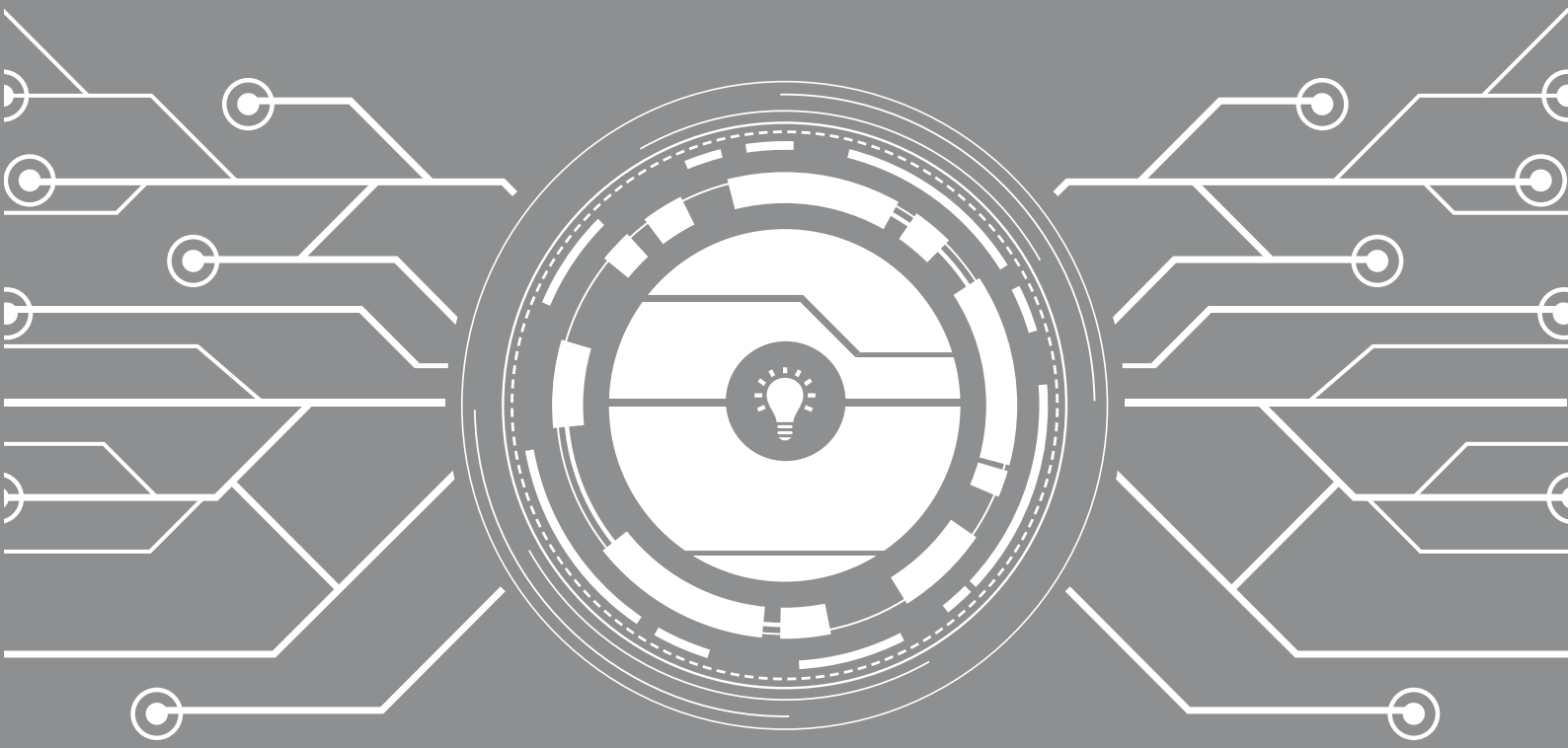
41

SCHRIFTENREIHE ZU ARBEITSWISSENSCHAFT UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT

Michael Schmitz

Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien



Fraunhofer IAO

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

SCHRIFTENREIHE ZU ARBEITSWISSENSCHAFT
UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e. h. mult. Dr. h. c. mult. Hans-Jörg Bullinger

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart, Stuttgart
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

Band 41

Michael Schmitz

Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien

FRAUNHOFER VERLAG

Impressum

Kontaktadresse:
Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart und
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-01, Fax -2299
www.iat.uni-stuttgart.de
www.iao.fraunhofer.de

Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement

Herausgeber:
Univ. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath
Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e. h. mult.
Dr. h. c. mult. Hans-Jörg Bullinger

Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart und
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO

Bibliografische Information der
Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISSN 2195-3414
ISBN 978-3-8396-1270-5

D 93
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2017

Druck und Weiterverarbeitung:
IRB Mediendienstleistungen
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buchs wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© FRAUNHOFER VERLAG, 2017
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 800469, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500, Fax -2508
verlag@fraunhofer.de
http://verlag.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Geleitwort

Grundlage der Arbeiten am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und am kooperierenden Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO ist die Überzeugung, dass unternehmerischer Erfolg in Zeiten globalen Wettbewerbs vor allem bedeutet, neue technologische Potenziale nutzbringend einzusetzen. Deren erfolgreicher Einsatz wird vor allem durch die Fähigkeit bestimmt, kunden- und mitarbeiterorientiert Technologien schneller als die Mitbewerber zu entwickeln und anzuwenden. Dabei müssen gleichzeitig innovative und anthropozentrische Konzepte der Arbeitsorganisation zum Einsatz kommen. Die systematische Gestaltung wird also erst durch die Bündelung von Management- und Technologiekompetenz ermöglicht. Dabei wird durch eine ganzheitliche Betrachtung der Forschungs- und Entwicklungsthemen gewährleistet, dass wirtschaftlicher Erfolg, Mitarbeiterinteressen und gesellschaftliche Auswirkungen immer gleichwertig berücksichtigt werden.

Die im Rahmen der Forschungsarbeiten an den Instituten entstandenen Dissertationen werden in der »Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement« veröffentlicht. Die Schriftenreihe ersetzt die Reihe »IPA-IAO Forschung und Praxis«, herausgegeben von H. J. Warnecke, H.-J. Bullinger, E. Westkämper und D. Spath. In dieser Reihe sind in den vergangenen Jahren über 500 Dissertationen erschienen. Die Herausgeber wünschen den Autoren, dass ihre Dissertationen aus den Bereichen Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement in der breiten Fachwelt als wichtige und maßgebliche Beiträge wahrgenommen werden und so den Wissensstand auf ein neues Niveau heben.

Dieter Spath

Hans-Jörg Bullinger

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter für das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart.

Zur Realisierung dieser Arbeit haben mich zahlreiche Menschen inspiriert und über die Jahre in vielerlei Hinsicht unterstützt. Einer Auswahl möchte ich im Folgenden noch einmal danken: Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath, Institutsleiter des Fraunhofer IAO und des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart, danke ich für die Annahme dieser Arbeit und die wissenschaftliche Betreuung, sowie Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper i.R. für die Übernahme des Mitberichts.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Warschat, Leiter des Geschäftsfelds Innovations- und Technologiemanagement am Fraunhofer IAO, gilt mein Dank für die fachliche Begleitung und konstruktiven Diskussionen während der Entstehung dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank geht an meine (ehemaligen) Kollegen/-innen am Fraunhofer IAO, u. a. Dr.-Ing. Antonino Ardilio, Michael Bucher, Denis Horn, Prof. Dr.-Ing. Claus Lang-Koetz, Tim Schloen, Frieder Schnabel und Helge Spindler, die mir sowohl thematisch immer wieder neue Perspektiven eröffneten als mich auch mental kontinuierlich unterstützten. Vielen Dank auch an die zahlreichen studentischen Hilfskräfte für ihre Unterstützung. Aus ganzem Herzen danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die mir über die lange Zeit auf dem Weg zur Promotion immer wieder Mut zusprachen, Kraft schenkten aber auch Ansporn lieferten.

Stuttgart im November 2017
Michael Schmitz

Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Michael Schmitz

aus Leipzig

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dieter Spath

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper i.R.

Tag der mündlichen Prüfung: 16.10.2017

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
der Universität Stuttgart

2017

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 12

Tabellenverzeichnis 16

Formelverzeichnis 19

Abkürzungsverzeichnis 20

Zusammenfassung 22

Summary 26

1 Einleitung 30

1.1 Motivation 31

1.2 Zielsetzung der Arbeit 34

1.3 Aufbau und Vorgehensweise der Arbeit 37

2 Stand des Wissens und Herausforderungen 39

2.1 Grundlagen und Definitionen 39

2.1.1 Begriffliche Abgrenzungen im Kontext von Technologien 40

2.1.2 Einteilung von Technologien 47

2.1.3 Beschreibung von Technologien im Kontext von Systemen 55

2.1.4 Management von Technologien 64

2.1.5 Informations- und Wissensmanagement 68

2.2 Anwendungsgebiete für die Suche nach Technologien 74

2.2.1 Lösungssuche in der Produktentwicklung 76

2.2.2 Technology Intelligence 79

2.2.3 Diversifikation in neue Märkte 83

2.2.4 Bewertung von Technologiekompetenzen 86

2.2.5 Zusammenfassende Charakterisierung von Technologiesuchen 87

2.3 Ansätze zur Suche nach Technologien.....90

2.3.1 Bestimmung des Informationsbedarfs..... 92

2.3.2 Erstellung einer Suchstrategie 96

2.3.3 Lösungssuche durch Informationsakquisition 100

2.3.4 Auswahl von Lösungen 114

2.4 Defizite bestehender Ansätze zur Suche nach unbekannten Technologien.....115

2.5 Zusammenfassende Eingrenzung des Forschungsbedarfs.....123

3 Konzeption eines Verfahrens..... 125

3.1 Strukturierung und Charakterisierung des Verfahrens.....125

3.2 Anforderungen an das Verfahren.....132

4 Entwicklung des Verfahrens 136

4.1 Technologischen Informationsbedarf formal erfassen 136

4.2 Funktionsbasierte Beschreibung des Informationsbedarfs 144

4.3 Ontologie-gestützte Überführung des Informationsbedarfs in Suchtermini 149

4.4 Operationalisierbarkeit technischer Funktionen mittels Funktionsprofilen.....154

4.5 Automatisierte Ermittlung von Funktionsprofilen.....163

4.6 Berechnung synonymer Suchtermini auf Basis einer Funktions-Ontologie.....176

4.6.1 Struktur der Funktions-Ontologie 178

4.6.2 Inhalte der Funktions-Ontologie 187

4.6.3 Berechnung synonymer Funktionen 192

4.7 Definition relevanter Informationsquellen und Suchtermini 195

4.8 Formulierung der Suchlogik 209

5 Praktische Anwendung des Verfahrens 214

5.1 Anwendungsfall: TechnologieRadar 216

5.1.1 Ausgangssituation 216

5.1.2 Verortung des neuen Verfahrens in der Methode TechnologieRadar 217

5.1.3 Fallspezifische Erstellung einer Suchstrategie für den TechnologieRadar 220

5.1.4 Text-Mining-basierte Suche nach Technologien und Ergebnisbewertung 225

5.2 Anwendungsfall: MarktExplorer 228

5.2.1 Ausgangssituation 228

5.2.2 Verortung des neuen Verfahrens in der Methode MarktExplorer 229

5.2.3 Fallspezifische Erstellung einer Suchstrategie für den MarktExplorer 233

5.2.4 Text-Mining-basierte Suche nach Technologien und Ergebnisbewertung 240

6 Diskussion des Verfahrens und Fazit 243

7 Zusammenfassung 248

8 Ausblick 252

Literaturverzeichnis 254

Anhang – A 276

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zweck-Mittel induzierte Innovationen 44

Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Theorie, Technik und Technologie im Unternehmen 47

Abbildung 3: Technologielebenszyklus im S-Kurven Modell 52

Abbildung 4: Schaubild zur Beschreibung einer technischen Funktion am Beispiel: »Schmutzwasser filtern« 61

Abbildung 5: Überblick über die Aufgabengebiete des Technologie-managements 66

Abbildung 6: Abgrenzung von Technologiemanagement zu Innovations-management und Forschungs- und Entwicklungsmanagement in Unternehmen 67

Abbildung 7: Differenzierung von Daten, Information und Wissen 70

Abbildung 8: Semantische Treppe 74

Abbildung 9: Aufgabengebiete mit der Suche nach Technologien 75

Abbildung 10: Ausschnitt zur Lösungssuche aus dem Vorgehen in der Produktentwicklung 78

Abbildung 11: Technologie-Markt-Matrix 85

Abbildung 12: Ebenen des Informationsbedarfs 93

Abbildung 13: Vom Informationsbedarf zur Suchstrategie 98

Abbildung 14: Bewertung unterschiedlicher Ansätze zur Lösungssuche ... 123

Abbildung 15: Fehlende Systematik im Informationsprozess bei Technologierecherchen 124

Abbildung 16: Elemente einer Suchstrategie 125

Abbildung 17: Verortung des neuen Verfahrens im generischen Informationsprozess (Big Picture) 126

Abbildung 18: Terminologisch eingrenzbarer Lösungsraum 131

Abbildung 19: Anforderungen an ein neues Verfahren hinsichtlich Gestaltung und Umsetzung 132

Abbildung 20: Phasenmodell des Verfahrens zur Erstellung einer Suchstrategie für die Identifikation von Technologien 136

Abbildung 21: Auslöser für die Suche nach Technologien 137

Abbildung 22: Semantische Verbindung zwischen Nutzer- und Technologiefunktion 145

Abbildung 23: Funktionale Beschreibung (Objekt-Verb-Term-Kombination) des Informationsbedarfs in unterschiedlichen Anwendungsgebieten 147

Abbildung 24: Elemente einer allgemeinen Ontologie zur Beschreibung von technischen Funktionen 154

Abbildung 25: Objekteigenschaften als Grundlage zur Operationalisierung von technischen Funktionen 157

Abbildung 26: Struktur des Funktionsprofils 160

Abbildung 27: Funktionsprofil als sprachliche Brücke zwischen Anwendung und Technologie 163

Abbildung 28: Prozess zur Ermittlung von Funktionsprofilen 167

Abbildung 29: Auszug aus der Cartridge: Nouns appearing with »filtern« . 169

Abbildung 30: Auszug aus der automatisierten Häufigkeitsanalyse und den zugehörigen Textabschnitten im Text-Mining-Werkzeug (Elemente von Funktionsprofilen für das Funktionsverb »filtern«) 170

Abbildung 31: Auszug aus der Cartridge: Verbs appearing with »Funktionsprofile_filtern« 173

Abbildung 32: Häufkeit des Vorkommens von Funktionsverben als Teil betragsmindernder Funktionsprofile (Analyse von 10.443 wissenschaftlichen Abstracts) 174

Abbildung 33: Abstraktionsschichten der Funktions-Ontologie 180

Abbildung 34: Struktur des Upper-Layer der Funktions-Ontologie..... 181

Abbildung 35: Struktur des Domain-Layer der Funktions-Ontologie 182

Abbildung 36: Layer-basierte Struktur der Funktions-Ontologie..... 184

Abbildung 37: Auszug aus der in Protégé erstellten Funktions-Ontologie . 186

Abbildung 38: Beispiel für die Strukturierung von Objekteigenschaften in der Funktions-Ontologie 190

Abbildung 39: OWL-DL Query Beispiel 1 193

Abbildung 40: OWL-DL Query Beispiel 2 194

Abbildung 41: Bewertungsportfolio für operationalisiert ermittelte Funktionsverben..... 207

Abbildung 42: Beispielhafte Suchstrategie (im Sinne einer Blockstrategie) 209

Abbildung 43: Skizzierung des Vorkommens von Technologienamen im Umfeld von Suchtermini 210

Abbildung 44: Auszug aus der Beispiel-Cartridge zur Identifikation von Technologienamen..... 213

Abbildung 45: Prozessschritte des Verfahrens in der Praxis..... 215

Abbildung 46: Phasen der Methode: TechnologieRadar..... 219

Abbildung 47: Zusammenfassung des Informationsbedarfs im Anwendungsfall: TechnologieRadar..... 222

Abbildung 48: Auszug aus der Luxid-Cartridge - Anwendungsfall: TechnologieRadar 226

Abbildung 49: Phasen der Methode: MarktExplorer 233

Abbildung 50: Zusammenfassung des Informationsbedarfs im Anwendungsfall: MarktExplorer 236

Abbildung 51: Auszug aus der Luxid-Cartridge - Anwendungsfall: MarktExplorer 241

Abbildung 52: Ansatz zur Definition von Suchfeldstrategien nach SCHUH 278

Abbildung 53: Übergeordnetes Verständnis bei der Suche nach technologischen Informationen in Anlehnung an eine Suchfeldanalyse 279

Abbildung 54: Such- und Lösungsbegriffe von 6 unterschiedlichen Versuchspersonen (Vp) zur Beschreibung einer Lagerung 279

Abbildung 55: Der Platz des Wirkprinzips im Strukturmodell des technologischen Grundvorgangs 300

Abbildung 56: Funktionen und Attribute als Bindeglied zwischen Markt und Technologie 302

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zur Innovationsklassifikation 42

Tabelle 2: Zusammenfassende Übersicht zur Klassifikation von Technologien 54

Tabelle 3: Exemplarische Klassifizierung von Informationsquellen..... 72

Tabelle 4: Charakterisierung von Technologiesuchen 88

Tabelle 5: Bewertungsmatrix von Informationsquellen für die Identifikation von neuen Technologien 99

Tabelle 6: Klassifikation von Extraktionsverfahren im Information Retrieval 112

Tabelle 7: Methoden zur Bestimmung des Informationsbedarfs auf Objektebene 139

Tabelle 8: Informationsbedarf für die wichtigsten Fragestellungen bei der Suche nach Informationen über Technologien..... 142

Tabelle 9: Beispiele für branchenspezifische Formulierung des Informationsbedarfs mittels unterschiedlicher Verben der Technologiefunktion 148

Tabelle 10: Beispiel für eine Klassifizierung von technologischen Grundvorgängen auf Basis von WOLFFGRAMM..... 151

Tabelle 11: Sammlung von betragsbeeinflussenden Verben..... 158

Tabelle 12: Vergleich unterschiedlicher Informationsträger 165

Tabelle 13: Auszug aus identifizierten Entitäten von Funktionsprofilen für das Funktionsverb »filtern« 171

Tabelle 14: Identifizierte Funktionsverben für ausgewählte Funktionsprofile 175

Tabelle 15: Exemplarischer Auszug aus der Sammlung von Funktionsprofilen, die stofftrennende Verfahren beschreiben 187

Tabelle 16: Exemplarische Auflistung von generischen Objektklassen und zugewiesenen Objekteigenschaften in der Funktions-Ontologie 191

Tabelle 17: Beispielhaftes Ergebnisse der Berechnung von synonymen Funktionsverben und Objekten für die Technologiefunktion: »Abgase filtern« 195

Tabelle 18: Bewertung von Informationsquellen für die Suche nach Technologien 200

Tabelle 19: Beispielhafter Auszug aus der Technologie-Funktions-Matrix für Produkte zum Reinigen von Oberflächen 221

Tabelle 20: Ergebnis der Suchen nach Technologien mittels unterschiedlich erstellter Suchstrategien aus 2131 Abstracts von wissenschaftlichen Veröffentlichungen 227

Tabelle 21: Beispielhafter Auszug aus der Technologie-Funktions-Matrix für Schneid- und Trenngeräte 235

Tabelle 22: Ergebnis der Suchen nach Technologien mittels unterschiedlich erstellter Suchstrategien aus 2757 Abstracts von wissenschaftlichen Veröffentlichungen 242

Tabelle 23: Objektmerkmale nach BIRKHOFER 280

Tabelle 24: Systemmatrix nach WOLFFGRAMM 281

Tabelle 25: Hierarchieebenen technologischer Grundvorgänge nach WOLFFRAMM 282

Tabelle 26: Klassifizierung von technologischen Grundvorgängen am Beispiel von Stoffeigenschaftsändernden Verfahrenstypen der Stoffformung nach WOLFGRAMM 282

Tabelle 27: Gegenüberstellung unterschiedlicher Strukturierungs- und Ordnungsprinzipien für Funktionen 284

Tabelle 28: Objekte nach Stoff, Objekt, Information untergliedert und Operationen auf Basis von RODENACKER und ROPOHL noch verfeinert 285

Tabelle 29: Taxonomie für Funktionsverben nach LANGLOTZ 286

Tabelle 30: Sammlung technischer Verben 288

Tabelle 31: Bewertungsmatrix von Informationsquellen für das Technologie-Monitoring 301

Formelverzeichnis

Formel 1: Relevante Lösungsmenge für den spezifischen Informationsbedarf 140

Formel 2: Funktionsverb-Vektor 160

Formel 3: Funktionsverb-Matrix 161

Formel 4: Informationsbedarf als Schnittmenge aller Funktionsverben mit gleichem Funktionsprofil 161

Formel 5: Grundgesamtheit intern synonymer Lösungsmengen 162

Formel 6: Aufwand zur Berechnung synonymer Funktionsprofile 176

Abkürzungsverzeichnis

AIFB	Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren
bspw.	beispielsweise
BTA	Boring and Trepanning Association
ca.	circa
CD	Compact Disc
CO_2	Kohlendioxid
d.h.	das heißt
DL	description logic
EPO	European Patent Office
et al.	und andere
f.	folgende
F&E	Forschung und Entwicklung
ff.	fortfolgende
ggf.	gegebenenfalls
H_2O	Wasser
HSC	High Speed Cutting
IT	Informationstechnik
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
lat.	lateinisch
M&A	Mergers & Acquisitions
OWL	Web Ontology Language
POS	Part Of Speech

Regex	regular expression
S.	Seite
TEMA	Technik und Management
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
TRL	Technology Readyness Levels
u.a.	unter anderem
URL	Uniform Resource Locator
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

Neue Technologien bringen häufig Innovationen hervor und verändern damit nicht selten bestehende Märkte radikal. Unternehmen stehen folglich vor der Herausforderung möglichst frühzeitig Informationen über neue (branchenfremde) Technologien zu gewinnen, um diese in ihre strategischen Entscheidungen einfließen zu lassen.

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Erprobung eines operationalisierbaren Verfahrens zur Formulierung von Suchstrategien auf Basis eines Wissensnetzes[1] für eine branchenübergreifende Identifikation von Technologien in unstrukturierten Informationsquellen. Zur Konkretisierung dieses Vorhabens wurden folgende Teilziele definiert:

1. Entwicklung eines im Informationsprozess phasenübergreifenden Verfahrens zur systematischen Formulierung von auf den avisierten Informationsbedarf fokussierten aber terminologisch breit beschrieben Suchstrategien. Ausgehend von der Erhebung und Formalisierung des Informationsbedarfs sollen objektive Suchstrategien mittels einer operationalisierbaren Bestimmung von relevanten Suchtermini erstellt und in eine objektive, anwendungsfeldübergreifende Suchlogik für eine automatisierte Informationsextraktion überführt werden.
2. Konzeption und Entwicklung eines beschreibenden Konstrukts als Vergleichsgrundlage für technische Funktionen zur operationalisierbaren Bestimmung von synonymen funktionsbasierten Suchtermini.
3. Entwicklung und exemplarischer Aufbau einer Ontologie (Wissensnetz) zur kontextspezifischen Berechnung synonymer technischer Funktionen.

[1] Die Formulierung »auf Basis eines Wissensnetzes« bedeutet in dieser Arbeit die Ermittlung einer Suchstrategie auf Grundlage von explizitem Wissen, in Form eines adaptierbaren semantischen Netzes.

Für den Aufbau der Ontologie wird ein Vorgehen entwickelt und erprobt, mit dem die beschreibenden Konstrukte automatisiert bestimmt werden können.

Die Identifikation von Informationen über Technologien ist Aufgabe in unterschiedlichen Unternehmensbereichen (bspw. Technologie- und Innovationsmanagement, Business Development oder M&A). Alle sehen sich jedoch mit der Herausforderung konfrontiert, dass die Menge an verfügbaren Informationen exponentiell wächst. Speziell für technologiegetriebene kleine und mittelständige Unternehmen sind personell aufwendige Rechercheprozesse und teure Expertennetzwerke in der Praxis keine adäquate Lösung. Zum Aufbrechen bestehender Denkmuster und zur Nutzung alternativer Informationsquellen ist eine systematische und fokussierte Vorgehensweise essentiell. Nicht zuletzt aufgrund des oftmals nur beschränkten Zugangs zu implizitem Wissen von Experten sind effektive Methoden zur recherchierenden Informationsgewinnung erforderlich.

Im Informationsprozess besteht für den Anwender jedoch ein Defizit speziell an der Schnittstelle zwischen der Bestimmung des Informationsbedarfs und der Informationsrecherche. Zur Formulierung von kontextspezifischen effektiven und effizienten Suchstrategien fehlt es den bestehenden Ansätzen im Konkreten an einem systematischen Vorgehen zur Formalisierung des Informationsbedarfs sowie einer möglichst objektiven Bestimmung von relevanten Informationsquellen und synonymen Suchtermini.

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren verbindet diese beiden Phasen des Informationsprozesses mittels eines beschreibenden Konstrukts. Die Formalisierung des Informationsbedarfs zur Identifikation von Technologien erfolgt auf Basis von technischen Funktionen. Diese technischen Funktionen, sprachlich formuliert als Objekt-Verb-Terme, dienen anschließend als Such-

termini bei der Informationsextraktion. Zur objektiven Bestimmung von synonymen Suchtermini für eine sprachlich breit gefasste aber semantisch fokussierte Recherche werden technische Funktionen durch das Konstrukt eines Funktionsprofils formal beschrieben. Die Elemente des Funktionsprofils lassen sich schließlich operationalisierbar vergleichen, was durch die Mehrdeutigkeit der Funktionsverben (Teil der Objekt-Verb-Terme) in der natürlichen Sprache nicht möglich ist.

Die Funktionsprofile bestehen aus den beschreibenden Elementen »Beeinflusste Objekteeigenschaft«, der »Art der Beeinflussung« sowie die »Bedingten Verwendbarkeitseigenschaften«. Zur Ermittlung von synonymen Suchtermini auf Basis von Funktionsprofilen werden diese zunächst für einen konkreten Anwendungsfall systematisch erhoben. Für eine effiziente Extraktion relevanter Funktionsprofile aus großen Textmengen werden semiautomatisierte Analysen mittels Text-Mining Lösungen eingesetzt.

Zur operationalisierbaren Ermittlung von synonymen Suchtermini werden die Profile in einer Funktions-Ontologie als semantisches Netz abgespeichert. Dabei werden nur die Elemente der Funktionsprofile sowie deren Relation zueinander abgebildet, ohne die Synonymität unter den Profilen explizit festzuschreiben. Erst mittels eines Reasoners werden auf Basis des impliziten Wissens in der Funktions-Ontologie fallspezifische Synonyme berechnet.

In Anhängigkeit des auf der Objekt-, Zweck- und qualitativen Ebene formulierten Informationsbedarfs werden relevante Informationsquellen zur Formulierung einer effektiven Suchstrategie ergänzt. Auf dieser Grundlage erfolgt schließlich die Formulierung von Suchlogiken und deren Überführung in Text-Mining Lösungen für eine effiziente semiautomatisierte Extraktion von Technologieinformationen.

Das entwickelte Verfahren wurde anhand von zwei Anwendungsfällen evaluiert. Seinen Mehrwert zeigte das Verfahren als unterstützendes Element in den

Methoden TechnologieRadar und MarktExplorer, welche in unterschiedlichen Anwendungsgebieten in Unternehmen zum Einsatz kommen. Neben der signifikanten Erhöhung der Anzahl von identifizieren Technologien in unstrukturierten Informationsquellen mittels objektiver Suchstrategien auf Basis von explizitem Wissen wurden folgende Vorteile des neuen Verfahrens für ein Unternehmen erkannt:

- Systematische Ermittlung und formale Beschreibung des technologischen Informationsbedarfs im Unternehmen
- Schrittweise Überführung des funktional beschriebenen Informationsbedarfs in relevante Suchtermini
- Operationalisierte Bestimmung von synonymen Suchtermini zur Überwindung von bestehenden Denkmustern interner Bedarfsträger / Experten
- Kriterien-basierte Auswahl der für den jeweiligen Informationsbedarf relevanten Informationsquellen
- Steigerung der Effizienz bei der Informationsextraktion aus großen Textmengen durch den Einsatz von automatisierten Analysen mittels Text-Mining

Summary

New technologies often generate innovations and therefore occasionally change existing markets drastically. Companies are therefore faced with the challenge of obtaining information about new (cross-sectoral) technologies beforehand in order to incorporate them into their strategic decisions.

The main objective of this thesis is to develop and test an operationalizable approach for the definition of search strategies based on a knowledge network for a cross-sectoral identification of technologies in unstructured information sources. To achieve the proclaimed objective, the following goals were defined:

1. To develop a phase-transcending approach within the information process for the systematic determination of search strategies focused on the indicated information requirements but terminologically described. Based on the evaluation and formalization of the information requirements, objective search strategies will be established through an operationalizable determination of the relevant search terms and transformed into an objective, application-wide search logic for an automated information extraction.
2. To design and develop a descriptive construct as a basis for comparison of technical functions for the operationalizable determination of synonymous function-based search terms.
3. To develop and build up an ontology (knowledge network) for the context-specific calculation of synonymous technical functions. For this purpose an approach for enabling automation of the descriptive constructs will be developed and tested.

The identification of information about technologies is a part of the agenda in different departments (e.g. technology and innovation management, business development or M&A). However, all of them face the challenge of an exponential quantity increase of available information. But searches requiring

a lot of employees or expensive expert networks are not an adequate solution, especially for technology-driven small and medium-sized companies. A systematic and focused approach is essential for breaking existing thinking patterns and using alternative sources of information. Also effective methods for information acquisition are required due to limited access to implicit knowledge of experts.

In the information process, however, the user experiences a lack of methodology specifically at the phase between determination of the information requirements and information search. Due to this flaw, namely lack of the systematic approach for determination of information requirements as well as relevant information sources and synonymous search terms, defining efficient context-specific search strategies is currently not possible.

The approach developed in this work connects these two phases of the information process through a descriptive construct. The formalization of the information requirements for the identification of technologies is based on technical functions. These technical functions, linguistically formulated as object-verb-terms, are then used as search terms in the information extraction. For the objective determination of synonymous search terms for a linguistically diverse but semantically bounded search, technical functions are formally described through the construct of a function profile. The elements of the functional profile are comparable through the object-verb-terms (part of operational linguistics), which is not possible in the natural language due to the ambiguity of the functional verbs.

The functional profiles consist of the following descriptive elements: »Influenced object properties«, the »type of influence« as well as the »conditional usability properties«. The functional profiles will be systematically collected for a specific application to determine synonymous search terms. For an efficient extraction of the relevant functional profiles from large amounts of

texts, semi automatized analyzes will be used with the help of text mining solutions.

For the operationalizable determination of synonymous search terms the profiles will be stored in an ontology of technological functions in the form of a semantic network. This way only the elements of the function profiles as well as their relations are shown, without explicit defining of synonymy among the profiles. Specific synonyms in the ontology of technological functions will be processed based on the implicit knowledge obtained using a semantic reasoner.

In accordance to information requirements determined on the object-, purpose- and quality level relevant information sources for the defining an effective search strategy are supplemented. On this basis, defining of search logic and its transformation into text-mining solutions for efficient semi automatized technology information extraction occurs.

The developed approach has been evaluated using two application scenarios. It is valuable as a supporting element in the methods TechnologyRadar and MarktExplorer, which are used in different fields in companies. Along with the significant increase in the number of identified technologies in unstructured information sources through objective search strategies based on explicit knowledge, the following advantages of the new approach for a company were realized:

- Systematic determination and formal description of the technological information requirements in the company
- Step-by-step transformation of the functionally described information requirements into the relevant search terms
- Operationalized determination of synonymous search terms for overcoming existing thinking models of internal consumers / experts

- Criteria-based selection of the relevant to the respective information needs information sources
- Increasing the efficiency of extraction of information from large amounts of texts by using text mining automated analysis.

1 Einleitung

In einer immer dynamischeren Welt müssen Unternehmen immer häufiger und oftmals auch schneller auf veränderte Situationen reagieren. Für die damit verbundenen strategischen Unternehmensentscheidungen sind ausreichend verfügbare und belastbare Informationen elementar. Jedoch ist der Zugang zu den relevanten Informationen aufgrund einer stetig wachsenden Anzahl und Vielfalt an Informationen zunehmend schwieriger. Eine schnelle und angemessene Reaktion auf einerseits sich verändernde Nachfragen (Marktinformationen) und andererseits technologische Veränderungen, welche die unternehmenseigene Leistungsfähigkeit beeinflussen können (Chancen & Risiken), ist essentiell, um auf den Märkten von Morgen bestehen zu können. Technologische Veränderungen in Form von neuen Technologien können häufig einen höheren Kundennutzen bieten und somit substitutive Innovationen (Little 1988, S. 116) befördern, welche schließlich zur Verdrängung der im Unternehmen vorhandenen Leistungsfähigkeit (technologische Kompetenz) führen können.

Technologien sind ein wesentlicher Treiber für Innovationen, in Gestalt von neuen Produkten, Services sowie verbesserten Produktionsprozessen (Westkämper, 2007). Das Hervorbringen überlegender Problemlösungen in Form derartiger Innovationen durch technologischen sowie qualitativen Vorsprung ist dabei immer häufiger ein entscheidendes Differenzierungsmerkmal im zunehmend globalen Wettbewerb und somit für den mittel- bis langfristigen Erfolg von Unternehmen entscheidend (Bullinger 1994, S. 2). Die Geschichte zeigt, dass Innovationen in der Vergangenheit oftmals erst durch einen technologischen Fortschritt, im Sinne von neuen Technologien (Technology-Push), ermöglicht wurden (bspw. Smartphones). Der technologische Fortschritt schreitet dabei immer schneller voran und birgt in seiner wachsenden Vielfalt häufig ungeahnt Potenziale aber auch Gefahren für

Unternehmen. Speziell radikale Innovationen von aktuellen oder neuen Wettbewerbern, auf Basis von für die Branche oder die Welt neuen Technologien, können das eigene Geschäftsmodell essentiell gefährden (vgl. NOKIA als ehemaliger Weltmarktführer für Mobiltelefone wird durch neue Smartphone-Anbieter wie APPLE aus dem Markt gedrängt). Gleichzeitig können aber auch eigene technologische Entwicklungen neue Geschäftsmodelle, nicht zuletzt speziell außerhalb eigener bestehender Märkte adressierbar machen, wo heute Konkurrenztechnologien eingesetzt werden (bspw. SAMSUNG nutzte seine Kompetenzen in der Halbleiterherstellung, um mittels Digitalkameras etablierten Unternehmen wie KODAK existenzgefährdende Marktanteile abzugewinnen). Diese zunehmende Dynamik bei einhergehender Steigerung der Komplexität von technologischen Entwicklungen birgt aber auch die Herausforderung für Unternehmen, frühzeitig potenzielle Schlüsseltechnologien und »Enabling Technologies« für die eigenen Anwendungsfelder zu identifizieren.

1.1 Motivation

Für ein Unternehmen müssen neue Technologien nicht zwangsläufig Neuentwicklungen sein. Vielmehr ist zu beobachten, dass Technologien aus einer Branche in immer kürzeren Zeiträumen auch in andere Wirtschaftszweige diffundieren. Obgleich speziell branchenfremde und somit in der Regel bereits erprobte Technologien große unvorhergesehene Auswirkungen auf ein Unternehmen haben können, werden diese häufig nur zufallsgetrieben, ohne eine darauf explizit ausgerichtete Systematik entdeckt.

