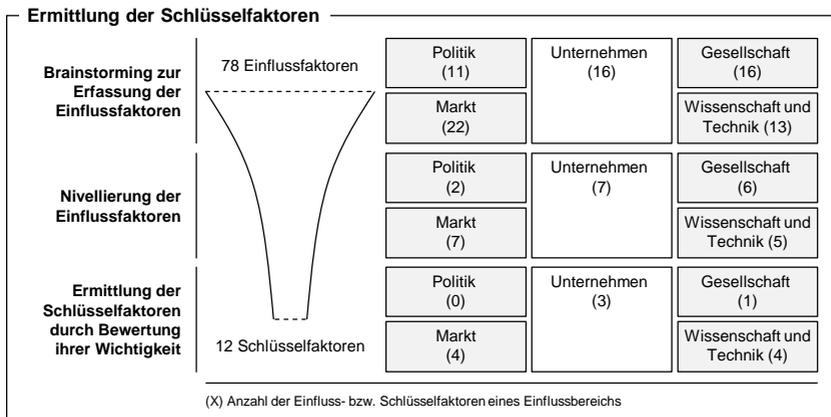


Abb. 5.1: Sukzessive Reduktion der Einflussfaktoren zur Ermittlung der Schlüsselfaktoren

Für jeden dieser 12 Schlüsselfaktoren wurden innerhalb der *Szenario-Prognostik* der Ist-Zustand erfasst und jeweils zwei bis drei Projektionen definiert, wie in Abb. 5.2 gezeigt. Das Unternehmen stellt bspw. aktuell seine Produktkomponenten überwiegend aus *konventionellen Werkstoffen*, z. B. Stahl, her. Über einen Planungshorizont von 10 Jahren wird jedoch angenommen, dass *CFK* (Projektion 1A) oder ein *Materialmix* (Projektion 1B) eine dominierende Rolle einnehmen wird. Eine Übersicht der 12 Schlüsselfaktoren und ihrer 26 Projektionen findet sich im Anhang dieser Arbeit (vgl. Abb. B.4 im Anhang).

Jegliche Projektionspaarungen wurden zur *Szenario-Bildung* nach GAUSEMEIER ET AL. (1996) mit Hilfe einer Konsistenzmatrix-Analyse hinsichtlich ihrer Konsistenz auf einer 5-Punkte-Skala von 1 („*totale Inkonsistenz*“) bis 5 („*sehr starke gegenseitige Beeinflussung*“) bewertet (vgl. Abb. B.5 im Anhang). Die Konsistenzen der resultierenden 289 Projektionspaarungen wurden daran anschließend mit der Software *Szeno-Plan* (SINUS 2014) analysiert. Die um inkonsistente Paarungen bereinigten Projektionsbündel wurden abschließend im Rahmen einer hierarchischen Clusteranalyse unter Verwendung des Softwareprogramms *SPSS Predictive Analytics* (IBM 2014) gruppiert und zu vier Gesamtszenarien zusammengefasst (vgl. Abb. B.6 im Anhang).

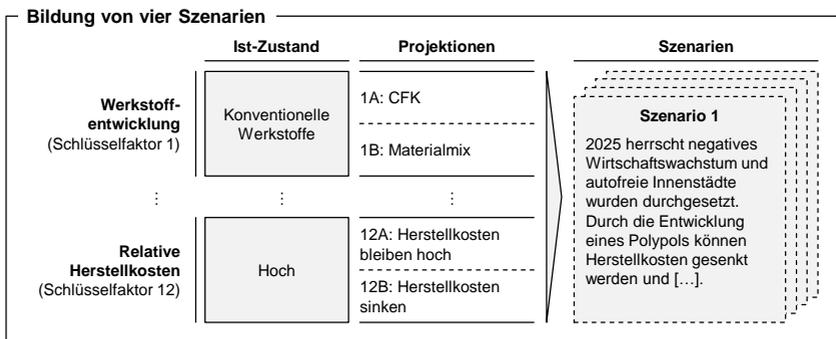


Abb. 5.2: Bildung von vier Szenarien auf Basis konsistenter Paarungen von Projektionen der 12 Schlüsselfaktoren

Durch einen paarweisen Vergleich konnte im Rahmen eines Workshops das im Folgenden beschriebene Szenario als das aus Unternehmenssicht Wahrscheinlichste ermittelt werden (vgl. Szenario 2 in Abb. B.6 im Anhang):

Im Jahr 2025 herrscht ein positives Wirtschaftswachstum und autonomes Fahren hat sich durchgesetzt. Durch die Entwicklung eines Polypols können die Herstellkosten gesenkt und folglich die Fahrzeuge zu günstigeren Preisen angeboten werden. Das Fahrzeuginterieur ist weiterhin individualisierbar und ein Materialmix aus verschiedenen Werkstoffen hat sich etabliert.

5.2.2.2 Roadmapping

Innerhalb des Roadmappings wurde das ausgewählte Szenario auf die Markt-Swimlane übertragen, indem mögliche Marktentwicklungen und ihre Eintrittszeitpunkte einer Projektion in einem eintägigen Workshop ermittelt wurden. Aus diesen Entwicklungen wurden wiederum Marktanforderungen abgeleitet. Die Markt-Swimlane ist in Abb. 5.3 dargestellt, die im Folgenden auszugsweise erläutert wird.

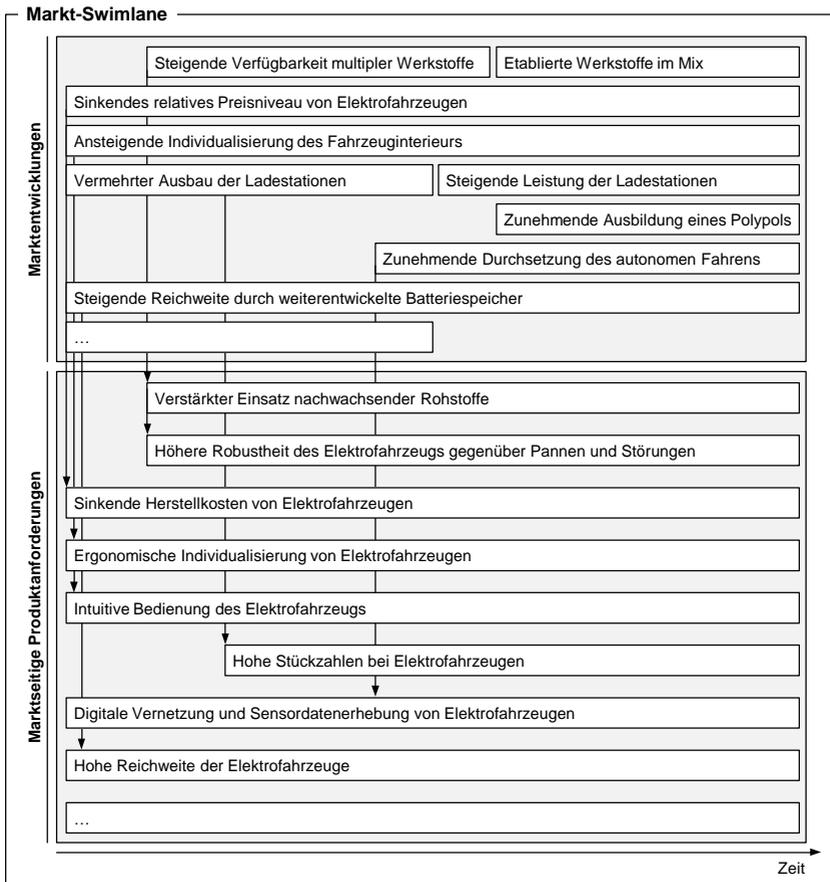


Abb. 5.3: Ausschnitt der Markt-Swimlane am Beispiel der automobilen Großserienfertigung elektrifizierter Kraftfahrzeuge

Mit der *steigenden Verfügbarkeit eines Multi-Material-Mixes*, insbesondere auch der vermehrten Nutzung von Faser-Kunststoff-Verbunden oder gänzlich neuer Werkstoffkombinationen, geht z. B. die Forderung nach einer *höheren Robustheit des Elektrofahrzeugs gegenüber Pannen und Störungen* einher, um die Sicherheit der Insassen zu gewährleisten. Weiterhin ist ein *sinkendes relatives Preisniveau von Elektrofahrzeugen* über die Zeit zu erwarten, sodass zur Sicherstellung einer gleichbleibend hohen Gewinnmarge bei dem Verkauf eines Elektrofahrzeugs die *Herstellkosten* reduziert werden müssen. Um in Zukunft die *zunehmende Durchsetzung des autonomen Fahrens* zu fördern, müssen die Fahrzeuge bspw. *digital vernetzt und mit Sensoren ausgestattet* werden. Dies bedarf einer hohen Entwicklungsintensität, sodass bereits zum heutigen Zeitpunkt mit den Entwicklungsaktivitäten begonnen werden sollte.

Auf Basis der identifizierten Marktanforderungen wurden unter Berücksichtigung der geplanten Erweiterung des Produktportfolios, wie eine *neue Variante eines elektrifizierten Sport- und Kleinwagens sowie ihrer Nachfolgemodelle*, die erforderlichen Produktentwicklungen zur Realisierung der neuen Fahrzeugmodelle und -varianten abgeleitet und in der Produkt-Swimlane eingetragen. Einen Ausschnitt der Produkt-Swimlane zeigt Abb. 5.4.

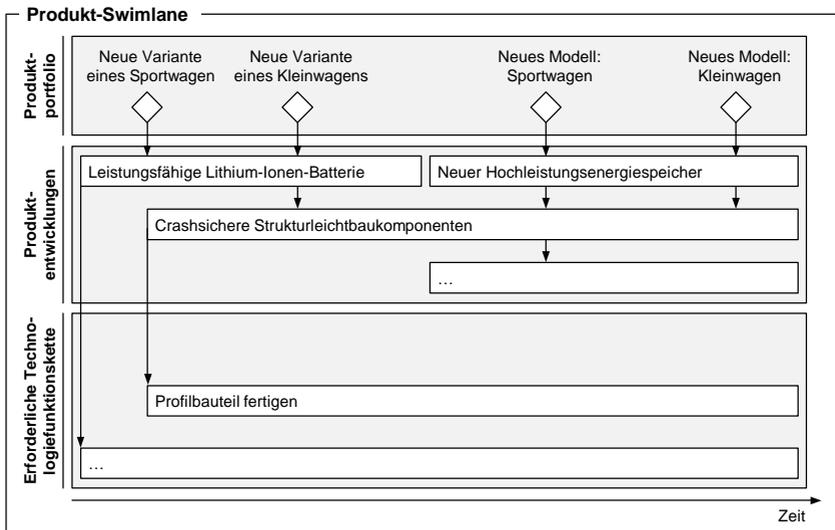


Abb. 5.4: Ausschnitt der Produkt-Swimlane des Anwendungsbeispiels

Die *neue Variante eines Kleinwagens* soll mit einer *leistungsfähigeren Lithium-Ionen-Batterie* ausgestattet sein, um der marktseitigen Forderung nach einer

hohen Reichweite nachzukommen. Damit einhergehend sollen zunehmend Strukturleichtbaukomponenten in dem Fahrzeug integriert werden, die ebenso zum Schutz der Insassen im Falle eines Unfalls eine hohe Crashesicherheit aufweisen müssen. Die Herstellung *crashesicherer Strukturleichtbaukomponenten* aus einem Faser-Kunststoff-Verbund erfordert eine neue Technologiefunktionskette „Profilbauteile fertigen“ (vgl. Abb. 5.5). Die Kette setzt sich u. a. aus folgenden Technologiefunktionen zusammen: „Kern urformen“, „Preform urformen“ und „Preform zuschneiden“. Bei einer solchen Strukturleichtbaukomponente handelt es sich bspw. um den Schweller eines Elektrofahrzeugs, der sich auf beiden Seiten der Karosseriestruktur längs unterhalb des Türeinstiegs befindet. Dieser trägt bei seitlichen Crashlastfällen erheblich zur Energieaufnahme bei (BRAESS & SEIFFERT 2013). Der Schweller wird im Folgenden beispielhaft betrachtet.

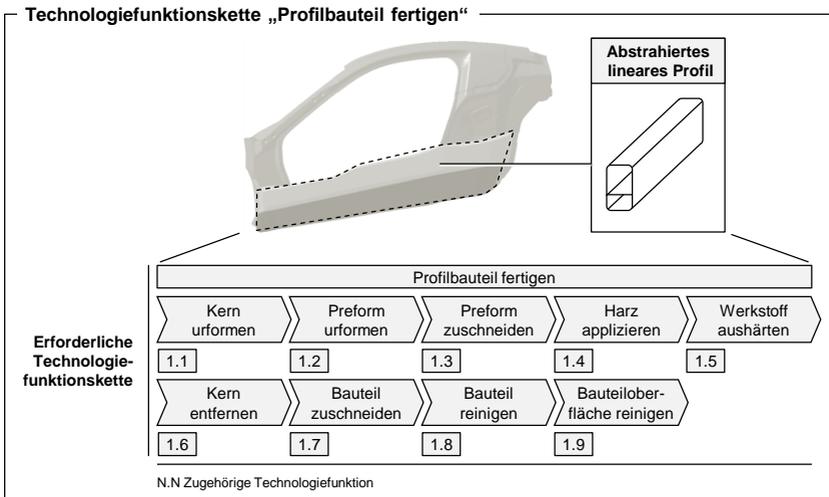


Abb. 5.5: Technologiefunktionskette zum „Profilbauteil fertigen“ in Anlehnung an HOFBAUER ET AL. (2015) und GREITEMANN ET AL. (2015a)

Daran anschließend wurden die Anforderungen der Schweller-Komponente für die beschriebene Technologiefunktionskette abgeleitet und in der Produktkomponenten-Swimlane zeitlich eingeordnet (vgl. Abb. 5.6). Die allgemeinen Anforderungen orientieren sich in diesem Anwendungsbeispiel an den produktionsseitigen Produktmerkmalen Stückzahl S , Kosten K , Werkstoff W und den Toleranzen T . Die Schweller-Komponente soll in Zukunft in *hoher Stückzahl*, d. h. in einer Großserienfertigung, produziert werden, sodass die zu fertigende Stückzahl über die Zeit zunimmt. Gleichzeitig sollen *geringe Herstellkosten* realisiert werden, um dem sinkenden relativen Preisniveau

von Elektrofahrzeugen gerecht zu werden. Neben der geforderten *hohen Crashesicherheit* soll der Schweller *angepasste mechanische Eigenschaften* besitzen. Dies erfordert eine Weiterentwicklung der Produktkomponente, z. B. durch die Integration *lokaler Verstärkungen*. Die Einbringung der Verstärkungen bedarf einer neuen Technologiefunktion 1.10 („Verstärkung einbringen“) als Erweiterung der bestehenden Technologiefunktionskette, für die es adäquate Technologien zu finden gilt. Die Integration von Verstärkungen beeinflusst die Geometrie, das Gewicht und die Kosten des Schwellers. Daneben können die mechanischen Eigenschaften der Komponente durch einen *Multi-Materialmix* verbessert werden. Diese Weiterentwicklung des Schwellers betrifft in erster Linie die Technologiefunktion 1.2, „Preform urformen“, und die produktionsseitigen Produktmerkmale Gewicht, Kosten und Werkstoff.

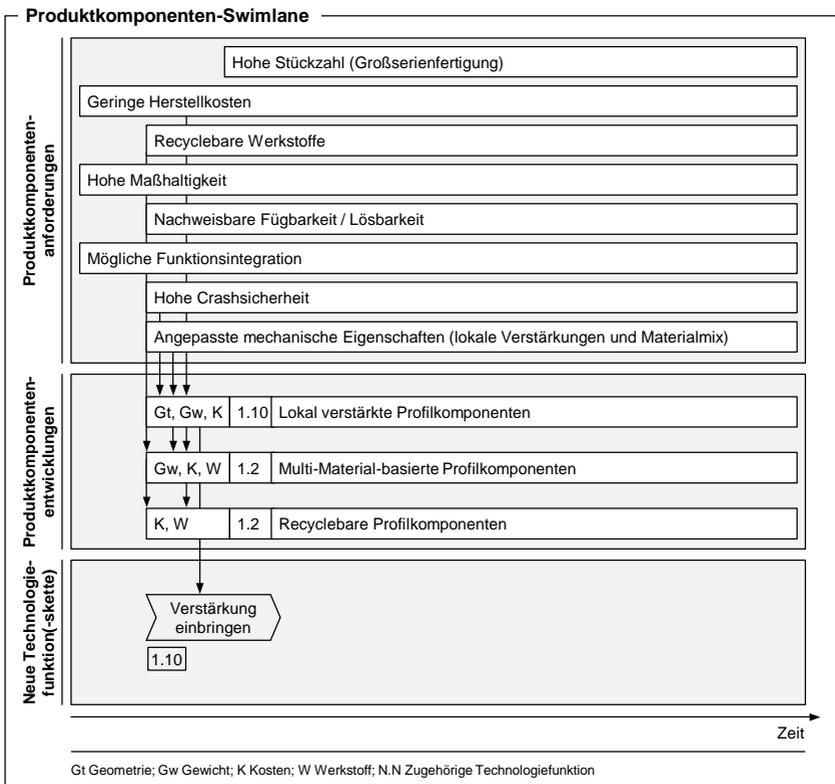


Abb. 5.6: Produktkomponenten-Swimlane des Anwendungsbeispiels in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2015a)

Das Ergebnis der Suchfelddeduktion sind in diesem Anwendungsbeispiel zehn Suchfelder, die jeweils eine Kombination aus einer der zehn Technologiefunktionen der Kette „Profilbauteil fertigen“ und den zugehörigen produktionsseitigen Komponentenanforderungen darstellen. Einen Ausschnitt der resultierenden Suchfelder zeigt Abb. 5.7.

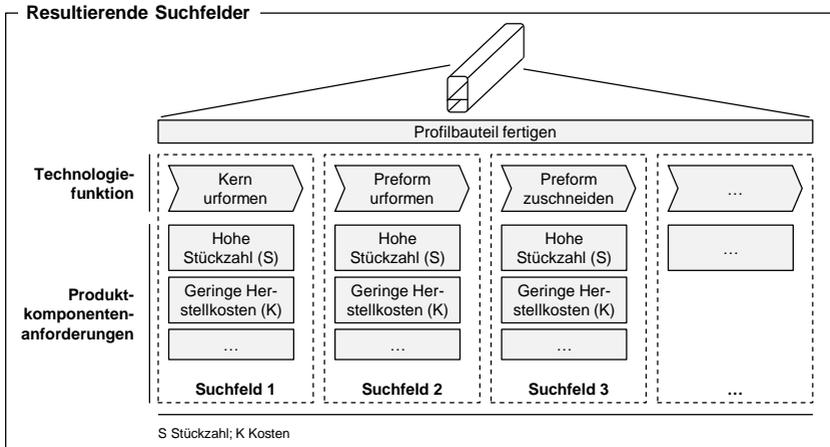


Abb. 5.7: Ausschnitt der resultierenden Suchfelder am Beispiel der Fertigung des Schwellers als Profilbauteil

5.2.3 Schritt 2: Suchfeldauswahl

Um das für das Unternehmen relevanteste Suchfeld auszuwählen, wurden die zehn Suchfelder anhand der aus ihnen resultierenden technologischen Chancen und Risiken in Bezug auf die Erfüllung der entsprechenden Anforderungen aus produktionstechnischer Perspektive im Rahmen eines Workshops mit Technologieexperten bewertet und priorisiert. Die Kernfragen, die der Bewertung zugrunde lagen, waren: „Wie hoch schätzen Sie die Chance ein, durch die Technologiefunktion dem Wettbewerb voraus zu sein und einen Wettbewerbsvorteil zu generieren?“ bzw. „Wie hoch sehen Sie die Risiken, die festgelegten Anforderungen nicht zu erfüllen und damit einen Wettbewerbsnachteil zu erlangen?“. Die Bewertung erfolgte auf Basis der in Tabelle 4.1 dargestellten 4-Punkte-Skala. Die Anforderungen wurden gemäß den Präferenzen des Unternehmens gleich gewichtet.

Die Bewertung der Chancen und respektiven Risiken ist für das Suchfeld „Preform urformen“ exemplarisch in Abb. 5.8 zusammengefasst.

Bewertung der Chancen und Risiken					
TF	Anforderungen	q_j	C_{2j} Skala (0-3)	r_{2j} Skala (0-3)	Begründung
Preform urformen	Stückzahl	0.125	3	2	Stückzahlenflexibilität durch Variation der Prozessparameter, z.B. Prozesszeiten
	Kosten	0.125	3	2	Kosten sind maßgeblich durch die Fasermenge bestimmt
	Werkstoff	0.125	1	1	Nachwachsende Werkstoffe, z.B. Naturfasern, sind grundsätzlich verwertbar
	Toleranzen	0.125	1	1	Wandstärke im Sinne der Maßhaltigkeit ist abhängig von Prozessparametern
	Fügbareit und Lösbarkeit	0.125	0	0	-
	Funktionsintegration	0.125	2	1	Möglichkeit der Integration von Anbindungselementen
	Crashsicherheit	0.125	3	2	Mechanische Eigenschaften der Komponente ist abhängig von den Faserorientierungen
	Angepasste mechanische Eigenschaften	0.125	3	1	Möglichkeit der Eigenschaftsverbesserung durch Anpassung der Prozessparameter
		Σ 1	$C_2 = 2$	$R_2 = 1,25$	

TF Technologiefunktion; q_j unternehmensspezifische Gewichtung einer Anforderung j ; C_{1j} / r_{1j} Chance / Risiko in Bezug auf eine Anforderung j eines Suchfeldes i ; C_j / R_j Chance bzw. Risiko, die aus dem Suchfeld i resultiert

Abb. 5.8: Bewertung der Chancen und Risiken am Beispiel des Suchfeldes „Preform urformen“ in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2015a)

Die Realisierung der Technologiefunktion „Preform urformen“ kann für das Unternehmen in Bezug auf die *Stückzahl* eine große Chance darstellen, sofern eine Stückzahlflexibilität infolge der Variation von Prozessparametern erreicht wird. Gleichzeitig können die *Kosten* maßgeblich durch eine Reduktion der Fasermenge gesenkt werden. In Abhängigkeit der Faserorientierung bei der Fertigung der Preform können die mechanischen Eigenschaften der späteren Produktkomponente und damit die *Crashsicherheit* verbessert werden. Des Weiteren besteht eine große Chance, dem Wettbewerb voraus zu sein, indem die *mechanischen Eigenschaften* der Komponente durch eine Anpassung der Prozessparameter gesteigert werden. Gleichzeitig gehen mit der Nutzung dieser Chancen mittlere Risiken einher, die aus der Komplexität der Umsetzung der genannten Anforderungen resultieren. Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe als alternative *Werkstoffe*, wie Naturfasern, oder die Sicherstellung geforderter *Toleranzen* im Sinne der Maßhaltigkeit stellen dagegen aus Unternehmenssicht geringe Chancen und Risiken dar. Die Anforderung nach der *Fügbareit und Lösbarkeit* ist für die Realisierung der Technologiefunktion des „Preform urformen“ irrelevant, sodass die Realisierung der Anforderung weder eine Chance, noch ein Risiko bietet. Dennoch würde die Möglichkeit der *Funktionsintegration* von Anbindungselementen bei der Herstellung des Preforms eine mittlere Chan-

ce bei gleichzeitig geringem Risiko bedeuten. Die Verrechnung der Chancen und Risiken der jeweiligen Anforderungen ergab, dass das betrachtete Suchfeld aus Sicht des Unternehmens eine mittlere Chance ($C_2 = 2$) und ein tendenziell geringes Risiko ($R_2 = 1,25$) bietet.

Die Ergebnisse der Bewertung der weiteren neun Suchfelder sind zusammenfassend in einem Chancen-Risiko-Portfolio in Abb. 5.9 dargestellt. Aufgrund der angestrebten Technologieführerschaft präferierte das Unternehmen das Suchfeld, welches die höchsten Chancen bietet. Aus diesem Grund wurde das Suchfeld „Preform urformen“ ausgewählt, dessen Wert für die technologische Chance über dem der übrigen Suchfelder lag.

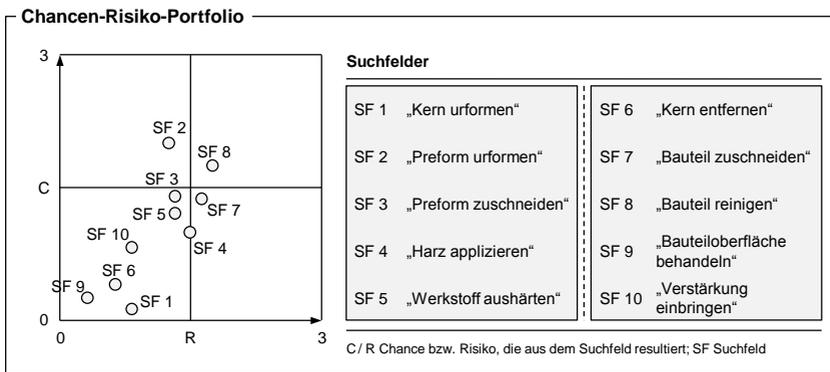


Abb. 5.9: Chancen-Risiko-Portfolio zur Auswahl eines Suchfeldes

Um Technologien zielgerichtet zu identifizieren, wurde das Suchfeld im Rahmen der Suchfeldbeschreibung näher spezifiziert.

5.2.4 Schritt 3: Suchfeldbeschreibung

Das ausgewählte Suchfeld „Preform urformen“ wurde in einem Suchfeldsteckbrief im Detail beschrieben. Der Steckbrief ist in Abb. 5.10 dargestellt.

Der Bedarf besteht nach einer Technologie, welches das Urformen aus dem (spanoder) faserförmigen Zustand ermöglicht. Im Konkreten bedeutet dies, dass eine Technologie benötigt wird, die der direkten Verarbeitung von Fasern, Rovings oder Tapes zu einer dreidimensionalen Preform dient, ohne die Endkontur nachträglich umformen zu müssen. Ein textiler Vorprozess, wie das Weben, soll ebenso nicht durchgeführt werden (GREITEMANN ET AL. 2015a; HOFBAUER ET AL. 2015), sodass unmittelbar sowohl trockene als auch vorimprägnierte

Suchfeldsteckbrief

Allgemeine Angaben

Abteilung:	TFE-15	Bearbeiter:	Herr Mustermann	Aufnahmedatum:	01.01.2015
Suchfeldbezeichnung:	Preform urformen			Letzte Aktualisierung:	30.04.2015

Technologiebeschreibung

Bild / Skizze



Kurzbeschreibung

Der Schritt „Preform urformen“ ist ein Urformen aus dem (span- oder) faserförmigen Zustand. Es handelt sich um ein direktes Ablageverfahren von den Rovings / Fasern / Tapes, das sowohl trocken als auch vorprägniert erfolgt. Ein Umformprozess von vorgefertigten Halbzeugen wird nicht berücksichtigt. Der Fokus liegt auf der Herstellung von Profilbauteilen.

Es werden Alternativen gesucht, die eine Preform direkt aus dem Roving etc. erzeugen können. Eine erneute Umformung zur Bauteilkontur soll nicht erforderlich sein.

Bekannte Technologien:
Umflechten, Automated Tape Laying

Vergleichbare Produkte anderer Branchen:
Komponenten für Energieanlagen, Sportgeräte und die Luft- und Raumfahrt

Technologiefunktion

Gesamtfunktion: Profilbauteil fertigen

Technologie-funktionskette:

Kern urformen

Preform urformen

Preform zuschneiden

Verstärkung einbringen

Harz applizieren

Bauteil aushärten

Kern entfernen

Oberflächen behandeln

Bauteil zuschneiden

Bauteil reinigen

Preform urformen Betrachtete Technologiefunktion

Anforderungen

Allgemeine Anforderungen

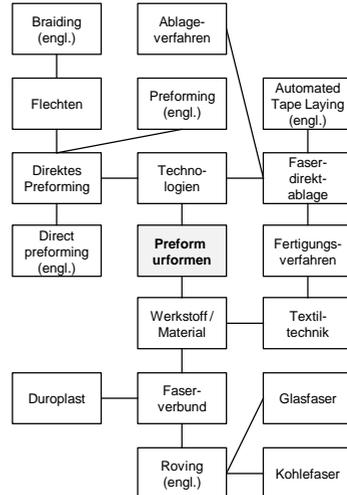
Werkstoff [-]	Duroplast + C-Faser	Duroplast + Glasfaser
Gewicht [kg]	0,5 - 1	1 - 5
Geometrie [-]	Profil	
Stückzahl [Stk/a]	1.000 – 100.000	> 100.000
Toleranzen [-]	mittel	hoch
Kosten [-]	gering	

Produktionsrelevante Produktanforderungen

Zusätzliche Anforderungen

- Geringe Taktzeit
- Geringe Materialeinsatzquote

Begriffsnetzwerk



```

graph TD
    Braiding[braiding engl.] --- Flechten
    Flechten --- Direktes-Preforming[Direktes Preforming]
    Direktes-Preforming --- Direct-preforming[Direct preforming engl.]
    Ablage[Ablageverfahren] --- Preforming[Preforming engl.]
    Preforming --- Techno[Technologien]
    Techno --- Preform-urformen[Preform urformen]
    Preform-urformen --- Werkstoff[Werkstoff / Material]
    Werkstoff --- Duroplast
    Werkstoff --- Faser-verbund[Faser-verbund]
    Faser-verbund --- Roving[Roving engl.]
    Roving --- Kohlefaser
    Ablage --- Automated-Tape-Laying[Automated Tape Laying engl.]
    Automated-Tape-Laying --- Faser-direkt-ablage[Faser-direkt-ablage]
    Faser-direkt-ablage --- Fertigungs-verfahren[Fertigungs-verfahren]
    Fertigungs-verfahren --- Textil-technik[Textil-technik]
    Textil-technik --- Glasfaser
    Glasfaser --- Kohlefaser
    
```

Datum
Unterschrift

Abb. 5.10: Steckbrief für das Suchfeld „Preform urformen“

Halbzeuge in die entsprechende Form mit Hilfe geeigneter Ablegeverfahren gebracht werden (GREITEMANN ET AL. 2015a). Dabei ist das übergeordnete Ziel, ein Profilbauteil, die Schweller-Komponente, herzustellen. Vergleichbare Komponenten werden bei Energieanlagen, Sportgeräten oder in der Luft- und Raumfahrt bereits hergestellt. Das *Umflechten* und das *Automated Tape Laying* sind zwei bereits bekannte Technologien, die der definierten Produktionsaufgabe nachkommen.

Um das Suchfeld einzuzugrenzen, wurden ebenso die Anforderungen spezifiziert, welchen die gesuchte Technologie genügen muss. Das mit der Technologie zu fertigende rotationssymmetrische Profilbauteil soll aus einer duroplastischen Matrix bestehen, die mit einem Geflecht aus Kohlenstoff- oder Glasfasern durchsetzt ist. Mit einem Gewicht zwischen 0,5 bis 5 kg ist die faserkunststoffverstärkte Produktkomponente in einer Stückzahl von über 1.000 bis über 100.000 Stück pro Jahr in Zukunft in einer Großserienfertigung bei mittleren bis hohen Oberflächen-, Form- und Maßtoleranzen zu produzieren. Neben den beschriebenen allgemeinen Anforderungen besteht die Forderung für den Einsatz der gesuchten Technologie in der späteren Serienproduktion nach HOFBAUER ET AL. (2015) nach einer geringen Taktzeit und Materialeinsatzquote.

Zur Vorbereitung der Informationssuche wurde ein Begriffsnetzwerk mit Experten für faserkunststoffverarbeitende Technologien über ein Brainstorming erarbeitet. Dieses ist in dem Suchfeldsteckbrief (vgl. Abb. 5.10) abgebildet. Neben Begriffen, die den zu verarbeitenden Werkstoff betreffen, z. B. Duroplast als Matrixwerkstoff eines Faserverbunds, wurde das Begriffsnetzwerk um Technologien und Technologiefunktionen erweitert, welche die oben aufgeführte Produktionsaufgabe in Teilen oder in Gänze adressieren. Innerhalb des Brainstormings wurden dabei sowohl deutsche als auch englische Begriffe, wie „Direktes Preforming“ und „direct preforming“, sowie ihre Synonyme, z. B. „Preforming“, gesammelt.

Der erarbeitete Suchfeldsteckbrief beschrieb zusammenfassend einen definierten Technologiebedarf, den es durch die Suche nach potenziellen Technologien zu decken galt.

5.2.5 Schritt 4: Informationsquellenauswahl

Um Technologien zu finden, welche die Funktion des ausgewählten Suchfeldes („Preform urfomen“) unter den definierten Anforderungen erfüllen, wurden zunächst die für die Informationssuche geeigneten Informationsquellen ermittelt.

Aus Unternehmenssicht wurden Technologien gesucht, die nach SOMMERLATTE & DESCHAMPS (1985) ein erhebliches Wettbewerbspotenzial aufweisen, das durch unternehmensinterne Aktivitäten zur Weiterentwicklung der Technologie

auszuschöpfen ist. Diese so genannten Schlüsseltechnologien (vgl. Abb. 1.4) gehören innerhalb des Technologielebenszyklus der *Wachstumsphase* an.

Ermittlung geeigneter Informationsquellen

	intern	extern	formal	informell	primär	sekundär	günstig	teuer	Geeignet?	Relevanz (Skala 0-4)
Zielsystem	1	1	1	1	1	1	1	0		
Internet	0	1	1	0	1	1	1	0	Ja	3,18
Intranet, interne Berichte und Datenbanken	1	0	1	0	1	1	1	0	Ja	2,91
Patente	0	1	1	0	1	0	1	0	Ja	2,60
Schriftliche Publikationen	0	1	1	0	1	1	1	0	Ja	3,04
Technologiestudien	0	1	1	0	0	1	1	0	Ja	2,96
Öffentliche Förderprogramme	0	1	1	0	1	0	1	0	Ja	2,65
Wissenschaftliche Veranstaltungen	0	1	0	1	1	0	0	1	Nein	-
Kommerzielle Veranstaltungen	0	1	1	1	1	0	0	1	Nein	-
Persönliche Kontakte	1	1	0	1	1	1	1	0	Ja	3,00
Interne Experten	1	0	0	1	1	1	1	0	Ja	3,47
Externe Experten und Geschäftsinteressenten	0	1	0	1	1	1	0	1	Nein	-
Forschungsinstitute und Universitäten	0	1	0	1	1	1	0	1	Nein	-
Kooperationen mit Unternehmen	0	1	1	1	1	1	0	1	Nein	-
Komitees und Verbände	0	1	0	1	1	0	0	1	Nein	-
Kapitalmarkt	0	1	1	0	1	1	0	1	Nein	-

Zielsystem
 Zielsystem bzgl. Ausprägung erfüllt
 Zielsystem bzgl. Ausprägung nicht erfüllt

Abb. 5.11: Anwenderspezifische Ermittlung geeigneter Informationsquellen für die „Wachstumsphase“

Das Ziel der Suche war es, einen schnellen Überblick über potenziell relevante Technologien zu erhalten. Aus diesem Grund wurden lediglich Informationsquellen ausgewählt, die kostengünstig zu erschließen sind und keine bedeutsamen personellen und finanziellen Aufwände mit sich bringen. Die übrigen Ausprägungen des für die Informationsquellenauswahl anwendungsspezifisch zu definierenden Zielsystems waren indifferent. Der Abgleich verfügbarer Informationsquellen (vgl. Tabelle 3.1) mit dem Zielsystem lieferte eine Liste geeigneter Quellen, die in Abb. 5.11 dargestellt ist. Diesen Informationsquellen wurde ihre entsprechende Relevanz der Wachstumsphase (vgl. Tabelle 3.2) zugeordnet.

Die relevanten Informationsquellen für diesen Anwendungsfall waren in absteigender Rangfolge: *Interne Experten*, *Internet*, *Schriftliche Publikationen*, *Persönliche Kontakte*, *Technologiestudien*, *Intranet*, *interne Berichte und Datenbanken*, *Öffentliche Förderprogramme* und *Patente*.