Für technologiegetriebene kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) sind aufwändige Rechercheprozesse und teure Expertennetzwerke keine adäquaten ressourceneffizienten Lösungen bei der Suche nach neuen technologischen Entwicklungen. Vielmehr bedarf es für diese Zielgruppe einer systematischen, fokussierten und heutzutage mittels IT-Werkzeugen unterstützen

Vorgehensweise, welche den vereinzelten Technologie-Verantwortlichen bei ihren Suchaufgaben hilft, bestehende Denkmuster aufzubrechen.

Die Identifikation von für das Unternehmen noch unbekannten Technologien, im Sinne von technologischen Problemlösungen, wird für Aufgabenstellungen in den unterschiedlichen Bereichen Technologie-getriebener Unternehmen immer wichtiger. Neben der operativen Perspektive bei der Ermittlung von technologischen Problemlösungen in der Produktentwicklung führen strategische Fragestellungen, besonders im Kontext der Technology Intelligence, der Bewertung unternehmenseigener und –fremder Technologiekompetenzen sowie der Technologieverwertung, zu Recherchen nach Technologien. Das oftmals ad-hoc ausgelöste, probleminduzierte Technologie-Scanning bei Neu- und Weiterentwicklungen in der Produktentwicklung zielt dabei häufig auf die Änderung einer oder mehrerer Eigenschaften eines konkreten Objekts ab. Eine offene Lösungsfindung, ohne Einschränkungen auf spezifische technologische Grundverfahren, kann nicht zuletzt maßgeblich auch radikale Cross-Industry-Innovations fördern (bspw. das BMW iDrive Bedienungsprinzip abgeleitet aus der Computerspieleindustrie; Gassmann und Sutter 2013, S. 200). Bei der Identifikation von Chancen & Risiken potenzieller Substitutionstechnologien als Aufgabe der Technology Intelligence gilt es für Unternehmen insbesondere den Suchraum[2] so breit zu fassen, dass auch »Überraschungen« aus anderen Industriezweigen vermieden werden können (bspw: mobilePayment von APPLE, FACEBOOK oder GOOGLE könnten klassische Bankleistungen wie EC-Karten ersetzen; Ternès et al. 2015, S. 24). Für die strategische Bewertung von Technologiekompetenzen im Unternehmen sollten diese mit Technologien mit gleichem Leistungsversprechen von Wettbewerbern oder aus anderen Anwendungsgebieten verglichen werden. Diese möglichst ganzheitliche

[2] Der Suchraum ist ein thematisch eingegrenztes Konstrukt, in dem nach Lösungen (bspw. spezifische Entitäten) gesucht wird.

Betrachtung des Technologie-Portfolios unterstützt schließlich eine belastbare Unternehmensbewertung u.a. bei M&A oder Risikokapitalgebern. Im vierten großen Kontext, der Technologieverwertung, können Anwendungsfelder von Konkurrenztechnologien auch Potenziale für die eigenen Technologie-kompetenzen bieten, sodass eine systematische Suche nach Technologien insbesondere für technologiegetriebene Diversifikationsstrategien unerlässlich erscheint.

In der Praxis, wie beispielsweise im Rahmen des »Fraunhofer TechnologieRadars« ((Bullinger 2012, S. 61ff.) im Kontext der Technology Intelligence oder des »Fraunhofer MarktExplorers« (Bullinger 2012, S. 315ff.) für technologiegetriebene Diversifikationsstrategien, zeigten sich besonders bei der Formulierung von effektiven Suchstrategien die größten Herausforde-rungen für die suchende Person / Organisation. Die in Folge der zunehmenden Globalisierung sowie der Entwicklung zu einer Wissensgesellschaft verfügbaren und exponentiell wachsenden Informationsmengen (Zeller 2003, S. 119), (Van Noorden 2014) ermöglichen eine Suche in immer größeren Datenpools, kommerziellen und wissenschaftlichen Charakters, mit einem immer breiteren Informationsspektrum durchzuführen. Der Vorteil dieser steigenden Informationsquantität kommt jedoch mit einer ebenso ansteigenden Komplexität der Informationsquellen einher. Sahen sich Unternehmen früher eher einem Informationsdefizit gegenüberstehend, werden sie heute mit der Herausforderung einer nur noch aufwendig handhabbaren Informationsflut konfrontiert (Augustin 1990, S. 9–13), (Krcmar 2003). Neben der richtigen Auswahl und dem Zugang zu relevanten Informationsquellen sieht sich die suchende Person damit konfrontiert möglichst alle relevanten »Nadeln im Heuhaufen« zu finden. Des Weiteren stellt sich besonders die fallspezifische Definition passender Suchtermini zur Identifikation von Technologien als ausschlaggebender Faktor für eine möglichst umfassende Beschreibung des potenziellen Lösungsraums dar.

Hierfür fehlt es in der Literatur an ausgeprägten Methoden zur systematischen Ableitung von Suchtermini aus der eigentlichen Fragestellung, welche ein Suchgebiet möglichst umfassend terminologisch abdecken, aber dennoch semantisch nicht zu breit beschreiben.

Praxiserfahrungen zeigen, dass sich grundsätzlich folgende Aussagen für die Formulierung von branchenübergreifender Suchstrategien treffen lassen:

- Eine mittels vielfältigen, synonymen Suchtermini breit formulierte Suchstrategie ermöglicht der suchenden Person die Abdeckung eines größeren Lösungsraums und erhöht somit die Wahrscheinlichkeit auch branchenfremde Technologien für eine spezifische funktionale Anforderung zu identifizieren.
- Eine systematische Ableitung und Formulierung von Suchstrategien, im Besonderen der Definition relevanter Informationsquellen sowie beschreibender Suchtermini in natürlicher Sprache, ermöglicht eine effizientere Suche nach Technologien in unstrukturierten Informationsquellen.
- Die effektive Bestimmung von synonymen Suchtermini in Form von technischen Funktionen bedarf einer objektiven Grundlage, um unabhängig von subjektivem Wissen »über den Tellerrand hinaus« suchen zu können.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Zur erfolgreichen Bewältigung der dargestellten unternehmensweiten Herausforderungen bei der Suche nach unbekannten Technologien (vgl. Kapitel 1.1) bedarf es eines die Phasen des Informationsprozesses übergreifenden und möglichst objektiven Verfahrens, um auch bestehende Denkmuster überwinden zu können. Ziel dieser Arbeit ist folglich die Entwicklung und

Erprobung eines operationalisierbaren Verfahrens zur Formulierung von Suchstrategien auf Basis eines Wissensnetzes[3] für eine branchenübergreifende Identifikation von Technologien in unstrukturierten Informationsquellen.

Das Hauptziel lässt sich weiter mit folgenden Teilzielen konkretisieren:

1. Entwicklung eines phasenübergreifenden Verfahrens zur systematischen Formulierung von auf den avisierten Informationsbedarf fokussierten aber terminologisch breit (Sprachraum übergreifend) beschrieben Suchstrategien im Informationsprozess. Ausgehend von der Erhebung und Formalisierung des Informationsbedarfs sollen objektive Suchstrategien mittels einer operationalisierbaren Bestimmung von relevanten Suchtermini erstellt und in objektive, anwendungsfeldübergreifende Suchlogiken für eine automatisierte Informationsextraktion überführt werden.
2. Konzeption und Entwicklung eines beschreibenden Konstrukts zur operationalisierbaren Bestimmung von synonymen funktionsbasierten Suchtermini. Für die Ermittlung von synonymen Suchtermini bedarf es einer operationalisierbaren Vergleichsgrundlage für technische Funktionen, welche zur expliziten Beschreibung von Technologien dienen.
3. Entwicklung und exemplarischer Aufbau einer Ontologie zur kontextspezifischen Berechnung synonymer technischer Funktionen. Zur Vermeidung von sehr pflegbedürftigem Katalogwissen, in Form von einer Synonymdatenbank, soll eine Sammlung beschreibender Konstrukte eine situative Berechnung von relevanten Suchtermini ermöglichen. Für

[3] Die Formulierung »auf Basis eines Wissensnetzes« bedeutet in dieser Arbeit die Ermittlung einer Suchstrategie auf Grundlage von explizitem Wissen, in Form eines adaptierbaren semantischen Netzes.

den Aufbau der Ontologie wird ein Vorgehen entwickelt und erprobt, mit dem die beschreibenden Konstrukte funktionsspezifisch automatisiert bestimmt werden können.

4. Abschließend soll das Verfahren an zwei praxisnahen Fallbeispielen erprobt werden. Mit der Anwendung dieses neuen Verfahrens als Unterstützung in den Methoden »Fraunhofer TechnologieRadar« und »Fraunhofer MarktExplorer« werden zwei unterschiedliche Anwendungsgebiete in Unternehmen für die Suche nach Technologien adressiert.

Der vom Autor angestrebte Mehrwert dieser Arbeit lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Systematik für Bedarfsträger bei der Identifikation von neuen Technologien
- Konzipierung eines beschreibenden Konstrukts (Funktionsprofil vgl. Kapitel 4.4) zur Operationalisierung von technischen Funktionen im Technologiemanagement
- Aufbau einer wiederverwendbaren Ontologie zur beschreibenden Sammlung von technischen Funktionen als Teil der Wissensdomäne »Technologiemanagement«
- Initiale Sammlung von Funktionsprofilen für »stofftrennende« Funktionen
- Objektive Bestimmung von relevanten / synonymen Suchtermini für die Identifikation von Technologien über terminologische Sprachgrenzen hinweg, unabhängig vom Zugang zu Expertenwissen

Durch dieses Verfahren zur systematischen Bestimmung von objektiv formulierten Suchstrategien sollen Nutzer signifikant mehr neue Technologien identifizieren können, als mittels subjektiv formulierten Suchstrategien, welche in der Praxis heute noch primär Anwendung finden.

1.3 Aufbau und Vorgehensweise der Arbeit

Auf Basis der in Kapitel 1.1 dargestellten Motivation für diese Arbeit wurde in Kapitel 1.2 eine klare Zielsetzung formuliert, was mit dieser Arbeit erreicht werden soll. Zur thematischen Verortung der Arbeit wird in Kapitel 2 der Stand des Wissens untersucht sowie die sich daraus ergebenen Herausforderungen konkretisiert. Zunächst werden in Kapitel 2.1 elementare Begrifflichkeiten erläutert und die Relevanz von Technologien für Unternehmen herausgestellt. Dabei liegt ein wesentlicher Fokus auf dem Management von Technologien in den unterschiedlichen Bereichen eines Unternehmens und die dort verorteten Aufgaben, stets neue Informationen über Technologien zu gewinnen. Abgeschlossen wird dies mit einem Einblick in die Informationsgewinnung als Teil des Informations- und Wissensmanagements.

Im Anschluss daran erfolgt im Kapitel 2.2 eine Untersuchung von Anwendungsgebieten in Unternehmen, wo sich Akteure mit der Suche nach Technologien beschäftigen. Mit einer Charakterisierung der Technologiesuchen in den unterschiedlichen Gebieten: der Lösungssuche in der Produktentwicklung, der Technology Intelligence, der Diversifikation in neue Märkte sowie der Bewertung von Technologiekompetenzen werden gemeinsame Bedarfe und Herausforderungen herausgestellt.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der im Kapitel 2.3 durchgeführten Analyse über bestehende Ansätze zur Suche nach Technologien. Neben der Untersuchung von Methoden zur Bestimmung des Informationsbedarfs sowie der Erstellung einer Suchstrategie finden Ansätze zur Lösungssuche durch Informationsakquisition besondere Betrachtung. Mit den sich daraus ergebenen Defiziten bestehender Ansätze zur Suche nach existierenden Technologien befasst sich das Kapitel 2.4. Auf Grundlage des zuvor beschriebenen Stands des Wissens erfolgt schließlich im Kapitel 2.5 eine zusammenfassende Eingrenzung des Forschungsbedarfs.

Darauf aufbauend kommt es zur Konzeption des neuen Verfahrens in Kapitel 3. Hier werden die Strukturierung und die Charakterisierung des angestrebten Verfahrens dargestellt sowie Anforderungen an dieses Verfahren definiert. Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren wird anschließend in Kapitel 4 beschrieben. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Ermittlung und Formalisierung des Informationsbedarfs mittels technischer Funktionen und der operationalisierten Ermittlung von synonymen Suchtermini auf Grundlage von Funktionsprofilen sowie einer Funktions-Ontologie.

Das entwickelte Verfahren findet abschließend in Kapitel 5 praktisch Anwendung anhand von zwei Fallbeispielen. Die Erprobung erfolgt dabei eingebettet in die ganzheitlichen Methoden »Fraunhofer TechnologieRadar« und »Fraunhofer MarktExplorer«, welche wesentliche Anwendungsgebiete in Unternehmen adressieren.

In Kapitel 6 wird das Verfahren und die Ergebnisse der Erprobung diskutiert. Darin werden sowohl die Zielsetzung dieser Arbeit als auch die in Kapitel 3.2 formulierten Anforderungen an das neue Verfahren aufgegriffen.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 7 und einem Ausblick über weiteren Forschungsbedarf in Kapitel 8.

2 Stand des Wissens und Herausforderungen

Zur Schaffung eines besseren Verständnisses für die Relevanz von Technologien werden diese zunächst im Unternehmenskontext verortet. Ein wesentlicher Fokus liegt hierbei auf der Definition und Beschreibung von Technologien, ihres Einflusses auf Innovationen und damit indirekt auch auf den langfristigen Unternehmenserfolg, sowie dem dafür notwendigen Management von Technologien im Unternehmen. Vertiefend wird anschließend aufgezeigt, in welchen unterschiedlichen Unternehmensbereichen die Suche nach unbekannten Technologien eine essentielle Rolle spielt und welche Informationsbedürfnisse dort diesbezüglich vorherrschen.

Im Anschluss daran werden grundlegende Ansätze zu Identifikation von unbekannten Technologien, im Sinne von technischen Problemlösungen, strukturiert und charakterisiert. Schließlich erfolgt eine Darstellung von Defiziten bei existierenden Ansätzen zur Bewältigung der Herausforderungen, denen sich nicht zuletzt kleine und mittelständige Unternehmen zunehmend konfrontiert sehen (vgl. Kapitel 1.1).

2.1 Grundlagen und Definitionen

In diesem Kapitel wird ein grundlegendes Verständnis für die thematische Begriffswelt geschaffen sowie eine Abgrenzung einzelner für diese Arbeit besonders wichtiger Termini erfolgen. Im Kern geht es dabei nicht um eine möglichst breite Sammlungen unterschiedlicher Definitionen für einzelne Begrifflichkeiten. Vielmehr ist es Ziel ein Verständnis für die aufgezeigten Begriffe zu schaffen, wie sie aus Sicht des Autors im weiteren Verlauf der Arbeit zu verstehen sind.

2.1.1 Begriffliche Abgrenzungen im Kontext von Technologien

Unternehmen können Produkte und Dienstleistungen in Märkten nur dann absetzen, wenn deren Leistungen den Kunden einen relativen Mehrwert im Vergleich zu alternativen Lösungen bieten. Diese Leistungen erfüllen dabei explizite oder latente Kundenbedürfnisse, welche sich zyklisch verändern und differenziert weiterentwickeln. Folglich sehen sich Unternehmen damit konfrontiert immer wieder neue Leistungen anzubieten, im Sinne von neuen Lösungen für die neuen Bedürfnisse ihrer Kunden. Betriebswirtschaftlich werden Produkte als Güter gesehen, welche aus Produktionsprozessen hervorgehen und durch ihre Eigenschaften spezifische Kundenbedürfnisse befriedigen (Gerpott 1999b, S. 18); (Gomeringer 2007, S. 25); (Tschirky 1998, S. 227); (Spath et al. 2011b, S. 221).

Von Invention zur Innovation

Die Entwicklung einer neuen Lösung in Form einer Invention, einer Erfindung, führt nicht automatisch zum Markterfolg. Erst wenn eine neue Lösung in Gestalt eines qualitativ neuartigen Produkts, Verfahrens oder einer Dienstleistung am Markt erfolgreich platziert, in den wirtschaftlichen Kreislauf eingeführt werden konnte, kann diese als Innovation (lat. innovatio = Erneuerung, Neuerung) bezeichnet werden (Brockhoff 1999, S. 35); (Specht und Möhrle 2002, S. 94). In der Literatur existiert jedoch aufgrund des Fehlens einer einheitlich, umfassenden Innovationstheorie auch keine generelle und konsequent verwendete Definition für den Terminus »Innovation« (Vahs und Burmester 2005, S. 43). In dieser Arbeit wird in Anlehnung an PERILLIEUX unter einer Innovation die erstmalige wirtschaftliche Anwendung bzw. der erste wirtschaftliche Einsatz einer Invention verstanden, welche zur Zielerreichung innerhalb eines Unternehmens dient (Perillieux 1987, S. 16); (Seibert 1998, S. 106); (Vahs und Burmester 2005, S. 44). Aus dieser Definition leitet sich ab,

dass es sich bei einer Invention um eine notwendige Vorstufe für eine Innovation handelt. Die Invention repräsentiert dabei die erstmalige Realisierung einer konkreten Problemlösung, welche auf neuen oder neu kombinierten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht (Pleschak und Sabisch 1996, S. 6); (Vahs und Burmester 2005, S. 44). Diese neuen Problemlösungen entstehen häufig als Ergebnis von Forschungs- & Entwicklungsaktivitäten innerhalb von Unternehmen und erweitern auf diese Art und Weise das technologische Wissen einer Organisation (Voigt 2008, S. 369). Mit der Zuführung der Erfindung einer ökonomischen Nutzung entwickelt sich aus der Invention eine Innovation. Wobei die Nutzung in der Markteinführung eines neuen Produktes (Produktinnovation) oder der produktionstechnischen Umsetzung eines neuartigen Verfahrens (Prozessinnovation) besteht (Perillieux 1987, S. 16); (Specht und Beckmann 1996, S. 15); (Brockhoff 1999, S. 37).

Innovationen lassen sich durch unterschiedliche Kriterien beschreiben und dementsprechend klassifizieren (vgl. Tabelle 1). Die Unterteilung nach PLESCHAK auf Basis des Gegenstandsbereichs fokussiert auf das Objekt, der im Kontext der Innovationstätigkeit durchgeführten Veränderung. Als technische Träger von Innovationen werden dabei Produkte und Prozesse differenziert (Pleschak und Sabisch 1996, S. 14–23). Die Produktinnovationen spiegeln dabei eine Neuerung grundsätzlicher Unternehmensleistungen in Form von materiellen (Produkte) und immateriellen Erzeugnissen (Dienstleistungen) wider (Vahs und Burmester 2005, S. 73). Diese Innovationsart wird ferner in Anwendungsinnovationen, welche bisweilen nur latent vorhandene Kundenbedürfnisse befriedigen, in Wertschöpfungsinnovationen, welche sich auf die Erschließung neuer Geschäftspotenziale beziehen, und in substitutive Innovationen unterteilt (Stummer et al. 2010, S. 15). Charakteristisches Merkmal der letztgenannten Produktinnovationsform ist die Verdrängung bestehender Unternehmensleistungen aufgrund eines höheren Kunden-

nutzens. Prozessinnovationen adressieren hingegen die für die Leistungserstellung elementaren materiellen (Herstellungsverfahren) und informationellen (Informationsaustausch und -verarbeitung) Unternehmensprozesse (Vahs und Burmester 2005, S. 76). Gleichwohl bestehen zwischen Produkt- und Prozessinnovationen vielfältige Interdependenzen (Vahs und Burmester 2005, S. 77). In der Praxis ist zu beobachten, dass Produktinnovationen häufig zu Prozessinnovationen führen. Oftmals ermöglichen aber auch erst Prozessinnovationen das Hervorbringen innovativer Produkte. Zur thematischen Fokussierung wird im Weiteren die Betrachtung von Dienstleistungen ausgeklammert.

Tabelle 1: Übersicht zur Innovationsklassifikation

Innovationsklassifikation					
Klassifikationskriterium	*Ausprägung*				
Gegenstandsbereich *(vgl. Pleschak und Sabisch 1996, S. 14–23)*	technische Innovationen		sonstige Innovationen		
	Produkt-innovationen	Prozess-innovationen	Sozial-innovationen	organisatorische Innovationen	
Auslöser der Innovation *(vgl. Vahs und Burmester 2005, S.*	zweckinduzierte Innovationen (Market Pull Innovationen)		mittelinduzierte Innovationen (Technology Push Innovationen)		
Neuigkeitsgrad *(vgl. Pleschak und Sabisch 1996, S. 4)*	Basis-innovationen	Verbesserungs-innovationen	Anpassungs-innovationen	Imitationen	Schein-innovationen
Unsicherheitsgrad *(vgl. Verworn und Herstatt 2007, S. 115)*	inkrementelle Innovationen	technische Innovationen	Markt-innovationen	radikale Innovationen	
Komplexität *(vgl. Wartburg 2000, S. 82–93)*	Innovationen im nicht-zusammen-gesetzten Produkt	Innovationen im einfach zusammen-gesetzten Produkt	Innovationen im komplex zusammen-gesetzten, geschlossenen Produktsystem	Innovationen im komplex zusammen-gesetzten, offenen Produktsystem	

Auslöser einer Innovation lassen sich in zwei idealtypische Gruppen, dem Market-Pull und dem Technology-Push, unterscheiden. Market-Pull-Auslöser sind primär neue, oft latente und noch unbefriedigte Kundenbedürfnisse oder veränderte Rahmenbedingungen, welche die Entwicklung von neuen beziehungsweise verbesserten Produkten oder Prozessen initiieren. Die Erfassung derartige Bedürfnisse hat sich unter anderem das Marketing im Rahmen von Marktforschungsaktivitäten verschrieben (Specht und Möhrle 2002, S. 168); (Tschirky 1998, S. 250–254). Erfahrungen zeigen, dass neue Marktanforderungen ein Hauptauslöser für Produkt- bzw. Verbesserungsinnovationen sind und für Prozessinnovationen eher eine Ausnahme darstellen. Market-Pull-Innovationen sind häufig inkrementelle Innovationen auf Basis identifizierter Anforderungen. Die Tatsache, dass diese Anforderungen auch von Wettbewerbern identifiziert und somit parallel Innovation vorangetrieben werden können, führt oftmals dazu, dass die Geschwindigkeit beim Hervorbringen derartiger Innovationen erfolgsentscheidend ist.

Der technische Fortschritt, neue Lösungsansätze (Wirkprinzipien) und damit die (Weiter-) Entwicklung von Technologien bilden beim Technology-Push, der zweiten Gruppe an Auslösern, die Impulsgeber für neue Produkt- und Prozessideen (Specht und Möhrle 2002, S. 385); (Tschirky 1998, S. 250–254). Diese Technology-Push-Innovationen stehen dabei oftmals für radikale Innovationen mit einem hohen Innovationssprung aufgrund eines verbesserten Leistungsvermögens der neuen Technologie im Vergleich zu inkrementellen Innovationen.

In einem zunehmenden turbulenten technologischen Wandel kommt das idealtypische und jeweils monokausale Modell von Market-Pull oder Technology-Push jedoch an seine Grenzen (Zahn 2004, S. 128). HAUSSCHILD und WARSCHAT proklamieren folglich, dass erfolgreiche Innovationen auf einer Zusammenführung von Market-Pull und Technology-Push beruhen (Hauschildt 1997, S. 8); (Warschat 2003, S. 11). Sie betrachten

die aus den 1970er Jahren stammende monokausale Hypothese etwas differenzierter; unter den Dimensionen Zweck und Mittel (vgl. Abbildung 1). Unter Berücksichtigung der Markt-Perspektive kommt es zu einer Nachfrage nach der Erfüllung neuer Zwecke (Bedürfnisse), und in der Technologie-Perspektive bieten Technologien neue Mittel (technologische Problemlösungen). In Kombination ergeben sich neben der Differenzierung in inkrementelle und radikale Innovationen auch eine Unterscheidung in mittelinduzierte Innovationen und zweckinduzierte Innovationen. Bei einer mittelinduzierten Innovation werden neue Mittel zur Erfüllung existierende Zwecke eingesetzt. Wobei es bei einer zweckinduzierten Innovation zu einer Befriedigung eines neuen Zwecks durch bestehende Mittel kommt (siehe dazu auch: *Anwendungsgebiete für die Suche nach Technologien,* in Kapitel 2.2).

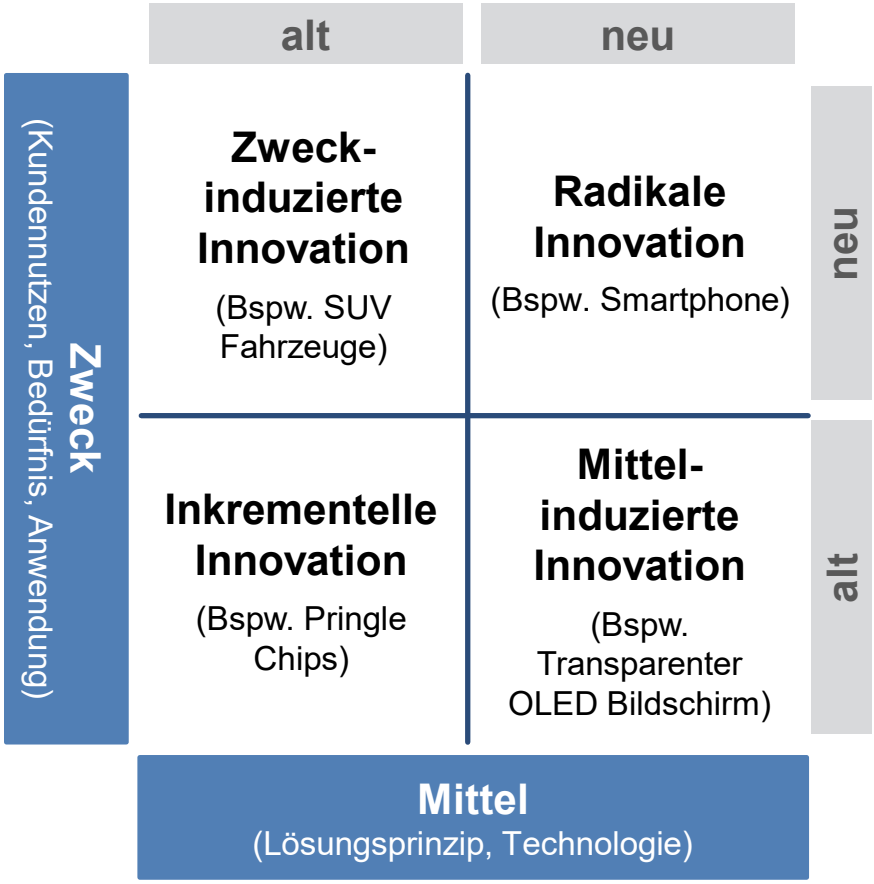


Abbildung 1: Zweck-Mittel induzierte Innovationen
(eigene Darstellung in Anlehnung an Hauschildt 2004, S. 6)

Innovation helfen letztendlich entscheidend dabei, neue Produkt-Markt-Felder zu eröffnen, oder in bestehenden Märkten Differenzierungs- oder Kostenvorteile gegenüber Wettbewerbern zu erzielen. Die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit wird dabei zunehmend besonders durch Technologien beziehungsweise den Zugang zu technologischem Wissen gewährleistet (Klappert et al. 2011, S. 5).

Technologie in Abgrenzung zu Theorie und Technik

Neu Theorien über alternative Lösungskonzepte bilden den fundamentalen Ausgangspunkt für technologiegetriebene Innovationen. Eine Theorie stellte dabei ein Bündel an Hypothesen dar, welche in Beziehung zueinanderstehen. Diese wurden in Grundlagenforschung erarbeitet und bilden Gesetzesaussagen in ihrem Kern, sodass sie als primärer Informationsträger von wissenschaftlichen Erkenntnissen angesehen werden können (Bullinger 1994, S. 32). Theorien versuchen Ursachen und Wirkungen damit zu erklären, dass sie unbekannte Phänomene auf bekannte zurückführen, und bilden somit allgemeingültige Aussagesysteme (Tschirky 1998, S. 227).

In Abgrenzung zur Theorie ist die Technologie eine bereits erprobte theoretische Annahme. Die etymologische Herkunft des Technologiebegriffes geht auf das spätgriechische Wort τεχνολογία zurück, welches sich mit »einer Kunst gemäße Abhandlung« übersetzt lässt (Landwehr 2007, S. 7). Aufgrund der linguistischen Zusammensetzung aus den Begriffen τέχνη (Handwerk, Kunstfertigkeit) und λόγος (Rede, Lehrsatz) ließ bereits in der Antike eine enge Verwandtschaft mit dem Begriff der Technik begründen. Diesem folgt auch ROPOHL in seiner wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der Terminologie »Technologie« und definiert die Technologie als die »Wissenschaft von der Technik« (Ropohl 1979, S. 32). Eine Vielzahl unterschiedlicher Begriffsbestimmungen hat sich in der jüngeren Literatur herausgebildet. Ihnen

allen ist gemein, dass sie eine Technologie als Wissen über naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge ansehen (Servatius 1985, S. 35); (Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 48); (Perillieux 1987, S. 12); (Peiffer 1992, S. 36); (Bullinger 1994, S. 33–34); (Specht und Beckmann 1996, S. 14); (Seibert 1998, S. 16). Weiterführend sehen SPATH und ZAHN eine Technologie als das Ziel-Mittel-Wissen über eine konkrete technische Problemlösung an, welches schließlich als Technik in Produkten realisiert wird (Zahn und Braun 1992, S. 8); (Spath et al. 2011a, S. 18).

Jedoch besteht ein offensichtlicher Dissens über die Tragweite des Technologiebegriffes. Betrachten die Definitionen von SERVATIUS und SOMMERLATTE die Anwendung des Wissens in Produkten oder Verfahren als Bestandteil der Technologie (Servatius 1985, S. 35); (Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 48), verstehen die enger gefasste Begriffsdefinitionen von PERILLIEUX, PEIFFER, BULLINGER, SPECHT und SEIBERT unter Technologie lediglich die dafür notwendige Wissensbasis (Perillieux 1987, S. 12); (Peiffer 1992, S. 36); (Bullinger 1994, S. 33–34); (Specht und Beckmann 1996, S. 14); (Seibert 1998, S. 16). Die konkrete Nutzung einer Technologie, als materielles Ergebnis von Problemlösungsprozessen in Form von Produkten, Produktionsverfahren oder Betriebsmitteln, wird in diesen Fällen als Technik bezeichnet (Peiffer 1992, S. 36); (Bullinger 1994, S. 33–34); (Pleschak und Sabisch 1996, S. 7); (Specht und Beckmann 1996, S. 14); (Seibert 1998, S. 16); (Tschirky 1998, S. 227).

Folglich wird Technologien ein stärkerer theoretischer Bezug unterstellt, während bei der Technik die praktische Anwendung im Vordergrund steht. Durch den Einfluss des englisch-amerikanischen Begriffsverständnisses (Technology) wird dem Begriff Technologie heute allgemein eine breitere Bedeutung zugeschrieben, als dies in den Technikwissenschaften der Fall ist. Mit Verbreitung des Technologiebegriffs in eine Vielzahl von Wissenschaftsbereichen (bspw. Materialtechnologien im Gebiet der Materialwissenschaften)

geht das Begriffsverständnis über die Lehre von der Produktion und ihrer Verfahren hinaus (Spur 1998, S. 77).

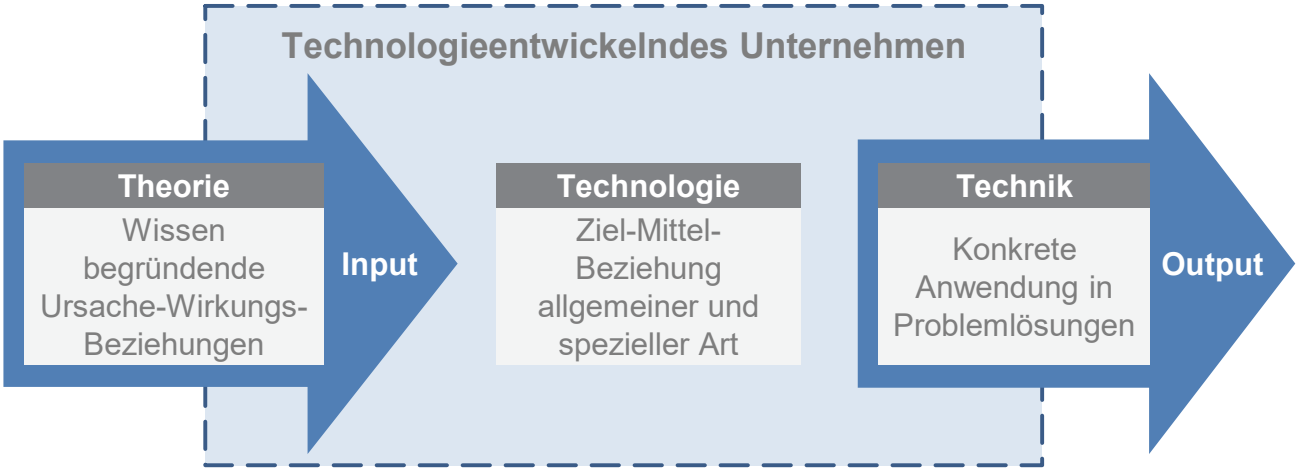


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Theorie, Technik und Technologie im Unternehmen (eigene Darstellung in Anlehnung an Specht und Möhrle 2002, S. 331 und Tschirky 1998, S. 228)

Für Unternehmen sind Technologien aufgrund des Wissens über technische Problemlösungen ein essentieller Faktor, um Innovationen hervorzubringen und sich somit längerfristig im Wettbewerb zu behaupten. Die aufgezeigte Differenzierung zwischen Theorie, Technologie und Technik sind für die folgenden Ausführungen der Arbeit grundlegend, um zu verstehen, dass suchende Personen bei der Suche nach Technologien primär Informationen über konkrete Problemlösungen suchen und nicht zwangsläufig nur bereits existierende Produkte oder Prozesse identifizieren wollen.

2.1.2 Einteilung von Technologien

Zusätzlich zu der Menge an teilweise divergierenden Begriffsdefinitionen haben sich für den allgemeinen Terminus »Technologie« in der Literatur verschiedene Begriffskonkretisierungen manifestiert. Technologien lassen sich

anhand unterschiedlicher Kriterien systematisiert in spezifische Klassen einteilen. Eine Klassifizierung von Technologien hilft Unternehmen eine individuelle Aussage über die aktuelle Bedeutung und die potenzielle zukünftige Entwicklung einzelner Technologien zu treffen (Schuh et al. 2011, S. 35), sodass strategische Handlungsoptionen zum weiteren Umgang mit diesen abgeleitet werden können. Die im Folgenden dargestellten ausgewählten Klassifizierungsansätze (zusammengefasst vgl. Tabelle 2) bilden ein Fundament für die weiteren Ausführungen in dieser Arbeit und werden im Kapitel 2.2 in den jeweiligen Anwendungsfällen für die Suche nach Technologien abermals aufgegriffen.