Im Folgenden wird die Informationssuche am Beispiel der relevantesten zwei Informationsquellen beschrieben.

5.2.6 Schritt 5: Informationssuche

Die systematische Suche nach Informationen über Technologien in den zwei relevantesten Zielquellen wurde in einem Suchverlaufdiagramm dokumentiert, das in Abb. 5.12 dargestellt ist (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015c).

Neben den Zielquellen und den zur Technologiesuche verwendeten Begriffen des im Suchfeldsteckbrief erarbeiteten Begriffnetzwerks sind im Suchverlaufdiagramm ebenso die vorgelagerten und weiterführenden Informationsquellen aufgeführt, die bei der Informationssuche herangezogen wurden.

Über einen persönlichen Kontakt als vorgelagerte Informationsquelle wurde ein *interner Experte A* als relevanteste Zielquelle identifiziert. Mit dessen Hilfe konnten zwei weitere interne Experten B und C als weiterführende Quellen ermittelt werden. Durch die Befragung des internen Experten B konnten unter Verwendung einer Kombination der Suchbegriffe „Faserdirektablage“, „Preforming“ und „Duroplast“ sechs Technologien gefunden werden. Während zwei dieser Technologien, das *Automated Tape Laying* und *Umflechten* bereits im Vorfeld bekannt waren, wurden durch diese Informationsquelle vier noch unbekannte Technologien, wie das *Automated Fiber Placement*, das *Sticken* und das *Fiber Patch Placement*, identifiziert. Ein Interview mit dem internen Experten C führte ebenfalls auf die Technologie *Sticken*. Neben den zwei internen Experten B und C wurden über die Zielquelle das Intranet, interne Berichte und Datenbanken als weiterführende Quelle erfasst, in der Informationen über vier weitere Technologien gewonnen wurden, u. a. dem *Wet Fiber Spray-Up* oder dem *Precise Composite Pressing*.

Die zweite Zielquelle, das *Internet*, lieferte über den Suchbegriff des „Direct Preformings“ die Technologie *Deep Draw Preforming*. Weiterhin führte die Zielquelle im Verlauf der Suche zu zwei schriftlichen Publikationen, dem Buch „Textile Werkstoffe für den Leichtbau“ (vgl. CHERIF 2011) sowie dem „Handbuch Faserkunststoffverbunde“ (vgl. AVK 2014). In ihnen wurden jeweils zwei bisher unbekannte Technologien entdeckt, u. a. das *Tailored Fiber Placement* und die *Pultrusion*.

Zahlreiche Technologien wurden im Rahmen der Informationssuche in diversen Quellen mehrfach identifiziert. Die kumulierte Häufigkeit der Nennung einer

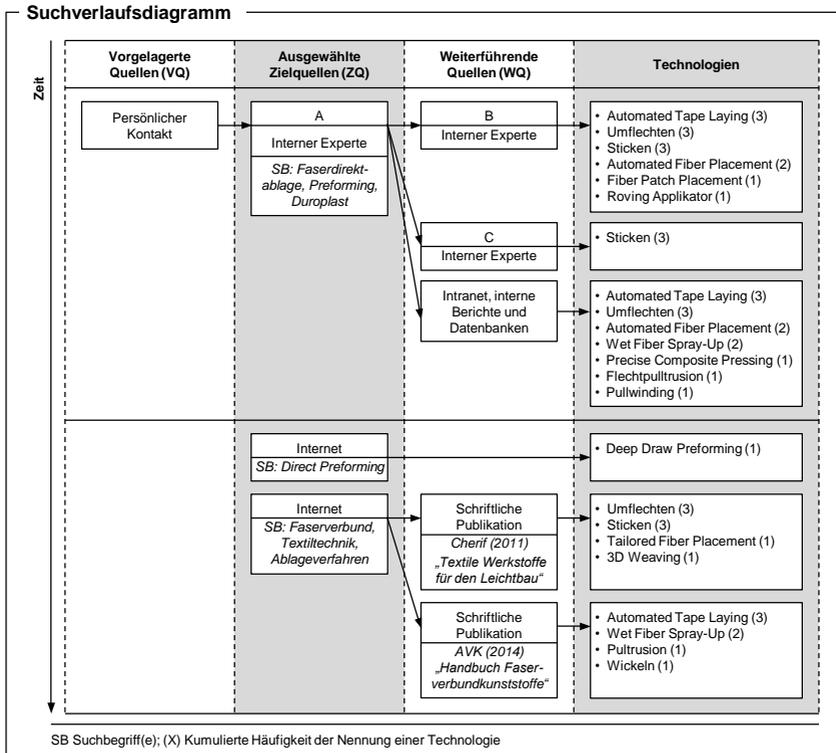


Abb. 5.12: Suchverlaufdiagramm für die relevantesten zwei Informationsquellen, „interne Experten“ und das „Internet“ in Anlehnung an GREITEMANN ET AL. (2015a)

Technologie stellt dabei ein Indikator für die Bekanntheit einer Technologie dar, die i. d. R. positiv mit der Menge der über die Technologie verfügbaren Informationen korreliert.

5.2.7 Schritt 6: Informationsbewertung

Bereits während der Informationssuche wurden die zu einer Technologie gewonnenen Informationen implizit anhand ihrer Relevanz für das ausgewählte Suchfeld beurteilt. Nach der Sammlung sämtlicher zur Beschreibung einer Technologie notwendigen Informationen wurden diese explizit bewertet. Die

explizite Bewertung der Qualität gewonnener Informationen basiert auf definierten Kriterien, wie bspw. der Glaubwürdigkeit, Objektivität und Relevanz (vgl. GREITEMANN ET AL. 2016b). Im vorliegenden Anwendungsbeispiel wurden die Kriterien *Relevanz* und *Glaubwürdigkeit* ausgewählt (vgl. Tabelle 4.2). Während die Technologie *Wet Fiber Spray-Up* aufgrund fehlender Relevanz für das betrachtete Suchfeld ausselektiert wurde, mangelte es bei dem *Deep Draw Preforming* an der Glaubwürdigkeit der über diese Technologie vorhandenen Informationen. Das Ergebnis der exemplarischen Anwendung der Methodik zur Technologieidentifikation für das ausgewählte Suchfeld („Preform urformen“) waren elf faserkunststoffverbundverarbeitende Technologien, die formal in Form von Technologiesteckbriefen beschrieben wurden.

Der Technologieidentifikation folgt eine Bewertung⁴⁰ der gefundenen Technologien, z. B. anhand ihrer technischen Machbarkeit, ihrer Reife, ihrem technologischem Potenzial oder ihrer Wirtschaftlichkeit (vgl. REINHART ET AL. 2011; SCHINDLER 2014). Die Ergebnisse der Bewertung ergänzen die Technologiebeschreibungen des Steckbriefs und vervollständigen ihn. Der Technologiesteckbrief dient damit zur Vorbereitung von Entscheidungen, z. B. über Investitionen in die Weiterentwicklung einer identifizierten erfolgsversprechenden Technologie für eine zukünftige Anwendung in der Produktion. Abb. 5.13 zeigt beispielhaft den Steckbrief der Technologie *Umflechten*.

5.3 Evaluation der entwickelten Methodik

5.3.1 Beurteilung der Anforderungen

In Kapitel 3 wurden Anforderungen an die Methodik zur systematischen Technologieidentifikation definiert, die im Folgenden hinsichtlich ihrer Erfüllung beurteilt werden. Eine Übersicht der resultierenden Beurteilung der allgemeinen und praktischen Anforderungen zeigt Abb. 5.14.

5.3.1.1 Beurteilung der allgemeinen Anforderungen

Die Technologiestrategie eines produzierenden Unternehmens bildet eine richtungsweisende Orientierung für die Technologieidentifikation. Zum einen wird sie bei der priorisierten Auswahl relevanter Suchfelder herangezogen (vgl. Abschnitt 4.3), zum anderen unterstützt sie den Anwender bei der fallspezifischen

⁴⁰ Für weitergehende Informationen zur Technologiebewertung unter Berücksichtigung eines strategischen Planungshorizontes sei bspw. auf SCHINDLER (2014) oder HOFBAUER ET AL. (2016) verwiesen.

Technologiesteckbrief

Allgemeine Angaben

Abteilung: Bearbeiter: Aufnahme­datum:

Technologiebezeichnung: Letzte Aktualisierung:

Technologiebeschreibung

Bild / Skizze

Kurzbeschreibung

Das Umflechten dient der Herstellung von Profilbauteilen durch Ummantelung eines Flechkerns mittels Verstärkungsfasern. Beim Umflechten werden Spulenträger (Klöppel) in einer achterbahnartigen Bewegung über Flügelräder angetrieben, parallel die Fasern abgezogen und ins kreisringförmige "Flechtauge" eingeführt (AVK 2014). Der Flechkern bildet die Innenkontur der Bauteils ab und wird entlang dem Bauteilkrümmungsverlauf durch das Flechtauge geführt. Die so entstandene Geflecht-Preform wird mit Harz injiziert und ausgehärtet. Das Verfahren zeichnet sich u.a. durch eine geringe Materialeinsatzquote und einer flexiblen Gestaltung der Flechtfasero­rientierung aus (HOFBAUER ET AL. 2015).

Anwendung

Branchen: Automobil- & Sportindustrie, Luft- und Raumfahrt
 Produkte: Funktionsrelevante Strukturbauteile, Dekorteile

Technologiefunktion

Gesamtfunktion: *Profilbauteil fertigen*

Technologie-funktionskette: Kern urformen → Preform urformen → Preform zuschneiden → Verstärkung einbringen → Harz applizieren → Bauteil aushärten → Kern entfernen → Oberflächen behandeln → Bauteil zuschneiden → Bauteil reinigen

Alternative Technologien: Pultrusion, Filament Winding, Flecht-Pultrusion, Pullwinding

Technologiebewertung

Technische Machbarkeit (TM)		Technologiereife (RG)	
Werkstoff [-]	Duroplast + C-Faser Duroplast + Glasfaser	<p style="text-align: center;">Reifegrad der Technologie [%]</p>	
Gewicht [kg]	0,5 - 1 1 - 5		
Geometrie [-]	Profil		
Stückzahl [Stk/a]	1.000 – 100.000 > 100.000		
Toleranzen [-]	mittel hoch		
Kosten [-]	gering		
<input type="checkbox"/> Produktionsrelevante Produktanforderungen <input type="checkbox"/> Technologiefähigkeiten		Technologiepotenzial (TP) <p style="text-align: center;">Potenzial der Technologie [%]</p>	

Informationsquellen zur Erhebung der Informationen

- Interner Experte: Fr. Muster, Abteilung „Musterabteilung“
- Schriftliche Publikationen: CHERIF (2011), AVK (2014), HOFBAUER ET AL. (2015)
- Intranet, interne Berichte und Datenbanken: Interner Bericht „Musterbericht“

Eignung

	TM [-]	TR [%]	TP [%]
Geeignet/Reif <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu Prüfen <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ungeeignet/Unreif <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 5.13: Technologiesteckbrief für das Umflechten in Anlehnung an REINHART ET AL. (2012), SCHINDLER (2014) und HOFBAUER ET AL. (2016)

Beurteilung der Anforderungen an die Methodik		
Allgemeine Anforderungen	• Integration der Technologiestrategie	☐
	• Berücksichtigung unterschiedlicher Informationsquellen	●
	• Berücksichtigung der unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus	●
	• Orientierung an den elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung	●
Praktische Anforderungen	• Allgemeingültigkeit der Methodik	●
	• Modularisierbarkeit der Methodik	●
	• Durchgängige Konsistenz der Methodik	●
	• Skalierbarkeit des Detaillierungsgrades bei der Durchführung der Methodik	☐
Anforderung ... ○ gar nicht ◐ kaum ◑ teilweise ◒ schwerpunktmäßig ◓ vollständig ... erfüllt		

Abb. 5.14: Beurteilung der Erfüllung der an die Methodik gestellten allgemeinen und praktischen Anforderungen

Auswahl einer Phase des Technologielebenszyklus im Rahmen der Informationsquellenauswahl, für die es Technologien zu finden gilt (vgl. Abschnitt 4.5.1). Die *Integration der Technologiestrategie* ist folglich durch ihre Berücksichtigung bei den genannten Entscheidungen primär gegeben. Technologien liegen dabei in Form von Informationen in verschiedensten Informationsquellen vor, bspw. in formalen oder informellen Quellen (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2002). Hierzu wurden in der Literatur aufgeführte Quellen zur Technologiefrüherkennung gesammelt, in Bezug auf ihre Granularität und Heterogenität analysiert, aggregiert und nach definierten Kriterien klassifiziert (vgl. Abschnitt 3.3.2.1). Die *Berücksichtigung unterschiedlicher Informationsquellen* gilt daher als erfüllt. Nach BRENNER (1996) und LICHTENTHALER (2002) schwankt die Relevanz von Informationsquellen über den Lebenszyklus einer Technologie. Zur *Berücksichtigung der unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus* wurde eine Studie durchgeführt, um die Relevanz von Informationsquellen in den unterschiedlichen Technologielebenszyklusphasen empirisch zu untersuchen (vgl. Abschnitt 3.3.2.2). Die Ergebnisse erlauben es, die Informationssuche zielgerichteter zu gestalten, indem die relevantesten Quellen der jeweiligen Phase zur Technologiesuche genutzt werden. Die Entwicklung des der Methodik zugrunde gelegten sechsstufigen Vorgehens basiert auf der *Orientierung an den elementaren Aktivitäten der Technologiefrüherkennung* und leitet sich aus diesen Aktivitäten sachlogisch ab (vgl. Abschnitt 3.3.5).

5.3.1.2 Beurteilung der praktischen Anforderungen

Die Methodik für die systematische Technologieidentifikation wurde branchenunabhängig für produzierende Unternehmen entwickelt. Sie unterstützt Unter-

nehmen bei der Identifikation sämtlicher Technologien unterschiedlicher Reife nach DIN 8580 (2003) sowie bei der Suche nach weiteren, bereits existierenden Technologien, die noch nicht in dieser Norm aufgeführt sind, z. B. Technologien zur Herstellung oder Verarbeitung von Faser-Kunststoff-Verbunden. Die *Allgemeingültigkeit der Methodik* wird hierdurch gewährleistet. Unternehmen stehen i. d. R. begrenzte Ressourcen zur Verfügung, bspw. zeitliche, personelle und finanzielle, sodass der Ablauf der Methodik in mehrere Schritte untergliedert wurde. In Abhängigkeit der verfügbaren Ressourcen kann ein Unternehmen die aus seiner Sicht erforderlichen Schritte durchführen. Die Schritte der Methodik sind hierzu durch definierte Ein- und Ausgaben aufeinander abgestimmt. Sind die Suchfelder bspw. für ein kleines und mittleres Unternehmen (KMU) bekannt, entfällt der Schritt der Suchfelddeduktion. Demnach kann direkt mit der Suchfeldauswahl begonnen werden. Die *Modularisierbarkeit* und ebenso die *durchgängige Konsistenz der Methodik* ist daher gegeben. Einzelne Schritte der Methodik sind so konzipiert, dass der Aufwand zu ihrer Durchführung skalierbar ist. Im Rahmen der Suchfelddeduktion kann ein Unternehmen bspw. ausschließlich die Analyse des aktuellen Technologiebedarfs auf Basis des aktuellen Produktportfolios fokussieren, ohne die Entwicklung des zukünftigen Portfolios und die sich daraus ergebenden Anforderungen zu berücksichtigen. Die Szenario-Analyse und das Roadmapping entfallen dabei. Ferner wird bei der Informationssuche zwischen einer Grob- und Feinsuche unterschieden. Während eine Grobsuche bereits innerhalb weniger Tage die Identifikation von Technologien in Form von Technologiebezeichnungen erlaubt, z. B. das „Umflechten“ (vgl. Abb. 5.13), können durch eine bis zu mehrmonatige Feinsuche detaillierte Informationen über die identifizierte Technologien gesammelt werden. Die Unterscheidung einer impliziten, d. h. intuitiven, und einer expliziten Informationsbewertung ermöglicht es zudem einem Unternehmen, die aufzuwendenden zeitlichen und personellen Ressourcen für die Durchführung der Bewertung zu skalieren. Die *Skalierbarkeit des Detaillierungsgrades bei der Durchführung der Methodik* ist somit weitestgehend sichergestellt.

5.3.2 Evaluation des Aufwands und Nutzens zur Durchführung der Methodik

Neben der Beurteilung der Anforderungen wird die Methodik anhand des zu ihrer Durchführung erforderlichen Aufwands und ihres Nutzens im Folgenden bewertet. Die Bewertung basiert auf der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Anwendung (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015a), der Literatur sowie einer qualitativ empirischen Untersuchung (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015c), im Rahmen derer 17 Technologieplanungsexperten der industriellen Praxis semi-strukturiert in Bezug auf die praktische Relevanz der Methodik befragt wurden.

5.3.2.1 Aufwand zur Durchführung der Methodik

Der Aufwand zur Durchführung der Methodik ist skalierbar. Dieser hängt in erster Linie von der Vielzahl betrachteter Produktkomponenten und folglich der Anzahl resultierender Suchfelder ab, für die jeweils eine Technologiesuche durchzuführen ist. Nachfolgend wird der zeitliche, personelle und finanzielle Aufwand anhand der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Anwendung für die einzelnen Schritte der Methodik aufgezeigt. Der Zeit- und Personenaufwand in Personentagen *PT* (8 Arbeitsstunden je *PT*) ist zusammenfassend in Abb. 5.15 dargestellt.

Zeitliche und personelle Aufwände zur Durchführung der Methodik			
Schritte	Zeitaufwand [PT]	Anzahl Personen [-]	Personenaufwand [PT]
1 Suchfelddeduktion	2,76	7	19,31
2 Suchfeldauswahl	0,63	2	1,25
3 Suchfeldbeschreibung	0,06 (je Steckbrief)	1	0,06 (je Steckbrief)
4 Informationsquellenauswahl	0,13	1	0,13
5 Informationssuche	2,50 (für 11 Technologien)	1	2,50 (für 11 Technologien)
6 Informationsbewertung	1,04 (für 11 Technologien)	1	1,04 (für 11 Technologien)
PT Personentage	7,12		24,29

Abb. 5.15: Zeitlicher und personeller Aufwand zur Durchführung der Methodik am Beispiel der in Abschnitt 5.2 dargelegten Anwendung

Im Rahmen der Suchfelddeduktion wurden zum einen die Szanrio-Analyse (12,25 *PT*) und das Roadmapping (7 *PT*) jeweils mit 7 beteiligten Personen initial im Rahmen von Workshops durchgeführt, zum anderen wurden die aktuellen und zukünftigen Produktionaufgaben am Beispiel der Schweller-Komponente analysiert (0,06 *PT*). Für die Suchfelddeduktion müssen daher 19,31 *PT* kalkuliert werden. Für die betrachtete Schweller-Komponente ergaben sich 10 Suchfelder, die innerhalb der Suchfeldauswahl durch zwei Personen mit je 0,63 *PT* bewertet und priorisiert wurden. Das ausgewählte Suchfeld wurde in der Suchfeldbeschreibung spezifiziert, bspw. durch die Erarbeitung eines Netzwerks aus deskriptiven und taxonomischen Begriffen. Die Erstellung eines Suchfeldsteckbriefs bedurfte 0,06 *PT*.

Für jedes Suchfeld muss eine separate Technologiesuche durchgeführt werden. Die fallspezifische Informationsquellenauswahl umfasste dabei 0,13 *PT*. Die Informationssuche wurde im Rahmen des Anwendungsbeispiels als Grobsuche gestaltet, für die 2,5 *PT* aufgewendet wurden. Hierbei wurden lediglich günstigere Informationsquellen, wie interne Experten, das Internet oder das Intranet, interne Berichte und Datenbanken für die Suche herangezogen. Dabei konnten Informationen über elf Technologien gewonnen werden, die innerhalb der Informationsbewertung anhand ihrer Qualität überprüft und in Technologiesteckbriefen zusammengefasst wurden. Der zeitliche und personelle Umfang der Informationsbewertung lag bei 1,04 *PT*.

Zusammenfassend ergab sich zur Durchführung der Methodik am Beispiel der in Abschnitt 5.2 gezeigten Anwendung für ein Suchfeld ein personeller Aufwand von etwa 24,3 *PT*. Unter Annahme eines Personentagesatzes von 1.000 € je *PT* resultiert für ein Unternehmen ein finanzieller Aufwand von 24.300 €. Die Durchlaufzeit zur Anwendung der Methodik, die den zeitlichen Aufwand repräsentiert, betrug etwa 7,1 *PT*. Der generelle zeitliche und personelle Aufwand für jedes weitere Suchfeld beläuft sich indessen auf die Durchführung der Schritte drei bis sechs der Methodik, da die Suchfelder lediglich spezifiziert und für diese Informationen über Technologien, die dem im Suchfeld beschriebenen Bedarf gerecht werden, gesucht werden müssen.

5.3.2.2 Nutzen der Methodik

Sowohl der Erfolg als auch der Einfluss einer Technologiefrüherkennung in Unternehmen, und folglich der Technologieidentifikation als eine ihrer Ausgestaltungen (vgl. Abb. 1.5), sind schwer zu quantifizieren (BÜRGELE ET AL. 2005). Ungeachtet dessen wird aus Sicht der Unternehmen der Technologiefrüherkennung eine zunehmende Bedeutung beigemessen, die nach LICHTENTHALER (2002) bspw. aus einer globalisierten Technologieentwicklung, einer verstärkten Nutzung externer Technologien, einer zunehmenden technologischen Diversifizierung von Unternehmen oder einer steigenden Informationsflut resultiert. Die Technologiefrüherkennung trägt maßgeblich zur Effektivität von Entscheidungen über Technologien bei, indem eine adäquate Informationsbasis bereitgestellt wird (ASHTON ET AL. 1991; LICHTENTHALER 2005). Sie bildet damit die Grundlage zur durchgehenden Überprüfung (KLOCKE 2009; MILBERG 2005) und Anpassung der technologischen Basis (TSCHIRKY 1994, 1998; WELLENSIEK ET AL. 2011), d. h. der eingesetzten Technologien, eines Unternehmens und ist folglich erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens langfristig zu sichern (BÜRGELE ET AL. 2005; SPATH ET AL. 2011).

Ein systematischer Prozess zur Technologiefrüherkennung und damit zur Technologieidentifikation ermöglicht bspw. Zeit- (REGER 2001; SPATH ET AL. 2011) und Kostenersparnisse (SPATH ET AL. 2011) infolge der Vermeidung einer

ineffizienten Suche nach Technologien, gerade vor dem Hintergrund eines unspezifisch formulierten Technologiebedarfs (ASHTON & STACEY 1995) oder einer progressiv ansteigenden Informationsmenge (LICHTENTHALER 2002; SAVIOZ 2004; WELLENSIEK ET AL. 2011) in einer Vielzahl von Informationsquellen (LICHTENTHALER 2002).

Zur Ermittlung der praktischen Relevanz aus Sicht der industriellen Praxis wurde die Methodik auf Basis von semi-strukturierten Interviews mit 17 Technologieplanungsexperten unterschiedlicher Unternehmen (Acht Großunternehmen, neun kleine und mittlere Unternehmen) evaluiert (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015c). Die befragten Interviewpartner betonten das hohe Potenzial der Suchfelddeduktion trotz des damit verbundenen Aufwands, um insbesondere den zukünftigen Technologiebedarf, welcher lediglich von wenigen Unternehmen aktuell adressiert wird, aus strategischer Sicht abzuleiten. Die systematische Ableitung des Technologiebedarfs, die sämtliche relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt, wird mehrheitlich von den Befragten gegenüber einer intuitiven Ableitung des aktuellen Bedarfs langfristig präferiert. Obgleich der Technologiebedarfsanalyse, d. h. der Suchfelddeduktion, -auswahl und -beschreibung, eine hohe Relevanz beigemessen wird, stellt die Technologiesuche, d. h. die Informationsquellenauswahl, -suche und -bewertung, für die Unternehmen einen noch größeren Nutzen dar, im Speziellen die Suchpfade zur Systematisierung der eigentlichen Suche (GREITEMANN ET AL. 2016b).

5.3.3 Fazit

Die Methodik für die systematische Identifikation von Produktionstechnologien erfüllt nahezu alle in Abschnitt 3.2 definierten allgemeinen und praktischen Anforderungen vollständig. Die einfache Anwendung ihrer einzelnen Schritte wird durch eine durchgängige, sachlogische Systematik unterstützt (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015a). Daneben erlaubt die Methodik eine ganzheitliche, strategische Betrachtung von Technologien, insbesondere durch die Verknüpfung etablierter Methoden, die bislang in Unternehmen nicht vorhanden ist (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015c). Der Aufwand zur Durchführung der Methodik ist in Abhängigkeit der zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen eines produzierenden Unternehmens sowie infolge ihres modularen Aufbaus beliebig skalierbar und damit sowohl für Großunternehmen als auch für KMUs geeignet (vgl. GREITEMANN ET AL. 2015a).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Produzierende Unternehmen agieren in einem globalen Umfeld (LEVITT 1983), das von einer zunehmenden Vielzahl an dynamischen Umwelteinflüssen geprägt ist (WIENDAHL ET AL. 2007; ZÄH ET AL. 2010), bspw. fortlaufend veränderten Kundenanforderungen (LINDEMANN ET AL. 2003). Um sich angesichts dieser volatilen Einflüsse am Markt erfolgreich durchsetzen zu können, müssen Unternehmen durchgehend überprüfen, ob die in der Produktion eingesetzten Technologien oder potenzielle Alternativen zukünftigen Anforderungen besser genügen. Aufgrund des evolutionären Charakters von Technologien existiert jedoch ein veränderliches Spektrum an verfügbaren Technologien unterschiedlicher Reife (REINHART ET AL. 2011), die sich für den effektiven und effizienten Einsatz in der Produktion eignen. Diese Technologien müssen gefunden werden, um die technologische Basis des Unternehmens fortlaufend anzupassen (TSCHIRKY 1994, 1998; WELLENSIEK ET AL. 2011). Ihre Identifikation ist hingegen von einer hohen Ressourcenintensität gekennzeichnet (GUDE ET AL. 2015; LICHTENTHALER 2002), die in einer mangelnden Systematik begründet liegt (ASHTON & STACEY 1995; REGER 2001).

Die bisherigen Ansätze zur Technologiefrüherkennung stellen kein operationalisiertes Vorgehen für die Identifikation von Technologien unterschiedlicher Reife für die Produktion bereit. Der zukünftige Technologiebedarf wird, u. a. durch eine unzureichende Differenzierung zwischen Produkt- und Produktionstechnologien, unspezifisch formuliert. Daneben steigt die verfügbare Informationsmenge, die sich über eine Vielzahl von Informationsquellen verteilt, zunehmend an. Die systematische Suche nach adäquaten Informationen über relevante Technologien unterschiedlicher Reife wird erschwert.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Methodik entwickelt, welche die aufgezeigten Defizite des Stands der Forschung auf dem Gebiet der Technologiefrüherkennung behebt und die Identifikation von Technologien für die Produktion systematisiert. Zunächst wurde ein Modell erarbeitet, das produzierende Unternehmen unterstützt, den zukünftigen produktionsbezogenen Technologiebedarf systematisch abzuleiten, indem relevante Suchfelder deduziert, ausgewählt und beschrieben werden, für die es bereits existierende Technologien zur Deckung des Bedarfs zu suchen gilt. Diese Technologien liegen in Form von Informationen vor, bspw. als textuelle Beschreibung in einem Patent. Um Informationen über Technologien zielgerichtet zu finden, wurde ein Modell zur Auswahl geeigneter Informationsquellen entwickelt. Da

Unternehmen Technologien unterschiedlicher Reife in Abhängigkeit der Technologiestrategie präferieren, wurde die Relevanz der Quellen in den unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus untersucht und in dem Modell zur Informationsquellenauswahl integriert. Dies erlaubt dem Anwender, die für ihn relevanten Quellen fallspezifisch zu ermitteln. Aufgrund der Vielzahl an Informationsquellen, in denen Informationen über Technologien zu finden sind (z. B. Patente, schriftliche Publikationen oder interne Experten), wurde ein Modell für die informationsquellenübergreifende Suche nach Technologien auf Basis von Suchpfaden erarbeitet. Zur Identifikation der Suchpfade wurden die Quellenabhängigkeiten in einer Einflussmatrix erfasst. Unter ihrer Verwendung kann ermittelt werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, in einer Quelle A Hinweise auf oder eine Verbindung zu einer Quelle B zu finden. Da während der Suche nach Technologien eine riesige Informationsmenge zu bewältigen ist und die gewonnenen Informationen zur Vorbereitung von Entscheidungen eine adäquate Qualität aufweisen müssen, wurde ein Modell entworfen, das den Anwender bei der impliziten und expliziten Bewertung der Informationsqualität unterstützt. Die gesammelten Informationen über eine Technologie müssen komprimiert aufbereitet werden, sodass die wesentlichen Informationen, d. h. insbesondere die grafische und textuelle Technologiebeschreibung, in einem Technologiesteckbrief zusammengefasst werden. Der Steckbrief kann mit Technologieplanern für eine anschließende Technologiebewertung oder Führungskräften für das Treffen einer Entscheidung, bspw. über eine Investition, kommuniziert werden.

Die Methodik wurde am Beispiel der Großserienfertigung einer faserverstärkten Strukturkomponente im Automobilbau angewendet. Dabei wurden elf potenziell geeignete Technologien innerhalb von etwa 7 *PT* ausgehend von der Ableitung des Technologiebedarfs identifiziert. Durch den sachlogischen Ablauf und die Dokumentation der Technologieidentifikation, z. B. in Form von Steckbriefen (Suchfeld- und Technologiesteckbrief) oder eines Suchverlaufdiagramms, sind die Methodik und die daraus resultierenden Ergebnisse für Entscheidungsträger transparent und nachvollziehbar. Gleichzeitig können die gewonnenen Erkenntnisse unterstützen, die Methodik in weiteren Durchläufen noch effektiver und effizienter durchzuführen. Die Methodik wurde abschließend anhand der in Abschnitt 3.1 definierten Anforderungen sowie des zu ihrer Durchführung erforderlichen Aufwands und resultierenden Nutzens evaluiert.

Über diese Arbeit hinausgehende Forschungsaktivitäten sollten zur effizienten Durchführung der Technologieidentifikation neben dem Ablauf der Methodik den hierzu notwendigen aufbauorganisatorischen Rahmen detaillierter untersuchen (vgl. u. a. LICHTENTHALER 2004b). Dies gilt in erster Linie für die eindeutige Verteilung der Verantwortlichkeiten für die einzelnen Schritte der Methodik, d. h. ob die Schritte bspw. im Zentralbereich eines Unternehmens oder dezentral in den entsprechenden Abteilungen durchgeführt werden, sowie

den hierzu erforderlichen Kompetenzen. Des Weiteren müssen die Optionen und Potenziale, die sich aus dem Einsatz einer neu identifizierten Technologie ergeben, bspw. Rückschlüsse für die Produktentwicklung zur Gestaltung zukünftiger Produkte und Produktgenerationen oder Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit eines Produktionsprozesses durch eine Technologiesubstitution, im Detail untersucht werden. Darüber hinaus bestehen weitere Forschungsmöglichkeiten in Bezug auf die Ermittlung des Wettbewerbspotenzials einer Technologie. Zur Nutzung von Wettbewerbsvorteilen müssen produzierende Unternehmen bereits in sehr frühen Phasen, d. h. bereits nach ihrer Identifikation, entscheiden, in welche Technologie sie investieren wollen. Um Fehlinvestitionen in inadäquate Technologien zu vermeiden und die erfolgversprechendste Technologie hinsichtlich ihres Potenzials aus strategischer Sicht auszuwählen, ist eine Methode notwendig, die Unternehmen dabei unterstützt, Technologien anhand ihres Wettbewerbspotenzials in frühen Phasen zu bewerten. Die Bewertung erlaubt anschließend die Ableitung von Maßnahmen zur gezielten Initiierung von Aktivitäten zur Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials.

A Ergänzende Informationen zur Detaillierung der Methodik

Nachfolgend sind ergänzende Informationen zur Methodik für die systematische Technologieidentifikation aus Kapitel 4 abgebildet. Tabelle A.1 zeigt die Skalen für die sukzessive Selektion von Einflussfaktoren im Rahmen der Szenario-Analyse (vgl. Abschnitt 4.2.2). Die Auswahl einer aus Unternehmenssicht präferierten Phase des Technologielebenszyklus (vgl. Abschnitt 4.5.1) ist zusammenfassend in Tabelle A.2 dargestellt. Um Anwender der Methodik bei der systematischen Informationssuche über geeignete Suchpfade zu unterstützen (vgl. Abschnitt 4.6.3), ist das der Suche zugrunde liegende Vorgehen in der Unified Modeling Language (UML) formalisiert. Abb. A.1 veranschaulicht den Ablauf in einem UML-Diagramm. Die darin aufgeführte Gewinnung von Informationen wird weitergehend an zwei ausgewählten Informationsquellen, Patenten sowie externen Experten und Geschäftsinteressenten, exemplarisch gezeigt. Die jeweiligen UML-Diagramme zur Informationsgewinnung in diesen Quellen sind in Abb. A.2 dargestellt.

Tabelle A.1: Skalen zur Auswahl der Einflussfaktoren anhand ihrer Wichtigkeit in Bezug auf die Unternehmensziele sowie ihrer Aktivität, Sicherheit und Dynamik

<i>Skala</i>	<i>Wichtigkeit</i>	<i>Aktivität</i>	<i>Sicherheit</i>	<i>Dynamik</i>
0	Kein Einfluss	Geringe Aktivität	Geringe Sicherheit	Geringe Dynamik
1	Geringer Einfluss	Eher geringe Aktivität	Eher geringe Sicherheit	Eher geringe Dynamik
2	Mittlerer Einfluss	Eher hohe Aktivität	Eher hohe Sicherheit	Eher hohe Dynamik
3	Großer Einfluss	Hohe Aktivität	Hohe Sicherheit	Hohe Dynamik

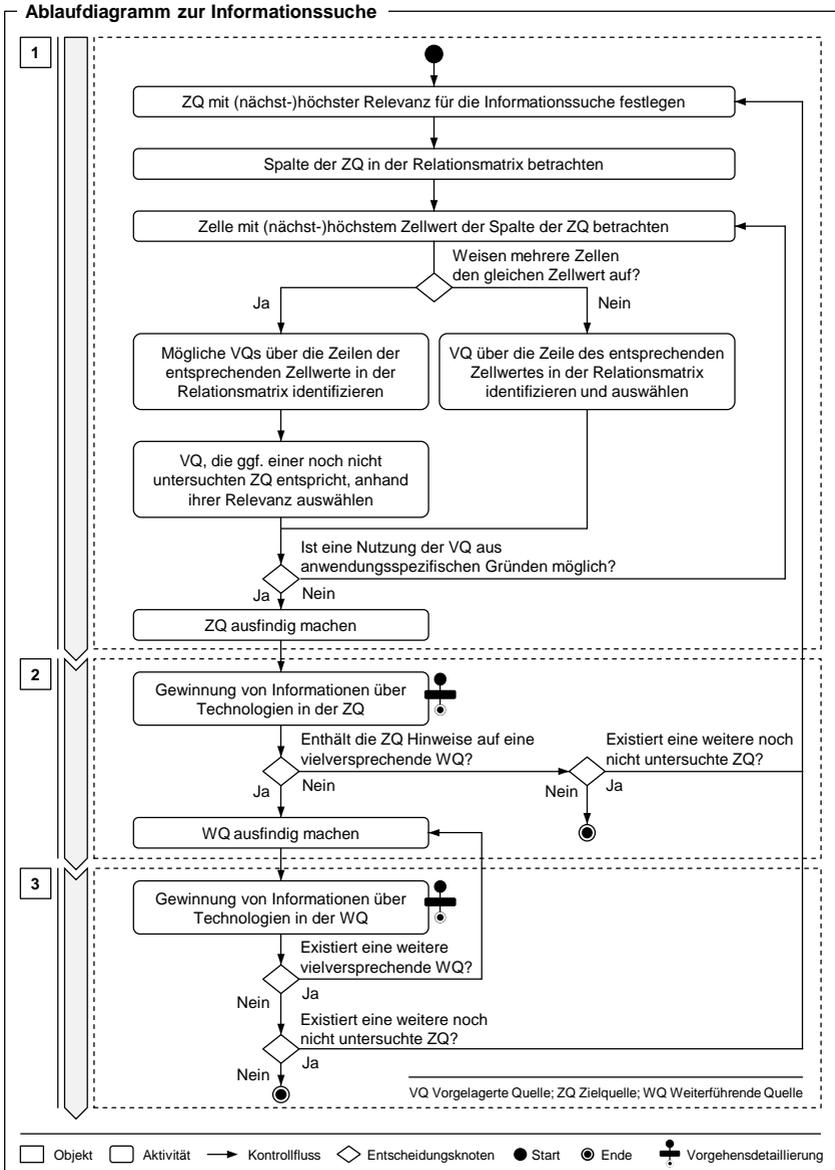


Abb. A.1: UML-Diagramm zur spezifizierten Darstellung des formalisierten Ablaufs der Informationssuche (GREITEMANN ET AL. 2016b)