Eine grundlegende und weit verbreitete Klassifikation nach dem Einsatzgebiet einer Technologie beschreibt PERILLIEUX und unterscheidet Technologien in Abhängigkeit ihres Nutzungskontextes in Produkt- und Prozesstechnologien. Produkttechnologien gehen in ein Produkt ein und ermöglichen dort gewünschte Funktionalitäten zur Erfüllung von zuvor festgelegten Aufgaben im Produkt (vgl. Produktinnovation). Prozesstechnologien erfüllen hingegen definierte Aufgabestellungen innerhalb der Produktion (vgl. Prozessinnovation), um die spezifizierte Herstellung eines Produkts zu gewährleisten (Perillieux 1987, S. 13). Die Differenzierung dieser beiden Technologieklassen bedarf stets einer Beachtung der Betrachtungsweise. Für den Anbieter eines Produktes vermag eine Technologie, welche in dem Produkt zum Einsatz kommt, eher eine Produkttechnologie darstellen. Diese Technologie im gleichen Produkt im Einsatz in der Produktion des Produktnutzers wird von diesem eher als eine Prozesstechnologie definiert (Schuh et al. 2011, S. 36). Dieser Tatsache geschuldet, werden zur Reduzierung der Komplexität und Eingrenzung des Argumentationsumfangs im Laufe dieser vorliegenden Arbeit keine separaten Ausführungen zu Prozesstechnologien vorgenommen.

Technologien kommen im Laufe ihrer Entwicklung fast immer in einem Spektrum an verschiedenartigen Applikationen zum Einsatz, und können sich

dabei von einer spezifischen Technologie zu einer Querschnittstechnologie weiterentwickeln. Als spezifische Technologie weist eine technologische Entwicklung anfangs nur eine geringe Anwendungsbreite auf, da sie zum Lösen einer konkreten Problemstellung in einem Applikationsfeld entwickelt wurde. Kommt es zu einer Verbreitung und einer breiten Anwendung einer Technologie über viele Applikationsfelder hinweg, so spricht die Literatur von einer Querschnittstechnologie (Perillieux 1987, S. 13); (Bullinger 1994, S. 115). Eine für eine bestimmte Branche spezifische Technologie kann, begründet in ihrem Leistungsvermögen, auch für Anwender in anderen Industriezweigen ein hohes Potenzial bieten, sodass es zu einer Diffusion des technologischen Wissens über Branchengrenzen hinweg kommt. Retrospektiv kann die Laser-Technologie als gutes plakatives Beispiel für die Entwicklung von einer spezifischen Technologie, in Form eines Lesekopfs in einem CD-Player, zu einer Querschnittstechnologie, in Anwendungen von der Metallbearbeitung bis hin zur Medizintechnik, angesehen werden. Für Unternehmen ergibt sich folglich die Herausforderung rechtzeitig potenzielle Querschnittstechnologien zu entdecken, welche für das eigene Applikationsspektrum eine Relevanz haben könnten.

Werden Technologien in Form von Technik in Produkten und Prozessen eingesetzt, unterliegen sie in ihrer Anwendung unweigerlich einer fortwährenden Verbesserung hinsichtlich ihrer Leistungsparameter und den damit verbundenen Kosten. Diese Tatsache führt zu einer Klassifikation entsprechend ihres Entwicklungsstandes in alte und neue Technologien (Pleschak und Sabisch 1996, S. 91). Entscheidendes Kriterium für die Ermittlung des Entwicklungsstandes ist der Neuigkeitsgrad einer Technologie. Alte Technologien müssen nicht zwangsweise veraltet sein. Vielmehr reflektiert diese Eigenschaft die Tatsache, dass eine Technologie einer Organisation bereits längere Zeit bekannt und somit bereits Wissen über diese Technologie vorhanden ist. Die Novität einer Technologie lässt sich folglich auch über den Diffusionsgrad

charakterisieren. Gerade erst aufkommende, emergente (absolut neue) Technologien befinden sich als Weltneuheit meistens noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung. Existierende Technologien können jedoch auch neu (relativ neu) für eine individuelle Branche (Anwendungsgebiet) oder für ein einzelnes Unternehmen sein (Wildemann 1987, S. 6–7). In dieser Arbeit wird unter der Phrase »neue Technologien« die Technologien verstanden, welche neu für ein Unternehmen sind.

Eine weitere Klassifizierung von Technologien erfolgt bezüglich ihres Wettbewerbspotenzials in einem Anwendungsgebiet in Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologien (Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 49–52); (Servatius 1985, S. 116); (Pleschak und Sabisch 1996, S. 92). Diese Betrachtung beruht auf einer Analogie zum Produktlebenszyklus, wonach auch Technologien einen Lebenszyklus durchlaufen, welcher auf die Wettbewerbsfähigkeit Auswirkungen hat. Finden neue Technologien aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit erste Anwendungen in einem Gebiet (bspw. Branche / Industriezweig) und bieten gegenüber alternativen Technologien einen relativen Vorteil, so werden diese zu Schrittmachertechnologien in diesem Anwendungsgebiet. Trotz der mit diesen, noch in der Entstehung befindlichen Technologien verbundenen relativ hohen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer zukünftigen Leistungsfähigkeit und der damit einhergehenden Anwendungsbreite, im Verhältnis zu den notwendigen Entwicklungsaufwänden, weisen sie ein hohes Entwicklungspotenzial auf, welches letztlich ein großes Wettbewerbspotenzial erkennen lässt (Peiffer 1992, S. 37–38); (Seibert 1998, S. 123). Haben sich Schrittmachertechnologien nicht zuletzt durch Weiterentwicklungen breiter im Markt etabliert, werden sie als Schlüsseltechnologien beschrieben. Technologien sind in dieser Lebensphase noch wettbewerbsrelevanter, da sie entscheidende Leistungs- und/oder Kostenvorteile bieten (Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 49–52); (Tschirky 1998, S. 234). In

Anlehnung an das S-Kurven Modell (vgl. Abbildung 3) kann in der Wachstumsphase die Leistungsfähigkeit einer Technologie überproportional zum Entwicklungsaufwand vorangetrieben werden, was speziell für »Follower-Strategien«[4] eine besondere Relevanz hat. Schlüsseltechnologien repräsentieren dabei allzu oft grundlegende Entwicklungsrichtungen in aktuellen Umwälzungsprozessen (Wolffgramm 1994, S. 16), welche von Unternehmen nicht verpasst werden dürfen, um nicht wie im Beispiel der Firma KODAK den entscheidenden Technologiesprung (Kodak: von der Farbfilmfotografie zur Digitalfotografie) zu verpassen. Hat eine Technologie ihre Reifephase erreicht bietet sie als Basistechnologie nur noch geringes Wettbewerbspotenzial. Sie ist bekannt, verfügbar und wird von nahezu allen Wettbewerbern in der Branche beherrscht. Fast am Ende ihres Lebenszyklus, bevor sie verdrängt wird, weist sie in ihrer Leistungsfähigkeit für das Anwendungsgebiet keine großen Entwicklungspotenziale mehr auf (Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 49–52); (Seibert 1998, S. 123).

Unter der Maßgabe, dass sich Technologien unterschiedlicher Wirkprinzipien bedienen, kommt es im S-Kurvenverlauf des Lebenszyklus zu einer Sättigungsgrenze für die einzelnen Wirkprinzipien, bei der nur noch durch einen überproportionalen zusätzlichen Entwicklungsaufwand marginale Verbesserungen der Leistungsfähigkeit einer Technologie erreicht werden. Erst alternative Technologien aus Basis anderer Wirkprinzipien können ein entscheidend höheres technisches Leistungsniveau erzielen, sodass sie die »alte Technologie« verdrängen (Pleschak und Sabisch 1996, S. 91); (Heubach 2009, S. 34).

---

[4] Bei Follower-Strategien (Folgerstrategien) entscheiden sich Unternehmen anderen Marktteilnehmern bspw. beim Markteintritt erst zu folgen, wenn diese bereits erfolgreich einen neuen Markt adressieren (bzw. eine neue Technologie einsetzen). (vgl. Schmid und Kutschker 2011, S. 988)

Eine für ein Anwendungsgebiet relativ neue Technologie kann für dieses eine chancenversprechende Schrittmachertechnologie darstellen, gleichwohl sie sich in einer anderen Branche als eine bereits lang erprobte Basistechnologie bewiesen hat. Der Reifegrad einer Technologie ist folglich zum selben Zeitpunkt anwendungs(feld)spezifisch, sodass eine grundlegende Klassifikation einer Technologie bezüglich ihres Reifegrads in dieser Arbeit unterlassen wird.

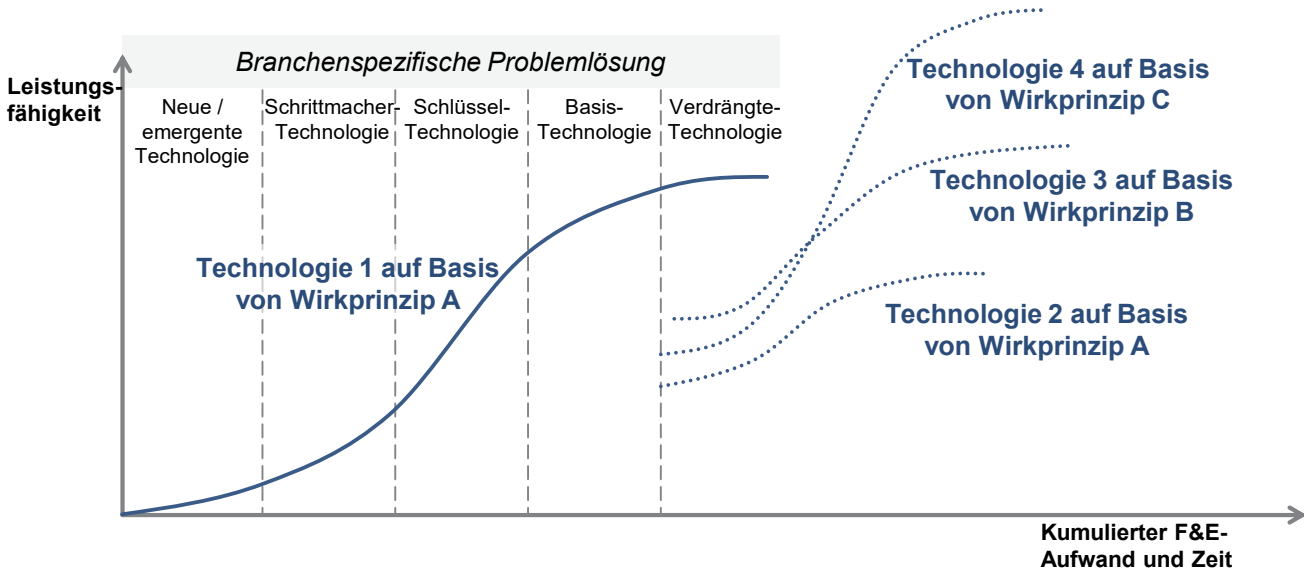


Abbildung 3: Technologielebenszyklus im S-Kurven Modell (eigene Darstellung in Anlehnung an Gomeringer 2007, S. 168)

Mit der Differenzierung nach der Bedeutung im eigenen Wertschöpfungsprozess unterteilt PERL Technologien anhand des Maßes, in welchem Umfang sie die eigenen Unternehmensleistungen beeinflussen. Kerntechnologien bilden das Rückgrat der Technologiekompetenzen in einem Unternehmen und dienen der Realisierung von Hauptfunktionen in Produkten sowie Prozessen. Auf diese Art tragen sie essentiell zur Wertschöpfung der Unternehmung bei und bedürfen somit besonderer Beachtung. Zur Realisierung von Nebenfunktionen in Produkten und Prozessen finden Komplementärtechnologien als Ergänzung zu den Kerntechnologien Anwendung. Ihre Bedeutung im Wert-

schöpfungsprozess ist maßgeblich, liegt jedoch unterhalb derer von Kerntechnologien. Unterstützung erfahren beide von Zusatztechnologien, welche eine eher geringe Bedeutung im Wertschöpfungsprozess haben und darum häufig extern zugekauft werden (Perl 2003, S. 48). Für Unternehmen ist es demnach existenziell wichtig, aufkommende Gefahren für die eigenen Kerntechnologien frühzeitig zu identifizieren, aber auch die Chancen alternativer Komplementär- und Zusatztechnologien zur Erweiterung des Technologiespektrums nicht zu verpassen, um mit dem eigenen Wertschöpfungsprozess im Wettbewerb bestehen zu können.

Zur Bestimmung von möglichen Interdependenzen können Technologien auch im Hinblick ihrer Beziehungen zueinander in Komplementär-, Konkurrenz-, Substituts- und Neutrale Technologie klassifiziert werden (Specht und Möhrle 2002, S. 137, 309, 380). Wie im vorherigen Absatz bereits erwähnt existieren Komplementärtechnologien, welche sich hinsichtlich ihres Beitrags zur technischen Problemlösung ergänzen und somit im Zusammenspiel einen Mehrwert bieten. Im Gegensatz dazu kommt es bei Neutralen Technologien zu keiner unmittelbaren Beeinflussung im gemeinsamen Produkt oder Prozess (Perillieux 1987, S. 13); (Bullinger 1994, S. 97). Stiften unterschiedliche Technologien in einem Produkt oder Prozess einem Anwender einen vergleichbaren Nutzen, werden diese als Konkurrenztechnologien bezeichnet. Konkurrierende Technologien können dabei auf verschiedenen technologischen Grundlagen (Wirkprinzipien) beruhen. Können aus Sicht eines Unternehmens diese zur Erreichung desselben Ziels Einsatz finden stehen sie unweigerlich im Wettbewerb zueinander (Spur 1998, S. 99). Weisen Konkurrenztechnologien unterschiedliche Leistungspotenziale auf oder befinden sich diese in verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus (vgl. Abbildung 3), sodass die Leistungsfähigkeit der einen die andere(n) gegenwärtig übersteigt oder zukünftig potenziell übersteigen wird, geht von derjenigen Technologie mit der höheren Leistungsgrenze eine Substitutionsgefahr für die andere(n) aus. Die

Verdrängung der unterlegenen Konkurrenztechnologie durch die überlegene Substitutionstechnologie wird noch einmal verstärkt, wenn sich neben den überlegenen technischen Leistungsparametern auch ökonomische Vorteile durch die Substitutionstechnologie erzielen lassen (Wolfrum 1994, S. 4); (Schuh et al. 2011, S. 36). Da früher oder später die Substitution von einer Technologie durch eine effektivere und/oder effizientere Technologie in der Regel nicht aufzuhalten ist, besteht eine große Gefahr für Unternehmen darin, diese sich anbahnenden Veränderungen nicht frühzeitig genug zu bemerken, um darauf reagieren zu können, und am Ende ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren, wenn es ihre Kerntechnologien betrifft (vgl. substitutive Innovation in Kapitel 2.1.1).

Tabelle 2: Zusammenfassende Übersicht zur Klassifikation von Technologien

Technologieklassifikation				
Klassifikationskriterium	**Ausprägung**			
Einsatzgebiet *(vgl. Perillieux 1987, S. 13)*	**Produkttechnologien**		**Prozesstechnologien**	
Potenzielle Anwendungsbreite *(vgl. Perillieux 1987, S. 13)*	**Querschnittstechnologien**		**Spezifische Technologien**	
Entwicklungsstand *(vgl. Pleschak und Sabisch 1996, S. 91)*	**Neue Technologien**		**Alte Technologien**	
Wettbewerbspotenzial *(vgl. Sommerlatte und Deschamps 1986, S. 49–52)*	**Schrittmacher-technologien**	**Schlüssel-technologien**	**Basis-technologien**	
Bedeutung im Wertschöpfungsprozess (vgl. Frauenfelder 2000, S. 5)	**Kern-technologien**	**Komplementär-technologien**	**Zusatz-technologien**	
Beziehung zwischen den Technologien (vgl. Bullinger 1994,	**Komple-mentär-technologien**	**Konkurrenz-technologien**	**Substi-tutions-technologien**	**Neutrale Technologien**

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Technologien als Schrittmachertechnologien in einer Branche oder als branchenübergreifende Querschnittstechnologie Chancen bieten können. Wird eine Technologie jedoch als Konkurrenztechnologie identifiziert, verbirgt sich dahinter jedoch auch das Risiko, dass sich diese zu einer Substitutionstechnologie entwickelt, welche das Vermarktungspotenzial der substituierten technologischen Kompetenzen konterkariert. Zur Bestimmung derartiger Chancen und Risiken bedarf es demnach einer Basis, auf welcher Technologien bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit miteinander verglichen werden können.

2.1.3 Beschreibung von Technologien im Kontext von Systemen

Produkte repräsentieren primär eine Kombination von unterschiedlichen Techniken und somit auch Technologien in Form eines technischen Systems (Lindemann 2007, S. 8ff.). In einem technischen Prozess, in Gestalt eines Ablaufs von Aktivitäten, finden diese Systeme als Operatoren (technische Mittel) auf einem vorbestimmten Weg Anwendung (Hubka 1973, S. 17ff.). In allgemeiner Betrachtung bestehen Systeme aus Elementen, die Bausteine des Systems, und Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen, wobei einzelne Elemente wiederum selbst als eigene Systeme betrachtet werden können. Alle Systeme bedürfen einer Systemgrenze, welche das System nicht zuletzt hinsichtlich der Betrachtung gegenüber seiner Umwelt abgrenzt. Darüber hinaus besteht innerhalb eines Systems eine Struktur aus den Elementen und deren Beziehungen zueinander, welche eine Gefüge bilden und somit eine Ordnung aufweisen (Haberfellner 1992, S. 5f.).

Zur formalen Beschreibung von Systemen auf einer abstrakten Modellebene findet die Systemtheorie als Metatheorie schon seit vielen Jahren Anwendung (Franken und Fuchs 1974, S. 23, 26); (Hill et al. 1994). Gestalt gewann die Allgemeine Systemtheorie im Aufzeigen von Gemeinsamkeiten zwischen

unterschiedlichen Systemen aus physikalischen, biologischen und gesellschaftlichen Kontexten (Teubner 1999, S. 8f). Durch die typischen interdisziplinären Betrachtungsweisen der Systemtheorie gelingt es ein integratives Verständnis über unterschiedliche Disziplinen hinweg zu schaffen (Hill et al. 1994, S. 18). In einem abstrakten und relativ allgemeinen Bezugsrahmen, in Form einer einheitlichen Terminologie, beschreibt und erläutert die Systemtheorie auch komplexe Sachverhalte.

Zur Beschreibung des Originals (Systems) greift die Systemtheorie auf drei Prinzipien der Systemmodellierung zurück. In der hierarchischen Betrachtung wird ein System als Teil (Subsystem) eines umgebenden Systems (Supersystems) beschrieben. Eine detailliertere Erklärung des Systems wird dem Betrachter durch das Herabsteigen in der dadurch entstandenen Hierarchie ermöglicht. Umgekehrt wird durch Heraufsteigen in der Hierarchie ein wachsendes Verständnis für die Systembedeutung gewonnen (Mesarović et al. 1970, S. 35); (Mesarović 1972). Die am weitesten verbreitete strukturale Betrachtung von Systemen versteht unter dem Systembegriff die Gesamtheit aller miteinander verbundenen Elemente. Aufgrund der Vielfalt etwaiger Beziehungsgeflechte zwischen diesen Elementen, welche spezifische Systemeigenschaft mit sich bringen können, bedarf es bei der Betrachtung von Teilen des Systems stets der Berücksichtigung von Interdependenzen mit anderen Elementen des Gesamtsystems. Unter funktionaler Betrachtung, der dritten Perspektive, wird das Gesamtsystem einer »Black Box« gleichgesetzt und durch die von außen, als Betrachter wahrnehmbaren Eigenschaften charakterisiert. Die Eigenschaften werden dabei in Zustände des Systems sowie Inputs und Outputs des Systems unterschieden. Diese ergebnisorientierte Betrachtungsweise von technischen Systemen hilft auch Nicht-Experten ein Verständnis von der Leistungsfähigkeit eines Systems zu erlangen, ohne dass komplexe innere (technische) Zusammenhänge analysiert werden müssen (Ashby 1974, S. 15); (Teubner 1999, S. 14); (Ropohl

2009, S. 75). Unter der Annahme, dass die Umwelt eines Systems auf dieses mittels Input-Faktoren einwirkt, und ein System wiederum seine Umwelt durch Output-Faktoren beeinflusst, kann die Differenz zwischen Output und Input (Input-Output-Verhältnis) als eine funktionale Leistung des Systems angesehen werden (Teubner 1999, S. 15). Die registrierbare Arbeitswirkung bei der Überführung des Arbeitsgegenstandes aus einem bestehenden Eingangszustand (Input) in vom eingesetzten Mittel abhängige Haupt- und Nebenzustände (Output) wird dabei als die »Funktion« des Systems in einem technischen Prozess angesehen (Hubka 1973, S. 50ff.); (Gaag 2010, S. 27). Funktionen erlauben somit eine lösungsneutrale Beschreibung von technischen Systemen, ohne die Konkretisierung des zum Einsatz kommenden Mittels (Haberfellner 1992, S. 51). Charakterisieren die Funktionen die Leistung eines technischen Systems an einem Arbeitsgegenstand, dienen qualitativ oder quantitativ messbare Attribute (bspw. physikalischer, biologischer oder chemischer Natur) der Konkretisierung der Leistung und definieren somit die Funktion (Ropohl 2009, S. 123).

Zur funktionalen Analyse von technischen Systemen hilft eine Systembetrachtung nach dem Prinzip der Projektion (Sicht auf das System), wobei alle Systeme unter einem definierten Gesichtspunkt und einem darauf ausgerichteten Blickwinkel betrachtet werden. Ergänzend ermöglicht der Grundsatz der Konzentration bei der Systembetrachtung (auf Haupt- vs. Nebenfunktion) eine Fokussierung auf die wesentlichen Aspekte. Die Funktionsanalyse technischer Systeme kann dabei ähnlich einer Analyse des konstruktiven Aufbaues eines Systems erfolgen. Durch eine Zergliederung des Systems in seine Elemente (Bauteile), können diesen Elementen wiederum eine oder mehrere Teilfunktionen zugeschrieben werden. Logische Beziehungen zwischen den Teilfunktionen lassen systemtypische Aufbaulogiken oder Hierarchien unter den Funktionen in Form von Funktionsmodellen oder Funktionsbäumen darstellen (Ponn und Lindemann 2008); (Wolffgramm 1997, S. 86ff).

GAAG differenziert die Bestimmung von Funktionen technischer Systeme zusammenfassend anhand fünf Kriterien (Gaag 2010, S. 29f.):

- Aus der **Sicht des Nutzers** (Projektion) lassen sich je nach Anwendungsfall Gebrauchs- oder Geltungsfunktionen eines Systems bestimmen.
- Je nach **Bedeutung** (Projektion) im Anwendungsfall lassen sich Funktionen in nötige und unnötige klassifizieren.
- Durch die **Konzentration** auf den Hauptzweck eines Systems lassen sich Hauptfunktionen und untergeordnete Nebenfunktionen unterscheiden.
- Mit der hierarchischen **Zergliederung** eines Systems in Teilsysteme lassen sich Funktionen auf den einzelnen Ebenen als Teil- oder Gesamtfunktion differenzieren.
- Aus den **Relationen einer Funktion** zu anderen Funktionen (relationsorientierte Betrachtung) kommt es zu Abhängigkeiten, welche die Funktionen in nützliche oder schädliche Systemfunktionen charakterisieren lassen.[5]
- Die **Abstraktion** der Beschreibung einer Funktion ist abhängig vom Grad der Fokussierung auf ein spezifisches System. Auch wenn keine absolute Einordnung in Klassen möglich erscheint, ist der Abstraktionsgrad bei der Formulierung einer Funktion für ein nutzerübergreifendes Systemverständnis zu berücksichtigen.

Neben der Bestimmung von Funktionen sieht sich der Betrachter unweigerlich mit der Herausforderung konfrontiert, die identifizierten Funktionen so zu

[5] Auf Basis von Relationen zwischen Funktionen lassen sich schließlich auch Wirkzusammenhänge darstellen, welche eine operationalisierbare Struktur bilden.

beschreiben, dass ein gemeinsames Verständnis von der funktionalen Leistungsfähigkeit eines Systems auch mit anderen Systembetrachtern erreicht werden kann. In der Literatur hat sich darum eine formale Beschreibung einer Funktion als Objekt-Verb-Term Relation etabliert. Diese verbale Charakterisierung einer Funktion durch ein auch bei immateriellen Gütern quantifizierbares Substantiv und ein Funktionsverb (technisches Verb) im Infinitiv (bspw. Wasser filtern) schafft eine wesentliche Grundlage zur Differenzierung von technischen Funktionen (Birkhofer 1980, S. 69); (Akiyama 1994, S. 55ff.); (VDI 2803 1996); (Ehrlenspiel 2009, S. 406). Das Objekt repräsentiert dabei einen Arbeitsgegenstand (Operand), auf den das System aufgrund seiner Eigenschaft einwirkt und diesen dadurch in einen Endzustand überführt (Operation) (Wolffgramm 1997, S. 82).

Für eine weitere Strukturierung von Funktionen technischer Systeme haben sich unterschiedliche Ordnungsansätze entwickelt. Die zur Abgrenzung des Themas für diese Arbeit am relevantesten Ansätze werden im Folgenden dargestellt. Zum einen können Funktionen durch die logische Beschreibung von Operand und Operation vielfältig strukturiert werden. RODENACKER differenziert bereits 1970 Funktionen nach ihren Operationen aus Sicht des logischen Wirkzusammenhangs (Rodenacker 1970, S. 38ff.). Gemäß seinen Ausführungen lassen sich Operationen in drei mögliche Grundtypen von Verfahren, dem Erzeugen, dem Verteilen und dem Verbrauchen, unterscheiden. Die damit verknüpften relevanten Ausprägungen durch die Operation unterscheidet er ferner in: Verknüpfen/Koppeln, Trennen/Hemmen, und Führen/Leiten (Rodenacker 1976, S. 43, 53). ROPOHL differenziert die Operationen ohne Berücksichtigung des Objekts noch weiter in: Zustandsänderung versus Zustandserhaltung, Wandlung, Transport und Speicherung (Ropohl 1975, S. 36–41). Diese Logik wurde schließlich erweitert durch die Einbeziehung der Objektart: Stoff, Energie und Informationen, auf welche

Operationen spezifisch Einfluss nehmen können und somit den Funktionsbereich spezifizieren (Koller und Kastrup 1994); (Wolffgramm 1997, S. 86ff); (VDI 2222 1977).[6]

Anders als bei den eher generischen Betrachtungen von Funktionen anhand von Operation und Objekt kommt es in dedizierten Anwendungsgebieten häufig zu eigenen Unterteilungen von Funktionen (branchenspezifische Unterscheidung). Die Differenzierung erfolgt dabei eher auf Basis von Funktionsverben, die eine Operation widerspiegeln, und weniger durch ein Konstrukt aus Objekt und einer Operation. Die einzelnen Operationen werden dabei in hierarchischen Zusammenhängen abgebildet, um somit ein Anwendungsgebiet möglichst ganzheitlich in unterschiedlichen Abstraktionsstufen in Form von Funktionsbereichen abzubilden (Gaag 2010, S. 42). Als Beispiel soll hier das Anwendungsgebiet »Handhaben« nach VDI 2860 dienen, welches sich in die fünf grundlegenden Funktionsbereiche: Speichern, Mengen verändern, Bewegen, Sichern und Kontrollieren untergliedert. (Hesse 2006, S. 47ff.).

Die aufgabenspezifische Beschreibung als dritter Ordnungsansatz folgt der Strukturierung von Funktionen nach den Zielen der Operation (Pahl et al. 2005, S. 42–49).[7] Das Ziel einer beabsichtigen Operation wird dabei durch die Beeinflussung eines Objekts bzw. einer dem Objekt zugeordneten, impliziten Objekteigenschaft beschrieben (Birkhofer 1980, S. 77ff). BIRKHOFER legt bei seiner Betrachtung den Fokus auf die Differenzierung von Funktionen anhand des Merkmals (Objekteigenschaft), welches beeinflusst werden soll. Nach

---

[6] Eine Übersicht über unterschiedliche Strukturierungs- und Ordnungsprinzipien für technische Funktionen befindet sich im Anhang A-7

[7] PAHL untergliedert Funktionszusammenhänge hinsichtlich: 1.) Aufgabenspezifische Beschreibung, 2.) Allgemein anwendbare Beschreibung; sowie 3.) Logische Beschreibung (Pahl et al. 2005, S. 42–49)

EHRLENSPIEL beschreibt das Verb im Konstrukt der Funktion (Objekt-Verb-Term) die Eigenschaftsänderung am Objekt (Ehrlenspiel 2009, S. 406).

Diesem Ansatz folgend können Funktionen technischer Systeme durch die Art der Beeinflussung von messbaren Objekteigenschaften des Arbeitsgegenstands formal und sprachlich neutral charakterisiert und folglich auch strukturiert werden (vgl. Abbildung 4).

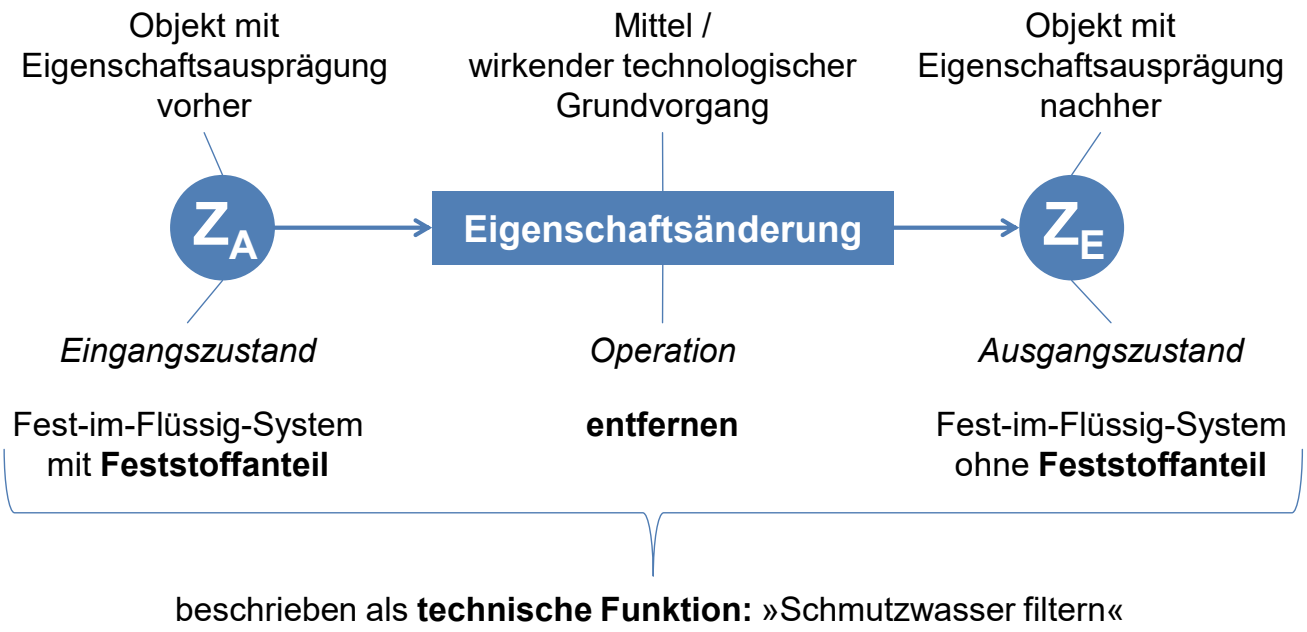


Abbildung 4: Schaubild zur Beschreibung einer technischen Funktion am Beispiel: »Schmutzwasser filtern« (eigene Darstellung in Anlehnung an Ehrlenspiel 2009, S. 407)

Funktionsmodelle dienen jedoch nicht nur der formalen Darstellung von technischen Systemen. Vielmehr dienen sie auch zur Beschreibung von Problemen und Zielen auf einer abstrakten Ebene, wodurch sie helfen existierende Denkfixierungen aufzulösen (Pahl et al. 2005, S. 57–61). Funktionen können verbalisiert auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen auftreten (Hubka 1973, S. 11) (bspw. mittelinduziert oder neutral ohne Mittelbezug formuliert: Wasser filtern vs. Wasser säubern). Erfahrungen zeigen, dass erhebliche methodische Herausforderungen existieren, um die im technischen Sprachgebrauch verbal beschriebenen Aufgabenstellungen in eine formale Funktion zu überführen.

Diese dabei durch einen kognitiven Prozess erreichbare Abstraktion kann als eine der schwierigsten und effizientesten geistigen Operationen in diesem Kontext angesehen werden (Birkhofer 1980, S. 69).

Aus Sicht des Nutzers steht die Funktion für die Aufgabe, die ein Produktsystem zur Problemlösung beiträgt, und spiegelt damit einen wesentlichen Teil vom Gebrauchsnutzen des Produkts wider (Peiffer 1992, S. 123). Die dafür verwendenden Funktionsverben sind oftmals eher abstrakt formuliert, ohne dass mit ihnen direkt ein Mittel (Wirkobjekt) verbunden wird, wie bspw. »säubern« oder »reinigen«. Bei der Formulierung der aus dieser Sicht eher anwendungsorientierten Nutzerfunktion kommt es der definierenden Person nicht zwangsläufig darauf an, wodurch die angestrebte Überführung des Arbeitsgegenstandes von einem Eingangszustand in einen Endzustand geschehen soll.[8] HEUBACH beschreibt diese Art von Funktionen als lösungsneutrale Zweckfunktionen, welche nutzerbezogene funktionale Aufgaben einer Problemlösung (Produktes) darstellen, die das identifizierte Nutzerbedürfnis befriedigen (Heubach 2009, S. 91). Allgemeiner formulierte BULLINGER, dass sich die Art des Nutzens, welcher einer Kundengruppe durch die Unternehmensleistung (Produkt) gestiftet wird, durch die Kundenfunktion charakterisiert lässt (Bullinger 1994, S. 92).

Auf der anderen Seite werden Funktionen von konkreten Technologien eher durch spezifische Funktionsverben dargestellt, welche technische Grundvorgänge[9] symbolisieren. Diese technischen Verben werden auch als

---

[8] Für den »Nutzer« ist bei einem Scanning-Prozess das zugrundeliegende Mittel zur Problemlösung zunächst weniger wichtig, da es ihm anfänglich um die Identifikation eines breiten Lösungspools geht, woraus er erst am Anschluss die Lösungen für seinen Anwendungsfall bewertet.

[9] Technischer Grundvorgänge nach WOLFFGRAMM siehe Anhang A-15 (vgl. Wolffgramm 1994, S. 119)

mittelinduzierte Funktionsverben bezeichnet, da die Art und Weise, wie eine Beeinflussung des Arbeitsgegenstandes erfolgt, bereits im Funktionsverb beschrieben ist (bspw. walzen, schweißen oder filtern). Bei der Betrachtung von expliziten Wissen (vgl. Kapitel 2.1.5), beispielsweise in Form von Patentschriften oder wissenschaftlichen Veröffentlichungen, ist festzustellen, dass die dort vorkommenden charakterisierenden Beschreibungen von Technologien typischerweise mittels dieser mittelinduzierten Funktionsverben erfolgen. Die in diesem Kontext formulierten Funktionen sollen primär das Leistungsvermögen (Fähigkeiten) einer Technologie und somit des darauf aufbauenden Systems auf Basis des dafür zur Anwendung kommenden Wirkprinzips[10] beschreiben. Als Äquivalent zur Zweckfunktion bei der Formulierung der Problemstellung betitelt HEUBACH diese Technologiefunktion als Systemfunktion, welche eine lösungsneutrale Wirkung durch die Eigenschaft eines wirkenden Mittels auf ein spezifisches Objekt beschreibt (Heubach 2009, S. 90).