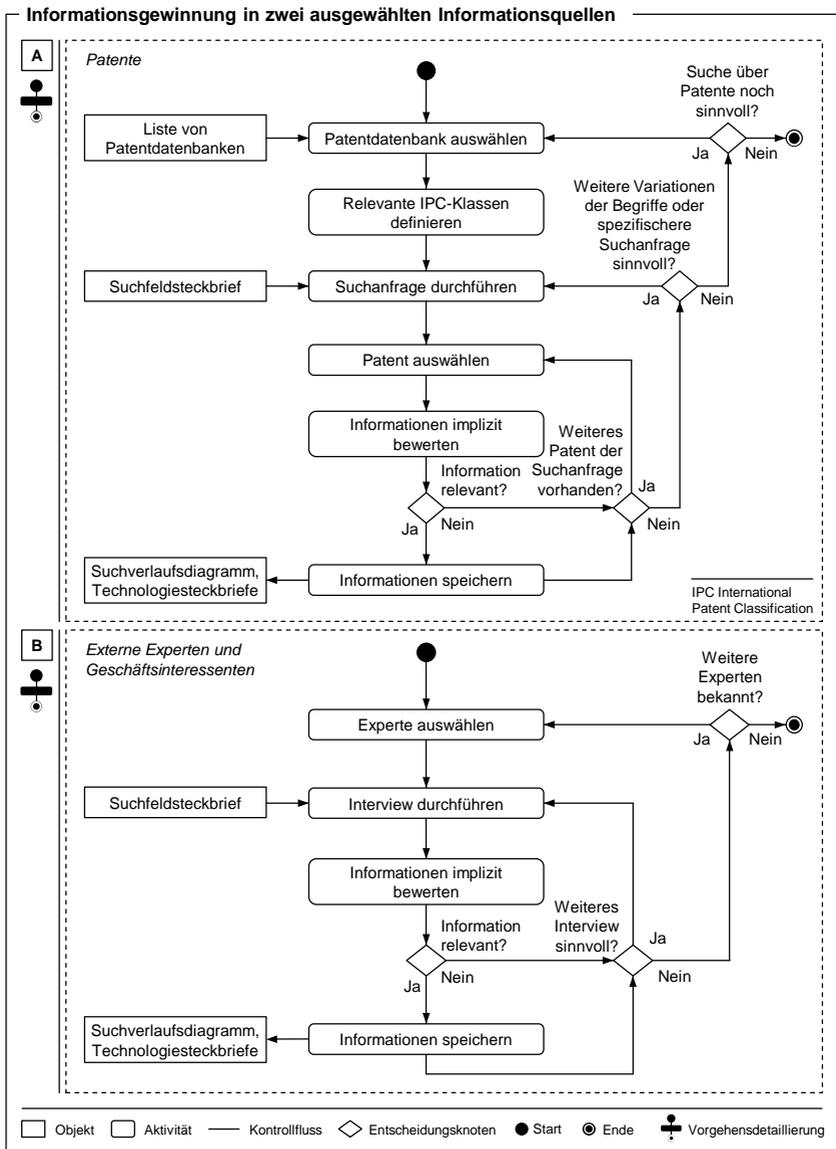


Abb. A.2: UML-Teildiagramme zur Informationsgewinnung in zwei ausgewählten Informationsquellen: Patente sowie externen Experten und Geschäftsinteressenten (GREITEMANN ET AL. 2016b)

Tabelle A.2: Formalisierung der unternehmensspezifischen Auswahl einer präferierten Phase des Technologielebenszyklus in Anlehnung an ZANGEMEISTER (2000)

Indikator w_j	Gewichtung g_j	Phase des Technologielebenszyklus $a_{j,i}$				Zeilensumme
		Entstehung	Wachstum	Reife	Alter	
w_1	g_1	$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$	$\sum_{i=1}^4 a_{1,i} \equiv 1$
...
w_n	g_n	$a_{n,1}$	$a_{n,2}$	$a_{n,3}$	$a_{n,4}$	$\sum_{i=1}^4 a_{n,i} \equiv 1$
	$\sum_{j=1}^n g_j \equiv 1$	RL_1	RL_2	RL_3	RL_4	

B Ergänzende Informationen zum Anwendungsbeispiel

Die Anwendung der Methodik für die systematische Technologieidentifikation wurde in Abschnitt 5.2.1 an einem Beispiel erläutert. Im Folgenden sind die detaillierten Ergebnisse zur Suchfelddeduktion und im Speziellen zur Szenario-Analyse aufgeführt. Die innerhalb eines Brainstormings gesammelten Einflussfaktoren sind in Abb. B.1 aufgelistet. Diese wurden zunächst nivelliert, um danach die relevanten Einflussfaktoren, die so genannten Schlüsselfaktoren, auszuwählen. Die jeweiligen Listen der nivellierten Einflussfaktoren und Schlüsselfaktoren sind in Abb. B.2 bzw. Abb. B.3 dargestellt. Abb. B.4 zeigt für jeden der ausgewählten 12 Schlüsselfaktoren die entsprechenden aktuellen (Ist-Zustände) und zukünftigen Ausprägungen (Projektionen). Zur Erstellung zukünftiger Szenarien wurden sämtliche Paarungen von Projektionen der Schlüsselfaktoren auf ihre Konsistenz geprüft. Die Konsistenz-Matrix ist in Abb. B.5 dargestellt. Das Ergebnis der Szenario-Analyse sind vier Szenarien, die textuell kurz beschrieben sind (vgl. Abb. B.6).



Abb. B.1: Ergebnis der im Rahmen eines Brainstormings ermittelten Einflussfaktoren

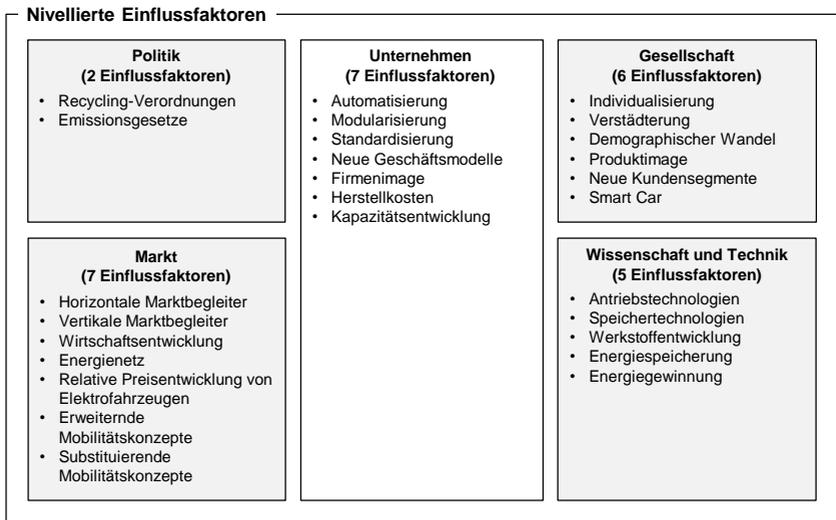


Abb. B.2: Ergebnis der Nivellierung der Einflussfaktoren

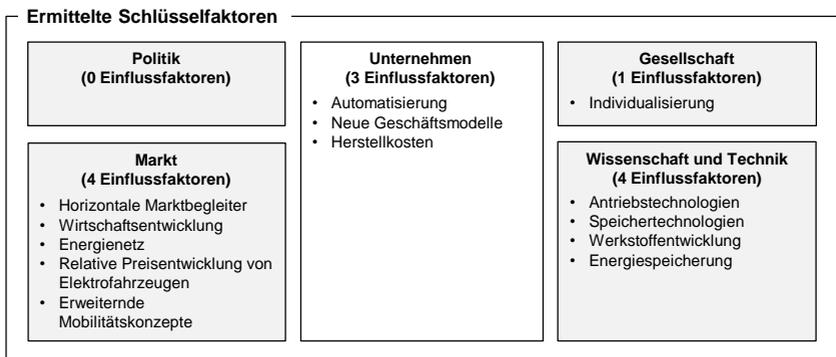


Abb. B.3: Ergebnis der ausgewählten Schlüsselfaktoren

Ist-Zustände und Projektionen der 12 Schlüsselfaktoren		
	Ist-Zustand	Projektionen
Werkstoffentwicklung (Schlüsselfaktor 1)	Konventionelle Werkstoffe	1A: CFK ----- 1B: Materialmix
Relative Preisentwicklung (Schlüsselfaktor 2)	Teuer	2A: Elektrofahrzeuge bleiben teuer (Status Quo) ----- 2B: Günstigerer Preis
Individualisierung (Schlüsselfaktor 3)	Interieur individualisierbar	3A: Interieur individualisierbar (Status Quo) ----- 3B: Exterieur individualisierbar
Neue Geschäftsmodelle (Schlüsselfaktor 4)	Entwicklung, Produktion, Vertrieb	4A: Anbieter eines „Energiekomplettpakets“ ----- 4B: Konzentration auf Kernkompetenz ----- 4C: Elektromobilität setzt sich nicht durch
Automatisierung (Schlüsselfaktor 5)	Teilautomatisierung	5A: Vollautomatisierung ----- 5B: Teilautomatisierung (Status Quo)
Energiespeicherung (Schlüsselfaktor 6)	Ladesäulen	6A: Multiple Speichermöglichkeiten ----- 6B: Kein weiterer Ausbau von Ladesäulen
Antriebstechnologien (Schlüsselfaktor 7)	Elektrischer Antrieb	7A: Elektrischer Antrieb ----- 7B: Hybrider Antrieb
Horizontale Marktbegleiter (Schlüsselfaktor 8)	Oligopol	8A: Polypol ----- 8B: Eigenes Unternehmen als Monopolist
Erweiternde Mobilitätskonzepte (Schlüsselfaktor 9)	-	9A: Autonomes Fahren ----- 9B: Carsharing (in extremer Ausprägung) ----- 9C: Autofreie Innenstädte
Speichertechnologien (Schlüsselfaktor 10)	Batterie (Stand der Technik)	10A: Batterie (Weiterentwicklung) ----- 10B: Wasserstoff
Wirtschaftliche Entwicklung (Schlüsselfaktor 11)	Stagnation	11A: Positives Wirtschaftswachstum ----- 11B: Negatives Wirtschaftswachstum
Relative Herstellkosten (Schlüsselfaktor 12)	Hoch	12A: Herstellkosten bleiben hoch (Status Quo) ----- 12B: Herstellkosten sinken

Abb. B.4: Ist-Zustände und Projektionen der resultierenden 12 Schlüsselfaktoren

		Projektionen																										
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	4C	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8A	8B	9A	9B	9C	10A	10B	11A	11B	12A	12B	
Projektionen	1A																											
	1B																											
	2A	4	4																									
	2B	2	2																									
	3A	4	2	3	4																							
	3B	4	4	5	2																							
	4A	3	3	4	2	3	3																					
	4B	3	3	3	4	4	2																					
	4C	3	3	5	1	3	3																					
	5A	2	2	1	5	3	1	3	4	1																		
	5B	5	5	4	4	4	4	3	4	1																		
	6A	3	3	4	4	3	3	4	4	1	3	3																
6B	3	3	4	2	3	3	5	3	5	3	3																	
7A	3	3	4	4	3	3	4	4	1	3	4	4	2															
7B	3	3	4	2	3	3	2	2	1	3	3	4	4															
8A	3	3	1	5	3	3	4	4	1	4	4	5	1	5	5													
8B	3	3	4	2	3	3	3	4	1	3	3	3	3	3	3													
9A	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
9B	3	3	4	2	1	1	1	3	3	5	4	4	3	3	3	3												
9C	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	4	2	4	3	3											
10A	3	3	4	2	3	3	4	4	1	3	3	4	1	5	4	3	3	3	4	2								
10B	3	3	5	1	3	3	4	3	1	3	3	1	5	5	1	3	3	3	3	3								
11A	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
11B	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
12A	1	2	5	1	5	1	3	3	4	1	4	3	3	2	2	2	3	1	3	3	2	1	3	3				
12B	1	2	2	5	3	1	3	4	1	5	4	2	2	2	2	4	3	1	5	3	3	2	3	3				

1 totale Inkonsistenz; 2 partielle Inkonsistenz; 3 neutral; 4 gegenseitige Begünstigungen; 5 sehr starke gegenseitige Unterstützung

Abb. B.5: Konsistenzmatrix der Projektionen der 12 Schlüsselfaktoren

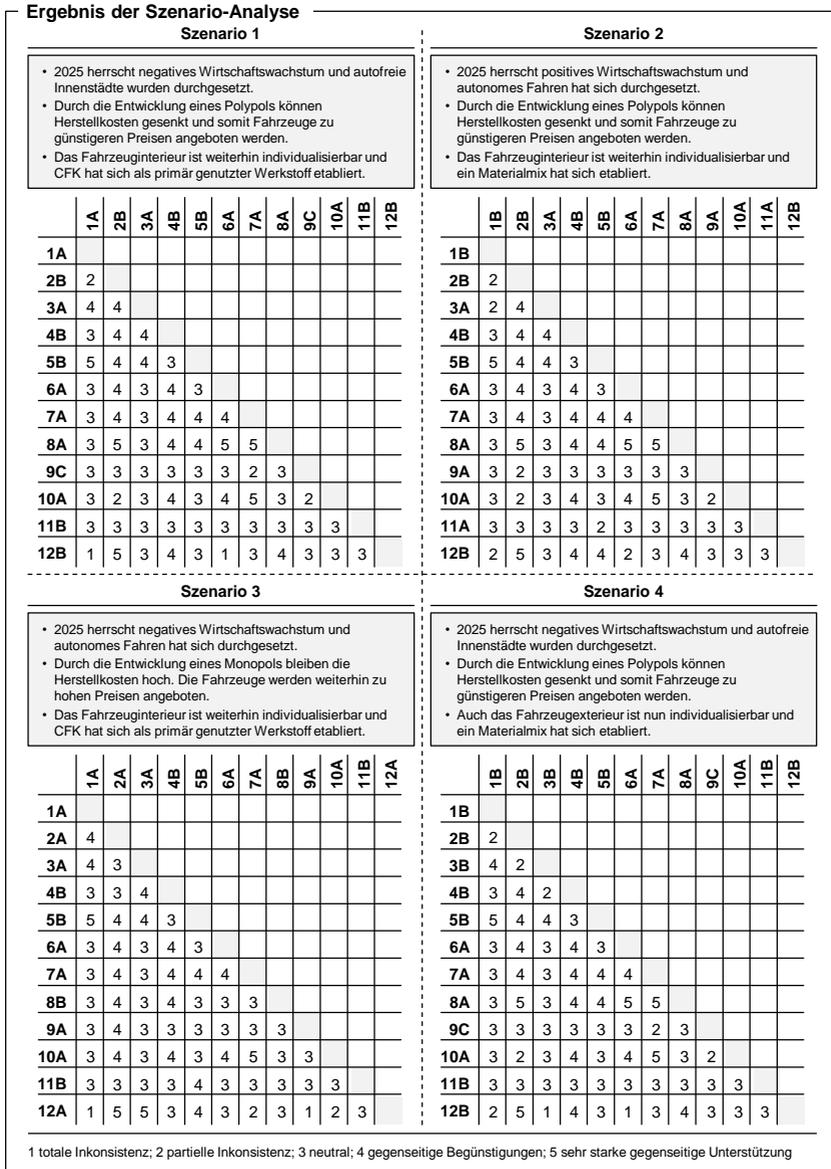


Abb. B.6: Vier Szenarien als Ergebnis der Szenario-Analyse

C Verzeichnis betreuter Studienarbeiten

Im Rahmen dieser Dissertation entstanden am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München (TUM) in den Jahren von 2012 bis 2015 unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Autors die im Folgenden aufgeführten studentischen Arbeiten. In diesen wurden unter anderem Fragestellungen zum Vorgehen und Ausgestaltung der Technologieidentifikation, d. h. insbesondere die Analyse des Technologiebedarfs produzierender Unternehmen sowie die systematische Suche nach Technologien, untersucht. Gleichzeitig wurde die entwickelte Methodik in der industriellen Praxis angewendet und evaluiert. Entstandene Ergebnisse sind teilweise in das vorliegende Dokument eingeflossen. Der Autor dankt allen Studierenden für ihr Engagement bei der Unterstützung dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Studierende	Titel der Studienarbeit
Grammer, M.	Methodik für das Screening von Produktionstechnologien am Beispiel der Großserienfertigung von FKV-Komponenten, 2015
Hehl, M.	Entwicklung einer Methodik zur Analyse des Technologiebedarfs produzierender Unternehmen, 2014
Hehl, M.	Methodik für die Früherkennung von Produktionstechnologien am Beispiel der Automobilindustrie, 2014
Holdry, N.C.	Entwicklung einer Methodik für die systematische Suche nach Produktionstechnologien, 2014
Michels, N.V.	Entwicklung eines quantitativen Modells zur Abbildung und Prognose des Reifezyklus von Produktionstechnologien, 2013
Worbs, A.	Praktische Evaluation und konzeptionelle Weiterentwicklung einer Methodik zur Technologieidentifikation in produzierenden Unternehmen, 2015

Literaturverzeichnis

ABELE & REINHART 2011

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

ABELE 2006

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

AGULIAR 1967

Aguliar, F.: Scanning the Business Environment. New York: The Macmillan Press Ltd 1967.

ALBRIGHT & KAPPEL 2003

Albright, R. E.; Kappel, T. A.: Roadmapping in the Corporation. Research Technology Management 3 (2003) 2, S. 31–40.

ALTSCHULLER 1984

Altschuller, G. S.: Erfinden - Wege zur Lösung technischer Probleme. Berlin: VEB Verlag Technik 1984.

ANDERSEN 1999

Andersen, B.: The hunt for S-shaped growth paths in technological innovation: a patent study. Journal of Evolutionary Economics 9 (1999) 4, S. 487–526.

ANSOFF 1975

Ansoff, H. I.: Managing strategic surprise by response to weak signals. California Management Review 8 (1975) 2, S. 21–33.

ANSOFF 1979

Ansoff, H. I.: Strategic Management. London, Basingstoke: The Macmillan Press Ltd 1979.

ANSOFF & STEWARD 1967

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

ANTONI & RIEKHOF 1991

Antoni, M.; Riekhof, H.-C.: Strategieentwicklung mittels Portfolioanalyse. In: Riekhof, H.-C. (Hrsg.): Strategieentwicklung: Konzepte und Erfahrungen. Stuttgart: Poeschel 1991, S. 171–190.

ARMAN & FODEN 2010

Arman, H.; Foden, J.: Combining methods in the technology intelligence process: application in an aerospace manufacturing firm. R&D Management 40 (2010) 2, S. 181–194.

ASHTON & STACEY 1995

Ashton, W. B.; Stacey, G. S.: Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunities. International Journal of Technology Management 10 (1995) 1, S. 79–104.

ASHTON ET AL. 1991

Ashton, W. B.; Kinzey, B. R.; Gunn Jr., M.: A structured approach for monitoring science and technology developments. International Journal of Technology Management 6 (1991) 1-2, S. 91–111.

AVK 2014

AVK: Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. Handbuch Faserverbundkunststoffe/Composites - Grundlagen, Verarbeitung, Anwendungen. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg 2014.

BACKHAUS ET AL. 1996

Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 8. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer 1996.

BAEZA-YATES ET AL. 2010

Baeza-Yates; R.; Ribeiro-Neto, B.: Modern Information Retrieval. 2. Auflage. New York: Addison Wesley 2010.

BALACHANDRA 1980a

Balachandra, R.: Technological Forecasting: Who Does It and How Useful Is It? Technological Forecasting and Social Change 16 (1980a) 1, S. 75–85.

BALACHANDRA 1980b

Balachandra, R.: Perceived Usefulness of Technological Forecasting Techniques. *Technological Forecasting and Social Change* 16 (1980b) 2, S. 155–166.

BARKER & SMITH 1995

Barker, D.; Smith, D. J.: Technology Foresight Using Roadmaps. *Long Range Planning* 28 (1995) 2, S. 21–28.

BATES 1989

Bates, M. J.: The design of browsing and berrypicking techniques for the online search interface. *Online Information Review* 13 (1989) 5, S. 407–424.

BECKER 1983

Becker, H. S.: Scenarios: A Tool of Growing Importance to Policy Analysts in Government and Industry. *Technological Forecasting and Social Change* 23 (1983) 2, S. 95–120.

BEHRENDT & ERDMANN 2006

Behrendt, S.; Erdmann, L.: Integriertes Technologie-Roadmapping zur Unterstützung nachhaltigkeitsorientierter Innovationsprozesse. Werkstatt-Bericht Nr. 84, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), 2006.

BERNHARD ET AL. 2007

Bernhard, J.; Dragan, M.; Wenzel, S.: Bewertung der Informationsgüte in der Informationsgewinnung für die modellgestützte Analyse großer Netze der Logistik. Technical Report 07006, Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“, Dortmund, 2007.

BINDER & KANTOWSKY 1996

Binder, V.; Kantowsky, J.: Technologiepotentiale: Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des strategischen Technologiemanagements. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 1996.

BRADFIELD ET AL. 2005

Bradfield, R.; Wright, G.; Burt, G.; Cairns, G.; Van der Heijden, K.: The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures* 27 (2005) 8, S. 795–812.

BRAESS & SEIFFERT 2013

Braess, H.-H.; Seiffert, U.: *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 7. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg 2013.

BRENNER 1996

Brenner, M.: Technology intelligence and technology scouting. *Competitive Intelligence Review* 7 (1996) 3, S. 20–27.

BRINK & IHMELS 2008

Brink, V.; Ihmels, S.: Technology Management System to develop consistent Technology Strategies. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Management of Technology (IAMOT)*, 06-10 April 2008, Dubai 2008.

BROCKHOFF 1999

Brockhoff, K.: *Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle*. 5. Auflage. München, Wien: Oldenbourg 1999.

BROSE & CORSTEN 1983

Brose, P.; Corsten, H.: Technologie-Portfolio als Grundlage von Innoations- und Wettbewerbsstrategien. *Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung* 29 (1983) 4, S. 344–369.

BROSSMANN & MÖDINGER 2011

Brossmann, M.; Mödinger, W.: *Praxisguide Wissensmanagement: Quantifizieren in Gegenwart und Zukunft – Planung, Umsetzung und Controlling im Unternehmen*. Berlin, Heidelberg: Springer 2011.

BULLINGER 1994

Bullinger, H.-J.: *Einführung in das Technologiemanagement: Modelle, Methoden, Praxisbeispiele*. Stuttgart: Teubner 1994.

BULLINGER 1996

Bullinger, H.-J.: *Technologiemanagement*. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): *Betriebshütte*. Berlin, Heidelberg: Springer 1996, S. 426–454.

BULLINGER ET AL. 2008

Bullinger, H. J.; Spath, D.; Warnecke, H. J.; Westkämper, E.: *Handbuch Unternehmensorganisation: Strategien, Planung, Umsetzung*. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer 2008.

BÜRCEL ET AL. 2005

Bürgel, H. D.; Reger, G.; Ackel-Zakour, R.: *Technologie-Früherkennung in multinationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung*. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): *Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. Berlin, Heidelberg: Springer 2005, S. 27–53.

CARVALHO ET AL. 2012

Carvalho, M.; Fleury, A.; Lopes, A. P.: An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change* 80 (2012) 7, S. 1418–1437.

CESARONI ET AL. 2013

Cesaroni, F.; Baglierie, D.; Orsi, L.: Learning from Patents: An Application of Technology Intelligence in Nanotechnology. In: Spagnoletti, P. (Hrsg.): *Organizational Change and Information Systems*. Berlin, Heidelberg: Springer 2013, S. 247–255.

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.

CETINDAMAR ET AL. 2010

Cetindamar, D.; Phaal, R.; Probert, D.: *Technology management: Activities and tools*. Basingstoke, New York: Palgrave Macmillan 2010.

CHANG ET AL. 2008

Chang, H.; Gausemeier, J.; Ihmels, S.; Wenzelmann, C.: Innovative technology management system with bibliometrics in the context of technology intelligence. In: Castillo, O.; Xu, L.; S.-I., A. (Hrsg.): *Trends in Intelligent Systems and Computer Engineering*. Springer 2008, S. 349–361.

CHEN ET AL. 2013

Chen, H.; Zhang, G.; Jie, L.: A Time-Series-Based Technology Intelligence Framework by Trend Prediction Functionality. 2013. S. 3477–3482.

CHERIF 2011

Cherif, C.: *Textile Werkstoffe für den Leichtbau - Techniken, Verfahren, Materialien, Eigenschaften*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer 2011.

CHOO ET AL. 2000

Choo, C. W.; Detlor, B.; Turnbull, D.: Information seeking on the Web: An integrated model of browsing and searching. *Journal on the Internet* 5 (2000) 2.

CUNNINGHAM ET AL. 2004

Cunningham, W. A.; Raye, C. L.; Johnson, M. K.: Implicit and Explicit Evaluation: fMRI Correlates of Valence, Emotional Intensity, and Control in the Processing of Attitudes. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (2004) 10, S. 1717–1729.

DAIM ET AL. 2011

Daim, T. U.; Gerdtsri, N.; Basoglu, N.; Albar, F.: *Technology assessment: Forecasting future adoption of emerging technologies*. Berlin: Erich Schmidt 2011.

DELTL 2004

Deltl, J.: *Strategische Wettbewerbsbeobachtung: So sind Sie Ihren Konkurrenten laufend einen Schritt voraus*. Wiesbaden: Gabler 2004.

DIN 44300 1972

DIN 44300: *Informationsverarbeitung - Begriffe*, Berlin: Beuth, 1972.

DIN 69910 1973

DIN 69910: *Wertanalyse - Begriffe, Methode*, Berlin: Beuth, 1973.

DIN 8580 2003

DIN 8580: *Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung*, Berlin: Beuth, 2003.

DÖNITZ 2009

Dönitz, E. J.: *Effizientere Szenariotechnik durch teilautomatische Generierung von Konsistenzmatrizen: Empirie, Konzeption, Fuzzy- und Neuro-Fuzzy-Ansätze*. Dissertation, Universität Bremen. Wiesbaden: Gabler 2009.

DOWLING & HÜSING 2002

Dowling, M.; Hüsing, S.: *Technologiestrategie*. In: Specht, D.; Möhrle, M. G. (Hrsg.): *Gabler-Lexikon Technologiemanagement*. Wiesbaden: Gabler 2002, S. 377–380.

DPMA 2014

DPMA: Die Internationale Patentklassifikation. <www.dpma.de/service/klassifikationen/ipc/index.html> - 17.12.2014, 2014.

DRACHSLER 2006

Drachsler, K.: *Leitfaden Technology Intelligence: Anleitung zur Technologiefrühaufklärung*. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag 2006.

DULLY 2011

Dully, S.: Internetbasiertes Technologie-Scouting für Recyclingtechnologien. Dissertation, Universität Stuttgart. Heimsheim: Jost-Jetter 2011.

DUPERRIN & GODET 1975

Duperrin, J. C.; Godet, M.: SMIC 74 - A method for constructing and ranking scenarios. *Futures* 7 (1975) 4, S. 302–312.

EIRMA 1997

EIRMA: Technology roadmapping - delivering business vision, European Industrial Research Association. Paris 1997.

ELLIS 1989

Ellis, D.: A Behavioural Model for Information Retrieval System Design. *Jornal of Information Science* 15 (1989) 4-5, S. 237–247.

ENZER 1980

Enzer, S.: INTERAX: An Interactive Model for Studying Future Business Environments: Part 1. *Technological Forecasting and Social Change* 17 (1980) 2, S. 141–159.

EPPLER 2006

Eppler, M. J.: *Managing Information Quality: Increasing the Value of Information in Knowledge-intensive Products and Processes*. 2. Auflage. Berlin: Springer 2006.

EVERSHEIM ET AL. 2004

Eversheim, W.; Breuer, T.; Grawatsch, M.; Hilgers, M.; Knoche, M.; Rosier, C.; Schöning, S.; Spielberg, D. E.: *Methodenbeschreibung*. In: Eversheim, W. (Hrsg.): *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin, Heidelberg: Springer 2004, S. 133–232.

FALLBÖHMER 2000

Fallböhrer, M.: *Generieren alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung*. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker 2000.

FINK & SIEBE 2011

Fink, A.; Siebe, A.: *Handbuch Zukunftsmanagement: Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung*. 2. Auflage. Frankfurt am Main: Campus-Verlag 2011.

FISCHER 1995

Fischer, D. R.: Entwicklung eines objektorientierten Informationssystems zur optimierten Werkstoffauswahl. Dissertation, Universität Stuttgart, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 208. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1995.

FORD & RYAN 1981

Ford, D.; Ryan, C.: Taking Technology to Market. Harvard Business Review 59 (1981) 2, S. 117–126.

FOSTER 1986

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

FRIEDLI 2006

Friedli, T.: Technologiemanagement: Modelle zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit. Berlin, Heidelberg: Springer 2006.

GASSMANN & KAUSCH 2005

Gassmann, O.; Kausch, C.: Den Technologietrend nicht verschlafen - Strategische Unternehmensführung mit Suchfeldanalyse. Wissenschaftsmanagement: Zeitschrift für Innovation 2 (2005) 3-4, S. 25–30.

GASSMANN & SUTTER 2011

Gassmann, O.; Sutter, P.: Praxiswissen Innovationsmanagement: Von der Idee zum Markterfolg. 2. Auflage. München: Hanser 2011.

GAUSEMEIER ET AL. 1996

Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Szenario-Management: Planen und Führen mit Szenarien. 2. Auflage. München, Wien: Hanser 1996.

GAUSEMEIER ET AL. 1998

Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Scenario management: An approach to develop future potentials. Technological Forecasting and Social Change 59 (1998) 2, S. 111–130.

GENEST & CHEIN 2005

Genest, D.; Chein, M.: A content-search information retrieval process based on conceptual graphs. Knowledge and Information Systems 8 (2005) 3, S. 292–309.

GERHARD & VOIGT 2009

Gerhard, D.; Voigt, K.-I.: Technology intelligence Systems for manufacturing technologies - an empirical analysis in the context of timing strategies. *International Journal of Technology Marketing* 3 (2009) 4, S. 268–287.

GERPOTT 2005

Gerpott, T. J.: *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*. 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2005.

GERYBADZE 1994

Gerybadze, A.: Technology Forecasting as a process of organisational intelligence. *R&D Management* 24 (1994) 2, S. 131–140.

GESCHKA 1997

Geschka, H.: *Einsam an der Spitze: Perspektiven für die Arbeits- und Lebensweise des Topmanagers*. Berlin: Springer 1997.

GESCHKA & HAMMER 1990

Geschka, H.; Hammer, R.: Die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. In: Hahn, D. and Taylor, B. (Hrsg.): *Strategische Unternehmensplanung / Strategische Unternehmensführung*. Heidelberg: Physica-Verlag 1990, S. 311–336.

GESCHKA ET AL. 2009

Geschka, H.; Schaufele, J.; Zimmer, C.: Explorative Technologie-Roadmaps: Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien und Potenziale. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): *Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. Berlin: Springer 2009, S. 165–188.

GODET 1986

Godet, M.: Introduction to La Prospective: Seven key ideas and one scenario method. *Futures* 18 (1986) 2, S. 134–157.

GOMERINGER 2007

Gomeringer, A.: *Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte*. Dissertation, Universität Stuttgart, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 460. Heimsheim: Jost-Jetter 2007.

GORDON & HAYWARD 1968

Gordon, T. J.; Hayward, H.: Initial Experiments with the Cross Impact Matrix Method of Forecasting. *Futures* 1 (1968) 2, S. 100–116.

GRAWATSCH 2005

Grawatsch, M.: TRIZ-basierte Technologiefrühaufklärung. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker 2005.

GREITEMANN ET AL. 2014a

Greitemann, J.; Christ, E. E.; Matzat, A. C.; Reinhart, G.: Strategic Evaluation of Technological Capabilities, Competencies and Core-Competencies of Manufacturing Companies. *Procedia CIRP* 19 (2014a), S. 57–63.

GREITEMANN ET AL. 2014b

Greitemann, J.; Plehn, C.; Koch, J.; Reinhart, G.: Strategic Screening of Manufacturing Technologies. In: Zaeh, M. F. (Hrsg.): *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*. Berlin, Heidelberg: Springer 2014b, S. 321–326.

GREITEMANN ET AL. 2014c

Greitemann, J.; Stahl, B.; Michels, N.; Lohmann, B.; Reinhart, G.: Quantitative model of the technology lifecycle for forecasting the maturity of manufacturing technologies. In: *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)*, 23-25 September 2014, Singapur 2014c.

GREITEMANN ET AL. 2015a

Greitemann, J.; Hofbauer, D.; Grammer, M.; Kaufmann, J.; Reinhart, G.: Systematische Identifikation von Produktionstechnologien - Technologieidentifikation am Beispiel der automobilen Großserienfertigung von FKV-Komponenten. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 110 (2015a) 7-8, S. 407–410.

GREITEMANN ET AL. 2015b

Greitemann, J.; Stahl, B.; Schoenmann, A.; Lohmann, B.; Reinhart, G.: Strategic production technology planning using a dynamic technology chain calendar. *Production Engineering – Research and Development* 9 (2015b) 3, S. 417–424.

GREITEMANN ET AL. 2015c

Greitemann, J.; Worbs, A.; Hehl, M.; Schönmann, A.; Reinhart, G.: Technologieidentifikation - Methodik und Evaluation. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 110 (2015c) 10, S. 630–634.

GREITEMANN ET AL. 2016a

Greitemann, J.; Hehl, M.; Wagner, D.; Reinhart, G.: Scenario and roadmap-based approach for the analysis of prospective production technology needs. *Production Engineering – Research and Development* 10 (2016a) 3, S. 337–343.

GREITEMANN ET AL. 2016b

Greitemann, J.; Zaggl, M. A.; Hehl, M.; Raasch, C.; Reinhart, G.: Technology lifecycle-oriented search for production technologies. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* (2016b) (DOI: 10.1016/j.cirpj.2016.08.001).

GRUBER 1993

Gruber, T. R.: A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition* 5 (1993) 2, S. 199–220.

GUDE ET AL. 2015

Gude, M.; Zäh, M. F.; Just, G.; Kaufhold, J.; Müller, M.; Stegelmann, M.; Hofmann, D.; Greitemann, J.; Kamps, T.; Stock, J.: Prozesskettenanalyse und Technologieplanung. In: Gude, M.; Lieberwirth, H.; Meschut, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): *FOREL-Studie - Chancen und Herausforderungen im ressourceneffizienten Leichtbau für die Elektromobilität*. Dresden: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2015, S. 69–78.

HANSEN & NEUMANN 2009

Hansen, H. R.; Neumann, G.: *Wirtschaftsinformatik 1: Grundlagen und Anwendungen*. 10. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius 2009.