Die beiden unterschiedlichen Blickwinkel auf das beschreibende Konstrukt der »Funktion« verdeutlichen, dass eine grundsätzliche gemeinsame Anwendung von Funktionstermini nicht existiert. Folglich kommt es zu Verständnisbarrieren, wenn eine suchende Person auf Basis einer eher problem-induzierten Zweckfunktion in einer Lösungsmenge aus technologiebeschreibenden Systemfunktionen recherchiert. Um diese Sprachbarriere zu überwinden, entstanden vereinzelt, für den Anwendungsfall spezifische Taxonomien (vgl. Anlage A-7), welche dem Anwender als Hilfsmittel zur Übersetzung von Zweckfunktionen in Systemfunktionen dienen (vgl. Kapitel 2.4: Defizite bestehender Ansätze). Diese Klassifizierungen von technischen Verben und somit des Wissens über deren Zusammenhänge anhand von

[10] Wirkprinzip nach WOLFFGRAMM siehe Anhang A-16 (vgl. Wolffgramm 1994, S. 132f)

Taxonomien ist jedoch relativ unflexiblen. Auf die Gründe hierfür wird im *Kapitel 2.1.5 Informations- und Wissensmanagement* näher eingegangen.

2.1.4 Management von Technologien

Unternehmen stehen vor der Herausforderung am Markt und gegenüber dem Wettbewerb langfristig zu bestehen. Eine wichtige Aufgabe der strategischen Unternehmensführung liegt folglich darin, die Fähigkeiten des eigenen Unternehmens mit den Marktbedürfnissen »in Einklang zu bringen« (Zahn und Braun 1992, S. 6). Zur Erfüllung der steigenden Kundenanforderungen spüren Unternehmen einen stetigen Druck neue Innovationen erfolgreich am Markt zu platzieren. Wie im Kapitel 2.1.1 bereits aufgezeigt, stellen dabei besonders Technologien einen essentiellen Faktor beim Hervorbringen von Innovationen dar, sodass eine systematische Identifikation, Entwicklung und Nutzung von technologischem Wissen ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit erschließt (Gerpott 1999a, S. 291); (Vahs und Burmester 2005, S. 49).

In Unternehmen werden die damit verbundenen Aufgaben im Kontext des »Technologiemanagements« nach BULLINGER, als integrierte Planung, Nutzung, Bewertung, Optimierung und Gestaltung von aktuellen und zukünftigen technischen Produkten und Prozessen aus Sicht von Organisation, Mensch und Umwelt, subsummiert (Bullinger 1994, S. 39). BROCKHOFF differenziert diese Aktivitäten eher gestaltungsorientiert in die Beschaffung, Entwicklung und Verwertung von Technologien, mit den einhergehenden Aufgaben der Planung, Organisation, Führung und Kontrolle von damit verbundenen Unternehmensprozessen (Brockhoff 1999, S. 153).

Die Betrachtung des Technologiemanagements kann dabei auf normativer, strategischer oder operativer Ebene erfolgen (Abele 2006, S. 30f); (Bleicher 2004); (Tschirky 1998, S. 270).

- Im *normativen Technologiemanagement* erfolgt eine allgemeine Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten, Auswirkungen, Voraussetzungen und Grenzen von Technologien, zur Bestimmung einer grundlegenden Ausrichtung des Unternehmens im Umgang mit Technologien. Für Unternehmen ist es dabei essentiell, dass Entscheidungsträger für technologische Belange mit ausreichender technologischer Wissens- und Erfahrungskompetenz ausgestattet sind. Speziell für die Potenziale von branchenfremden Technologien muss hier eine Sensibilisierung der relevanten Akteure erfolgen.
- Im *strategischen Technologiemanagement* wird durch den Aufbau, die Aufrechterhaltung, die Nutzung und die Weiterentwicklung technologiebasierter strategischer Erfolgspotenziale die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens gewährleistet (Specht und Beckmann 1996, S. 18); (Perl 2003, S. 23). Grundlegender Bestandteil ist dabei eine mit der Geschäftsstrategie des Unternehmens harmonisierte Technologiestrategie, wofür die Aufgaben im strategischen Technologiemanagement die Rahmenbedingungen zur effektiven Entscheidungsfindung liefern. Nicht zuletzt werden hier Entscheidungen darüber getroffen, welche technologischen Felder Chancen und Risiken hervorbringen könnten (d.h. Chancen neuer Technologien und Gefahren für den Wegfall eigener technologscher Kompetenzen erkennen) oder in welchen Technologien Zukunftspotenziale (bspw. make-or-buy Entscheidungen) für das eigene Geschäft gesehen werden (Bullinger 1994, S. 38ff); (Qian 2002, S. 60ff).
- Im *operativen Technologiemanagement* erfolgt die Umsetzung von normativen und strategischen Ausgestaltungen in einem kurz- bis mittelfristigen Zeithorizont. Ziel ist es, identifizierte Erfolgspotenziale zu schöpfen und gleichzeitig die strategische Orientierung nicht zu beeinträchtigen (Gälweiler 1979). In Unternehmen werden folglich für die

jeweils aktuelle Planungsperiode operative Ziele definiert, welche in technologierelevanten Bereichen wie Produktentwicklung und Produktion verfolgt werden sollen, um geforderte Marktleistungen (Problemlösungen), Qualitätsverbesserungen und Effizienzsteigerungen zu erbringen.

Zur Bewältigung der Herausforderungen im Technologiemanagement haben sich sechs wesentliche Aufgabenbereiche herausgebildet: Technologiefrühaufklärung, Technologiebewertung, Technologieentwicklung, Technologieverwertung sowie die übergreifende Technologiestrategie.

Technologiestrategie

- Produkt- bzw. Prozessintensivierung zur Nutzung und Optimierung bestehender Technologien in neuen Anwendungsfeldern
- Produkttechnologie-Innovationen mittels neuer Technologien zur Sicherung bzw. Steigerung der Wettbewerbsposition
- Prozesstechnologie-Innovationen zur Steigerung und Ausschöpfung der Produktionstechnik- und Rationalisierungspotentiale im Vergleich zu konkurrierenden Produktionssystemen
- Technologieinnovationen zur Entwicklung neuer Produkte unter Einsatz neuer Prozesstechnologien

Technologie-frühaufklärung	Technologie-bewertung	Technologie-planung	Technologie-entwicklung	Technologie-verwertung
▪ Frühzeitige Identifikation neuer / emergenter Technologien ▪ Beobachtung von technologischen Entwicklungen ▪ Ableitung von Implikationen für das Unternehmen (Chancen und Risiken)	▪ Bewertung von Technologien im Kontext des Unternehmens und Geschäftsmodells (strategisch und operativ)	▪ Planung hinsichtlich der Entwicklung, Beschaffung und Nutzung (Einsatz) von Technologien für eigene Produkte und Dienstleistungen	▪ Entwicklung von technologischen Lösungen zur Erfüllung von Marktanforderungen, Qualitätsverbesserungen, Kostenreduktion und Effizienzsteigerung ▪ Beschaffung von existierenden Technologien und Adaption an die Unternehmensbedürfnisse	▪ Verwertung der unternehmenseigenen Technologiekompetenzen in eigenen (neuen) Produkten und Dienstleistungen (intern) oder mittels Kooperationen, Lizensierungen oder Verkauf (extern)

Abbildung 5: Überblick über die Aufgabengebiete des Technologiemanagements (eigene Darstellung in Anlehnung an Peiffer 1992, S. 34; Zäpfel 2000, S. 119ff)

Im Folgenden findet für diese Arbeit besonders die Bereiche Technologiefrühaufklärung, Technologieentwicklung (-beschaffung) und Technologieverwertung nähere Betrachtung. Sie werden im Kapitel 2.2 noch einmal als Anwendungsgebiet für die Suche nach Technologien näher beleuchtet.

Das Technologiemanagement lässt sich für die vorliegende Arbeit am besten dahingehend vom Innovationsmanagement und Forschungs- und Entwicklungs-Management in Unternehmen differenzieren, dass es sich mit dem Erwerb und der Verwertung von technologischem Wissen zur Erreichung strategischer Unternehmensziele beschäftigt. (vgl. Abbildung 6)

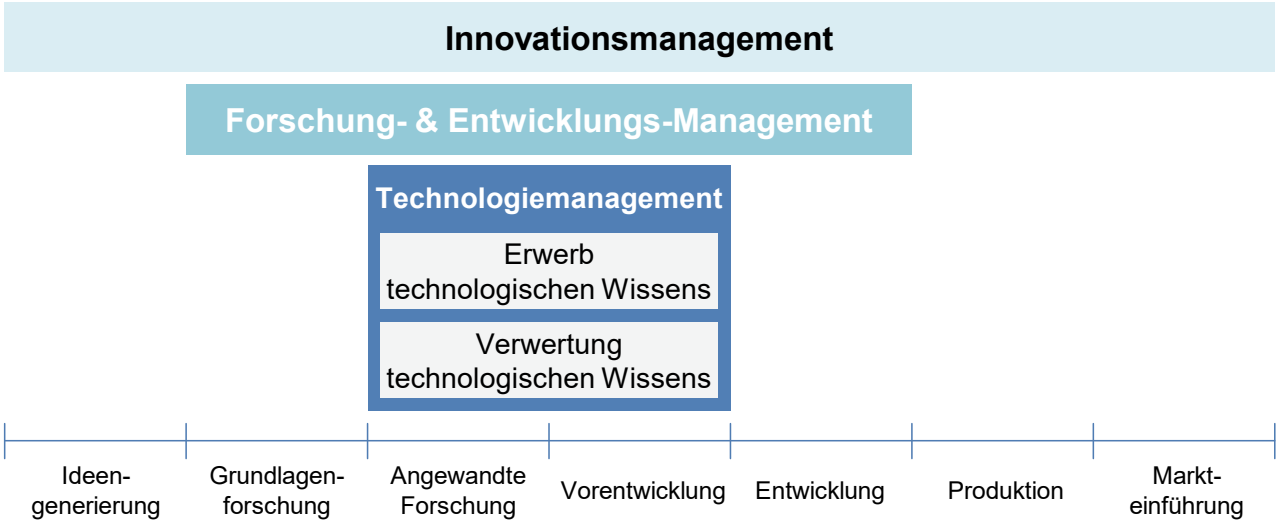


Abbildung 6: Abgrenzung von Technologiemanagement zu Innovationsmanagement und Forschungs- und Entwicklungsmanagement in Unternehmen (eigene Darstellung in Anlehnung an Specht und Beckmann 1996, S. 16 und Brockhoff 1999, S. 71)

Technologiemanagement beinhaltet somit das Wissensmanagement für einen zielorientierten Umgang mit technologischem Wissen (Informationen) über Problemlösungen in Unternehmen.

2.1.5 Informations- und Wissensmanagement

"Wir ertrinken in Informationen, aber uns dürstet nach Wissen."

Zitat von John Naisbitt[11]

Die Relevanz von technologischem Wissen im Kontext von Problemlösungen und für strategische Unternehmensentscheidungen manifestiert sich besonders in den Aufgaben des Technologiemanagements technologiegetriebener Unternehmen (vgl. Kapitel 2.1.4) sowie als definitorischer Bestandteile des Technologiebegriffs (vgl. Kapitel 2.1.1). Wodurch entsteht jedoch technologisches Wissen, in Abgrenzung zu Informationen und Daten, und wie kann es für Unternehmen nutzbar gemacht werden?

Grundlegend lassen sich Wissen, Informationen und Daten aus unterschiedlichen Perspektiven (wissenschaftlichen Disziplinen) differenzieren: Allgemeines Wissen, Betriebswirtschaftslehre, Künstliche Intelligenz, Philosophie, Semiotik, Technik, und Wissenspsychologie (Pocsai 2000, S. 14). Unter Berücksichtigung des in dieser Arbeit vorliegenden Fokus, der Suche nach existierenden Technologien (Wissen über Problemlösungen), stellt die sprachwissenschaftliche Differenzierung aus Sicht der Semiotik eine hinreichende Abgrenzung dar. In der Semiotik bilden Zeichen und die damit verbundenen Zeichensysteme die elementare Grundlage. Ihre Ausprägungen als Buchstaben, Ziffern sowie Sonderzeichen konkretisieren den zur Verfügung stehenden Zeichenvorrat (Rehäuser und Krcmar 1996, S. 3). Sind Zeichen mittels eines Codes, eines Syntaxes oder anderen Ordnungsregeln in einen sinnvollen Zusammenhang zueinander gestellt werden sie als Daten klassifiziert (bspw. H_2O), welche keine inhärente Bedeutung oder Zweck enthalten (Morris

[11] US-amerikanischer Autor; Themenschwerpunkt Trend- und Zukunftsforschung; bekanntestes Buch: Megatrends

1973, S. 324ff); (North 2002, S. 38). Diese syntaktische Dimension reflektiert somit allein noch keinerlei Relation zum Bezeichneten (bspw. Objekt) oder dem Zeichenverwender (Hermans 2008, S. 10f). Erst durch die Ergänzung des Syntaxes (Form) um eine Semantik (Inhalt) der Zeichen werden die Daten in einen Kontext gesetzt und somit als Informationen klassifizierbar (Pocsai 2000, S. 14); (Lichtenthaler 2000, S. 3). In der semantischen Dimension wird die Bedeutung eines Zeichens (oder Zeichenfolge) betrachtet, wobei die Verbindung zwischen Zeichen und Bezeichneten im Mittelpunkt steht (bspw. H_2O ist ein Fluid) (Hermans 2008). Erfolgt somit eine Betrachtung von Daten in einem (Problem-) Zusammenhang, können diese als Informationen angesehen werden. Informationen lassen sich ferner als Kenntnisse über Sachverhalte verstehen, welche zur Entscheidungsfindung dienen, wie ein Ziel erreicht werden kann (Rehäuser und Krcmar 1996, S. 4). Die zur Entscheidungsfindung genutzten Informationen werden durch Vernetzung mit anderen Informationen sowie Interpretation und Integration in einen für eine Person spezifischen Sinnzusammenhang (Anwender-spezifischen Kontext), d.h. durch persönliche Erfahrungen und Erwartungen, zu konkretem Wissen (bspw. H_2O kann durch eine Membran gefiltert werden) (Falk 2007, S. 20). Informationen sind folglich der »Rohstoff« aus dem Wissen individuell entsteht und die Form, in welcher Wissen kommuniziert und gespeichert werden kann (North 2002, S. 38). Die zusätzliche pragmatische Dimension im Wissen schließt den Zeichenverwender explizit mit ein und betrachtet letztlich die Relation eines Zeichens mit der Wirkung, welche durch das Zeichen in Form von Information ausgelöst wird (Hermans 2008, S. 11). Das erlangte Wissen ist Grundlage für das Handeln einzelner Individuen und lässt sich aggregiert als deren Kompetenz beschreiben, welche wiederum die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens bestimmt. Eine Differenzierung der einzelnen Elemente kann in Form einer Treppen-Grafik in *Abbildung 7* verallgemeinert darstellen werden. Festzuhalten ist dabei, dass Fokussierung und die

Komplexität des Inhaltes der Elemente mit jeder Stufe zunimmt, sodass ein Transfer in andere Anwendungsgebiete mit jeder Stufe schwierig wird.

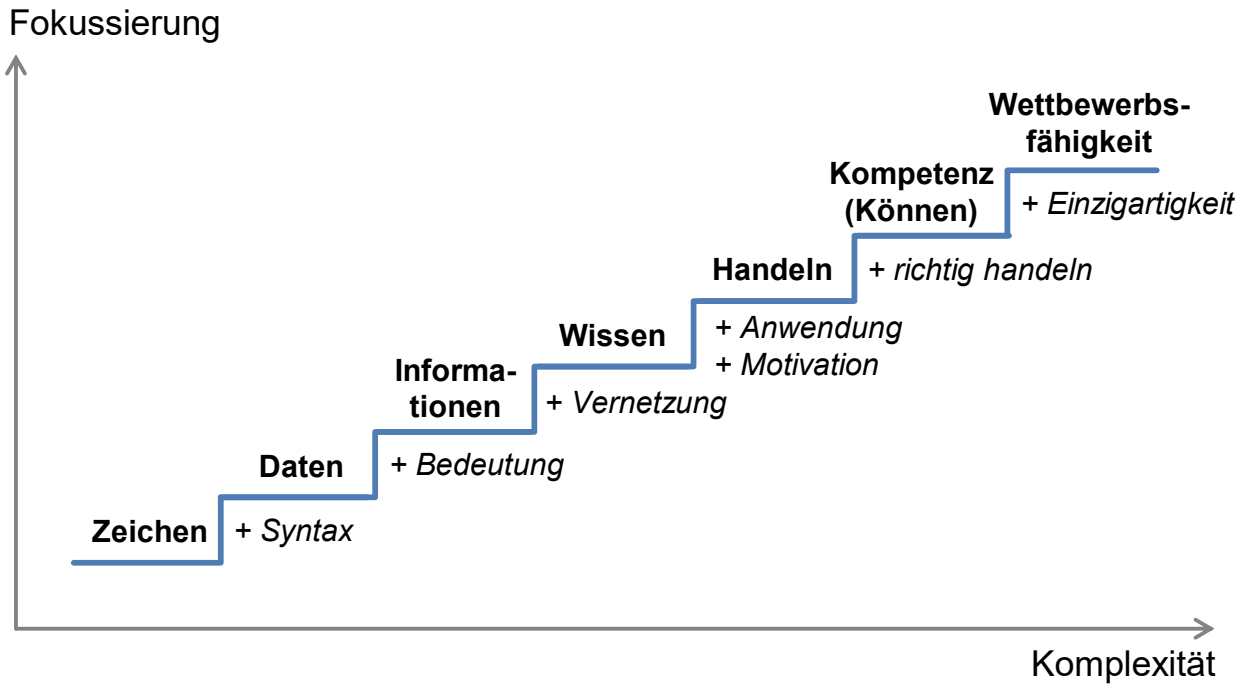


Abbildung 7: Differenzierung von Daten, Information und Wissen (eigene Darstellung in Anlehnung an Wissenstreppe North 2002, S. 5)

Im Wissensmanagement differenziert die Literatur in explizites und implizites Wissen sowie Organisation-internes und -externes Wissen. Eine Reihe von Autoren definieren dabei Informationen in Dokumenten als Synonym für explizites Wissen (Hermans 2008, S. 1), wenn es separiert vom Individuum ausschließlich zur Verständnis-Übermittlung formuliert, ausgesprochen und dokumentiert wird (Lahme 2004, S. 20f); (Teubner 1999, S. 17). Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass explizites Wissen als objektiv wahrnehmbares Konstrukt existiert (Lehner und Scholz 2006, S. 77). Dieses Wissen entsteht durch die formale Beschreibung eines Sachverhaltes, zum Beispiel einer technologischen Problemlösung für einen konkreten Anwendungsfall. Dokumentiert findet sich explizites Wissen in unterschiedlichen Quellen, wie

Patentschriften, wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Lehrbüchern oder anderen Dokumenten (vgl. Tabelle 3). Die Herausforderung zur Nutzung dieses Wissens, ist die fokussierte Extraktion der jeweils relevanten Informationen aus für eine Fragstellung passenden Informationsquellen (vgl. Kapitel 4.7).

Implizites Wissen hingegen reflektiert Fähigkeiten und Werte von Individuen, sodass es als personengebundenes Wissen angesehen wird. Aufgrund seines informellen Charakters lässt es sich nicht direkt formal beschreiben, sodass es nur mittelbar weitergeben werden kann (Hermans 2008, S. 16). Dieses Wissen entsteht durch das kognitive Vermögen von Individuen, bekannte Informationen auf ein neues Anwendungsgebiet zu übertragen. Dabei können neue technologische Problemlösungen, im Sinne von Erfindungen, entstehen oder die Erfahrungen von Experten für neue Fragestellungen Anwendung finden. Implizites Wissen ist in den Köpfen der Experten gespeichert und kann nur in Form einer expliziten Formulierung für andere Individuen nutzbar gemacht werden (Nonaka und Takeuchi 2012, S. 72ff.). Die Herausforderung für die Nutzung dieses Wissens besteht folglich darin, zum Zeitpunkt X auf die »richtigen Experten« zugreifen zu können und diese zur Preisgabe ihres impliziten Wissens zu bewegen.

Im Zuge des »organisatorischen Lernens« fand das Wissensmanagement zunehmend Relevanz in Unternehmen (Lehner und Scholz 2006, S. 32). Im Fokus steht hierbei eine effektive und effiziente Bereitstellung von Wissen in Organisationen (Rehäuser und Krcmar 1994, S. 23). Ziel ist es dabei Unternehmen internes und externes Wissen für Entscheidungsprozesse einzubeziehen und nutzbar zu machen.

Beim Transfer von Wissen geht jedoch ein Teil der initialen Bedeutung einer Mitteilung verloren, sodass dem Empfänger lediglich die zugrundeliegende Information aufnehmen kann. Erst durch das bereits vorhandene implizite Wissen des Empfängers werden die erhaltenen Informationen in Wissen

zurücktransformiert (Lichtenthaler 2000, S. 4). Folglich lassen sich Träger von explizitem bzw. implizitem Wissen als explizite bzw. implizite Informationsquellen beschrieben.

In der Informationswissenschaft wird der Begriff »Wissen« eher untergeordnet betrachtet. Wissen wird hier als Funktion einer Struktur in Form von: W(S) beschrieben, welches mittels zusätzlichen Informationen (Input) in einen neuen Zustand (Output) überführt wird (Hermans 2008, S. 14).

Informationsquellen jeglicher Art sind Träger von Daten, Informationen und Wissen (Wellensiek et al. 2011, S. 140). Die folgende Zusammenstellung (vgl. Tabelle 3) stellt eine Übersicht über Informationsquellen mit technologiespezifischen Inhalten dar.

Tabelle 3: Exemplarische Klassifizierung von Informationsquellen (in Anlehnung an Götz und Schmid 2004, S. 204; Falk 2007, S. 22)

Art der Informationsquelle	**Intern**	**Extern**
Implizit	• Interne Experten • Erfahrungswissen der Entscheider • *Kultur in der Organisation* • *Persönliche Einstellung*	• Externe Experten • Netzwerke
Explizit	• Interne Berichte und Dokumentationen • Patentanmeldungen • Unternehmensinterne Veröffentlichungen	• Wissenschaftliche Veröffentlichungen • Patentschriften • Studien, Forschungsberichte • Handbücher

Über 80% aller dem Menschen verfügbaren Informationen liegen dabei in unstrukturierter oder semi-strukturierter Form vor (Granitzer 2006, S. 438), was das gezielte Auffinden von technologischen Informationen erschwert.

Die Suche nach Technologien (Informationen über Technologien) in expliziten Informationsquellen wird aus methodischer Sicht als Informationsprozess mit dem Ziel einer Informations- oder Wissensgenerierung angesehen (Lichtenthaler 2000, S. 345); (Zeller 2003, S. 64); (Saxler 2011, S. 16). Grundlegende Elemente dafür sind die Bestimmung des Informationsbedarfs, die Informationsbeschaffung (Information Retrieval) sowie Informationsbewertung und -verwertung (Warschat et al. 2013) (vgl. Kapitel 2.3).

Zur Wiederverwertung und Nutzbarmachung von einmal gewonnenem (technologischen) Wissen kann dieses formal beschrieben als explizites Wissen auch für zukünftige Entscheidungsfindungen zugänglich gemacht werden. Die Wissensrepräsentationen (Wissensmodellierung) lassen sich dabei in unterschiedliche Ordnungs- und Klassifikationssysteme differenzieren, welche das Wissen einer Domäne in unterschiedlicher semantischer Tiefe abbilden. Mit wachsender semantischer Tiefe nimmt die Aussagekraft der Wissensrepräsentation zu. In Anlehnung an die semantische Treppe von BLUMAUER und PELLEGRINI (Blumauer und Pellegrini 2006, S. 16) sowie das lineare Spektrum von LASSILA und McGUINNESS (Lassila und Mcguinness 2001) nimmt die semantische Reichhaltigkeit von Stufe zu Stufe zu (vgl. Abbildung 8). (Erläuterungen zu den einzelnen Stufen sind im Anhang dieser Arbeit aufgeführt: vgl. Anhang A-1)

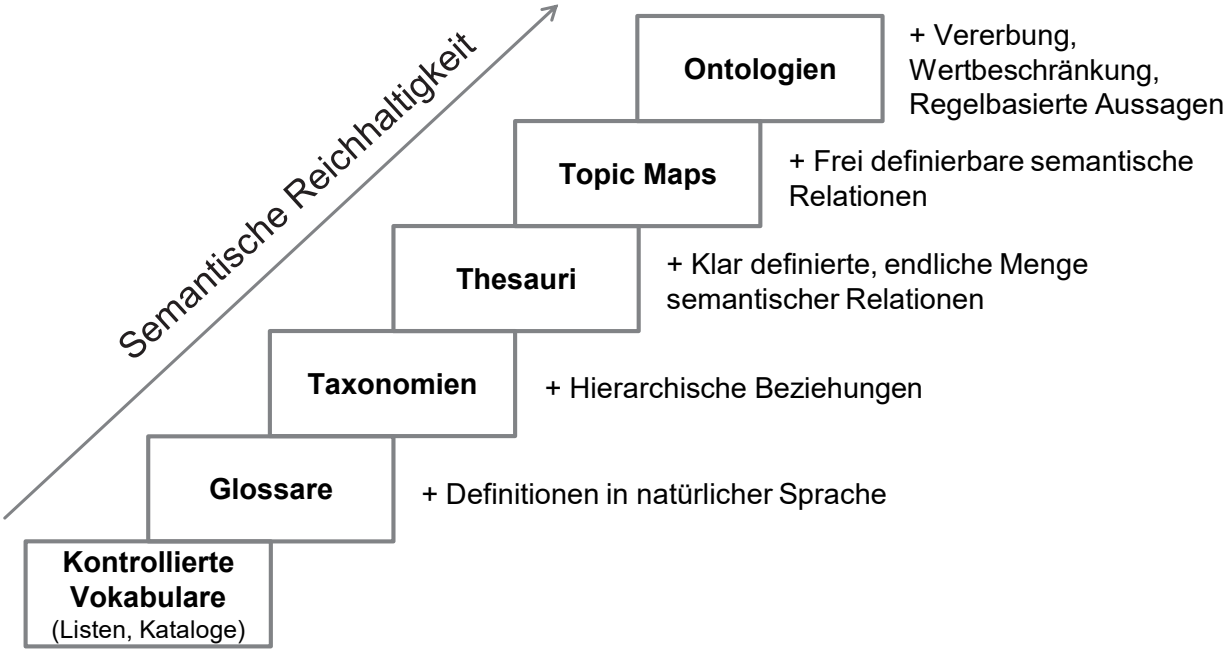


Abbildung 8: Semantische Treppe (eigene Darstellung in Anlehnung an Blumauer und Pellegrini 2006, S. 16)

2.2 Anwendungsgebiete für die Suche nach Technologien

Die Suche nach neuen, für ein Unternehmen noch unbekannten Technologien findet in den unterschiedlichen Organisationseinheiten eines technologiegetriebenen Unternehmens statt. Praxiserfahrungen zeigen, dass die Aufgabengebiete, in dessen Kontext nach Technologien gesucht wird, organisatorisch unterschiedlich aufgehängt sind. Diese Tatsache begründet, dass in der vorliegenden Arbeit eine Differenzierung anhand der Aufgabengebiete vorgenommen werden soll, in welchen eine Suche nach Technologien Anwendung findet (vgl. Abbildung 9).

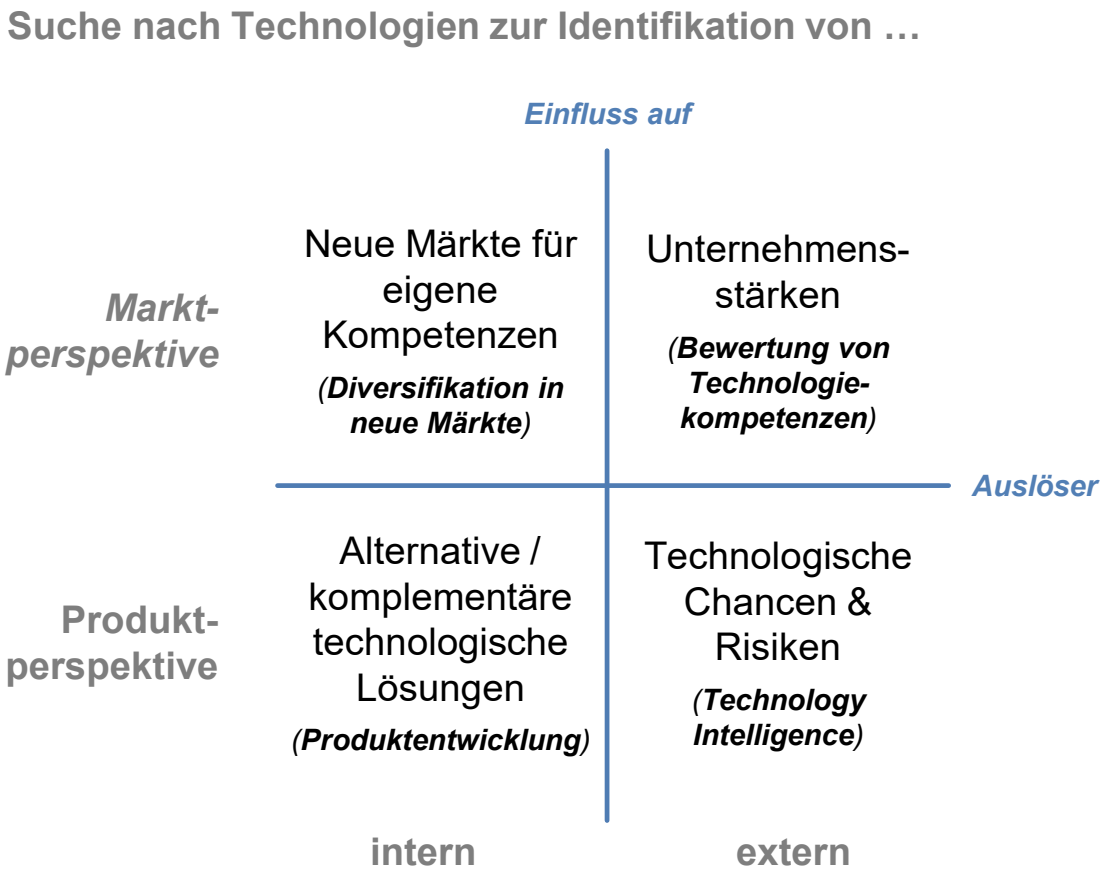


Abbildung 9: Aufgabengebiete mit der Suche nach Technologien

Die Suche nach Technologien wird durch einen Informationsbedarf für strategische Unternehmensentscheidungen ausgelöst. Der Informationsbedarf charakterisiert die Art, Menge und Qualität an Informationen, die ein Informationsbedarfsträger[12] zur Bewältigung einer konkreten Entscheidungsproblematik benötigt (Stelzer 2001); (Koreimann 1976, S. 65ff.). Die Formulierung des Informationsbedarfs entsteht dabei sowohl Bottom-Up, von einzelnen Mitarbeitern (»technology informer«) oder Arbeitsgruppen (»task forces«), als auch durch Top-Down-Initiativen im Kontext der strategischen

[12] Informationsbedarfsträger können Individuen, Gruppen von Individuen, oder Organisationseinheiten sein

Ausrichtung eines Unternehmens (Bürgel et al. 2005, S. 43); (Michel 1987, S. 127–128).

Im Folgenden werden die Aufgabengebiete »Lösungssuche in der Produktentwicklung«, als Beispiel für einen Bottom-Up Auslöser, sowie »Technology Intelligence«, »Diversifikation in neue Märkte« und »Bewertung von Technologiekompetenzen«, als Beispiele für Top-Down Auslöser, genauer betrachtet.

2.2.1 Lösungssuche in der Produktentwicklung

Die Produktentwicklung in Unternehmen befasst sich mit dem methodischen Vorgehen, der Beschreibung und letztlich der Entwicklung neuer technischer Produkte für unterschiedliche Anwendungen in den avisierten Zielmärkten der Organisation (Lindemann 2007, S. 8ff.).

Zum Hervorbringen von technologiebasierten Innovationen (bspw. Produkten) müssen Unternehmen den Prozess des »Suchens und Findens« von Technologien für konkrete Problemstellungen ausreichend gut beherrschen (Westkämper und Balve 2003, S. 274). Reichen die unternehmenseigenen Technologiekompetenzen zur Lösung einer Problemstellung nicht aus, kommt es zu einer probleminduzierten Suche nach neuen Technologien, technologischen Lösungen in der Produktentwicklung (Heubach 2009, S. 38f.).[13]

Unter Berücksichtigung des Systemcharakters eines Produktes erfolgt speziell bei Weiterentwicklungen eine Suche nach Komplementärtechnologien. Diese ergänzen ein bestehendes Set an Technologien durch neue Funktionen oder

[13] Diese Aussage kann ebenso auf die Prozessentwicklung transformiert werden. Eine dedizierte Betrachtung von Prozesstechnologien und somit auch der Prozessentwicklung wird im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen.

substituieren unzureichende Technologien zur effizienteren Erfüllung (Qualität, Kosten, Zeit) spezifischer, bereits integrierter Funktionen (Nutzerfunktion). Die dadurch erzielten Verbesserungsinnovationen gründen primär auf einer Market-Pull Strategie[14], in welcher neue Marktanforderungen durch neue technologische Lösungen erfüllt werden sollen (Macharzina 2003, S. 667). Neuentwicklungen, ausgelöst durch neue Marktanforderungen, bieten Produktentwicklern hingegen größere Freiheitsgrade, durch neue Technologien ein adressiertes Funktionsspektrum[15] im Produkt zu erfüllen, ohne systembedingt auf Technologien, basierend auf spezifischen technologischen Grundvorgängen[16], beschränkt zu sein. Technologiegetriebene Neuentwicklungen von Basisinnovationen im Zuge einer reinen Technology-Push Strategie[17] stehen nicht im Fokus dieser Arbeit, da in diesem Fall die Kerntechnologie zur Erfüllung der Hauptfunktion bereits vorgegeben ist und nicht initial gesucht werden muss. Für ein Produktsystem aus unterschiedlichen Technologien kann es jedoch wie bei Weiterentwicklungen auch hier zur Suche

---

[14] Die Market-Pull Strategie ist dadurch gekennzeichnet, dass ein subjektiver Bedarf im Markt formuliert wird, welchen Unternehmen durch neue technische Lösungen reaktiv bedienen sollen. (vgl. Bullinger 1994, S. 100)

[15] Zur Festlegung von durch Technologien im Produkt bzw. in einer Produktkomponente zu erfüllenden Funktionen findet beispielsweise die Methode der »Design-Structure-Matrix« Anwendung.