HEINRICH & KLIER 2011

Heinrich, B.; Klier, M.: Datenqualitätsmetriken für ein ökonomisch orientiertes Qualitätsmanagement. In: Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Hinrichs, H.; Mielke, M. (Hrsg.): *Daten- und Informationsqualität*. Wiesbaden 2011, 2. Auflage, S. 49–67.

HERRMANN 2010

Herrmann, C.: *Ganzheitliches Life Cycle Management: Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen*. Heidelberg, Dodrecht, London, New York: Springer 2010.

HERTZUM & PEJTERSEN 2000

Hertzum, M.; Pejtersen, A. M.: The information-seeking practices of engineers: searching for documents as well as for people. *Information Processing & Management* 36 (2000) 5, S. 761–778.

HOFBAUER ET AL. 2015

Hofbauer, D.; Miadowitz, T.; Dix, M.; Gustke, K.; Kroll, L.; Kaufmann, J.: Auslegung und Simulation von Faser-Kunststoff-Verbundprofilen mit hybriden Textil- und Kernstrukturen. In: Huber, O.; Bicker, M.; Patzelt, P. (Hrsg.): 7. Landshuter Leichtbau Colloquium: Monolithische und hybride Strukturen für den Leichtbau. Landshut: LC-Verlag 2015, S. 184–196.

HOFBAUER ET AL. 2016

Hofbauer, D.; Greitemann, J.; Grammer, M.; Kaufmann, J.; Reinhart, G.: Systematische Bewertung von FKV-Fertigungstechnologien: Technologiebewertung am Beispiel der automobilen Großserienfertigung von FKV-Komponenten. wt Werkstattstechnik online 106 (2016) 3 (unveröffentlicht).

HÖFT 1992

Höft, U.: Lebenszykluskonzepte: Grundlage für das strategische Marketing und Technologiemanagement. Berlin: Erich Schmidt 1992.

HONTON ET AL. 1984

Honton, E. J.; Stacey, G. S.; Millet, S. M.: Future Scenarios: The BASICS Computational Method. Columbus, Ohio: Battelle, Columbus Division 1984.

HU & ZHANG 2010

Hu, F.; Zhang, Y.-F.: Text Mining Based on Domain Ontology. In: International Conference on E-Business and E-Government (ICEE), 7-9 Mai 2010, Guangzhou 2010.

HUSS & HONTON 1987

Huss, W. R.; Honton, E. J.: Alternative Methods for Developing Business Scenarios. Technological Forecasting and Social Change 31 (1987) 3, S. 219–238.

IBM 2014

IBM: SPSS 21 Software. <www-01.ibm.com/software/de/analytics/spss/> - 25.11.2014, 2014.

IEEE 610.12-1990 1990

IEEE 610.12-1990: IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, 1990.

IEEE 830-1998 1998

IEEE 830-1998: IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1998.

JOHNSON ET AL. 2006

Johnson, J. D.; Case, D. O.; Andrews, J.; Allard, S. L.; Johnson, N. E.: Fields and pathways: Contrasting or complementary views of information seeking. *Information Processing and Management* 42 (2006) 6, S. 569–582.

KAHN & STRONG 1998

Kahn, B.; Strong, D.: Product and Service Performance Model for Information Quality: An Update. In: *Proceedings of the 3rd Conference on Information Quality (IQ)*, 1998, Cambridge, MA 1998.

KAHN ET AL. 2002

Kahn, B. K.; Strong, D. M.; Wang, R. Y.: Product and Service Performance. *Communications of the ACM* 45 (2002) 4, S. 184–192.

KAHN & WIENER 1967

Kahn, H.; Wiener, A. J.: *The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years*. New York: MacMillian 1967.

KAISER ET AL. 2007

Kaiser, F.; Schimpf, S.; Schwarz, H.; Jakob, M.; Beucker, S.: *Internetgestützte Expertenidentifikation zur Unterstützung der frühen Innovationsphasen*. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag 2007.

KAMPKER ET AL. 2013

Kampker, A.; Burggraef, P.; Wesch-Potente, W.; Petersohn, G.; Krunke, M.: Life cycle oriented evaluation of flexibility in investment decisions for automated assembly systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 6 (2013) 4, S. 274–280.

KERR ET AL. 2006

Kerr, C.; Mortara, L.; Phaal, R.; Probert, D.: A conceptual model for technology intelligence. *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 2 (2006) 1, S. 73–93.

KITAMURA & MIZOGUCHI 2003

Kitamura, Y.; Mizoguchi, R.: Ontology-based description of functional design knowledge and its use in a functional way server. *Expert Systems with Applications* 24 (2003) 2, S. 153–166.

KLAPPERT ET AL. 2011

Klappert, S.; Schuh, G.; Aghassi, S.: Einleitung und Abgrenzung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): *Technologiemanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer 2011, S. 5–10.

KLOCKE 2009

Klocke, F.: Production Technology in High-Wage Countries: From Ideas of Today to Products of Tomorrow. In: Schlick, C. M. (Hrsg.): Industrial Engineering and Ergonomics. Berlin: Springer 2009, S. 13–30.

KNOCHE 2005

Knoche, K.: Generisches Modell zur Beschreibung von Fertigungstechnologien. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker 2005.

KUBE 2001

Kube, C. P.: Integration der Technologiebeobachtung in die Frühphase von Innovationsprojekten. Dissertation, Universität St. Gallen. St. Gallen 2001.

KOCH ET AL. 2016

Koch, J.; Michels, N.; Reinhart, G.: Context model design for a process-oriented Manufacturing Change Management. *Procedia CIRP* 41 (2016), S. 33–38.

KOSOW & GASSNER 2008

Kosow, H.; Gassner, R.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien, Werkstattbericht / Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Band Nr. 103. Berlin: IZT 2008.

KOSTOFF & SCHALLER 2001

Kostoff, R.; Schaller, R.: Science and Technology Roadmaps. *IEEE Transactions on Engineering Management* 2 (2001) 2, S. 132–143.

KRUBASIK 1982

Krubasik, E. G.: Strategische Waffe. *Wirtschaftswoche* 36 (1982) 25, S. 28–33.

KRYSOTEK & MÜLLER-STEWENS 1993

Krystek, U.; Müller-Stewens, G.: Frühaufklärung für Unternehmen: Identifikation und Handhabung zukünftiger Chancen und Bedrohungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1993.

KUNZ 2006

Kunz, C. D.: Ein integrierter Ansatz zur wissensbasierten Informationsrecherche. Dissertation, Universität Stuttgart, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 436. Heimsheim: Jost-Jetter 2006.

KUNZE 2005

Kunze, C. W.: Competitive Intelligence - Ein ressourcenorientierter Ansatz strategischer Frühaufklärung. Dissertation, Universität-Gesamthochschule Wuppertal. Aachen: Shaker 2005.

KYLÄHEIKO ET AL. 2011

Kyläheiko, K.; Jantunen, A.; Puumalainen, K.; Luukka, P.: Value of knowledge - Technology strategies in different regimes. *International Journal of Production Economics* 131 (2011) 2, S. 273–287.

LANG 1998

Lang, H.-C.: Gestaltung der Technology Intelligence in Abhängigkeit der Wettbewerbssituation. Zürich: Verlag Industrielle Organisation 1998.

LANG-KOETZ ET AL. 2008

Lang-Koetz, C.; Ardilio, A.; Warschat, J.: Technologie Radar - Heute schon Technologien für morgen identifizieren. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Technologie: Chancen erkennen, Leistungen entwickeln. München: Carl Hanser 2008, S. 133–146.

LEE ET AL. 2011

Lee, J. H.; Phaal, R.; Lee, C.: An empirical analysis of the determinants of technology roadmap utilization. *R&D Management* 41 (2011) 5, S. 485–508.

LEE ET AL. 2008

Lee, S.; Mortara, L.; Kerr, C.; Phaal, R.; Probert, D.: Discovering Technology Intelligence from Document Data in an Organisation. In: Yoo, S.-D. (Hrsg.): EKC2008 Proceedings of the EU-Korea Conference on Science and Technology. Berlin, Heidelberg: Springer 2008, S. 371–381.

LEE ET AL. 2009

Lee, S.; Yoon, B.; Park, Y.: An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach. *Technovation* 29 (2009) 6, S. 481–497.

LEE ET AL. 2002

Lee, Y. W.; Strong, D. M.; Kahn, B. K.; Wang, R. Y.: AIMQ: a methodology for information quality assessment. *Information & Management* 40 (2002) 2, S. 133–146.

LEVITT 1983

Levitt, T.: The Globalization of Markets. *Harvard Business Review* 61 (1983) 3, S. 92–102.

LI ET AL. 2007

Li, Z.; Raskin, V.; Ramani, K.: A methodology of engineering ontology development for information retrieval. In: Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design (ICED'07), 28-31 August 2007, Paris 2007.

LICHTENTHALER 2002

Lichtenthaler, E.: Organisation der Technology Intelligence: Eine empirische Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven Grossunternehmen. Zürich: Verlag Industrielle Organisation 2002.

LICHTENTHALER 2003

Lichtenthaler, E.: Third generation management of technology intelligence processes. R&D Management 33 (2003) 4, S. 361–375.

LICHTENTHALER 2004a

Lichtenthaler, E.: Technological change and the technology intelligence process: a case study. Journal of Engineering and Technology Management 21 (2004a) 4, S. 331–348.

LICHTENTHALER 2004b

Lichtenthaler, E.: Technology intelligence processes in leading European and North American multinationals. R&D Management 34 (2004b) 2, S. 121–135.

LICHTENTHALER 2005

Lichtenthaler, E.: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin: Springer 2005, S. 55–80.

LICHTENTHALER 2006

Lichtenthaler, E.: Technology intelligence: identification of technological opportunities and threats by firms. International Journal of Technology Intelligence and Planning 2 (2006) 3, S. 289–323.

LIEBL 1996

Liebl, F.: Strategische Frühaufklärung: Trends - Issues - Stakeholders. München, Wien: Oldenbourg 1996.

LINDEMANN ET AL. 2003

Lindemann, U.; Baumberger, C.; Freyer, B.; Gahr, A.; Ponn, J.; Plum, U.: Entwicklung individualisierter Produkte. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 2003, S. 13–29.

LIZASO & REGER 2004

Lizaso, F.; Reger, G.: Scenario-based Roadmapping – A Conceptual View. In: EU-US Seminar: New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May 2004, Seville 2004.

LOIZIDES & BUCHANAN 2013

Loizides, F.; Buchanan, G.: Towards a Framework for Human (Manual) Information Retrieval. In: Lupu, M.; Kanoulas, E.; Loizides, F. (Hrsg.): Multidisciplinary Information Retrieval. Springer 2013, S. 87–98.

LOSIEWICZ ET AL. 2000

Losiewicz, P.; Oard, D. W.; Kostoff, R. N.: Textual Data Mining to Support Science and Technology Management. Journal of Intelligent Information Systems 15 (2000) 2, S. 99–119.

LOTTER 2006

Lotter, B.: Einführung. In: Lotter, B.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 2006, S. 1–9.

LUX & PESKE 2002

Lux, C.; Peske, T.: Competitive Intelligence und Wirtschaftsspionage: Analyse, Praxis, Strategie. Wiesbaden: Gabler 2002.

MACNULTY & MACNULTY 1977

MacNulty, C.; MacNulty, R.: Scenario Development for Corporate Planning. Futures 9 (1977) 2, S. 128–138.

MALASKA ET AL. 1984

Malaska, P.; Malmivirta, M.; Meristö, T.; Hansén, S.-O.: Scenarios in Europe-Who Uses Them and Why? Long Range Planning 17 (1984) 5, S. 45–49.

MANNING ET AL. 2008

Manning, C. D.; Raghavan, P.; Schütze, H.: Introduction to Information Retrieval. Cambridge: Cambridge University Press 2008.

MARKOWITZ 1952

Markowitz, H.: Portfolio Selection. *The Journal of Finance* 7 (1952) 1, S. 77–91.

MCDONALD & RICHARDSON 1997

McDonald, D. W.; Richardson, J. L.: Designing and Implementing Technology Intelligence Systems. In: Ashton, W. B.; Klavans, R. A. (Hrsg.): *Keeping abreast of science and technology: technical intelligence for business*. Columbus: Batelle Press 1997, S. 123–156.

MEADOWS 1972

Meadows, D. H.: *The Limits to growth; A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books 1972.

MERCER 1995

Mercer, D.: Scenarios Made Easy. *Long Range Planning* 28 (1995) 4, S. 81–86.

MESAROVIĆ & PESTEL 1974

Mesarović, M. D.; Pestel, E.: *Mankind at the turning point: The second report to the Club of Rome*. New York: Dutton 1974.

MEYER-SCHÖNHERR 1992

Meyer-Schönherr, M.: *Szenario-Technik als Instrument der strategischen Planung*. 2. Auflage. Ludwigsburg: Verlag Wissenschaft und Praxis 1992.

MIEKE 2005

Mieke, C.: *Kooperative Technologiefrühaufklärung mittels szenariobasiertem Technologie-Roadmapping*. Dissertation, Technische Universität Cottbus. Cottbus: Deutscher Universitätsverlag 2005.

MIETZNER 2009

Mietzner, D.: *Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen: Methodenevaluation und neue Ansätze*. Wiesbaden: Gabler 2009.

MILBERG 2005

Milberg, J.: *Deutschland eine starke Marke – ein Beitrag zur Leitbilddiskussion in Deutschland*. In: Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R.; Schuh, G. (Hrsg.): *Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik*. Aachen: Shaker 2005, S. 1–16.

MOCH 2011

Moch, D.: Strategischer Erfolgsfaktor Informationstechnologie: Analyse des Wertbeitrags der Informationstechnologie zur Produktivitätssteigerung und Produktdifferenzierung. Dissertation, Universität Mannheim. Wiesbaden: Gabler 2011.

MÖHRLE & ISENMANN 2005

Möhrle, M. G.; Isenmann, R.: Grundlagen des Technologie-Roadmapping. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin: Springer 2005, S. 1–12.

MORTARA ET AL. 2009

Mortara, L.; Kerr, C. I. V.; Phaal, R.; Probert, D.: Technology Intelligence practice in UK technology-based companies. *International Journal of Technology Management* 48 (2009) 1, S. 115–135.

MÜLLER 2007

Müller, S.: Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen. Dissertation, Technische Universität München, iwv Forschungsberichte, Band 209. München: Herbert Utz 2007.

NONAKA & TAKEUCHI 1997

Nonaka, I.; Takeuchi, H.: Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. Frankfurt am Main: Campus 1997.

NORTH 2011

North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen. 5. Auflage. Wiesbaden: Gabler 2011.

NOY & MCGUINNESS 2001

Noy, N. F.; McGuinness, D. L.: *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford: Stanford University, 2001.

NRC 1987

NRC: *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage*. Washington, DC: National Academy Press 1987.

PAAP 1997

Paap, J. E.: *Technology management and competitive intelligence: strategies for a changing world*, 1997.

PARK ET AL. 2013

Park, M.; Lee, K.-W.; Lee, H.-S.; Jiayi, P.; Yu, J.: Ontology-based construction knowledge retrieval system. *KSCE Journal of Civil Engineering* 17 (2013) 7, S. 1654–1663.

PAUSE 2016

Pause, J.: Bewertung der Wissensqualität von Kostenelementen für Kalkulationen in der Automobilindustrie. Dissertation, Technische Universität München. München: Herbert Utz 2016 (unveröffentlicht).

PEIFFER 1992

Peiffer, S.: Technologie-Frühaufklärung: Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung. Hamburg: S+W Steuer- und Wirtschaftsverlag 1992.

PERILLIEUX 1987

Perillieux, R.: Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement: Früher oder später Einstieg bei technischen Innovationen? Berlin: Erich Schmidt Verlag 1987.

PFEIFFER 1983

Pfeiffer, W.: Strategisch orientiertes Forschungs- und Entwicklungsmanagement - Probleme und Lösungsansätze aus der Sicht der Wissenschaft. In: Blohm, H.; Danert, G. (Hrsg.): *Forschungs- und Entwicklungsmanagement*. Stuttgart: Poeschel 1983, S. 57–84.

PFEIFFER & SCHNEIDER 1985

Pfeiffer, W.; Schneider, W.: Grundlagen und Methoden einer technologieorientierten strategischen Unternehmensplanung. *Strategische Planung* 1 (1985) 2, S. 121–142.

PFEIFFER ET AL. 1991

Pfeiffer, W.; Metze, G.; Schneider, W.; Amler, R.: *Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1991.

PHAAL ET AL. 1998

Phaal, R.; Paterson, C. J.; Probert, D. R.: Technology management in manufacturing business: process and practical assessment. *Technovation* 18 (1998) 8, S. 541–589.

PHAAL ET AL. 2001a

Phaal, R.; Farrukh, C.; Probert, D.: T-Plan: The fast-start to technology roadmapping : planning your route to success. Cambridge: University of Cambridge, Institute for Manufacturing 2001a.

PHAAL ET AL. 2001b

Phaal, R.; Farrukh, C.; Probert, D. R.: Technology management process assessment: a case study. *International Journal of Operations & Production Management* 21 (2001b) 8, S. 1116–1132.

PHAAL ET AL. 2004

Phaal, R.; Farrukh, C. J.; Probert, D. R.: Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change* 71 (2004) 1, S. 5–26.

PHAAL ET AL. 2005

Phaal, R.; Farrukh, C. J.; Probert, D. R.: Developing a Technology Roadmapping System. *Technology Management: A Unifying Discipline for Melting the Boundaries* 31 (2005), S. 99–111.

PLEHN ET AL. 2016

Plehn, C.; Stein, F.; de Neufville, R.; Reinhart, G.: Assessing the Impact of Changes and their Knock-on Effects in Manufacturing Systems. In: Westkämper, E.; Bauernhansl, T. (Hrsg.): *Factories of the Future in the Digital Environment*. 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Stuttgart 2016 (in print).

PLEUSS 2006

Pleuß, P. O.: Konzept zur Internetnutzung bei der Technologiefrüherkennung. Dissertation, Technische Universität Clausthal. Düsseldorf: Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH 2006.

POHL 2008

Pohl, K.: *Requirements Engineering: Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. 2. Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag 2008.

PORTER 2005

Porter, A. L.: QTIP: Quick technology intelligence processes. *Technological Forecasting and Social Change* 72 (2005) 9, S. 1070–1081.

PORTER ET AL. 2011

Porter, A. L.; Banks, J.; Rossini, F. A.; Mason, T. A.; Roper, A. T.: Forecasting and Management of Technology. 2. Auflage. Hoboken: Wiley 2011.

POSTMA & LIEBL 2005

Postma, T.; Liebl, F.: How to improve scenario analysis as a strategic management tool? *Technological Forecasting and Social Change* 72 (2005) 2, S. 161–173.

PROBERT ET AL. 2003

Probert, D.; Farrukh, C.; Phaal, R.: Technology roadmapping-developing a practical approach for linking resources to strategic goals. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 217 (2003) 9, S. 1183–1195.

RAGHUNATHAN 1999

Raghunathan, S.: Impact of information quality and decision-maker quality on decision quality: a theoretical model and simulation analysis. *Decision Support Systems* 26 (1999) 4, S. 275–286.

REGER 2001

Reger, G.: Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective. *Technology Analysis & Strategic Management* 13 (2001) 4, S. 533–553.

REHÄUSER & KRCMAR 1996

Rehäuser, J.; Krcmar, H.: Wissensmanagement im Unternehmen. In: Schreyögg, G.; Conrad, P. (Hrsg.): *Wissensmanagement (Managementforschung 6)*. Berlin: de Gruyter 1996, S. 1–40.

REIBNITZ 1988

Reibnitz, U. v.: *Scenario techniques*. New York: McGraw-Hill 1988.

REINHART & SCHINDLER 2010a

Reinhart, G.; Schindler, S.: A Strategic Evaluation Approach for Defining the Maturity of Manufacturing Technologies. *World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET)* 6 (2010a) 71, S. 920–925.

REINHART & SCHINDLER 2010b

Reinhart, G.; Schindler, S.: Reife von Produktionstechnologien: Konzeptuelle Bestimmung des Entwicklungsstadiums von Fertigungsverfahren und -prozessen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)* 105 (2010b) 7-8, S. 710–714.

REINHART ET AL. 2011

Reinhart, G.; Schindler, S.; Krebs, P.: Strategic Evaluation of Manufacturing Technologies. In: Hesselbach, J.; Herrmann, C. (Hrsg.): Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing. Berlin, Heidelberg: Springer 2011, S. 179–184.

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. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 306. Heinz-Nixdorf-Institut 2012, S. 355–372.

REINHART ET AL. 2014

Reinhart, G.; Greitemann, J.; Reisen, K.; Rester, N.: Technologie-Screening: Bewertung produktionsbezogener Risiken innovativer Produkte am Beispiel der Elektromobilität. wt Werkstattstechnik online 104 (2014) 4, S. 217–223.

REISEN ET AL. 2014

Reisen, K.; Greitemann, J.; Rester, N.; Reinhart, G.: Production Technology Screening for Innovative Products. In: Proceedings of the IEEE International Technology Management Conference (ITMC). 12-15 Juni 2014, Chicago, USA 2014.

RENZ 2004

Renz, K.-C.: Technologiestrategien in wachsenden und schnell wachsenden Unternehmen. Dissertation, Universität Stuttgart, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 406. Heimsheim: Jost-Jetter 2004.

RINNE 2004

Rinne, M.: Technology Roadmaps: Infrastructure for innovation. Technological Forecasting and Social Change 71 (2004) 1-2.

ROBERTS 2001

Roberts, E. B.: Benchmarking Global Strategic Management of Technology. Research-Technology Management 44 (2001) 2, S. 25–36.

ROBERTSON 1977

Robertson, S. E.: Theories and models in information retrieval. Journal of Documentation 33 (1977) 2, S. 126–148.

ROHRBECK 2006

Rohrbeck, R.: Technology Scouting - Harnessing a Network of Experts for Competitive Advantage. In: Proceedings of the 4th Seminar on project and innovation, 28-29 August 2006, Turku, Finland 2006.

ROHRBECK ET AL. 2006

Rohrbeck, R.; Heuer, J.; Arnold, H. M.: The Technology Radar - an Instrument of Technology Intelligence and Innovation Strategy. In: Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT), 21-23 Juni 2006, Singapur 2006.

RUPP 2001

Rupp, C.: Requirements-Engineering und -Management: Professionelle, iterative Anforderungsanalyse für die Praxis. München: Hanser 2001.

SAAD ET AL. 1993

Saad, K.; Roussel, P.; Tiby, C.: Management der F&E-Strategie. Wiesbaden: Gabler 1993.

SAATY 1990

Saaty, T. L.: The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. 2. Auflage. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publishing 1990.

SALAÜN & FLORES 2001

Salaün, Y.; Flores, K.: Information quality: meeting the needs of the consumer. *International Journal of Information Management* 21 (2001) 1, S. 21–37.

SALTON & MCGILL 1983

Salton, G.; McGill, M. J.: Introduction to modern information retrieval. New York: McGraw-Hill 1983.

SAVIOZ 2004

Savioz, P.: Technology Intelligence: Concept design and implementation in technology-based SME's. Houndmills, Basingstoke, Hampshire, New York: Palgrave Macmillan 2004.

SAVIOZ 2006

Savioz, P.: Technology intelligence systems: practices and models for large, medium-sized and start-up companies. *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 2 (2006) 4, S. 360–379.

SAVOLAINEN 2008

Savolainen, R.: Source preferences in the context of seeking problem-specific information. *Information Processing & Management* 44 (2008) 1, S. 274–293.

SCHIENMANN 2002

Schienmann, B.: Kontinuierliches Anforderungsmanagement: Prozesse - Techniken - Werkzeuge. München: Addison-Wesley 2002.

SCHIMPF 2010

Schimpf, S.: Social Software-Supported Technology Monitoring for Custom-Built Products. Dissertation, Universität Stuttgart, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 494. Heimsheim: Jost-Jetter 2010.

SCHINDLER 2014

Schindler, S.: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion. Dissertation, Technische Universität München. München: Herbert Utz 2014.

SCHINDLER ET AL. 2014

Schindler, S.; Greitemann, J.; Reisen, K.; Reinhart, G.: Strategische Planung von Produktionstechnologieketten. In: Vogel-Heuser, B.; Lindemann, U.; Reinhart, G. (Hrsg.): Innovationsprozesse zyklensorientiert managen. Berlin, Heidelberg: Springer 2014, S. 156–171.

SCHLOEN & SCHMITZ 2015

Schloen, J.; Schmitz, M.: Methoden und Werkzeuge der synchronisierten Technologieadaption - Suche nach technologischen Entwicklungen. In: Warschat, J.; Schimpf, S.; Korell, M. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung. Fraunhofer Verlag 2015, S. 23–45.

SCHMALENBACH 2013

Schmalenbach, H. H.: Ontologien zum Bereitstellen von Gestaltungswissen am Beispiel von Ingenieurkeramik. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe: IPEK Institut für Produktentwicklung 2013.

SCHMITZ 2015

Schmitz, M.: Methoden und Werkzeuge der synchronisierten Technologieadaption - Erstellung der Suchstrategie. In: Warschat, J.; Schimpf, S.; Korell, M. (Hrsg.): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung. Fraunhofer Verlag 2015, S. 14–22.

SCHMITZ 1996

Schmitz, W. J.: Methodik zur strategischen Planung von Fertigungstechnologien: Ein Beitrag zur Identifizierung und Nutzung von Innovationspotentialen. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker 1996.

SCHNAARS 1987

Schnaars, S. P.: How to Develop and Use Scenarios. Long Range Planning 20 (1987) 1, S. 105–114.

SCHOEMAKER 1993

Schoemaker, P.: Multiple scenario development: Its conceptual and behavioral foundation. Strategic Management Journal 14 (1993) 2, S. 193–213.

SCHOEMAKER 1995

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

SCHUH ET AL. 2005

Schuh, G.; Schröder, J.; Rosier, C.: Auswertung zur Studie: Trends im Technologiemanagement. Aachen: Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie (IPT), 2005.

SCHUH ET AL. 2011

Schuh, G.; Klappert, S.; Schubert, J.; Nollau, S.: Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer 2011, S. 33–54.

SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011

Schulte-Gehrmann, A.-L.; Klappert, S.; Schuh, G.: Technologiestrategie. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer 2011, S. 55–88.

SCHWARZ-GESCHKA ET AL. 2012

Schwarz-Geschka, M.; Schulze, J.; Hahnwald, H.: Die Erstellung szenariobasierter explorativer Technologie-Roadmaps am Beispiel „Selbstheilende Materialien im Bereich Sicherheit und Verteidigung“. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 306. Heinz-Nixdorf-Institut 2012, S. 173–195.

SEPP 1996

Sepp, H. M.: Strategische Frühaufklärung: Eine ganzheitliche Konzeption aus ökologieorientierter Perspektive. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, Gabler 1996.

SERVATIUS 1985

Servatius, H.-G.: Methodik des strategischen Technologie-Managements. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1985.

SHEHABUDDEEN & PROBERT 2004

Shehabuddeen, N. T.; Probert, D. R.: Excavating the technology landscape: deploying technology intelligence to detect early warning signals. In: Proceedings of the IEEE Engineering Management Conference (EMC), 18-21 Oktober 2004, Singapur 2004.

SINUS 2014

Sinus: Sinus Software und Consulting GmbH. Szeno-Plan. <www.sinus-online.com/szeno-plan-top.html> - 25.11.2014, 2014.

SOMMERLATTE & DESCHAMPS 1985

Sommerlatte, T.; Deschamps, J.-P.: Der strategische Einsatz von Technologien. Wiesbaden: Gabler 1985, S. 39–76.

SONG ET AL. 2014

Song, W.; Liang, J.; Cao, X. L.; Park, S. C.: An effective query recommendation approach using semantic strategies for intelligent information retrieval. Expert Systems with Applications 41 (2014) 2, S. 366–372.

SPATH ET AL. 2010

Spath, D.; Schimpf, S.; Lang-Koetz, C.: Technologiemonitoring: Technologien identifizieren, beobachten und bewerten. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag 2010.

SPATH ET AL. 2011

Spath, D.; Warschat, J.; Ardilio, A.: Technologiemanagement - Radar für Erfolg. Ludwigsburg: LOG X 2011.

SPECHT & ZÖRGIEBEL 1985

Specht, G.; Zörgiebel, W. W.: Technologieorientierte Wettbewerbsstrategien. Marketing 7 (1985) 3, S. 161–172.

STAAB & STUDER 2004

Staab, S.; Studer, R.: Handbook on ontologies. New York: Springer 2004.

STOCK 2007

Stock, W. G.: Information retrieval: Informationen suchen und finden. München, Wien: Oldenbourg 2007.

STREBEL 2007

Strebel, H.: Innovations- und Technologiemanagement. 2. Auflage. Wien: Facultas-WUV 2007.

STROHNER 1990

Strohner, H.: Information, Wissen und Bedeutung. 10. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius 1990.

STUCKENSCHNEIDER & SCHWAIR 2011

Stuckenschneider, H.; Schwair, T.: Strategisches Innovations-Management bei Siemens. In: Albers, S.; Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Wiesbaden: Gabler 2011, S. 763–780.

SUKANYA & BIRUNTHA 2012

Sukanya, M.; Biruntha, S.: Techniques on text mining. In: IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), 23-25 August 2012, Ramanathapuram 2012.

TAYLOR & TAYLOR 2012

Taylor, M.; Taylor, A.: The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications. International Journal of Production Economics 140 (2012) 1, S. 541–553.

TIEFEL 2007

Tiefel, T.: Technologielebenszyklus-Modelle - Eine kritische Analyse. In: Tiefel, T. (Hrsg.): Gewerbliche Schutzrechte im Innovationsprozess. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 2007, S. 25–49.

TSCHIRKY 1994

Tschirky, H.: The role of technology forecasting and assessment in technology management. R&D Management 24 (1994) 2, S. 121–129.

TSCHIRKY 1998

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

TWISS 1992

Twiss, B. C.: Forecasting for technologists and engineers - A practical guide for better decisions. IEE Management of Technology Series 15. London: Peter Peregrinus Ltd. 1992.

ULLMANN 1995

Ullmann, C.: Methodik zur Verfahrensplanung von innovativen Fertigungstechnologien im Rahmen der technischen Investitionsplanung. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: Shaker 1995.

USCHOLD & KING 1995

Uschold, M.; King, M.: Towards a methodology for building ontologies. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing held in conjunction with International Joint Conference on Artificial Intelligence. Edinburgh: University of Edinburgh, 1995.

UTTERBACK & ABERNATHY 1975

Utterback, J. M.; Abernathy, W. J.: A dynamic model of process and product innovation. *Omega* 3 (1975) 6, S. 639–656.

VAN DER HEIJDEN, K. 1996

Van der Heijden, K.: Scenarios: The art of strategic conversation. New York: John Wiley & Sons 1996.

VAN DER HEIJDEN, K. 2000

Van der Heijden, K.: Scenarios and Forecasting: Two Perspectives. *Technological Forecasting and Social Change* 65 (2000) 1, S. 31–36.

VAN DER HEIJDEN, K. 2002

Van der Heijden, K.: Sixth sense: Accelerating organizational learning with scenarios. New York: Wiley 2002.

VAN WYK 1997

Van Wyk, R. J.: Strategic Technology Scanning. *Technological Forecasting and Social Change* 55 (1997) 1, S. 21–38.

VANSTON ET AL. 1977

Vanston, J. H.; Parker, F.; Lopreato, S. C.; Poston, D. L.: Alternate Scenario Planning. *Technological Forecasting and Social Change* 10 (1977) 2, S. 159–180.

VDI 2803 1996

VDI 2803: Funktionsanalyse - Grundlagen und Methode, Berlin: Beuth, 1996.

VERSTEEGEN 2004

Versteegen, G.: Die Formulierung von Anforderungen. In: Versteegen, G. (Hrsg.): Anforderungsmanagement: Formale Prozesse, Praxiserfahrungen, Einführungsstrategien und Toolauswahl. Berlin, Heidelberg: Springer 2004, S. 39–64.

VOLLMER ET AL. 2013

Vollmer, M.; Schmitz, M.; Warschat, J.: How function analysis of manufacturing processes can stimulate technology intelligence processes. In: Proceedings of the PICMET'13 Conference, 28 Juli-01 August 2013, San Jose, USA 2013.

WACK 1985

Wack, P.: Scenarios: Uncharted Waters Ahead. Harvard Business Review 63 (1985) 5, S. 72–89.

WALLENTOWITZ ET AL. 2009

Wallentowitz, H.; Freialdenhoven, A.; Olschewski, I.: Strategien in der Automobilindustrie: Technologietrends und Marktentwicklungen. Wiesbaden: Vieweg+Teubner 2009.

WANG & STRONG 1996

Wang, R.; Strong, D.: Beyond accuracy: What data quality means to data customers. Journal of Management Information Systems 12 (1996) 4, S. 5–34.

WELGE & AL-LAHAM 2003

Welge, M. K.; Al-Laham, A.: Strategisches Management: Grundlagen - Prozess - Implementierung. 4. Auflage. Wiesbaden: Gabler 2003.

WELLENSIEK ET AL. 2011

Wellensiek, M.; Schuh, G.; Hacker, P. A.; Saxler, J.: Technologiefrüherkennung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer 2011, S. 89–169.

WELP ET AL. 2007

Welp, E. G.; Labenda, P.; Bludau, C.: Usage of Ontologies and Software Agents for Knowledge-Based Design of Mechatronic Systems. In: Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design (ICED'07), 28-31 August 2007, Paris 2007.

WIENDAHL ET AL. 2007

Wiendahl, H. P.; ElMaraghy, H. A.; Nyhuis, P.; Zäh, M. F.; Wiendahl, H. H.; Duffie, N.; Kolakowski, M.: Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation. *Annals of the CIRP* 56 (2007) 2, S. 1–25.

WIENDAHL ET AL. 2009

Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: *Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. München: Carl Hanser 2009.

WILLYARD 1987

Willyard, C. H.: Motorola's Technology Roadmap Process. *Research Management* 30 (1987) 5, S. 13–19.

WILSON 1998

Wilson, I.: Mental Maps of the future: An Intuitive Logics Approach to Scenario Planning. In: Fahey, L. and Randall, R. M. (Hrsg.): *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*. New York: John Wiley & Sons 1998, S. 81–108.

WOLFRUM 1991

Wolfrum, B.: *Strategisches Technologiemanagement*. Wiesbaden: Gabler 1991.

WOLFRUM 1994

Wolfrum, B.: *Strategisches Technologiemanagement. Neue betriebswirtschaftliche Forschung, 2. Auflage*. Wiesbaden: Gabler 1994.

WOLFRUM 1995

Wolfrum, B.: Alternative Technologiestrategien. In: Zahn, E. (Hrsg.): *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1995, S. 243–265.

WÜRTHELE 2003

Würthele, V. G.: *Datenqualitätsmetrik für Informationsprozesse*. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Zürich 2003.

YOON 2008

Yoon, B.: On the development of a technology intelligence tool for identifying technology opportunity. *Expert Systems with Applications* 35 (2008) 1, S. 124–135.

YOON 2012

Yoon, B.: Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of Web news. *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 16, S. 12543–12550.

YOON & PARK 2005

Yoon, B.; Park, Y.: A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis. *Technological Forecasting and Social Change* 72 (2005) 2, S. 145–160.

ZÄH ET AL. 2010

Zäh, M.; Reinhart, G.; Karl, F.; Schindler, S.; Pohl, J.; Rimpau, C.: Cyclic influences within the production resource planning process. *Production Engineering - Research and Development* 4 (2010) 4, S. 309–317.

ZAHN 1986

Zahn, E.: *Innovations- und Technologiemanagement*. Berlin: Duncker & Humblot 1986.

ZAHN 1995

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

ZANGEMEISTER 2000

Zangemeister, C.: *Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA): Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein 3-Stufen-Verfahren zur Arbeitssystembewertung*, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Band Fb 879. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft 2000.

ZENTNER 1982

Zentner, R. D.: Scenarios, Past, Present and Future. *Long Range Planning* 15 (1982) 3, S. 12–20.