[16] Technologische Grundvorgänge sind Vorgänge die sich zeitlich oder apparativ nicht weiter aufspalten lassen. Sie ergeben eine Einheit und sind unteilbar. Charakterisiert wird ein technologischer Grundvorgang durch die Art wie Arbeitsgegenstand und Arbeitsmittel in Wechselwirkung treten. (vgl. Wolffgramm 1994, S. 42f)

[17] Die Technology-Push Strategie ist dadurch gekennzeichnet, dass eine emergente Technologie oder eine neue Kombination von existierenden Technologien eine technische Innovation hervorbringt, die proaktiv einen neuen Bedarf im Markt adressiert. (vgl. Herstatt und Lettl 2006, S. 2)

nach Komplementär- und/oder Zusatztechnologien zur Erfüllung von Produktanforderungen kommen.

Unter Berücksichtigung des Vorgehens in der Produktentwicklung nach der VDI 2221 kommt es nach der Klärung und Präzisierung der Aufgabenstellen zur Ermittlung der Funktionen und Strukturen, um die spezifizierten Anforderungen erfüllen zu können. Auf Basis der dabei formulierten technischen Funktionen (Funktionsstrukturen) kann schließlich eine Suche nach technologischen Lösungen (Technologien) durchgeführt werden (vgl. Abbildung 10) (Pahl et al. 2005, S. 168–171); (Richtlinie 2221).

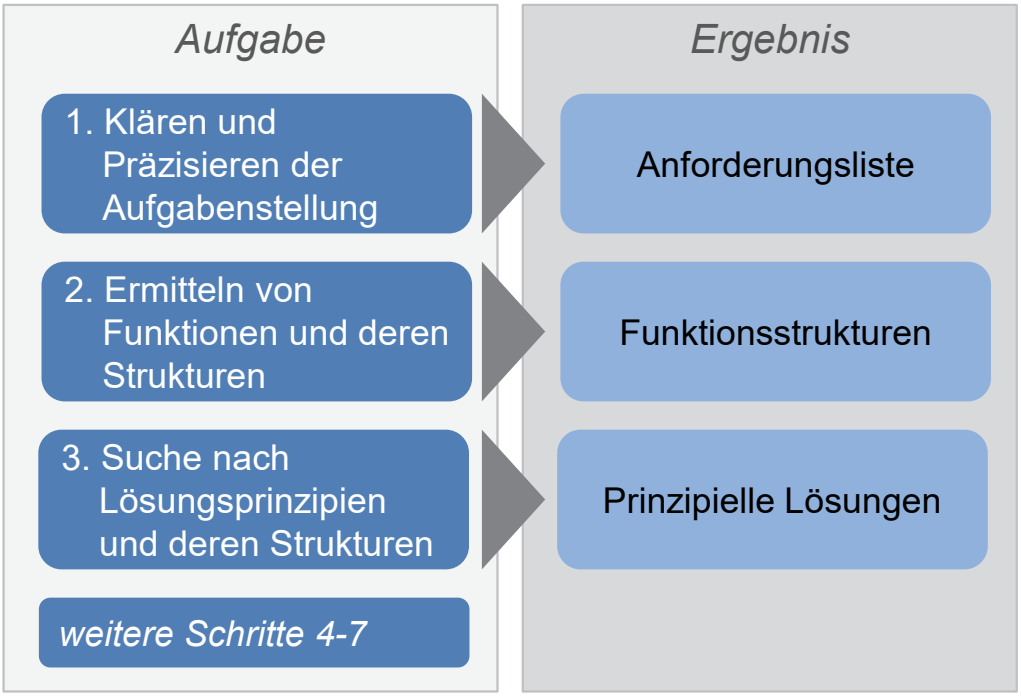


Abbildung 10: Ausschnitt zur Lösungssuche aus dem Vorgehen in der Produktentwicklung (eigene Darstellung in Anlehnung an Richtlinie 2221)

Zur Identifizierung einer möglichst großen Anzahl an potenziellen Problemlösungen auf Basis unterschiedlicher Lösungsprinzipien (technologischen Grundvorgängen) bedarf es einer ausreichend breiten Aufspannung des Lösungsraums (Ehrlenspiel 2009, S. 84ff.). Jedoch ist das Suchen und Finden

relevanter Informationen mit einem wachsenden Aufwand verbunden. Eine Ursache dafür ist nicht zuletzt die Verwendung branchenspezifischer Termini zur Beschreibung von technischen Lösungen, wodurch der suchenden Person das Auffinden in expliziten Informationsquellen systembedingt (aufgrund der natürlichen Sprache) erschwert wird. Konsequenz davon ist allzu häufig, dass technologische Problemlösungen erneut entwickelt werden, obgleich sie in einem anderen Anwendungsfeld bereits existieren (Gaag 2010)[18].

2.2.2 Technology Intelligence

Unternehmen bewegen sich in einem Umfeld zunehmender Dynamik und wachsender Komplexität. Auf der einen Seite verlangen neue Marktanforderungen nach neuen technologischen Lösungen (vgl. Kapitel 2.2.1). Auf der anderen Seite bieten neue Technologien Chancen, aber auch Risiken für das eigene unternehmensspezifische Geschäftsmodell. Die in Unternehmen mit dem Aufgabengebiet der »Technology Intelligence«[19] betrauten Organisationseinheiten beobachten darum, auf Basis unternehmensspezifischer Vorgaben, Aktivitäten und Strukturen, das technologische Umfelds des eigenen Unternehmens, analysieren identifizierte Informationen und kommunizieren die gewonnenen Erkenntnisse in relevante Entscheidungsprozesse (Zeller 2003, S. 23–25); (Lichtenthaler 2000, S. 20).

---

[18] Aussage von LINDEMANN im Vorwort von GAAG

[19] »Technology Intelligence« ist Teil der Forschungsrichtung »Intelligence«, welche aus dem Themenfeld der Wettbewerbsbeobachtung: »Competitive Intelligence« hervorgegangen ist. (vgl. Rohrbeck und Gemünden 2006, S. 159–175)

Auslöser für die Suche nach Technologien ist in diesem Fall das Bedürfnis von Entscheidungsträgern, technologische Unsicherheiten zu reduzieren und aufkommende Technologie getriebene Potenziale frühestmöglich zu identifizieren, um Entscheidungen über die strategische Ausrichtung des Unternehmens zu unterstützen. Ziel ist es dabei, zukünftige Schlüsseltechnologien für die eigenen avisierten Anwendungsfelder (Branche) schon im Stadium als emergente Technologie oder Schrittmachertechnologie zu identifizieren und ihre Entwicklung mindestens zu beobachten. Wesentliche Herausforderungen liegen besonders darin die Fähigkeiten und Potenziale alternativer Technologien (mit gleichem funktionalem Leistungsvermögen) aus anderen Anwendungsfeldern rechtzeitig zu erkennen, um sie im Vergleich zu den eigenen Technologiekompetenzen auf Chancen und Risiken bewerten zu können. In Abhängigkeit von der Ausrichtung der Technologiestrategie eines Unternehmens als Technologieführer oder Technologiefolger[20] ist im Speziellen die frühzeitige Identifikation von Diskontinuitäten[21] erfolgsentscheidend. Branchenfremde Technologien diffundieren in immer kürzeren Zeiträumen in andere Wirtschaftszweige, wo sie teilweise zu massiven Veränderungen der

[20] Technologieführer verfolgen eine Pionierstrategie, welche ein Unternehmen antreibt stets als Vorreiter technische Innovation auf dem Markt zu etablieren. (vgl. Bullinger 1994, S. 137) Dem gegenüber verfolgen Technologiefolger die Strategie, erst nach erfolgreicher Platzierung einer neuen Technologie am Markt, dem Technologieführer zu folgen. (vgl. Wolfrum 1994, S. 282)

[21] Diskontinuitäten lassen sich als Strukturbruch verstehen, wodurch es zu einer Richtungsänderung oder Unstetigkeit mit einer Niveauänderung kommt. Beispiele sind dafür unter anderem: Krisen, Streiks, Kriege oder technologische Durchbrüche. (vgl. Trux et al. 1985, S. 319)

Wettbewerbsverhältnisse führen.[22] Zur Sicherung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit oder des eigenen Wettbewerbsvorsprungs ist es somit essentiell, die für das längerfristige Überleben eines Unternehmens relevanten aufkommenden Veränderungen im technologischen Umfeld frühzeitig zu erkennen (Zahn und Braun 1992, S. 5); (Trux et al. 1985, S. 318 ff.). Werden alternative Technologien als Konkurrenztechnologien erkannt ist ihr Substitutionspotenzial für die eigene Technologiekompetenz ausschlaggebendes Kriterium in strategischen Entscheidungsproessen. Substitutionstechnologien weisen jedoch häufig keine technologische Verwandtschaft (bspw. gleiche zugrundeliegende technologische Grundverfahren) mit einer in einer Branche etablierten Technologie auf, weil gerade die andere Art der Problemlösung oftmals das Revolutionäre darstellt (Peiffer 1992, S. 186). Folglich sind auch die formalen Beschreibungen derartiger unbekannter Technologien mit anderen Termini verbunden.

Die Suche nach neuen Technologien erfolgt in diesem Kontext aus zwei gegensätzlichen Perspektiven. In der Outside-In-Betrachtung verfolgt eine Organisation eine eher ungerichtete Suche nach formellen oder informellen Informationen über neue Technologien, welche mittel- bis langfristig das eigene Geschäftsmodell positiv oder negativ beeinflussen könnten. Für diese zeitlich punktuelle Aufnahme des technologischen Unternehmensumfelds konzentriert sich die Suche auf Technologien, welche definierte Anforderungen (Funktionen) erfüllen können. Obgleich dieses »Technology-Scanning« generell breit aufgestellt ist, bleibt ein thematischer Bezug zum eigenen Unternehmen unerlässlich, um eine effektive Suche zu gewährleisten. Dem gegenüber steht die eher gerichtete Beobachtung in der Inside-Out-Betrachtung,

[22] Beispiel: Diffusion von Computertechnologien in die Mobilfunkbranche, wodurch Apple mit seinen Smartphone Produkten den Platzhirsch Nokia aus dem Markt für Mobiltelefone verdrängte.

welche Entwicklungen in für ein Unternehmen bereits bekannten Technologiefeldern verfolgt. Der Informationsbedarf bestimmt sich hierbei primär durch die eigenen technologischen Kernkompetenzfelder[23] (Technologiefelder), in welchen kontinuierlich nach aufkommenden Technologien mit Substitutionspotenzial gesucht werden sollte. Das Beobachten eines eingegrenzten Suchfeldes lässt sich in ein »Technology-Monitoring im engeren Sinne« und in ein »Technology-Monitoring im weiteren Sinne« differenzieren (Warschat et al. 2013). Beim Technology-Monitoring im engeren Sinne fokussiert sich die Suche auf Informationen über Weiterentwicklungen (bspw. Leistungsfähigkeit oder Reifegrad für eine konkrete Anwendung) in bekannten Technologien (Name der Technologie ist bekannt) oder Technologiefamilien (bspw. Lasertechnologie). In diesem Fall sind die domänenspezifischen (Such-) Termini für die unternehmensinternen Experten relativ einfach auszumachen. Diese etwas eingegrenzte Sichtweise erweitert das Technology-Monitoring im weiteren Sinne, und verwischt dabei auch die Grenzen zum Technology-Scanning. Hierbei erfolgt eine kontinuierliche Beobachtung (zyklisches, fokussiertes Scanning) eines technologischen Suchfelds nach aufkommenden neuen Technologien, welche beispielsweise die gleiche(n) technologische Funktion(en) (Anforderung) erfüllen können, wie sie gegenwärtig durch die unternehmenseigenen technologischen Kompetenzen (Technologien) bereitgestellt wird.

In der Praxis hat sich in den letzten Jahren besonders eine Methode etabliert, welche Organisationen in den Aufgaben der »Technology Intelligence« systematisch und prozessual unterstützt. Der »Fraunhofer TechnologieRadar«

---

[23] Kernkompetenzen reflektieren die Kombination aus expliziten und impliziten Wissen über spezifische Technologien, den Fertigkeiten bezüglich deren Anwendung sowie die dafür notwendigen organisatorischen Fähigkeiten. (vgl. North 2002, S. 34; Hamel und Prahalad 1994)

ist ein methodisches Framework in dem die unterschiedlichen Phasen des Informationsprozesses, von der Bestimmung des Informationsbedarfs (Unternehmensanalyse), über die Identifikation und Analyse von neuen Technologien (Technologiefelder), bis hin zur Bewertung der identifizierten Technologien, abgebildet ist (Lang-Koetz et al. 2008, S. 140–141). Eine nähere Betrachtung dieses Frameworks erfolgt im Kapitel 5.1, wo die praktische Anwendung, der in dieser Arbeit entwickelten Methodik, als unterstützende Submethode des »Fraunhofer TechnologieRadars« erprobt wird.

2.2.3 Diversifikation in neue Märkte

Aufgrund der zunehmenden Globalisierung stehen Unternehmen in einem immer stärkeren internationalen Wettbewerb mit Konkurrenten um die technologische Führerschaft und die Besetzung neuer Märkte (Zahn und Braun 1992, S. 5); (Gerpott 1990, S. 229 ff.). Um in diesem Wettbewerb zu bestehen und die Auswirkungen (Marktverdrängung) von sich durchsetzenden Substitutionstechnologien auf das Unternehmen zu reduzieren, oder einfach nur zur Generierung von Wachstum, sehen sich Unternehmen immer öfter mit der Notwendigkeit konfrontiert, zukünftig auch neue Märkte zu adressieren (Ansoff 1966, S. 132). Begleitet wird diese Herausforderung durch ein stetiges Wachstum an Investitionen in Forschung und Entwicklung. Gepaart mit immer kürzeren Lebenszyklen und sich daraus ergebenen verkürzten Amortisationszeiten für Technologieentwicklungen müssen Unternehmen die selbst entwickelten Technologien bzw. aufgebauten technologischen Kompetenzen einem breiteren Einsatzgebiet zukommen lassen, um getätigte Aufwände wieder einspielen zu können (Jacobs 1992, S. 13f.). Eine stärkere Vermarktung der eignen technologischen Kompetenzen kann dabei intern, durch die Integration in neue eigene Produkte, oder extern, beispielsweise

durch Lizensierung, Joint Ventures oder Technologieverkauf (bspw. Patentverkauf), vorangetrieben werden (Birkenmeier 1998, S. 478f); (Schmitz 2011). Unternehmen stehen in Folge dessen vor der Aufgabe mögliche Vermarktungspotenziale systematisch zu identifizieren.

Die häufig mittels kreativen Methoden unterstützte Bestimmung von neuen Anwendungsfeldern durch Branchen- und Marktexperten kann durch eine weitergreifende Systematik unterstützt werden (Ardilio 2013, S. 94ff). Die dafür zugrundliegende Hypothese besagt, dass Technologien mit gleichem Funktionsvermögen potenziell auch in gleichen Anwendungsfeldern Einsatz finden können. Daraus abgeleitet bilden Anwendungsfelder von Konkurrenztechnologien auch mögliche Einsatzgebiete für die unternehmenseigenen Technologiekompetenzen. Grundlegendes Ziel ist es demnach für Unternehmen, die sich in neue Märkte diversifizieren wollen[24] (vgl. Abbildung 11), alternative Technologien mit einem vergleichbaren Funktionsspektrum wie die unternehmenseigenen Technologien zu identifizieren. Auf dieser Grundlage können schließlich die Anwendungsgebiete dieser noch unbekannten, alternativen Technologien hinsichtlich ihres Potenzials zur Verwertung der eigenen Technologie analysiert werden.

[24] In Anlehnung an die Produkt-Markt-Kombination von ANSOFF, folgen Unternehmen der strategischen Entwicklung von der Marktdurchdringung, über Produkt- oder Marktinnovationen, hin zu einer Diversifikation mit neuen Produkten in neue Märkte. (vgl. Ansoff 1966)

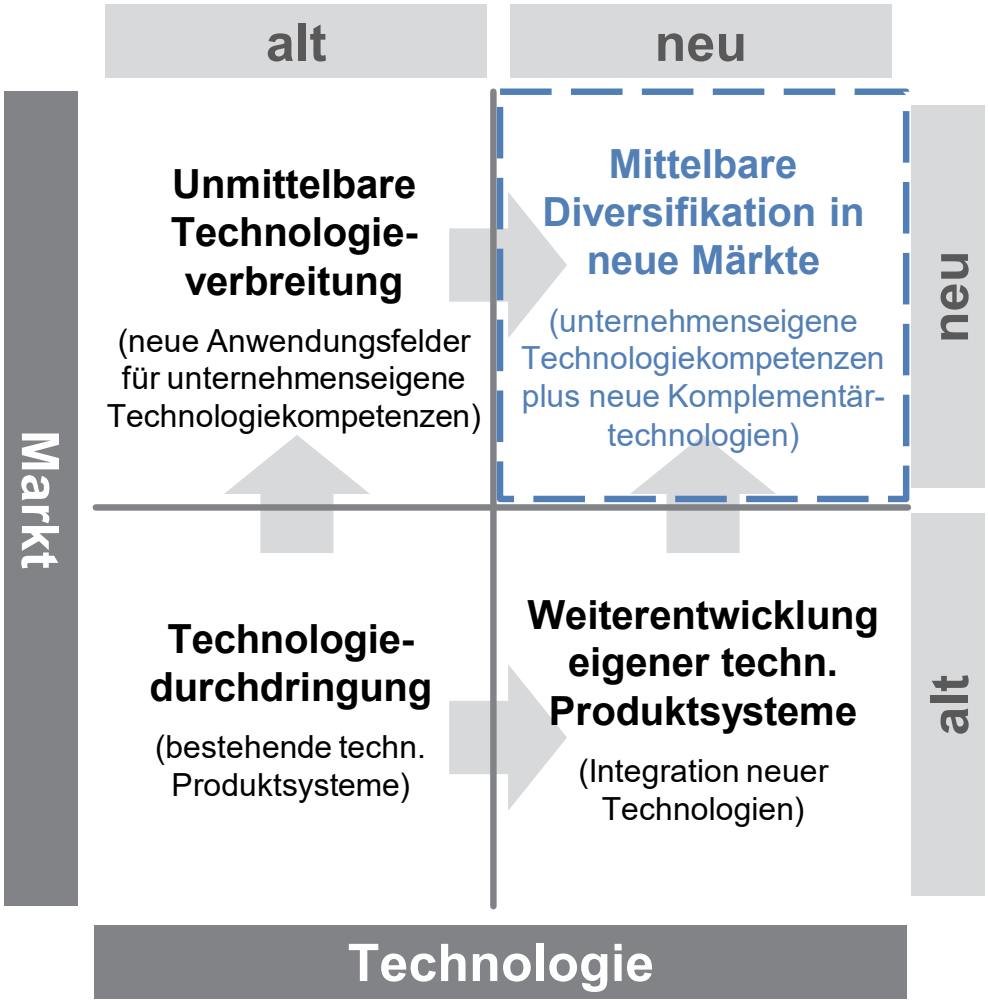


Abbildung 11: Technologie-Markt-Matrix (eigene Darstellung in Anlehnung an die Produkt-Markt-Matrix von ANSOFF, Ansoff 1966)

Die Adressierung neuer Märkte im Zuge einer Diversifikationsstrategie kann mehrstufig umgesetzt werden (vgl. Abbildung 11), um somit auch das Risiko der damit verbundenen Investitionen zu reduzieren. Zunächst sollten die bestehenden technologischen Kompetenten, ohne den Aufbau zusätzlicher Kompetenzen, in neuen Produkten und damit auch neuen Märkten Anwendung finden (Ansoff 1966). Dies ist in der Realität oft nur bedingt möglich, sodass es wie in der Produktentwicklung (vgl. Kapitel 2.2.1) dargestellt zur Ermittlung von Komplementär- oder Zusatztechnologien kommt, welche ein neues Produkt (Technologiesystem auf Basis der unternehmenseigenen technologischen Kompetenz) gemäß den neuen Marktanforderungen (Nutzerfunktionen)

erweitern sollen. Ist es dem Unternehmen gelungen mit den eigenen Kompetenzen in einem neuen Markt Fuß zu fassen, können weitere Marktanforderungen durch den Aufbau von neuem technologischen Wissen adressiert werden.

Auch für diese unternehmerischen Herausforderungen hat sich in der Praxis eine Methode etabliert, welche die Identifikation von neuen Einsatzpotentialen für die unternehmenseigenen Technologien systematisch und prozessual unterstützt. Der »Fraunhofer MarktExplorer« ist ein methodisches Framework, welches sich in die Phasen: Unternehmensanalyse, Identifikation und Analyse von Anwendungen (Branchen) sowie die Generierung und Bewertung von Anwendungsideen gliedert (Ardilio 2012). Eine nähere Betrachtung dieses Frameworks erfolgt im Kapitel 5.2, wo die praktische Anwendung, der in dieser Arbeit entwickelten Methodik, als unterstützende Submethode für die Identifikation von Konkurrenztechnologien im Rahmen des »Fraunhofer MarktExplorers« erprobt wird.

2.2.4 Bewertung von Technologiekompetenzen

Bewertungen von Technologien im Vergleich zu möglichen Alternativen kommen auch in anderen Organisationsbereichen und Aufgabengebieten (außerhalb des Technologiemanagements) eines Unternehmens vor. Strategische Entscheidungen über das Potenzial einer Technologie müssen nicht zuletzt im Kontext von Unternehmensbewertungen getroffen werden (Due Diligence; Technology Assessment). Anwendung finden diese Bewertungen in Merger & Acquisition (M&A) Aktivitäten, im Zuge dessen die technologischen Kompetenzen eines Unternehmens im Vergleich zur Konkurrenz eingeschätzt werden müssen (Gassmann und Kobe 2006, S. 418); (Höhne 2013, S. 151f).

Ziel ist es dabei alternative Technologien für die zu bewertende Technologiekompetenz einer Organisation zu identifizieren, welche ein vergleichbares Leistungsvermögen in sich trägt und somit als potenzielle Substitutionstechnologie angesehen werden kann. Technologiekompetenzen, für welche aktuell keine Konkurrenztechnologien gefunden werden, bergen auf den ersten Blick weniger Risiken zeitnah obsolet zu werden, als die Technologiekompetenzen mit einer Vielzahl an möglichen Substitutionstechnologien.

Ohne eine explizite Vertiefung in Methoden der strategischen Technologiebewertung lässt sich festhalten, dass auch in diesem Anwendungsfall zunächst eine Suche nach alternativen Technologien mit vergleichbarem Leistungsvermögen (Funktionen) durchgeführt werden muss, um Vergleichsobjekte zu identifizieren.

2.2.5 Zusammenfassende Charakterisierung von Technologiesuchen

Die Suche nach Technologien in den unterschiedlichen Aufgabengebieten einer Organisation lässt sich übergreifend mittels folgender Kriterien charakterisieren.

- Fragestellung, die beantwortet werden soll
- Art des avisierten Ergebnisses
- Bekanntheit der Begriffsdomäne (erstmaliges Scanning vs. wiederholtes Monitoring)
- Grad der Fokussierung des Lösungsraums

- Technologiereifegrad (initialer Forschungsstatus vs. existierende Anwendungsreife)[25]

In der anschließenden Tabelle 4 erfolgt eine Bewertung dieser charakterisierenden Kriterien für die zuvor beschriebenen Anwendungsfelder. Ziel ist es dabei Gemeinsamkeiten bei der Suche nach Technologien herauszustellen und einen übergreifenden Suchbedarf festzustellen.

Tabelle 4: Charakterisierung von Technologiesuchen (eigene Darstellung)

	Lösungssuche in der Produkt-entwicklung	**Technology Intelligence**	**Diversifikation in neue Märkte**	**Bewertung von Technologie-kompetenzen**
Frage-stellung	Welche Technologien erfüllen ein definiertes Leistungs-vermögen (Funktionen)?	*Scanning:* Welche alternativen Technologien könnten bestehende Kompe-tenzen substituieren? (Chance & Risiko) *Monitoring:* Welche technologischen Veränderungen sind für eine Technologie (-feld) auszumachen?	Welche Technologien haben ein vergleichbares Funktions-spektrum wie unternehmens-eigene Technologie-kompetenzen?	Welche alternativen Technologien bieten ein Funktions-spektrum, wie die zu beurteilende Technologie-kompetenz?

[25] Der Technologiereifegrade ist grundsätzlich applikationsspezifisch zu bewerten. In dem hier vorliegenden Fall soll der Technologiereifegrad jedoch allgemeiner verstanden werden. Demnach soll eine Technologie allgemein als reif angesehen werden, wenn sie die Anwendungsreife für eine erste Applikation erreicht hat und das grundlegende Forschungsstadium verlassen hat.
Grundsätzliche Überlegungen zur Technologiereife, siehe auch Technology Readyness Levels (TRL) von der NASA. (vgl. Mankins 1995)

	Lösungssuche in der Produkt-entwicklung	**Technology Intelligence**	**Diversifikation in neue Märkte**	**Bewertung von Technologie-kompetenzen**
Ergebnis	Namen von neuen Technologien	*Scanning:* Namen von neuen Technologien *Monitoring:* Veränderungen der Eigenschaften einer bestimmten Technologie	Namen von neuen Technologien	Namen von neuen Technologien
Begriffs-domäne	Relativ unbekannte Suchtermini	*Scanning:* Relativ unbekannte Suchtermini *Monitoring:* Bekannte Suchtermini	Relativ unbekannte Suchtermini	Relativ unbekannte Suchtermini
Lösungs-raum	Wenig fokussiert	*Scanning:* Wenig fokussiert *Monitoring:* Stark fokussiert	Wenig fokussiert	Wenig fokussiert
Technologie-reifegrad	Reife Technologien	Reife und noch im Forschungsstadium befindliche Technologien	Reife Technologien	Reife und noch im Forschungs-stadium befindliche Technologien

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den aufgezeigten Anwendungsbereichen die Suche nach neuen Technologien (im Sinne von Technologienamen) mit einem relativ hohen Reifegrad im Vordergrund steht. Aufgrund

der eher wenig fokussierten Suche (Scanning) ist der Bedarfsträger[26] mit der Situation konfrontiert, initial oftmals nur über ein geringes Wissen über die jeweils relevanten Suchtermini in den zu untersuchenden Domänen zu verfügen. Zur Bewältigung dieser Herausforderung kann sich der Bedarfsträger unterschiedlicher Ansätze zur Suche nach neuen Technologien mit spezifischen Leistungsvermögen bedienen.

Im Ergebnis ist es zunächst das Ziel eine qualitative Bewertung darüber abzugeben, ob eine neue Technologie eine avisierte Funktion oder ein Funktionsspektrum erfüllen kann. Erst im Anschluss daran würde eine quantitative Bewertung der identifizierten Technologien, hinsichtlich der Ausprägungen der eine Funktion beschreibenden Attribute (Eigenschaften) erfolgen, in wie weit diese den Anforderungen an den Technologiereifegrad für die adressierte Anwendung genügen. In Folge dessen liegt der Fokus in dieser Arbeit auf der initialen Identifikation und somit qualitativen Bewertung neuer Technologien, ob diese eine vorgegebene Funktion erfüllen können.

2.3 Ansätze zur Suche nach Technologien

Unter der Maßgabe, dass Technologien Wissen über Problemlösungen darstellen, kann die grundsätzliche Suche nach Technologien auch als Suche nach Problemlösungen aufgefasst werden. Der Problemlösungszyklus nach HABERFELLNER unterteilt sich dabei in die vom Auslöser initiierte Zielsuche, in Form einer Situationsanalyse und Zielformulierung, der eigentlichen Lösungssuche, in Form der Synthese von Lösungen sowie der Analyse von Lösungen, und der abschließenden Auswahl der Ergebnisse, in Form einer

[26] Bedarfsträger können sowohl einzelne Personen, als auch Gruppen oder Bereiche in einem Unternehmen repräsentieren

Bewertung und der Entscheidung (Haberfellner 1992, S. 47ff.), (Ehrlenspiel 2009, S. 84ff.).

Die drei generischen Vorgehensschritte zur Suche nach Problemlösungen werden in dieser Arbeit wie folgt verstanden (vgl. Ehrlenspiel 2009, S. 84ff.):

1. Aufgabe klären: In der Aufgabenanalyse ist es Ziel eine systematische Klärung dessen zu erarbeiten, was mit einer potenziellen Problemlösung erreicht werden soll. Die anschließende Aufgabenformulierung spezifiziert die konkreten Ziele und formuliert Anforderungen (Solleigenschaften) an etwaige Lösungen. Abschließend bedarf es einer Aufgabenstrukturierung durch Gliederung und Unterteilung des Sachverhalts, um die Komplexität einer Aufgabe zu reduzieren und den konkreten Informationsbedarf zu definieren.
2. Lösungen suchen: Alternativ zur Generierung von neuen Lösungen mittels intuitiven oder diskursiven Methoden, kann mittels Rechercheleistungen auf existierende Lösungen zurückgegriffen werden. Anschließend hilft eine Systematisierung gefundener Lösungen wiederum auf weiteren Lösungen zu stoßen. Dabei dürfen Teillösungen für Teilprobleme nicht isoliert betrachtet werden, sondern nur mit Reflexion auf die gesamte Problemstellung.
3. Lösungen auswählen: Die Analyse von gefundenen Lösungen muss die zuvor definierten Anforderungen aufgreifen und dient durch die Beschreibung der konkreten Eigenschaften aller Lösungen als Grundlage für die anschließende Bewertung. In der Bewertung folgt schließlich eine Gegenüberstellung der analysierten Eigenschaften aller Lösungen zueinander sowie gegenüber den Anforderungen. Nach der Bewertung schließt die Problemlösungssuche mit dem Festlegen / Entscheiden für eine oder auch mehrere Lösungen.

Unter Berücksichtigung des Fokus dieser Arbeit werden im Folgenden unterschiedliche Ansätze primär für die ersten beiden generischen Vorgehensschritte aufgezeigt. Das Vorgehen ist dafür in die Phasen »Bestimmung des Informationsbedarfs«, »Erstellung einer Suchstrategie«, »Lösungssuche durch Informationsakquisition« und »Auswahl von Lösungen« untergliedert. Die Ausprägungen der Phasen hängt davon ab, in welchem Unternehmensbereich die Suche lanciert wird sowie den verfügbaren Kapazitäten, welche ein Unternehmen dafür aufbringen kann.

2.3.1 Bestimmung des Informationsbedarfs

Der Informationsbedarf charakterisiert die Art, Qualität und Menge an Information, welche Bedarfsträger zur Erfüllung einer bestimmten Entscheidung (Aufgabe) benötigen, und wird in Abhängigkeit der adressierten Informationsziele definiert. Die Informationsziele ergeben sich aus den Aufgabenstellungen der Bedarfsträger, die Entscheidungsprobleme beschreiben (Koreimann 1976, S. 65,81); (Stelzer 2001, S. 238f).[27]

Zur Analyse des Informationsbedarfs (Was wird gesucht?) bedingt es der Einbeziehung der vorliegenden Informationsnachfrage (Wie ist die Suche formuliert?) und des bestehenden Informationsangebots (Wo, in welchem Kontext wird gesucht?). Die Informationsnachfrage besteht dabei aus einem objektiven Informationsbedarf und einem subjektiven Informationsbedürfnis der Bedarfsträger. Geprägt durch die individuellen Fähigkeiten und Wertevorstellungen der Bedarfsträger reflektiert das subjektive Informationsbedürfnis die Art, Menge und Qualität an Informationen, die ein

[27] Der Informationsbedarf soll in dieser Arbeit auf die Identifikation von Technologien (Technologienamen) fokussiert sein.

Bedarfsträger glaubt zu benötigen. Der objektive Informationsbedarf beschreibt das Suchproblem hingegen rein objektiv und fokussiert sich auf die Erstellung der für einen Entscheidungsprozess notwendigen Informationsbasis (Schmidt 1973, S. 28–29); (Koreimann 1976, S. 65–69); (Lichtenthaler 2000, S. 32). Der formulierte Informationsbedarf zur Suche nach technologischen Informationen untergliedert sich dabei in drei zueinander komplementären Ebenen, welche den Informationsbedarf durch inhaltliche, zweckbezogene und qualitative Informationsziele formal beschreiben (vgl. Abbildung 12) (Wellensiek et al. 2011, S. 99–102); (Saxler 2011, S. 84f).

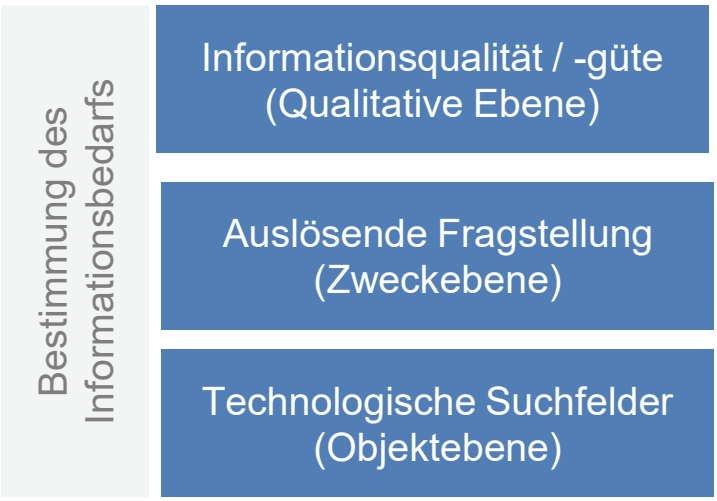


Abbildung 12: Ebenen des Informationsbedarfs
(eigene Darstellung in Anlehnung an: Wellensiek et al. 2011, S. 99)

Die Objektebene spezifiziert die inhaltlichen Informationsziele in Form von technologischen Suchfeldern, welche durch individuelle Vorstellungen, Denkmuster und Erwartungen der Bedarfsträger in einem Unternehmen geprägt sind (bspw. technologische Kernkompetenzfelder). Auf der Zweckebene wird das eigentliche Entscheidungsproblem konkretisiert und die für eine Technologie oder Technologiefeld spezifische Fragestellung der Suche formuliert (»Sinn und Zweck der Suche«, wie bspw.: Welche alternativen Technologien exisitieren zum Reinigen von Abwässern?). Auf der

qualitativen Ebene des Informationsbedarfs wird die geforderte Informationsqualität, parametrisiert durch Validität, Exklusivität, Frühzeitigkeit und Informationsgehalt, bestimmt, welche die Elemente der aufzubauenden Informationsbasis erfüllen sollen (Saxler 2011, S. 96–104).

Für LICHTENTHALER bestimmt sich der Bedarf an Informationen für strategische Entscheidungsprozesse einerseits durch die Abgrenzung von Beobachtungsbereichen bzw. des sich daraus ergebenen Suchraums (Informationsangebot) und andererseits durch die Ausrichtung der Informationsbeschaffung an den Informationsbedürfnissen der Bedarfsträger (Informationsnachfrage) (Lichtenthaler 2000, S. 32).

Dienen die qualitativen und zweckgebundenen Informationsziele vornehmlich der Ausgestaltung der Informationsbeschaffung und -bewertung, lassen sich durch die Definition von *Suchfeldstrategien* die inhaltlichen Informationsziele konkretisieren. Zur Erstellung von *Suchfeldstrategien* nach SCHUH erfolgt ein integriertes, systematisches und effizientes Ableiten von technologischen Suchfeldern unter Berücksichtigung der unternehmensspezfischen Technologien(-felder), Strategien und Kultur (Schuh et al. 2008, S. 189).[28] Zur Identifikation und Strukturierung technologischer Fähigkeiten (Wissen und dessen Anwendung) im Unternehmen verbindet die Methode des *Technologiebaums* strategische Geschäftsfelder (Marktebene) mit dafür relevanten Technologien anhand intermedialer Produkt- und Funktionsebenen (Mitterdorfer-Schaad 2001, S. 109f); (Sauber 2004, S. 101); (Schulte-Gehrmann et al. 2011, S. 62f). *Kernkompetenzanalysen* auf Basis interer Erhebung und externer Validierungen helfen schließlich bei der Fokussierung

[28] Siehe dazu grafische Darstellung »Ansatz zur Definition von Suchfeldstrategien« von SCHUH im Anhang: A-3

inhaltlicher Informationsziele (Bullinger 1994, S. 194–204); (Thiele 1997, S. 85) (Inside-Out Perspektive).

Des Weiteren bietet eine Strukturierung des Unternehmensumfelds (Outside-In Perspektive) mittels *Mapping* unterschiedliche Aspekte einer Branche, wie Märkte, Industriestrukturen, politisch-technische Rahmenbedingungen, Technologien oder Beziehungen zwischen Technologien in einem Technologiefeld, auf kognitiver Basis darzustellen (Müller-Stewens 1990, S. 68f); (Lange 1994, S. 192). PEIFFER konkretisiert mit dem *Explorativen Mapping* in Form von *Technologielandkarten* eine Strukturierung der Potenziale eines Unternehmens und seines Umfelds, um daraus dynamisch, an Veränderung im Unternehmen anzupassende, Technologiefelder von hoher Relevanz für das Unternehmen abzuleiten (Peiffer 1992, S. 112, 202, 262). Die Suchfelder sind dabei ausreichend breit zu definieren, um auch unerwartetet Entwicklungen erfassen zu können, aber dennoch hinreichend eng zu formulieren, damit eine fokussierte Untersuchung realisierbar ist (Peiffer 1992, S. 116f). Ergänzend gewähren bereits existierende oder anhand fallspezifischer Kriterien neu erstellte *Technologie-Portfolien* (bspw. *Technologiekalender*; vgl. Westkämper, 2006) einen stark kondensierten Überblick über unternehmensrelvante Technologiefelder (inhaltliche Suchfelder) (Tschirky et al. 2003, S. 68).

Nach der Spezifizierung der inhaltlichen Informationsziele bedarf es der Formulierung der qualitativen und zweckgebundenen Informationsziele, beispielsweise ob nur nach absolut neuen Problemlösungen oder auch nach bereits erfolgreich eingesetzten Technologien gesucht werden soll. Erst in Abhängigkeit davon wird die zur Informationsbeschaffung und –bewertung essentielle Suchstrategie definiert, welche auf der Zweckebene durch die Ausgangssituation sowie die zu adressierende Suchbreite und Suchtiefe charakterisiert ist (Zeller 2003, S. 149f). Die Suchbreite und –tiefe reflektiert dabei die Suchintension, ob ein breites, oftmals siguläres Scanning (bspw.

nach alternativen Technologien) oder ein fokussiertes, kontinuierliches Monitoring (bspw. von technologischen Entwicklungen) durchgeführt werden soll.

2.3.2 Erstellung einer Suchstrategie

In der Literatur existieren unterschiedliche Definitionen für den Begriff »Suchstrategie«, welche die Art und Weise des Information Retrieval (Informationsextraktion) genauer charakterisieren (Kriewel 2010, S. 13ff), (Harter 1986). Dabei liegt der Fokus auf der Bestimmung der richtigen Suchtermini, mit Hilfe derer die adressierten Informationen gewonnen werden können.

Mit der schwachen und ineffizienten aber dennoch weit verbreiteten Trial-and-Error Strategie wird versucht, ohne Wissen über die Verwendung von Begriffen in der zugrundliegenden Datenbasis, durch Ausprobieren von Suchtermini, sich dem Ergebnis zu nähern (Chen und Dhar 1991, S. 405–432). Nach HARTER existieren in der Praxis eine Reihe grundlegender Strategien, welche das Vorgehen bei der Informationsextraktion widerspiegeln: *briefsearch, building blocks, successive facets, pairwise facets, multiple briefsearch, citation pearl growing, interactive scanning, implied concepts, cited publication, cited author, co-cited authors, non-subject searching, fact searching* (Harter 1986), (Kriewel 2010, S. 22).

Effektiver sind dabei Strategien, die auf Wissen über die fokussierte Domäne in Form von Vokabular und Klassifikationsschemen (bspw. Thesauren) aufsetzen können (vgl. Suchstrategem *area scanning* und *subject searching* von Bates 1989). Die Suchstrategie »Know-Item-Instantiation« (vgl. citation searching und footnote chasing von Bates 1989) hilft hierbei durch Zitationen und Referenzen auf neue Informationen in Form von Suchbegriffen zu kommen (Kriewel 2010, S. 21). Dieses Vorgehen fasst BATES auch unter dem *Berrypicking* Modell zusammen, wobei kontinuierlich neue Informationen

(Termini) einsammelt werden und diese wieder als Input für die Fortführung der Suche dienen (Bates 1989).

Eine häufig angewandte Suchstrategie ist nach HARTER die Blockstrategie (*Building Blocks*). Hierbei werden relevante Facetten des Informationsbedarfs und der beschreibenden Termini, unterstützt durch Thesauren und Domänenwissen, zunächst identifiziert und anschließend mittels Disjunktion und Konjunktion miteinander verbunden (Harter 1986).

Die Erfahrungen zeigen, dass die alleinige Auswahl von Suchtermini in der Suchstratgie für eine effektive Informationsextraktion nicht ausreicht. Vielmehr bedarf es in der Suchstrategie ebenso einer Berücksichtung der passenden Informationsquellen, aus welchen Informationen extrahiert werden sollen. Mit der Auswahl der zu analysierenden Informationsquellen lassen sich die auf der qualitativen Ebene des Informationsbedarfs definierten Kriterien, wie Validität oder Aktualität, in die Suchstrategie einbeziehen. Dafür werden in der Suchstrategie, ausgehend von den im Informationsbedarf spezifizierten inhaltlichen, zweckgebundenen und qualitativen Informationszielen, zum einen die potenziell relevante Informationsquellen definiert und zum anderen die für eine Fragestellung spezifischen und auf die jeweiligen Informationsquellen abgestimmten Suchtermini formuliert (vgl. Abbildung 13) (Warschat et al. 2013).

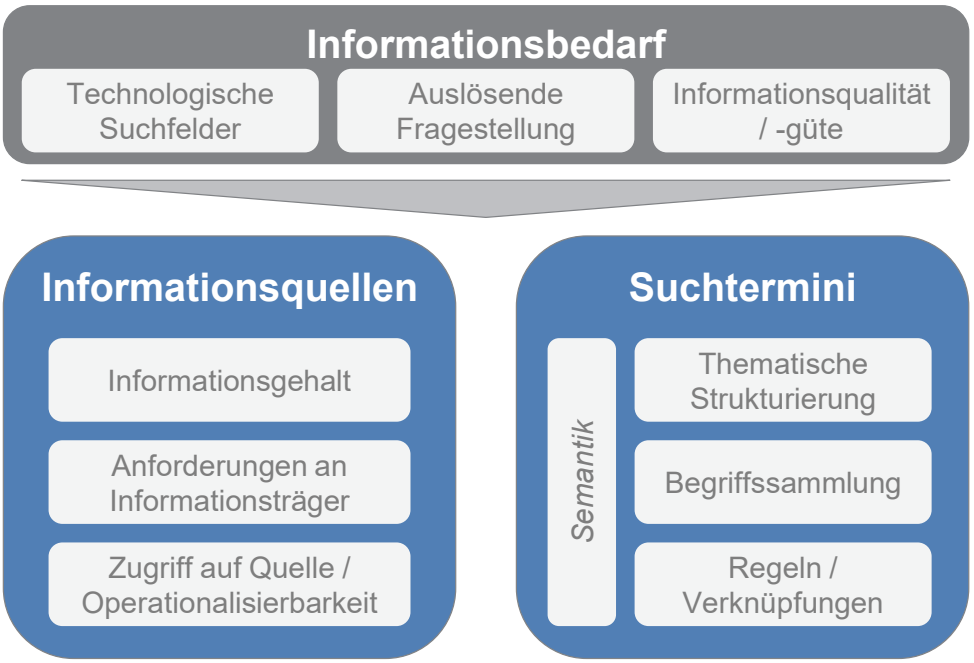


Abbildung 13: Vom Informationsbedarf zur Suchstrategie

Zur Steigerung der Effizienz bei der Suche nach technologischen Informationen in der exponentiell wachsenden Grundgesamtheit der weltweit verfügbaren Informationen dient eine Einschränkung der relevanten Informationsquellen anhand der inhaltlichen (Informationsgehalt) und qualitativen (Anforderungen an Informationsträger) Informationsziele (Lehmann 1996, S. 698); (Klappert 2006, S. 67).

Tabelle 5: Bewertungsmatrix von Informationsquellen für die Identifikation von neuen Technologien (eigene Darstellung, in Anlehnung an Warschat et al. 2013)

Typ an Informationsquelle / *Bewertungskriterium*	**Experten**	**Handbücher/ Enzyklopädien/ Lexika**	**Patent-datenbank**	**Literatur-datenbank**	**World-Wide-Web Such-maschine (visible web)**
Informationsgehalt für ein Technologie-Scanning	+	+	+	+	+
Aktualität der Informationen	+	o	o	o	+
Validität der Informationen (Wahrheitsgehalt, Sicherheitsgrad)	+	+	+	+	-
Exklusivität der Informationen	+	o	o	+	-
Operationalisierbarkeit für semiautomatische Analysen	-	-	+	+	o

Legende: **+** *hoher Erfüllungsgrad;* **o** *mittlerer Erfüllungsgrad;* **-** *niedriger / unzureichender Erfüllungsgrad*

Neben der gezielten Auswahl von Informationsquellen, welche das zugängliche Informationsangebot widerspiegeln, ist die Bestimmung von Suchtermini zur formalen Beschreibung des Informationsbedarfs im technologischen Suchfeld essentiell (Schuh et al. 2008, S. 180). Die inhaltliche Beschreibung von gesuchten technologischen Informationen bzw. Technologien erfolgt im technologischen Suchfeld anhand technischer Funktionen (auch in Verbindung mit ihren beschreibenden Parametern / Attributen), Arbeits- / Wirkprinzipien, Materialien oder Verfahren (VDI 2220 1980, S. 4–5); (Schuh et al. 2008, S. 185). Unter der Maßgabe, dass technische Verben als beschreibende Konstrukte für technische Funktionen dienen (vgl. Kapitel 2.1.3), dienen diese »Funktionsverben« als Suchtermini für die Identifikation von Technologien und helfen damit, das Suchziel formal zu beschreiben.

Am Beispiel einer konstruktionsspezifischen Problemstellung zeigt DYLLA, dass suchende Personen (Entwickler) eine Vielfalt an unterschiedlichen Termini für die Suche nach möglichen Lösungen einsetzen (Dylla 1990, S. 79).[29] Dies bestätigt die Tatsache, dass die zweckgebundenen Informationsziele durch die subjektiven Wahrnehmungen und Vorstellungen des Bedarfsträgers geprägt sind und die von Fachexperten definierten Begriffsstrukturen auch nicht immer direkt für eine Recherche in expliziten Informationsquellen angewendet werden können (eingegrenzte, erfahrungsgeprägte Sichtweise). Die Begriffsstrukturen (Suchtermini) bedürfen zunächst einer Anpassung auf die jeweilige Suche, welche sich dabei eher auf sprachliche Aspekte (Diversität der natürlichen Sprache) bezieht und somit nicht von den Fachexperten selbst vorgenommen werden können (Bügel 2008, S. 231).

Zur Bestimmung von Synonymen, Homonymen und Polysemen sowie von Beziehungen zwischen den Begriffen bieten Thesauren[30] eine Möglichkeit relevante Begriffsstrukturen zu erweitern (Pocsai 2000, S. 42). Eine vollständige Sammlung an technischen Verben zur Extrahierung von fallspezifisch relevanten Suchtermini, wird laut BIRKHOFER allerdingt nicht erreichbar sein (Birkhofer 1980, S. 69).

2.3.3 Lösungssuche durch Informationsakquisition

Nach der Definition des Informationsbedarfs und der daraufhin formalisierten Suchziele bedarf es geeigneter Methoden zur zielgerichteten Lösungssuche.

---

[29] Siehe dazu die Versuchsergebnisse von DYLLA im Anhang: A-5

[30] Thesaurus - Definition in DIN-1463-1: Im Kontext von Information und Dokumentation wird ein Thesaurus als eine Zusammenstellung von Begriffen sowie ihren grundsätzlich natürlichsprachlichen Bezeichnungen verstanden, welche zum Indexieren, Speichern sowie Wiederauffinden eingesetzt werden.

Die Informationsakquisition kann dabei unterschiedlich erfolgen, nicht zuletzt in Abhängigkeit, ob das subjektive Informationsbedürfnis durch die Fragestellung auf bereits existierende Technologien oder absolut neue Problemlösungen ausgerichtet ist.

Können bereits existierende Lösungen sowohl aus explizitem als auch implizitem Wissen identifiziert werden, bedarf es zur Gewinnung von absolut neuen Lösungen dem Wissen und dem Leistungsvermögen (bspw. Kreativität, Systematik, oder Kombinatorik) impliziter Informationsquellen. Je nach Anforderung an das Suchergebnis existieren unterschiedliche Vorgehensweise in Form von Kreativitätsmethoden, kooperativen Ansätzen sowie analytischen und recherchierenden Methoden.

2.3.3.1 Kreativitätsmethoden

Auf Kreativität basierende Methoden verfolgen das Ziel durch eine verschiedenartige Neukombination von vorhandenem Wissen neue Ideen zu generieren, welche zur Lösung einer definierten Problemstellung dienen können. Die Lösungsfindung kann dabei durch intuitive, diskursive oder daraus kombinierte Vorgehensweisen unterstützt werden.

Hierbei lässt sich feststellen, dass psychologische Ansätze entscheidende Einflüsse auf die Lösungssuche haben, da die Suche einen ausgeprägten kognitiven Prozess repräsentiert und somit der Mensch einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Qualität der Lösungssuche hat (Dörner 1979).

Intuitive Vorgehensweisen:

Intuitive Methoden fördern durch gedankliche Assoziation die kreative Leistungsfähigkeit der an der Suche beteiligten Personen und nutzen deren kognitive Vermögen hinsichtlich ihrer Erfahrungen sowohl für die Identifikation existierender als auch neuer Lösungen (Müller 1990); (Pahl et al. 2005, S. 59). Anhand gezielter Reize entstehen neue gedankliche Verknüpfungen, die

unterbewusstes, aber mental inhärentes Wissen zu Tage fördern (Pahl et al. 2005, S. 62).

Dieser Klasse werden unter anderem Brainstorming, Synektik, unstrukturierte Expertenbefragungen, TRIZ als Abstraktionsansatz zur Förderung der Kreativität, oder auch Bionik zur kreativen Lösungsfindung zugeschrieben (Hübner und Jahnes 1998, S. 277, 280, 290); (Nachtigall 2002, S. 429f).

Sind intuitive Methoden besonders gut, um unwahrscheinliche Ereignisse / Ideen zu identifizieren (Reschke und Weimert 2010, S. 253), so birgt eine reine intuitive Vorgehensweise jedoch auch Risiken, in Form von (Pahl et al. 2005, S. 69):

- dass die Lösungsidee nicht zum angestrebten Zeitpunkt entstehen
- dass die persönlichen Vorfixierungen und Konventionen neue Wege verschließen
- dass das individuelle Fachwissen nicht aktuell ist und somit neue technologische Lösungen unbeachtet bleiben

Diskursive Vorgehensweisen:

Diskursive Methoden bedienen sich heuristischen Strukturen im Denkprozess für eine mehr strukturierte und systematische Vorgehensweise zur Lösungsfindung. Beim diskursiven Denken erfolgt die Ausnutzung von analytischen Fähigkeiten der Individuen, bei denen Fakten und deren Relationen analysiert, variiert und neuartig kombiniert werden (Pahl et al. 2005, S. 60); (Ehrlenspiel 2009, S. 409). Die Zerlegung der Gesamtheit eines Problems in einzelne Arbeitsschritte (Teilaufgaben) hilft dabei die Komplexität einer Fragestellung zu reduzieren und fokussierter (Teil-) Lösungen zu finden.

Darunter zählen unter anderem Methoden zur systematischen Untersuchung physikalischer Zusammenhänge wie der Produktvergleich (im Sinne einer Konkurrenzanalyse) zur Identifikation von eingesetzten Technologien mittels

Produktzerlegung, das Ursache-Wirkungs-Diagramm, die Progressive Abstraktion oder morphologische Methoden. Weitere Unterklassen bedienen sich einer systematischen Suche mit Hilfe von Ordnungsschemata, wie die Dokumentenquellenstrukturanalyse, oder basieren auf Katalogwissen, wie Konstruktionskataloge als vordefinierte Lösungskataloge (Ehrlenspiel 2009, S. 409ff); (Schweizer 2008, S. 94f, 146f).

Dabei ist festzuhalten, dass sich intuitives und diskursives Vorgehensweisen keines Falls gegenseitig ausschließt. Im Gegenteil, nachdem eine Unterteilung in schrittweise lösbare Einzelprobleme erfolgt ist, können diese durchaus intuitiv gelöst werden.

Kombinierte Vorgehensweisen:

In der Praxis kommt es häufig zu einer Vermischung von intuitiven und diskursiven Ansätzen zur Lösungsfindung.

Ein plakatives Beispiel dafür ist die Methode TRIZ, bei welcher sowohl eine systematische Zerlegung und Abstraktion des Problems sowie die kognitiven Fähigkeiten der beteiligten Personen Anwendung finden. Die häufig in der Konstruktionslehre eingesetzte Methode wurde inzwischen auch in ein durch Software gestütztes Werkzeug zur Lösungsfindung, dem »TechOptimizer – The Invention Machine« (Busov et al. 1999) überführt. Nach der Formulierung der Problemstellung und der Beschreibung relevanter Parameter / Grenzen werden Wechselwirkungen einzelner Elemente mittels eines Funktionsdiagramms untersucht. Anschließend werden Widersprüche über Prinzipien, Lösungsansätze über Gesetze und Probleme über Effekte gelöst. Zum Schluss kommt es zum Transfer von Merkmalen und einer anschließenden Bewertung unterschiedlicher Lösungsansätze (Altschuller 1984, S. 28ff.); (Wulf 2002, S. 14ff.); (Pahl et al. 2005, S. 135); (Ehrlenspiel 2009, S. 434).

Eine weitere kombinierte Vorgehensweise stellt der »Bionik-Ansatz« dar, bei dem implizites Wissen des Methodenanwenders durch die Beobachtung von

biologischen Effekten und dem anschließenden Transfer auf die eigene Problemstellung zur kreativen Gewinnung von Lösungen ausgenutzt wird (Hill 1999, S. 5); (Pahl et al. 2005, S. 122).[31]

2.3.3.2 Kooperative Ansätze

Unter der Maßgabe, dass eine Invention, im Sinne des Hervorbringens einer Problemlösung, als Teil des Innovationsprozesses angesehen wird, bedienen sich Unternehmen immer häufiger auch externer Fähigkeiten und Expertisen, um im Problemlösungsprozess durch unternehmensfremder Einflüsse schneller und qualitative bessere Ergebnisse zu erzielen (Reichwald et al. 2009, S. 41ff.). Das Hinzuziehen und Erschließen von jenseits der Unternehmensgrenzen befindlicher Expertise, besonders in Form von implizitem Wissen externer Experten, wird in der Literatur unter dem Ausdruck »Open Innovation« beschrieben (Chesbrough 2003); (Albers 2010, S. 30).

Zur Umsetzung dieses kooperativen Ansatzes für die Gewinnung von Informationen zur Problemlösung werden in der Literatur unterschiedliche Instrumente, wie *Lead User Methode*, *Innovationswettbewerb* und *Communities für Open Innovation*, genannt. Ziel ist dabei eine aktive Integration von sogenannten »innovativen Anwendern« in den Wertschöpfungsprozess zur Schaffung neuer Problemlösungen sowie der Transfer von Problemlösungen durch Mitwirken externer Experten aufgrund eines dazu offenen Aufrufs (Reichwald et al. 2009, S. 157ff.).

Ein weiterer kooperativer Ansatz wird unter »Crowdsourcing« beschrieben. Dem Open Innovation Ansatz folgend wird hierunter die Auslagerung von Aufgaben bzw. Problemen an ein Kollektiv von Personen verstanden. Über

---

[31] IT unterstützte Lösungssuche mit Hilfe des Bionik-Ansatzes verfolgt beispielsweise »BiOPS – BIOlogy inspired Problem Solving« (vgl. http://www.nature4innovation.com)

einen direkten Aufruf zur Beteiligung sollen neue Lösungsideen und Problemlösungen innerhalb und außerhalb der Unternehmensgrenzen entwickelt werden. Die Ausgabe der Aufforderung zum Mitwirken an einer Problemlösung an ein großes, undefiniertes Netzwerk an Akteuren erfährt unterschiedliche Umsetzung. Die wohl bekanntesten Umsetzungsvarianten des Crowdsourcings zur Lösungssuche sind: *Microworking*, *Collective Knowledge*, *Creative Content Marketplaces* sowie *Open Innovation and Ideas* (Roca Lizarazu 2012).

2.3.3.3 Analytische und Recherchierende Methoden

Die auch als konventionelle Methoden und Hilfsmittel bezeichneten analytischen Methoden bedienen sich existierenden, jedoch für die Bedarfsträger noch unbekannten Lösungen. Dazu werden bestehende Systeme analysiert und Lösungen auf das aktuelle Problem (angepasst) übertragen (Ehrlenspiel 2009, S. 404). Dieses Vorgehen reduziert das Risiko (Entwicklungsrisiko) im Vergleich zur Entwicklung komplett neuer Lösungen sowie den damit verbunden zeitlichen Aufwand. Ein anderes Risiko besteht jedoch darin, in alten Lösungsmustern zu verbleiben und die Chance auf die Generierung neuer, effizienterer Lösungen zu verpassen.

Analysen von *natürlichen Systemen*, im Sinne von in der Natur vorkommenden Strukturen und Organismen (Biologie), offenbaren über einen langen Zeithorizont optimierte Funktionsabläufe, welche auch zur Lösung technischer Probleme übertragen werden können. Die dabei entstehende Verschmelzung von Biologie und Technik hat sich unter den Begriffen »Bionik« und »Biomechanik« verbreitet (Hill 1999, S. 5); (Pahl et al. 2005, S. 122). Beispiele für die Übertragung finden sich heutzutage unter anderem in neuen Prinzipien für Leichtbau-Lösungen, wie faserförmige Aufbauten von Werkstoffen, strömungsoptimierte Oberflächen, Waben und Sandwich-Bauweisen (Nachtigall 2002, S. 80ff, 135ff, 416).

Ebenso ermöglicht die *Analyse existierender technischer Systeme* neue Lösungen zu identifizieren. Dazu werden bestehende Strukturen zerlegt und ihre logischen (funktionalen), physikalischen sowie gestalterischen Zusammenhänge analysiert (Pahl et al. 2005, S. 124). Die gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend auf die zu lösende Problemstellung übertragen und können dafür neue Lösungen offerieren. In der Praxis findet diese Analyse in Methoden wie der Produktzerlegung, der Konkurrenzanalyse oder der Funktionsanalyse (Akiyama 1994) Anwendung, in welchen aktuelle oder frühere (Konkurrenz-) Produkte hinsichtlich der eingesetzten Technologien untersucht werden.

Auf Basis von Analysen natürlicher oder technischer Systeme kann ein vorliegendes Problem auch mittels *Analogiebetrachtung* zu neuen Lösungen führen. Eigenschaften eines analogen Systems können dafür zur Betrachtung herangezogen und für die Vorhersage eines ersten Verhaltens des Problemfalls (Untersuchungsgegenstandes) mittels Simulations- und Modelltechniken genutzt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse bieten schließlich die Möglichkeit neue (Teil-) Lösungen zu identifizieren (Pahl et al. 2005, S. 126).

Modellversuche, Messungen sowie *experimentelle Analysen* an in Betrieb genommenen Systemen bieten eine weitere Klasse an analytischen Methoden, welche als Informationsquelle für neue Lösungen dienen können. Anwendung finden diese Methoden besonders in der Elektrotechnik, Mikromechanik und Feinwerktechnik, wo Experimente im Labor sowie das Erstellen von Mustern in den Konstruktionsprozess mit einbezogen werden. Aber auch in der Softwareentwicklung kommt dieses empirische Vorgehen anhand eines fortwährenden Testens und daran folgenden Anpassungen häufig zum Einsatz (Pahl et al. 2005, S. 126).

Darüber hinaus werden den analytischen Methoden aber auch *Recherchemethoden* bzw. *Kollektionsverfahren* mit dem Fokus auf die Beschaffung,

Aufbereitung und Auswertung von Informationen über Problemlösungen aus unterschiedlichen Informationsquellen zugerechnet (Pahl et al. 2005, S. 122).

In Abhängigkeit von den betrachteten Informationsquellen kommen unterschiedliche Methoden zur Informationsakquisition zum Einsatz. Zur Nutzung des Wissens von impliziten Informationsquellen bietet die *strukturierte Expertenbefragung* einen Zugang zu impliziten Wissen von Technologie- oder Anwendungsexperten. Die organisatorische Umsetzung dieser Methode erfolgt mittels Fragebögen, Delphi-Studien, in Technologieforen[32], durch Technologie-Scouts[33] oder Technologie-Gatekeeper[34] sowie anderen Ausgestaltungen. Der Ansatz der Expertenbefragung folgt der Vermutung, dass neue technologische Zusammenhänge bzw. Entdeckungen zunächst in engeren und später weiteren Fachkreisen diskutiert und kommuniziert werden (Peiffer 1992, S. 136). Herausforderung ist dabei die Identifikation und die Verfügbarkeit besonders externer Experten zur Beantwortung zeitkritischer Fragestellungen.

Für die Informationsgewinnung aus expliziten Informationsquellen hat sich das *Information Retrieval* als wesentlicher Bestandteil des Wissensmanagements

---

[32] Technologieforen stellen Kommunikationsplattformen (bspw. Konferenzen) für Fachkreise dar, da fokussierte Experten dezentral global verteilt tätig sind.

[33] Technologie-Scouts haben eine starke Vernetzung zu unterschiedlichen Experten und gewinnen neuste Informationen aus ihren Netzwerken, woraus sie Prognosen von Entwicklungen spezifischer Technologien ableiten können.

[34] Technologie-Gatekeeper sind Experten, die zum einen spezialisiertes Fachwissen besitzen, aber zum anderen auch ein eher generalistisches Wissen und Zugang zur Forschungslandschaft (Science Community) beisteuern können. Sie sind innerhalb eines Gatekeeper-Network stark vernetzt. (vgl. Domsch et al. 1989; Peiffer 1992, S. 137)

entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf dem Wiederauffinden gespeicherter Informationen in großen Datenmengen. In Anbetracht einer überproportional wachsenden Menge an verfügbaren expliziten Informationen in der Vielzahl von Informationsquellen kommt diesen, durch Informationstechnologie-gestützte Methoden zur Informationsakquisition eine wachsende Bedeutung zu (Hermans 2008, S. 23); (Lahme 2004, S. 57f); (Zeller 2003, S. 119); (Stock 2007).

Zur strukturierten Informationsakquisition untergliedert sich das Information Retrieval in vier primäre Phasen: *Bestimmung des Informationsbedarfs*, *Extraktion von Informationen*, *Bewertung extrahierter Informationen* und *Speicherung gewonnener Informationen (Wissen)*. Auf Basis des in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Vorgehens zur Bestimmung des Informationsbedarfs, liegt der Fokus im Folgenden auf der Informationsextraktion.

Die Literatur unterscheidet bei der Extraktion von Informationen aus expliziten Informationsquellen in deskriptive, explorative Verfahren sowie überwachte, gelenkte Verfahren. In Abhängigkeit von der verfügbaren Datenbasis (bspw. strukturierte Datenbanken vs. unstrukturierte Text-Dokumente) und dem zu adressierenden Informationsbedarf bieten sich unterschiedliche Extraktionsverfahren an (Übersicht vgl. Tabelle 6).

Explorative Verfahren untersuchen eine definierte Datengrundlage auf statistischer Basis, beispielsweise hinsichtlich Wortfrequenzen und Häufigkeitsverteilungen (*Histogramme*). Mit *Co-Occurrence Analysen* (Zeller 2003, S. 139) lässt sich des Weiteren das Auftreten von Termini in bestimmten Kontexten untersuchen und anhand einer dokumentenübergreifenden Ähnlichkeitsmatrix Zusammenhänge zwischen unbekannten Termini ablesen. Diesen Ähnlichkeitsmatrizen bedienen sich auch die *Clusteranalyse* und die *Multidimensionale Skalierung*, um implizite Informationen aus großen Datenmengen sichtbar zu machen. Ähnlich einer *klassischen Hauptkomponentenanalyse* von Dokumenten lassen sich darüber hinaus mittels

Latent Semantic Indexing (LSI) zusammenhängende Termini zu Faktoren verdichten (*Semantische Indizes*), um thematisch verbundene Dokumente (Datensätze) zu identifizieren (*Similarity Analysis*). All diese und andere, oftmals auch unter dem Sammelbegriff des Data-Mining zusammengefassten Methoden bedienen sich einer weitgehenden Outside-In-Perspektive, sodass sie theoretisch ohne vorherige Aufstellung von Hypothesen oder Formulierung von Suchstrategien alle Datensätze nach Informationen durchsuchen können (Zeller 2003, S. 147). Auf Grundlage eines nichttrivialen Prozesses ermöglichen automatisierte intelligente Methoden und Werkzeuge aus dem Bereich »Knowledge Discovery in Databases« Beziehungsmuster (auffällige Regelmäßigkeiten / Strukturen) innerhalb einer Datenbasis zu identifizieren. Jedoch erst durch die Interpretation der ermittelten relevanten Muster wird für den konkreten Anwendungsfall neues Wissen für die Bedarfsträger erschaffen (Fayyad et al. 1996, S. 31); (Düsing 2000, S. 2f); (Zeller 2003, S. 119). Voraussetzung für eine erfolgreiche und vielfältige Informationsgewinnung mittels Data-Mining ist, neben einer thematischen Zugehörigkeit der Datenbasis zum Analysefokus, eine möglichst fein und »richtig« strukturierte Datengrundlage, passend zu den verfügbaren Data-Mining-Werkzeugen (kontextspezifische Strukturierung) (Zeller 2003, S. 156f).

Explizite Informationen in Form von textbasierten Daten liegen jedoch oftmals unstrukturiert vor.[35] Die Anwendung dargestellter Data-Mining-Methoden scheitert hier jedoch bei der Identifikation von Einzelaussagen oder von sich terminologisch noch im Nukleus befindlichen Technologien (schwache Signale), aufgrund der meist fehlenden statistischen Signifikanz.

[35] Textbasierte Daten seien unstrukturiert, solange sie keine kontextspezifische Klassifizierung, Verschlagwortung oder anderer Analysen / Auswertungen erfahren haben.

Für die Informationsgewinnung aus unstrukturierten Daten haben sich gelenkte Verfahren wie Text-Mining etabliert. Grundlage hierfür sind aus dem Informationsbedarf abgeleitete Suchtermini, welche potenzielle Lösungen charakterisieren können (vgl. Kapitel 2.3.1). Diese kontextrelevanten Terme (bspw. technische Funktionen in Form von Objekt-Verb-Termen) ermöglichen mittels maschineller Volltextsuchen (Stichwortsuchen bspw. in Suchmaschinen des World Wide Webs) vermeintlich relevante Datenträger (Dokumente) aus der Grundgesamtheit zu identifizieren. Boolesches Retrieval erweitert diesen Ansatz durch logische Operatoren, Konjunktion (UND) oder Disjunktion (ODER), welche die unterschiedlichen Suchterme verknüpfen. Die konjunktive Anfrageerweiterung erhöht dabei die Genauigkeit (Precision) der Ergebnisse, da alle Terme der Anfrage in der gefilterten Ergebnismenge vorkommen müssen. Derweilen erhöht die disjunktive Anfrageerweiterung die Ergebnismenge, da nur mindestens ein verknüpfter Terminus in einem Dokument vorkommen muss. Ergänzend können Hyperonyme (Oberbegriffe) zur Verallgemeinerung und Hyponyme (Unterbegriffe) zur Spezialisierung von Anfragen, respektive des Ergebnisses Einsatz finden (Dengel 2012, S. 246).

Auf Basis von Assoziationsmodellen aus der Kognitionspsychologie können beim assoziativen Retrieval mittels assoziativen Verknüpfungen abstrakter und konkreter Repräsentationen der Wirklichkeit nach semantisch ähnlichen Termen gesucht werden (Erbarth 2006, S. 48).

Komplexe Text-Mining-Methoden sind dabei immer nur so gut, wie die vom Anwender definierten Suchkriterien (kontextspezifische Suchtermini). Aufgrund der Tatsache, dass in natürlichsprachlichen Texten Aussagen über Technologien mit einer Vielfalt an Begrifflichkeiten beschrieben werden, helfen linguistische Aufbereitungen der Texte mittels Stammformreduktion, Koreferenzauflösung und Synonymbehandlung relevante Formulierungen herauszufiltern (Bügel 2008, S. 229f).

Linguistische Verfahren, wie das *Natual Language Processing* gehen über den »Bag of words« Ansatz (unstrukturierte Ansammlung von Wörtern) hinaus und analysieren die Wortstruktur (Morphologie) im Text. Die damit einhergehende Beachtung der Reihenfolge der Wörter (Subjekt, Prädikat, Objekt, Zeitbezug, Ortsbezug) haben besonders für »Question Answering Tools« essentielle Relevanz.

Die Text-Mining-Methoden vereint dabei die inhärente semantische Annotation textbasierter Quellen, wodurch sich automatisiert Wissen aus den zu analysierenden Dokumenten extrahieren lässt (Bügel 2008, S. 228).

Gelenkte Verfahren können jedoch auch auf strukturierte Datenquellen Anwendung finden. Analysen von semantischen Netzen[36] oder Ontologien[37] basieren auf einmal aufgebautem Katalogwissen, wie das auf Hypertext-Strukturen aufgebaute Wikipedia. Im Vergleich zum einfachen Abfragen von existierenden Lösungen aus Informationsbeständen in Datenbanken mittels Schlüsselwort-Suche können in semantischen Strukturen mittels eines Reasoners (inference machine) neue, nicht explizit erfasste Lösungen berechnet werden (Spath und Bunzel 2011); (Spath 2010-2015). Diese semantische Lösungssuche bietet

---

[36] Semantische Netze sind als netzartiges Repräsentationsformat zu verstehen, welche aus der Vorlage des menschlichen Gedächtnisses entstammen. (vgl. Reimer 1991, S. 79)

[37] Ontologie entstammt aus den griechischen Wörtern »onta« für das Seiende und »logos« für die Lehre, und wird in der Literatur mit der »Lehre des Seienden« tituliert. (vgl. Schwemmer 1995, S. 1077)
Der Einsatz von Ontologien in den Wirtschaftswissenschaften folgt heutzutage eher den Forschungsarbeiten aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (KI). Dabei folgt der Einsatz von Ontologien dem Ziel bei der Erstellung von formalen Wissensrepräsentationen neue Wissensbasen zu erschaffen, welche wiederverwendet werden können und somit für eine Mehrzahl von wissensbasierten Systemen zugänglich sind. (vgl. Lahme 2004, S. 86)

somit auf Basis von bestehendem explizitem Wissen die Möglichkeit neue Lösungen systematisch hervorzubringen. Immer leistungsfähigere Systeme der Informationstechnologie (IT) nutzen die semantische Darstellung von Wissen, um sehr komplexe Sachverhalten zu analysieren und Interpretationen vorzunehmen (Erbarth 2006, S. 45).

Tabelle 6: Klassifikation von Extraktionsverfahren im Information Retrieval[38]

Art von Datenquellen	Explorative Verfahren	Gelenkten Verfahren
Strukturierte Quellen: ▪ Strukturierte Datenbanken ▪ Segmentierung und Clusterung ▪ Kataloge ▪ Statistiken ▪ Taxonomien ▪ Thesauren ▪ Assoziative Netze ▪ Semantische Netze, wie bspw. das Hypertext-Konzept	▪ Dokumentenquellen-strukturanalysen ▪ Patentstrukturanalyse ▪ Wortfrequenzen und Häufigkeitsverteilungen (Histogramme). ▪ Co-Occurrence Analysen ▪ Latent Semantic Indexing ▪ Similarity Analysis ▪ Trunkieren	▪ Katalogabfragen ▪ Ontologe Reasoning ▪ Inference machine ▪ Data-Mining ▪ Sequenzielle Suche ▪ …

[38] Quellen: Bügel 2008, S. 238; King 2014, S. 41; Ullrich et al. 2004, S. 3–4; Maaß und Gräfe 2008, S. 164–165; Lewandowski 2005, S. 83–85; Baeza Yates und Ribeiro 1999, S. 25–27; Chakrabarti 2003, S. 56ff.; Dengel 2012, S. 33; Reimer 1991, S. 53; Scheir 2008; Gruber 1993, S. 1; Spath et al. 2009, S. 307; Heylighen und Bollen, S. 440; Heyer et al. 2006, S. 3

Art von Datenquellen	Explorative Verfahren	Gelenkten Verfahren
▪ Ontologien ▪ …	▪ Fuzzy Search (Fuzzy retrieval) ▪ Konzeptsuche ▪ Stichwortsuche ▪ Indexsuche (Indexierungen von Dokumenten) ▪ Prinzip der invertierten Liste (Inverted File) ▪ …	
Semi-strukturierte Quellen ▪ Texte in natürlicher Sprache <u>mit zusätzlichen Metainformationen</u>, wie bspw. Fachdatenbanken mit Verschlagwortung des Inhaltes ▪ Patentkataloge ▪ Social Media ▪ Websuchmaschinen ▪ …		
Unstrukturierte Quellen: ▪ Texte in natürlicher Sprache <u>ohne zusätzliche Metainformationen</u> ▪ Presseartikel, Zeitschriftenartikel ▪ Studien ▪ Wissenschaftliche Veröffentlichungen ▪ Patentschriften ▪ …	▪ Natural Language Processing ▪ Question Answering Tools ▪ Textstatistische Verfahren ▪ Nutzungsstatistische Verfahren ▪ Informations-linguistische Verfahren ▪ Phrasensuche ▪ Trunkieren	▪ Text-Mining ▪ Boolesches Retrieval ▪ Assoziatives Retrieval ▪ Vektorraummodell ▪ Probabilistisches Modell ▪ Umgebungssuche (proximity search)

Art von Datenquellen	Explorative Verfahren	Gelenkten Verfahren
	▪ Fuzzy Search (Fuzzy retrieval) ▪ Konzeptsuche ▪ Lexikonbasierte Verfahren ▪ …	▪ Regelbasierte Verfahren – Stemming ▪ Morphologie-programm ▪ Latent Dirichlet Allocation ▪ …

2.3.4 Auswahl von Lösungen

Im Anschluss an eine erfolgreiche Informationsakquisition bedarf es einer Bewertung der gewonnenen Informationen hinsichtlich des initialen Informationsbedarfs. Die Bewertung kann dabei in drei Stufen erfolgen (Wellensiek et al. 2011, S. 131):

- **Selektion**: Reduktion der Informationsmenge durch Bewertung der Relevanz und der Priorität
- **Analyse**: Verdichtung und Aufbereitung von Informationen vor einem bestimmten Hintergrund hinsichtlich ihrer aktuellen Bedeutung
- **Prognose**: »Interpretation« der Informationen zur Ableitung möglicher zukünftiger Entwicklungen und ihrer Bedeutung

Für eine objektive Bewertung der extrahierten Information, in Form von technologischen Lösungen (Technologienamen), bedarf es dem Vergleich formalisierter Kriterien (vgl. Kapitel 2.1.3 und Kapital 2.3.1). Die Kriterien lassen sich

dabei in unternehmensinterne (bspw. Kompatibilitätsfähigkeit zum existierenden Technologieportfolio oder Unternehmensleitbild) und unternehmensexterne (bspw. Erfüllung von vorgegebenen Rahmenbedingungen in speziellen Märkten durch Politik, Kunden und Wettbewerb) differenzieren.

Zur Identifikation von alternativen Technologien (potenziellen Konkurrenztechnologien), wie sie im Fokus dieser Arbeit stehen, beschränkt sich der Autor allein auf die Bewertung des Leistungsvermögens von Technologien. Eine erste Selektion von Lösungen lässt sich folglich anhand der technischen Funktionen (Technologiefunktionen) durchführen, die das Leistungsspektrum einer Technologie beschreibenden. Eine Bewertung der expliziten Attributsausprägungen, welche Funktionen der betrachteten Technologie konkret beschreiben (Eigenschaften einer Technologie), wird erst in einem folgenden, in dieser Arbeit nicht mehr thematisierten Schritt Beachtung finden.

Operationalisieren lässt sich die funktionsbasierte Bewertung durch die formale Beschreibung von Funktionen anhand definierter Objekt-Verb-Terme (vgl. Kapitel 2.1.3). Identifizierte Technologien stellen folglich dann eine Alternative dar, wenn die elementaren Funktionsverben für die gleiche Beeinflussung einer definierten Objekteigenschaft stehen und auf die gleiche Objektklasse Anwendung finden können.

Eine ausführliche Darstellung von Methoden zur Bewertung von Technologien würde den vorliegenden Rahmen sprengen und ist darum nicht Bestandteil dieser Arbeit.

2.4 Defizite bestehender Ansätze zur Suche nach unbekannten Technologien

Mit Reflexion der aufgezeigten Ansätze lassen sich deren Defizite zur branchenübergreifenden Identifikation von existierenden Technologien in unstrukturierten Informationsquellen in zwei Gruppen unterteilen. Zum einen liegt

der Fokus auf dem Vorgehen zur effektiven Formulierung des Informationsbedarfs als Input für die Suchstrategie. Zum anderen lassen sich Defizite bei den Verfahren zur effizienten Informationsakquisition ausmachen.

Defizite beim Vorgehen zur effektiven Formulierung des Informationsbedarfs:

In der Praxis stehen die Bedarfsträger in den unterschiedlichen Anwendungsgebieten von technologieorientierten Unternehmen (vgl. Kapitel 2.2) vor der Aufgabe den Informationsbedarf explizit zu formulieren, um damit in Anschluss eine erfolgreiche Informationsakquisition durchführen zu können. In der Literatur fokussieren sich unterschiedliche Methoden auf die Bestimmung der technologischen Suchfelder (Objektebene des Informationsbedarfs) (vgl. Kapitel 2.3.1). Eine Kriterien-basierte Auswahl von bedarfsgerechten Methoden zur thematischen Suchraumbestimmung wird dabei oftmals nur mangelhaft angeschnitten oder gar nicht thematisiert. Ebenso finden sich in der Literatur nur geringe Ausführungen über die systematische Bestimmung des Informationsbedarfs auf der Zweckebene, welche die adressierten Ergebnisentitäten (bspw. Suche nach Technologienamen) auf Basis der zugrundeliegenden Fragestellungen des Bedarfsträgers spezifiziert.

Für eine systematische Erstellung einer technologiespezifischen Suchstrategie, im Besonderen hinsichtlich der zu betrachtenden Suchbreite und –tiefe (punktuelles Scanning oder kontinuierliches Monitoring), fehlt es an einer adäquaten Systematik zur effektiven Formulierung des Informationsbedarfs. In der Praxis (vgl. Anwendungsgebiete in Kapitel 2.2) ist das Erstellen bzw. die Zusammensetzung der den Informationsbedarf formal beschreibenden Suchtermin häufig individuell und zufallsgetrieben, ohne einer systematischen oder gar ganzheitlichen Betrachtung zu folgen. Geprägt durch die subjektiven Wahrnehmungen und Vorstellungen des Bedarfsträgers werden oftmals nur subjektiv relevante Suchtermini einbezogen, da im Besonderen Entschei-

dungsträger nur unvollkommene Informationsbedürfnisse (aufgrund eingeschränkten Wahrnehmungsperspektive) äußern können (Witte und Hauschildt 1972, S. 64f.).

Des Weiteren kommt es aufgrund von Barrieren in der natürlichen Sprache immer wieder zu Problemen den Informationsbedarf fokussiert in technologiebeschreibenden Termini zu formulieren, damit auch branchenfremde Lösungen aus anderen Begriffswelten identifiziert werden können. Beschreibungen von technologischen Lösungen variieren oftmals in unterschiedlichen Anwendungsdisziplinen (Pocsai 2000, S. 5) (bedingt durch ein Branchen, Organisation / Unternehmen spezifisches Terminologie-Management), sodass eine Suche einen signifikant erhöhten Zeitaufwand verlangt oder aufgrund unterschiedlicher Begriffswelten erfolglos endet (Gaag 2010, S. 6); (Pocsai 2000, S. 7ff, S. 86).

Bei der Suche in einer verfügbaren Wissensbasis ist im Vorfeld nicht immer klar welche Terminologien (thematische Begriffs-Sets) in dieser Verwendung finden. Ebenso verfügen sehr große und heterogene Quellen über Terminologiefeld-übergreifende Inhalte, sodass die Bestimmung nur eines technologiespezifischen Terminologiefelds für eine effektive Recherche unzureichend ist.

Zur Identifikation von neuen Technologien in unstrukturierten Informationsquellen dienen Terminologien für technische Funktionen, in Form von Objekt-Verb-Termen. Dieses funktionsspezifische Suchraster beschreiben technologische Lösungen unterschiedlich abstrakt. Der Einsatz von eher abstrakten Funktionsverben, ohne Konkretisierung auf eine bestimmte Objektklasse als Arbeitsgegenstand (bspw. »Partikel abtrennen«), führt zu einer sehr breiten Ergebnismenge, da die Anwendung auf die unterschiedlichen Objekte (Objektarten) Anwendung finden kann (bspw. von Abwasser oder Abgasen bis hin zu Festkörpern mit verschmutzter Oberfläche). Ein zu eng formuliertes Suchraster (bspw. »Erdpartikel filtern«) hingegen impliziert oftmals bereits das Mittel,

welches als technologische Lösung Anwendung finden kann (bspw. »filtern« beruht auf einer mechanischen Trennung mittels einer Membrantechnologie), und verhindert damit die mögliche Identifikation alternativer Technologien auf Basis anderer technologischer Grundvorgänge. Dies zeigt, dass die Beschreibung des funktionsbasierten Suchrasters alleine mittels eines Funktionsverbs bzw. Objekt-Verb-Terms oftmals unzureichend ist. Ziel ist es somit den Informationsbedarf in Abhängigkeit von der initialen Fragestellung so zu formulieren, dass fokussiert oder breit formulierte synonyme Suchtermini den potenziellen Lösungsraum an Technologien möglichst effektiv beschreiben.[39]

Existierende Ansätze, alternative Suchtermini mittels Experten oder Thesauri-Wörterbüchern zu identifizieren, scheitern oftmals an der Zugriffsmöglichkeit auf passende Experten oder an einer fehlenden semantischen Verknüpfung von Begriffen in verfügbaren nicht darauf spezialisierten Synonymwörterbüchern. Das Fehlen derartiger spezifischer oftmals auf Taxonomien basierenden Wörterbüchern liegt darin begründet, dass einzelne Termini (hier im Sinne von technischen Verben als Teil der funktionsbeschreibenden Objekt-Verb-Term Relation) oftmals nur anwendungsspezifisch synonymhaft verwendet werden können, und somit in einem relativ unflexiblen Wörterbuch (häufig in Baumstrukturen) schwer abzubilden sind. Des Weiteren sind bestehende Klassifikationsmodelle für Funktionen (Funktionsverben) nicht ausreichend flexibel genug, um auch komplexe, branchen- / wissensdomänenübergreifende Themen eindeutig abzudecken. Eine Navigation in Klassifikationen und Strukturen wird im Besonderen dadurch erschwert, da die Zuordnung technologischer Lösungsansätze zu unterschiedlichen Abstraktionsebenen auf der subjektiven Sichtweise der erstellenden Person beruht (Hepp

[39] In der Praxis werden häufig mittels iterativer Schleifen, bei denen durch die Suche nach neuen Synonymen die Ergebnismenge erweitert und mittels Antonyme thematisch wieder eingegrenzt wird, die vermeintlich relevanten Suchtermini bestimmt.

2003, S. 56–58). In unterschiedlichen Anwendungsfeldern werden oftmals für das gleiche Leistungsversprechen unterschiedliche Funktionsverben benutzt. Für die funktionale Anforderung »Position bestimmen« werden, beispielsweise im Anwendungsfeld der virtuellen Realität, Technologien mit der Systemfunktion »Objekt tracken« oder »Objekt verfolgen« beschrieben, wobei dies im Logistikbereich mit der Systemfunktion »Objekt lokalisieren« ausgedrückt wird. Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass es an einer adäquaten Methode zur systematischen Bestimmung von synonymen technologiebeschreibenden Funktionen (insbesondere Funktionsverben) mangelt, um besonders auch branchenfremde Technologien mit noch unbekannten beschreibenden Begriffsmustern zu identifizieren.

Für vereinzelte Technologiedomänen existieren bereits semantische Netze und Ontologien, welche ein spezifisches Begriffsmuster für diese Domäne aufspannen und somit als Quelle für Suchtermini dienen können (bspw: Nanotechnologie-Ontologie »NanOn« vom AIFB; Nikitina et al. 2012). Semantische Suchmaschinen für einzelne Wissensdomänen (bspw. in der Biologie) bedienen sich bereits derartiger Ontologien und werden immer weiterentwickelt. Für eine breite, domänenübergreifende Anwendung bedarf es jedoch einer Domänenstruktur für Technologien im Allgemeinen (Metamodell von Technologiebeschreibungen) (Spath 2010-2015).

Defizit bei Verfahren zur effizienten Informationsakquisition:

Mit dem Fokus auf die Identifikation von existierenden Technologien können implizite und explizite Informationsquellen zur Informationsakquisition einbezogen werden. Obgleich in einschlägiger Literatur unterschiedliche Informationsquellen zur Identifikation neuer Technologien analysiert und gegeneinander abgegrenzt werden, erfährt eine Bewertung der unterschiedlichen Typen an Informationsquellen, auf Basis von Kriterien gemäß ihrem Einsatz-

potenzial für die im Anwendungsgebiet typischen Fragestellungen (Informationsbedarf auf Zweckebene und qualitativer Ebene), eine eher unzureichende Berücksichtigung für eine effiziente Informationsakquisition. Dies hat zur Folge, dass der Bedarfsträger im operativen Handeln eher intuitiv und wenig systematisch die für seine Suche potenziell relevanten Informationsquellen definiert. Aber auch bei der Bestimmung des Informationsbedarfs auf Objektebene kommt es durch eine zu frühe Eingrenzung bei der Definition der Suchfeldstrategie zur Fokussierung auf thematische Informationsquellen, wodurch nicht zuletzt branchenfremde Lösungen oder Lösungen auf Basis alternativer technologischer Grundverfahren übersehen werden können.

Für die Welt neue technologische Problemlösungen (Technologien) entstehen durch die Nutzung kreativer Vorgehensweisen. Hierbei findet oftmals eine Kombination von intuitiven und diskursiven Verfahren sowie kollaborativer Ansätze auf Basis von implizitem Wissen einzelner Individuen Anwendung. Gleichwohl kann dieses implizite Wissen, beispielsweise mittels Expertenbefragungen, auch zum Identifizieren existierender Technologien genutzt werden. In der Praxis stehen Unternehmen jedoch dabei vor der Herausforderung, die richtigen Experten zu identifizieren und einen zeitgerechten Zugriff speziell auf externe Experten zu erlangen.

In der Praxis nutzen die meisten Bedarfsträger verstärkt explizite Informationsquellen zur Identifikation existierender Technologien, um nicht zuletzt auch unabhängiger vom Zugang zu impliziten Wissen von Experten zu sein. Analytische Verfahren dienen dabei zur Informationsakquisition. Mittels unterschiedlicher Informatione Retrieval Ansätze werden explizite Informationsquellen hinsichtlich der formalisierten Suchtermini analysiert. Unternehmen sehen sich hierbei mit einer nur noch sehr aufwändig handhabbaren Informationsflut konfrontiert (Augustin 1990, S. 9–13), (Krcmar 2003), sodass eine Analyse der zur Verfügung stehenden Datenmenge nicht mehr manuell durchgeführt werden kann. Unterschiedliche Data-Mining- und Text-Mining-

Werkzeuge helfen formalisierte Suchmuster automatisiert aus der betrachteten Grundgesamtheit zu extrahieren. Ihr erfolgreicher Einsatz hängt jedoch stark vom formal beschriebenen Informationsbedarf sowie der ausgewählten Informationsquellen ab.

Strukturierte Informationsquellen (wie bspw. semantische Netze, im Sinne von Hypertext-Strukturen oder Ontologie-basierte Expertensysteme) werden in der Praxis zur Identifikation von Technologien kaum berücksichtigt, da diese Datenbestände zunächst in einer möglichst ganzheitlichen Sammlung (ähnliche wie Katalogwissen) initial angelegt werden müssten, um dem Bedarfsträger eine ergebnisreiche Informationsquelle zu bieten (Zeller 2003, S. 124); (Gaag 2010).

Für die Informationsextraktion im Information Retrieval finden zunehmend deskriptive, explorative Verfahren auf Grundlage statistischer Analysen des Data-Mining Einsatz. Mit diesen lassen sich statistische Aussagen über das Auftreten von Klassifizierungsmuster in expliziten Informationsquellen erstellen. Das Vorkommen von einzelnen semantischen Entitäten, wie einem Technologienamen in Form eines Substantivs in definierten Betrachtungselementen (bspw. Satz oder Absatz), in Verbindung mit einem eine Technologie beschreibenden Objekt-Verb-Term, lässt sich nur mittels semantischer Textanalysen (Text-Mining) identifizieren. Text-Mining-Ansätze zur Identifikation von Technologien in expliziten Informationsquellen finden aufgrund fehlender konkreter Vorgehensweisen noch kaum Anwendung.

Die unterschiedlichen Ansätze zur Lösungssuche durch Informationsakquisition werden in Anlehnung an die Bewertungskriterien von ALBERS in der folgenden Grafik (vgl.

Abbildung 14) gegenübergestellt (Albers 2010, S. 46f.).

Definition der Bewertungskriterien:

- Die **Geschwindigkeit zum Wissenszugang** beschreibt die zu erwartende Zeit, welche investiert werden muss, um Informationen über neue technologische Lösungen zu erlangen.
- Der **Aufwand** beschreibt die Kosten und internen Kapazitäten, die für den Wissenserwerb oder Eigenentwicklung (Entwicklungsaufwand) aufgewandt werden müssen.
- Die **Informationsbreite** beschreibt die Offenheit der Informationssuche zur Vermeidung von limitierenden Vorfixierungen.
- Die **Informationsfülle** beschreibt die potenzielle Größe des verfügbaren Informations- / Ideenpools.
- Die **Verfügbarkeit der Informationsquellen** beschreibt den Zugang zu Quellen wie auch Kompetenzträgern.
- Die **Operationalisierbarkeit** beschreibt das Potenzial die Informationsgewinnung, besonders für eine fortschreitende Identifikation neuer Lösungen, zu automatisieren.

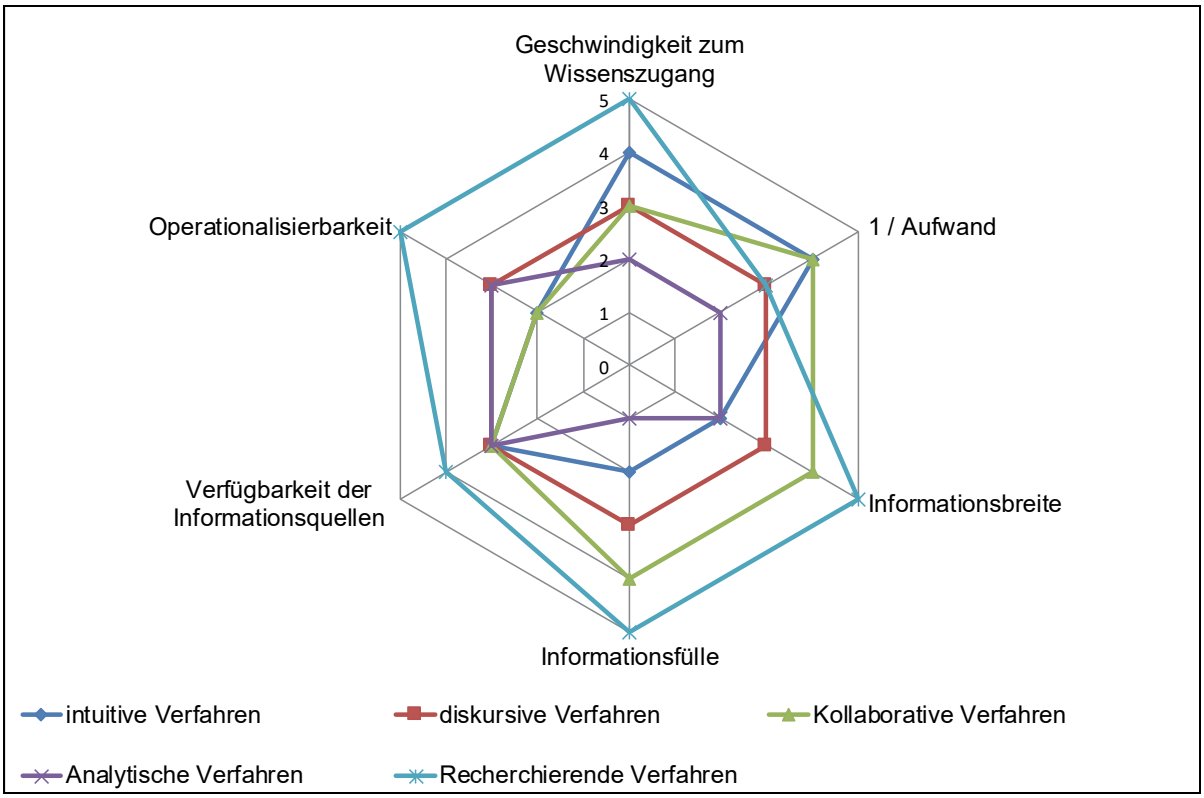


Abbildung 14: Bewertung unterschiedlicher Ansätze zur Lösungssuche

2.5 Zusammenfassende Eingrenzung des Forschungsbedarfs

Für die ressourcenschonende Identifikation von technologischen Lösungen und zur Vermeidung von Doppelentwicklungen werden analytische Methoden zur Suche nach existierenden Lösungen in unstrukturierten textbasierten Informationsquellen weiter an Relevanz für Unternehmen gewinnen. Die Nutzung von analytischen Methoden befähigt Unternehmen, unabhängiger von verfügbaren kognitiven Fähigkeiten ihrer Mitarbeiter zur Lösungsfindung sowie dem Vorhandensein bzw. Zugang zu vordefinierten Lösungssammlungen und Expertennetzwerken zu sein.

In Anbetracht der aktuellen Ansätze in Literatur und Praxis fehlt es an einem durchgehenden systematischen Vorgehen (im Besonderen der Schnittstellen) zur Formulierung von kontextspezifisch effektiven und effizienten Suchstrategien, von der Formalisierung des Informationsbedarfs bis zur Bestimmung der relevanten Informationsquellen und synonymer Suchtermini (vgl.

Abbildung 15). Dies führt zu einem Mangel an Objektivität bei der Formulierung von Suchstrategien und somit zu einer subjektiven Informationsgewinnung.

Abbildung 15: Fehlende Systematik im Informationsprozess bei Technologierecherchen

Folgender Forschungsbedarf lässt sich dabei konkretisieren:

- Wie sieht ein werkzeuggestütztes Vorgehen zur systematischen Formulierung von funktionsbasierten Suchstrategien aus?
- Wie können relevante Informationsquellen kontextspezifisch aus dem Informationsbedarf abgeleitet werden?
- Wie lässt sich der Informationsbedarf in technologiebeschreibende Suchmuster übersetzen?
- Wie kann die Bestimmung von kontextspezifischen synonymen Suchmustern objektiv und operationalisierbar gestaltet werden?

3 Konzeption eines Verfahrens

Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz richtet sich primär an zwei Fokusgruppen in technologieorientierten Unternehmen. Zum einen an Fachexperten in einem spezifischen technologischen Gebiet (bspw. Produktentwickler) mit einem eher operativen Zeithorizont und vorgeprägten Lösungsmustern, welche bestehende Denkmuster aufbrechen und in andere Branchen schauen wollen, um neue Technologien zu finden, die zu innovativen Lösungen in eigenen Produkten führen könnten. Zum anderen richtet sich dieser Ansatz an Generalisten, die sich mit eher strategischen Entscheidungen auseinandersetzen müssen, auf die noch unbekannte Technologien einen Einfluss haben könnten.

Ziel des Verfahrens ist eine effiziente, systematische Erstellung von effektiven, fallspezifischen Suchstrategien, bestehend aus den zwei Elementen: »Relevante Informationsquellen« und »Kontextspezifischen Suchtermini«, für eine computergestützte Recherche nach neuen Technologien in expliziten Informationsquellen (vgl. Abbildung 16).

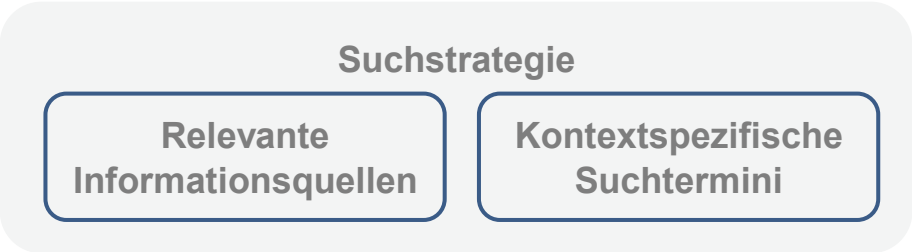


Abbildung 16: Elemente einer Suchstrategie

3.1 Strukturierung und Charakterisierung des Verfahrens

Grundlage für das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien bietet der Informationsprozess mit seinen generischen

Phasen: Informationsbedarf bestimmen, Informationsrecherche und Informationsbewertung.

Zur Überwindung der methodischen Defizite an den Schnittstellen im Informationsprozess und den Herausforderungen bei der Suche nach Technologie-Informationen in der Praxis offeriert das im Folgenden dargestellte Verfahren einen systematischen und formalisierten Brückenschlag zwischen der Bestimmung des Informationsbedarfs und der Informationsrecherche (vgl. Abbildung 17).

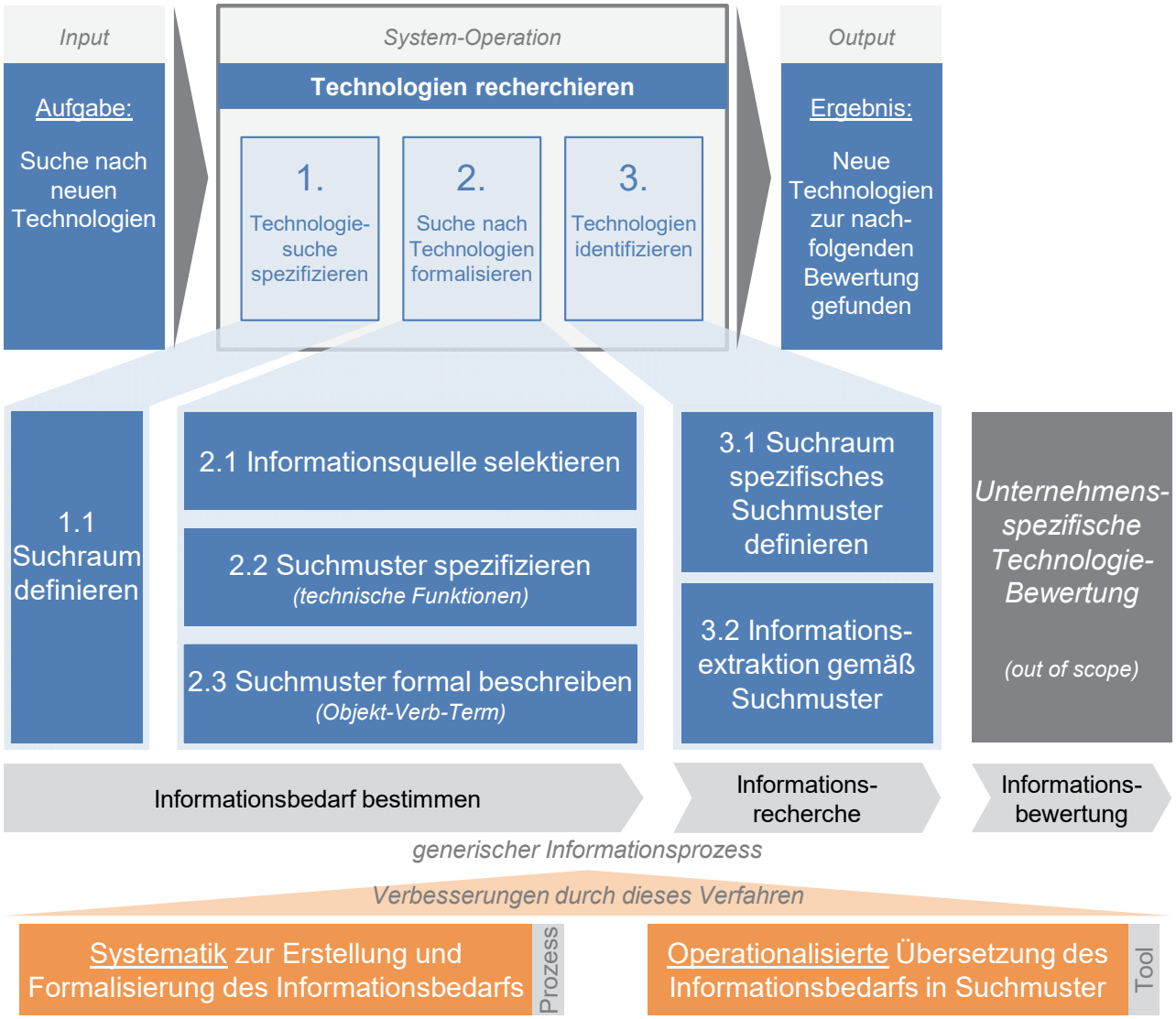


Abbildung 17: Verortung des neuen Verfahrens im generischen Informationsprozess (Big Picture)

Die Ausgestaltung des neuen Verfahrens untergliedert sich in fünf sequenzielle Teilschritte (mit Verweis auf die Elemente in Abbildung 17):

T1: Informationsbedarf erfassen *(im Rahmen von 1.1)*

T2: Informationsbedarf formalisieren *(im Rahmen von 2.2 und 2.3)*

T3: Übersetzung des Informationsbedarfs in Suchtermini *(im Rahmen von 3.1)*

T4: Suchtermini & Quellen definieren *(im Rahmen von 2.1 und 3.1)*

T5: Suchlogik formulieren *(im Rahmen von 3.2)*

Wie in Kapitel 2.3.1 dargestellt lässt sich der Informationsbedarf auf Objekt-, Sach- und Qualitativer Ebene bestimmen. Die thematische Fokussierung auf der Objektebene in Form von technologischen Suchfeldern wird durch zahlreiche Methoden (bspw. Technologielandkarte oder Suchfeldstrategie, vgl. Kapitel 2.3.1) abgedeckt und führt in der Praxis zu keinen großen Herausforderungen bei der Erstellung einer Suchstrategie. Folglich soll dieser Teilschritt nicht im Fokus des in dieser Arbeit entwickelten Verfahrens stehen, obgleich die technologischen Suchfelder (Outputs dieses Teilschritts) formal in die Bestimmung des Informationsbedarfs einfließen werden.

Auf Basis von abgeleiteten technologischen Suchfeldern (Objektebene) bedarf es im Teilschritt 1: **»Informationsbedarf erfassen«** der Formulierung des Zwecks der Suche sowie die Güte der zu gewinnenden Informationen. Der Zweck der Suche, gekennzeichnet durch die Art an gesuchten Informationen (bspw. Namen, Werte, Relationen), ist dabei ähnlich wie die angestrebte Güte der Rechercheinformationen formal unabhängig vom avisierten technologischen Suchfeld. Der Informationsbedarf auf der Zweckebene und der qualitative Eben kann folglich unabhängig von der Objektebene vom Bedarfs-

träger erfasst werden. Ein formales Vorgehen auf Basis generischer Fragestellungen hilft, diesen Informationsbedarf bei der Suche nach neuen Technologien standardisiert zu bestimmen.

Eine effiziente Recherche mittels automatisierter Analysen fordert eine für Computer interpretierbare Form des erfassten Informationsbedarfs. Im Rahmen dieser Arbeit wird das aufgezeigte Verfahren auf die Identifikation neuer Technologien, in Form von Technologienamen als Lösungsmenge, eingegrenzt. Dafür wird im Teilschritt 2: **»Informationsbedarf formalisieren«** der Informationsbedarf mittels eines Konstruktes formalisiert beschrieben, welches auf Elemente der Lösungsmenge in Texten verweist. Systemtheoretischen Ansätzen folgend werden Technologien durch ihre technischen Funktionen, im Sinne eines Leistungsspektrums, verbal beschreiben (vgl. Kapitel 2.1.3), sodass diese auch als Muster für eine semantische Textanalyse dienen können.

Der formalisierte Informationsbedarf kann von Bedarfsträgern jedoch aus zwei unterschiedlichen Perspektiven beschrieben werden. In beiden Fällen werden die Anforderungen (Leistungsvermögen) an eine technologische Lösung spezifiziert, jedoch auf verschiedenen Abstraktionsstufen verbal formuliert. Zweckorientierte Nutzerfunktionen (bspw. »Wasser säubern«) bedienen sich eher allgemeiner Funktionsverben, die in Abhängigkeit vom dazu in Verbindung stehenden Objekt (bspw. »Datensätze säubern«) in unterschiedlichen Anwendungsfeldern ein differenziertes Verständnis haben, sodass sie in Texten produktspezifisch und meist ohne direkten Bezug zu einer expliziten Technologie vorkommen. Systemorientierte Technologiefunktionen (bspw. »Abwasser filtern«) bestehen hingegen primär aus mittelinduzierten Funktionsverben und kommen darum in technischen Texten sehr viel häufiger zur Beschreibung von konkreten Technologien zum Einsatz. Im Teilschritt 3: **»Übersetzung des Informationsbedarfs in Suchtermini«** wird dafür eine

operationalisierbare Übersetzung von Nutzerfunktionen in Technologiefunktionen sowie eine operationalisierbare Bestimmung synonymer Technologiefunktionen auf Basis von Funktionsprofilen entwickelt.

Zur Operationalisierung der Bestimmung von synonymen Funktionen werden Funktionsprofile vorab aus technischen Texten semiautomatisiert ermittelt und in einem semantischen Netz, in Form einer Ontologie, abgebildet. Anders als bei einer Sammlung konkreter technologischer Lösungen bleibt die Grundgesamtheit an technischen Verben (als Teil von technischen Funktionen) relativ konstant, sodass eine Abbildung dieser Grundgesamtheit bzw. einer fokussierten Teilmenge (bspw. für »Stoff trennende Funktionsverben«) mit begrenztem Aufwand möglich ist. Im Vergleich zu reinem Katalogwissen (bspw. in Synonym-Datenbanken in Form von Taxonomien) auf Basis von Klassifikationsmodellen (vgl. Wolffgramm 1994, S. 74ff.; Langlotz 2000, S. 277; Hirtz et al. 2002, S. 72f.), wofür jede potenzielle Kombination an Synonymen vorab erfasst werden muss, lassen sich Funktionen in einer Ontologie anhand spezifischer Merkmale beschreiben und Synonyme kontextspezifisch mittels eines Reasoners berechnen.

Alternative, nicht operationalisierte Verfahren zur Ermittlung von synonymen Suchtermini (bspw. Expertenbefragung oder Abstrahierungsmethoden wie TRIZ) unterliegen den Nachteilen eines subjektiven Handelns. Gleichzeitig stellt sich in der Praxis der kurzfristige Zugriff auf das dafür notwendige implizite Wissen als große Herausforderung dar (Expertenverfügbarkeit). Diesbezüglich stellt das neue Verfahren einen Gegenentwurf dar.

Für eine möglichst effiziente Suche nach neuen Technologien bedarf es einer systematischen Eingrenzung (Vorbewertung) der für den ermittelten Informationsbedarf relevanten Informationsquellen sowie der die Lösungsmenge umschreibenden synonymen Suchtermini. Im Teilschritt 4: **»Suchtermini & Quellen definieren«** werden dafür zunächst auf Grundlage des auf Objekt- und Zweckebene erfassten Informationsbedarfs synonyme Funktionen als

Suchtermini spezifiziert. Hierbei wird durch die Objektebene die zu adressierende technische Funktion thematisch konkretisiert (bspw. »Wasser säubern«). Die operationalisierte Bestimmung von synonymen Funktionen allein auf Basis der Objektebene erzeugt jedoch eine breit formulierte Sammlung an Suchtermini. Erst unter Berücksichtigung der auf der Zweckebene definierten Suchkriterien lässt sich eine Fokussierung der Suchtermini vornehmen. Bspw.:

- Technologien mit hohem Reifegrad bedürfen einer konkreten Formulierung des Arbeitsgegenstands, um nach bereits existierenden Aussagen dazu suchen zu können (bspw. »Phosphat filtern« anstatt allgemein »Partikel filtern«)

- Technologien auf Basis des gleichen technischen Grundverfahren (bspw. für die Weiterentwicklung von Produkten) hingegen bedürfen einer starken Einschränkung der zulässigen synonymen Funktionsverben (bspw. »Partikel filtern« anstatt alternativ »Partikel ausflocken«)

Gleichzeit werden im Teilschritt 4 die relevanten Informationsquellen spezifiziert. Die Auswahl der passenden Quellen wird dabei abermals primär durch die Objektebene des Informationsbedarfs bestimmt. In Abhängigkeit von den auf der Zweckebene formulierten Suchkriterien können jedoch bei einer fokussierten Suche die zu analysierenden Quellen vorab eingegrenzt werden, um die Effizienz der Suche zu steigern. Für die Definition der für eine konkrete Suche relevanten Informationsquellen spielt jedoch auch die qualitative Ebene des Informationsbedarfs eine wesentliche Rolle. Auf Grundlage der Anforderungen an die Güte von zu gewinnenden Informationen können Quellen häufig hinsichtlich ihrer Validität, Aktualität oder Exklusivität weiter eingegrenzt werden (bspw. Technologie-Blogs vs. Patent-Datenbanken).

Die im Teilschritt 4 vorgenommene Auswahl an zu betrachtenden Informationsquellen und fokussierten Suchtermini stellt eine vorgegriffene Bewertung grundsätzlich auffindbarer technologischer Lösungen dar. Die an die Informationsextraktion anschließende Informationsbewertung kann folglich durch eine geschickte Formulierung der Suchstrategie schon in Teilen vorweggenommen werden.

Für eine automatisierte semantische Analyse von unstrukturierten Texten mittels Text-Mining werden im Teilschritt 5: **»Suchlogik formulieren«** Muster definiert, welche Elemente der Lösungsmenge umschreiben. Die Muster, bestehend aus Begriffsklassen und ihren Relationen in Texten zueinander, werden fallspezifisch durch die jeweils definierten Suchtermini als Entitäten konkretisiert. Aufgrund der Tatsache, dass Objekte (im Sinne eines Arbeitsgegenstands) im Vergleich zu den Funktionsverben eine viel größere Grundgesamtheit haben und gleichzeitig eine viel geringere Mehrdeutigkeit aufweisen, lassen sich bestehende Thesauren und Ontologien für Objekte als Synonym-Datenbank einbinden. In Kombination mit den Funktionsverben verlieren die synonymen Objekte ihre potenzielle Mehrdeutigkeit und sind dadurch dem Lösungsraum eindeutig zuzuordnen.

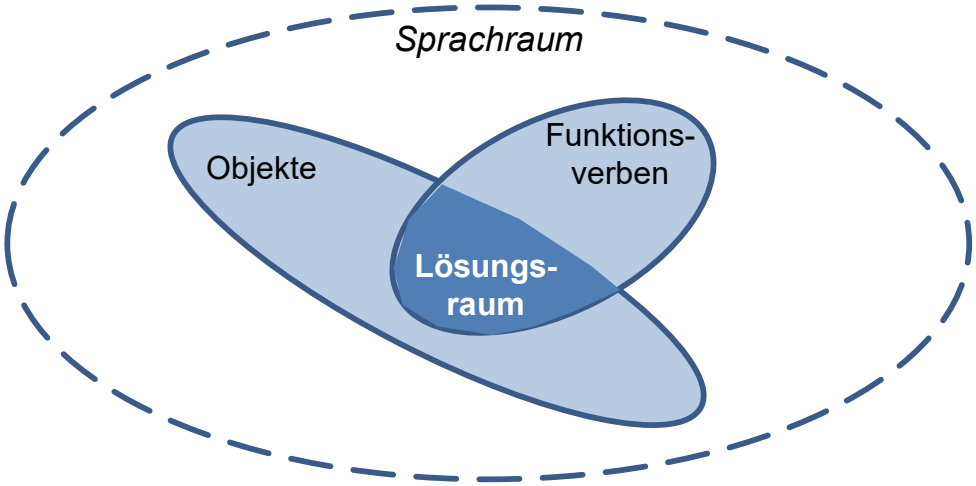


Abbildung 18: Terminologisch eingrenzbarer Lösungsraum

3.2 Anforderungen an das Verfahren

Abgeleitet aus dem Stand des Wissens (vgl. Kapitel 2) und den aufgezeigten Defiziten in Theorie und Praxis werden im Folgenden Anforderungen an ein Verfahren zur Ontologie-gestützten Formulierung von Suchstrategien für eine branchenübergreifende Identifikation von Technologien in unstrukturierten Informationsquellen abgeleitet.

Abbildung 19: Anforderungen an ein neues Verfahren hinsichtlich Gestaltung und Umsetzung

Anforderungen an die Formulierung von Suchstrategien:

Für die Formulierung von Suchstrategien im dargestellten technologie-orientierten Kontext ergeben sich zunächst generelle Anforderungen aus externer Sicht an das Verfahren selbst, welche sich wie folgt unterteilen lassen:

- Prozessuale Integration in den übergeordneten Informationsprozess
- Aufgreifen bestehender Methoden zur Suchraumbestimmung (Objektebene des Informationsbedarfs)
- Input-Lieferant für die Informationsextraktion
- Unabhängigkeit von suchraumspezifischen Synonymsammlungen oder implizitem Expertenwissen
- Methoden- / Werkzeug-gestütztes systematisches Vorgehen zur Sicherung der Reliabilität

Anforderungen an die Bestimmung von relevanten Suchtermini und Informationsquellen:

Aus interner Sicht auf das Verfahren ergeben sich Anforderungen an die Bestimmung der zur Informationsextraktion relevanten Suchtermini sowie der zu analysierenden Informationsquellen.

Für die Auswahl der zu betrachtenden Informationsquellen ergeben sich folgende Anforderungen:

- Kriterien-basierte Auswahl relevanter Informationsquellen
- Einbeziehung der spezifischen Ausprägungen des zuvor ermittelten Informationsbedarfs auf Objekt- und Zweckebene sowie der qualitativen Ebene
- Operationalisierbarkeit der Informationsextraktion für automatisierte Analysen

Zur Bestimmung von relevanten Suchtermini lassen sich folgende Anforderungen zusammenfassen:

- Systematische, nicht zufallsgetriebene Bestimmung von synonymen Funktionen als Suchtermini für eine breit formulierte und dennoch semantisch fokussierte Suche nach Technologien

- Bestimmung synonymer Funktionen auf Basis eines Anwendungsfeld- / Branchen-übergreifenden operationalisierbaren Beschreibungsmodells für Funktionen
- Operationalisierung der Bestimmung von synonymen Funktionen durch eine semantische Abbildung der Verknüpfungen (semantischen Netzes) zwischen Funktionen
- Allgemeingültigkeit[40] und Erweiterbarkeit des semantischen Netzes zur potenziellen Abbildung aller technischen Funktionen (flexible Struktur und standardisierte Entitäten und Relationen)
- Lösungsmenge an synonymen Funktionen muss endlich sein (Abfrage von endlich, berechenbaren Lösungsmengen)
- Werkzeuggestützte Berechnung von synonymen Funktionen
- Auswahl von Suchtermini in Abhängigkeit der zu analysierenden Informationsquellen sowie dem adressierten Zweck der Suche

Anforderungen an die Erstellung einer Funktions-Ontologie:

Für eine operationalisierte Bestimmung von synonymen Funktionen ist die vorherige Erstellung einer entsprechenden Wissensbasis in Form eines semantischen Netzes (Funktions-Ontologie) unumgänglich. Die Erstellung bzw. Erweiterung dieser Wissensbasis als Teil des in dieser Arbeit entwickelten Verfahrens muss dafür entsprechenden Anforderungen genügen:

[40] Die im aufzubauenden semantischen Netz / in der Ontologie abgebildeten Strukturen sind in einer Form auszugestalten, dass diese für alle technischen Verben (Funktionsverben) Anwendung finden können.

- Nicht subjektiver Aufbau der Wissensbasis auf Grundlage von implizitem (subjektivem) Wissen, um den Bias aus dem eigenen Anwendungsfeld zu vermeiden
- Objektive semiautomatisierte Bestimmung von Entitäten des Beschreibungsmodells mittels automatisierter Text-Analysen zur effizienten Erfassung unterschiedlicher Anwendungsbereiche für technische Funktionen
- Initiale Erstellung der Wissensbasis für Funktionen mit »Stoff-trennenden Funktionsverben«

Anforderung an die Integration in Text-Mining-Werkzeuge:

Für eine automatische Informationsextraktion bedarf es der Überführung der relevanten Suchtermini in für Text-Mining-Software interpretierbare Analyselogiken. Die sich dafür ergebenen Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Formulierung von Analyselogiken auf Basis spezifizierter Suchtermini und ihrer Relationen zueinander
- Bildung von branchenneutralen Analyselogiken mit heterogenen natürlichsprachlichen Suchtermini bei gleichzeitigem homogenen Lösungsversprechen für einen spezifischen Informationsbedarf (technische Funktion)
- Integration in bestehende Text-Mining Lösungen zur Informationsextraktion

4 Entwicklung des Verfahrens

Aufbauend auf der im Kapitel 3 entwickelten Konzeption wird unter Berücksichtigung der abgeleiteten Anforderungen im Folgenden ein Verfahren zur Ontologie-gestützten Formulierung von Suchstrategien für eine branchenübergreifende Identifikation von Technologien in unstrukturierten Informationsquellen entwickelt sowie die einzelnen Phasen konkretisiert und methodisch untermauert. Das Verfahren untergliedert sich dabei in acht Phasen (vgl. Abbildung 20).

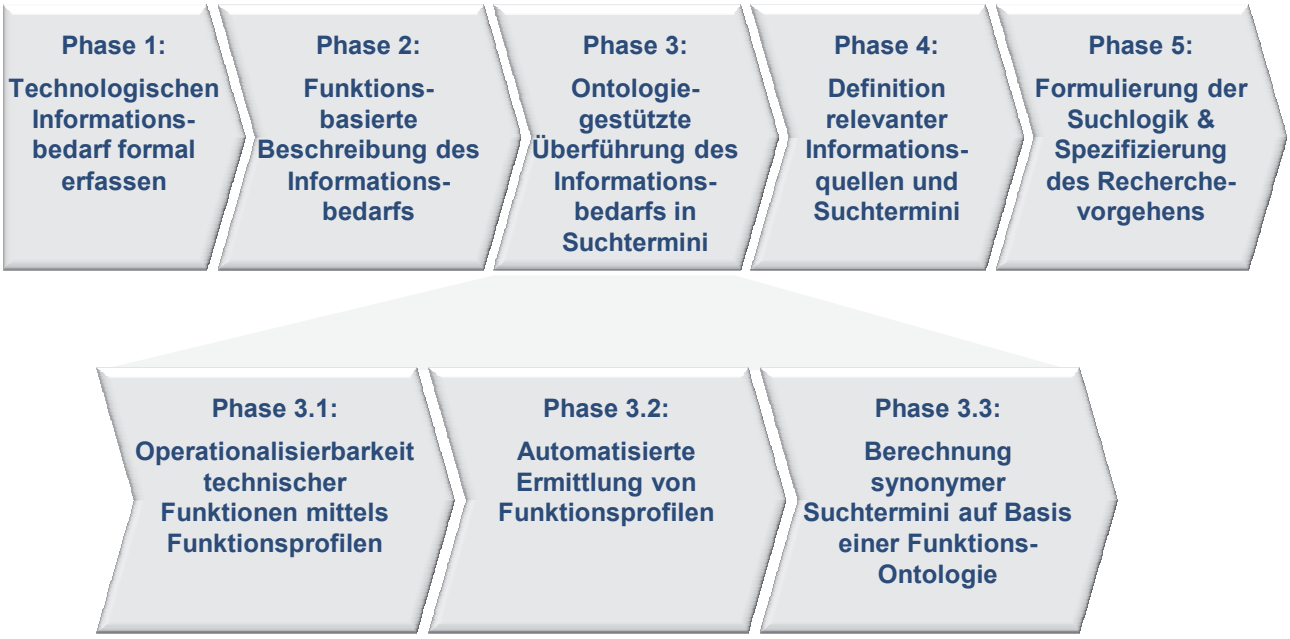


Abbildung 20: Phasenmodell des Verfahrens zur Erstellung einer Suchstrategie für die Identifikation von Technologien

4.1 Technologischen Informationsbedarf formal erfassen

In den im Vorfeld aufgezeigten unternehmensweiten Anwendungsgebieten für die Suche nach Technologien (vgl. Kapitel 2.2) existieren unterschiedliche Auslöser für eine derartige Suche (vgl. Abbildung 21). Die dabei von Bedarfs-

trägern formulierten Fragestellungen lassen sich durch eine formalisierte Beschreibung des Informationsbedarfs auf eine grundlegende Basis normalisieren. Dafür werden die vorliegenden Informationsdefizite zunächst anhand der vorherrschenden Fragstellungen spezifiziert. Anschließend wird der zu adressierende Informationsbedarf auf der Objekt-, Zweck- und Qualitätsebene formalisiert beschrieben (vgl. Kapitel 2.3.1).

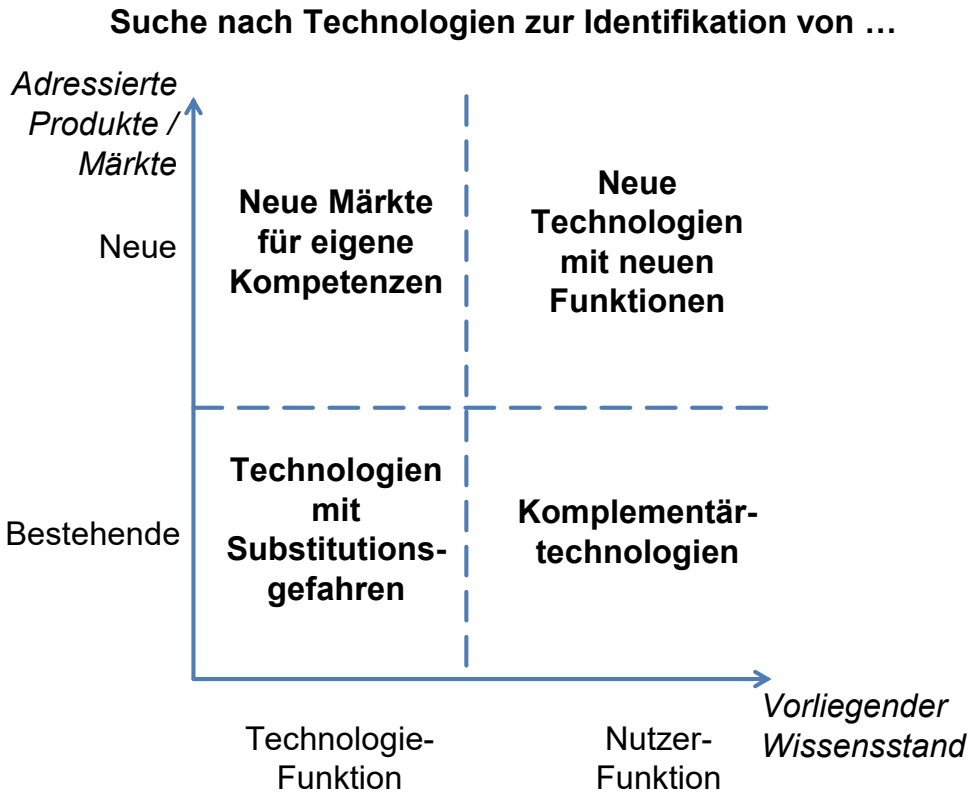


Abbildung 21: Auslöser für die Suche nach Technologien

Der sich hinter den Auslösern für die Suche nach Technologien verbergende Informationsbedarf lässt sich mittels folgender Zusammenstellung an standardisierten Fragestellungen konkretisieren.

- Welche Technologien können eine spezifische technische Funktion (Problemlösung) für unternehmenseigene Produkte oder Prozesse erfüllen?

- Welche Konkurrenz- / Substitutionstechnologien existieren für die eigenen technologischen Kompetenzfelder[41]?
- Welche branchenfremden Technologien könnten durch die eigenen technologischen Kompetenzen ersetzen werden?
- Welche Anwendungsgebiete gibt es für eine spezifische Technologie?
- Wie ist die Leistungsfähigkeit einer spezifischen Technologie?
- Welchen Reifegrad hat eine Technologie für eine spezifische Anwendung?
- Welche technischen Anforderungen bilden die Grundlage für die Anwendung einer spezifischen Technologie?
- Welche Experten, Forschungsprojekte, Lieferanten, Patente, Wettbewerber existieren für eine spezifische Technologie?

Die eine Suche auslösenden Fragestellungen charakterisieren den Informationsbedarf auf Objektebene einerseits aus der Inside-Out- und andererseits aus der Outside-In-Perspektive eines Unternehmens. Die Inside-Out-Perspektive findet primär in der Produktentwicklung, der Technologieverwertung in neuen Märkten sowie der Bewertung eigener Technologiekompetenzen Anwendung. Auf Basis der unternehmensinternen Ausgangslage werden dabei relevante Technologiefelder als technologische Suchfelder bestimmt. Etablierte Methoden wie *Kernkompetenzanalyse* und *Suchfeldstrategien* helfen den Informationsbedarf auf der Objektebene systematisch und möglichst ganzheitlich zu erheben (vgl. Tabelle 7).

Dem gegenüber steht die Outside-In-Perspektive, bei der das unternehmerische Umfeld Grundlage für eine Suche ist. Diese Betrachtung findet primär

[41] Technologische Kompetenzfelder stehen für die Technologien in einem Unternehmen, über die ein hoher Wissensstand vorliegt und spezifische Expertise aufgebaut wurde.

im Kontext einer Technology Intelligence statt, wobei schwache Signale noch unbekannter Technologien frühzeitig erkannt werden sollen. Zur Bestimmung des Informationsbedarfs auf Objektebene helfen auch hier etablierte Methoden wie die *Umfeldanalyse* und die Erstellung von *Technologielandkarten* (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Methoden zur Bestimmung des Informationsbedarfs auf Objektebene

Inside-Out Perspektive	Outside-In Perspektive
▪ Produktzerlegung ▪ Kernkompetenzanalyse ▪ Technologie-Portfolio (intern) ▪ Technologiebaum ▪ Suchfeldstrategien	▪ Umfeldanalyse ▪ Explorativen Mapping ▪ Technologielandkarten ▪ Technologie-Portfolio (extern)

Das Ergebnis der jeweils angewandten Methode zur Bestimmung des Informationsbedarfs auf Objektebene (inhaltliche Ebene) bilden die für den Bedarfsträger relevanten Technologiefelder (Suchfelder), in denen die Recherche thematisch durchgeführt werden soll (bspw. Reinigungstechnologien oder Fügetechnologien).[42]

Die Bestimmung des Informationsbedarfs alleinig auf Basis der Objektebene ist für eine zielgerichtete Recherche jedoch unzureichend. Zur Konkretisierung des Informationsbedarfs muss der Bedarfsträger des Weiteren den Zweck

[42] Nach VDI 2220 1980, S. 4–5 lassen sich Suchfelder grundsätzlich durch die Parameter: Technologien, Technologiefelder, Materialien, Materialienfelder, Anwendungen, Anwendungsfelder, Funktionen und Trends (sowie deren Kombination) beschreiben.

seiner Suche ausformulieren. Erst damit kann die Recherche auf die Art an Informationen ausgerichtet werden, die für die adressierten Entscheidungen eine Relevanz haben (zur Effektivitätssteigerung der Informationsbeschaffung). Auf der Zweckebene bestimmt der Bedarfsträger den Informationsbedarf anhand von Klassen spezifischer Entitäten, welche die relevante Lösungsmenge in der Grundgesamtheit der Informationen über die Schnittmenge mit den zuvor festgelegten Technologiefeldern charakterisieren.

Formel 1: Relevante Lösungsmenge für den spezifischen Informationsbedarf

$$Relevante\ Lösungsmenge\ (LM) = \sum_{1}^{n} TF_x \cap \sum_{1}^{m} K_y$$

TF_x: Technologiefelder des Informationsbedarfs auf Objektebene (x= 1…n)

K_y: Klassen des Informationsbedarfs auf Zweckebene (y= 1…m)

Klassen des Informationsbedarfs auf Zweckebene sind unter anderem:

(1) Bezeichnung einer Technologie (Technologiename)

(2) Eigenschaften einer Technologie (Leistungswerte)

(3) Anwendungsgebiete einer Technologie (Produkte, Branchen)

(4) Know-how-Träger einer Technologie (Entwickler, Unternehmen)

Je nach Ausgangssituation bei der Suche werden unterschiedliche Klassen auf der Zweckebene spezifiziert. Im Rahmen eines Technologie-Scanning-Prozesses oder eines Technologie-Monitorings im weiteren Sinne fokussiert sich der Informationsbedarf zunächst auf neue Technologien und damit auf deren »Technologienamen«. Erst in einem zweiten Schritt oder bei einem Technologie-Monitoring im engeren Sinne wird der Informationsbedarf über

eine mit Namen bereits bekannte Technologie u.a. durch deren Leistungswerte, Produkte, Branchen[43], Entwickler oder Unternehmen charakterisiert (vgl. Warschat et al. 2013).

Ebenso obliegt es dem Bedarfsträger auf qualitativer Ebene die Güte der Recherche zu spezifizieren. Hier kann eine sehr frühe Eingrenzung von möglichen Lösungsräumen (bspw. in Form von Informationsquellen) eine Vorbewertung und damit Einschränkung der Ergebnisse bewirken. Jedoch können durch einen zu frühen Ausschluss von potenziell ungeeigneten Informationsquellen im Besonderen schwache Signale übersehen werden. Gerade bei der Suche nach emergenten Technologien, über die es zum Recherchezeitpunkt aufgrund ihres sehr frühen Technologiereifestadiums noch wenige Veröffentlichungen gibt, kann ein zu hoch angesetzter Qualitätsanspruch eher unqualifizierte Quellen (bspw. Technologie-Blogs als eine typische Quelle für erste Technologienennungen) von der Suche ausschließen. Hingegen ist bei der Suche nach etablierten branchenfremden Substitutionstechnologien ein hoher Reifegrad einer Technologie von Relevanz, sodass der Bedarfsträger qualifizierte Informationen benötigt (bspw. aus Patentdatenbanken).

Auf Basis der in Tabelle 8 aggregierten Fragestellungen lassen sich die implizit beim Bedarfsträger vorliegenden Informationsbedürfnisse auf Zweck- und qualitativer Ebene formal erfassen und für eine Recherche explizit zur Verfügung stellen.

[43] Die hier adressierten Produkte und Branchen sind die, welche explizit bereits mit der jeweiligen Technologie in Verbindung gebracht wurden. Potenziell mögliche Produkte und Branchen werden dadurch nicht erfasst.

Tabelle 8: Informationsbedarf für die wichtigsten Fragestellungen bei der Suche nach Informationen über Technologien

Fragestellung der Bedarfsträger	**Informationsbedarf auf Zweckebene**	**Informationsbedarf auf qualitativer Ebene**
Welche Technologien können eine spezifische technische Funktion (Problemlösung) für unternehmenseigene Produkte / Prozesse erfüllen?	Technologiename	Unqualifizierte & qualifizierte Informationen
Welche Konkurrenz- / Substitutionstechnologien existieren für die eigenen technologischen Kompetenzfelder?	Technologiename	Unqualifizierte & qualifizierte Informationen
Welche branchenfremden Technologien könnten durch die eigenen technologischen Kompetenzen ersetzen werden?	Technologiename, (Branchen, Produkte)	Qualifizierte Informationen
Welche Anwendungsgebiete gibt es für eine spezifische Technologie?	Branchen (Märkte), Produkte	Unqualifizierte & qualifizierte Informationen
Wie ist die Leistungsfähigkeit einer spezifischen Technologie?	Leistungsparameter (Funktionen, Attribute, Ausprägungen)	Qualifizierte Informationen

Fragestellung der Bedarfsträger	**Informationsbedarf auf Zweckebene**	**Informationsbedarf auf qualitativer Ebene**
Welchen Reifegrad hat eine Technologie für eine spezifische Anwendung?	Leistungsparameter (Funktionen, Attribute, Ausprägungen)	Qualifizierte Informationen
Welche technischen Anforderungen bilden die Grundlage für die Anwendung einer spezifischen Technologie?	Technische Parameter	Qualifizierte Informationen
Welche Experten, Forschungsprojekte, Lieferanten, Patente, Wettbewerber existieren für eine spezifische Technologie?	Patente, Experten (Forschungsinstitute, -projekte, …), Wettbewerber, Lieferanten, …	Qualifizierte Informationen

Das im Weiteren beschriebene Verfahren dient primär der Identifikation von für den Bedarfsträger unbekannten Technologien und damit der Bestimmung von Technologienamen. Die Adressierung von weiterem Informationsbedarf auf der Zweckebene ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

4.2 Funktionsbasierte Beschreibung des Informationsbedarfs

Aufbauend auf der formalen Erfassung des Informationsbedarfs, dem »Technologiefeld« auf Objektebene sowie dem »Technologienamen« auf Zweckebene, bedarf es eines Konstrukts zur Beschreibung der avisierten Lösungsmenge, nach dem in expliziten Informationsquellen gesucht werden soll. Die Elemente der Lösungsmenge ergeben sich aus dem Informationsbedarf in Form von Technologienamen in einem spezifischen Technologiefeld (Suchfeld). Wie in Kapitel 2.1.3 dargestellt, lassen sich Technologien (explizit bezeichnet durch ihre Technologienamen) anhand technischer Funktionen beschreiben. Aufgrund der Lösungsneutralität von Funktionsbeschreibungen erfüllt dieses beschreibende Konstrukt die Anforderung den technologischen Suchraum nicht unnötig einzugrenzen (vgl. Peiffer 1992, S. 112).

Unter der Verwendung technischer Funktionen kann die Beschreibung von Technologien, im Sinne von technologischen Lösungen für ein spezifisches Suchfeld, jedoch aus zwei unterschiedlichen Perspektiven erfolgen. Zum einen aus Sicht von Nutzern einer technologischen Lösung in einem Produkt oder Prozess, welche die Problemlösung eher ergebnisorientiert formulieren (bspw. »Wasser <u>säubern</u>«). Zum anderen aus Sicht von Entwicklern einer spezifischen Technologie, welche die Problemlösung eher auf Basis ihrer Wirkweise mittelinduziert beschreiben (bspw. »Wasser <u>filtern</u>«). In Abhängigkeit vom Auslöser für die Suche (vgl. Abbildung 21) liegen dieser unterschiedliche Wissensstände zugrunde, woraufhin der Informationsbedarf von den jeweiligen Bedarfsträgern als Nutzerfunktion oder Technologiefunktion beschrieben wird.

Eine Nutzerfunktion (bspw. »Wasser säubern«) findet dabei Einsatz für die funktionale Beschreibung des Leistungsvermögens unterschiedlicher Anwendungen in verschiedenen Branchen. Dem gegenüber stehen Technologien, welche auf Basis unterschiedlicher technologischer Grundvorgänge spezifische Technologiefunktionen (bspw. »Wasser filtern« oder »Wasser

zyklonieren«) bereitstellen. Mehrere Technologien (bspw. Membrantechnologien) können dabei auch durch eine spezifische Technologiefunktion (bspw. »OBJEKT filtern«) beschrieben werden. Unterschiedliche Technologiefunktionen können wiederum zur Erfüllung einer Nutzerfunktion eingesetzt werden, sodass die technischen Funktionen beide Betrachtungsperspektiven des Informationsbedarfs durch eine semantische Verbindung zueinander synonym beschreiben. (vgl. Abbildung 22)

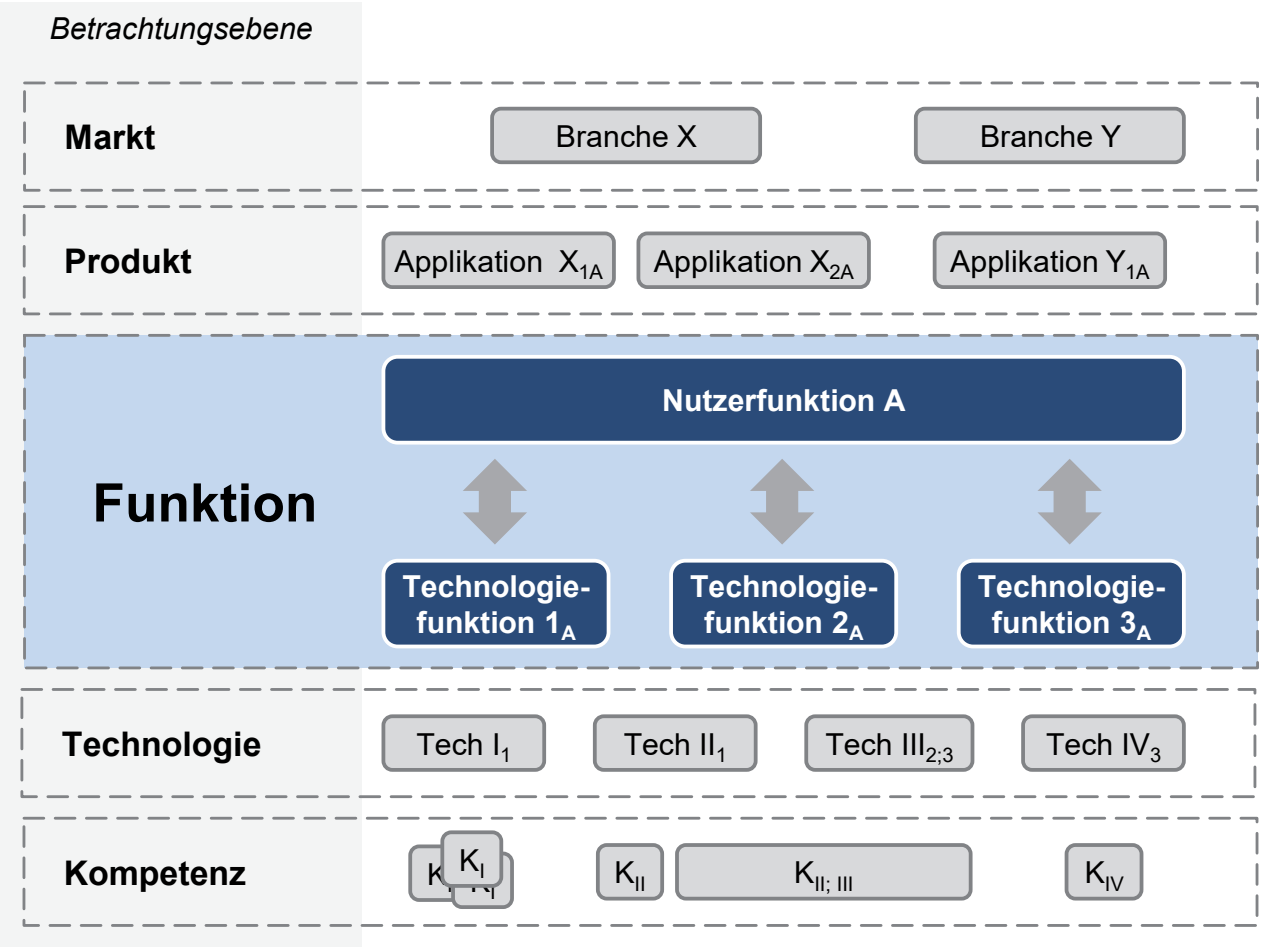


Abbildung 22: Semantische Verbindung zwischen Nutzer- und Technologiefunktion (eigene Darstellung basierend auf dem Ebenen-Modell der Technologieentwicklung; vgl. Heubach et al. 2008, S. 23)

Zur Beantwortung der Fragestellung »Welche Technologien können eine spezifische technische Funktion (Problemlösung) für unternehmenseigene Produkte oder Prozesse erfüllen?« wird der Bedarfsträger die technische Funktion möglichst lösungsneutral als Nutzerfunktion formulieren, da er idealerweise keine Lösungsoption ohne explizite Bewertung von vornherein ausschließen will (bspw. »Wasser säubern« anstatt eingegrenzt auf »Wasser filtern«).[44]

Obliegt der Suche dagegen die Beantwortung der Fragestellungen »Welche Konkurrenz- / Substitutionstechnologien existieren für die eigenen technologischen Kompetenzfelder?« oder »Welche branchenfremden Technologien könnten durch die eigenen technologischen Kompetenzen ersetzen werden?« bedarf es zunächst der Analyse, welches Leistungsversprechen mit der bekannten Technologie verbunden wird. Mittels einer Funktionsanalyse (vgl. Ardilio 2013, S. 79–84; Details siehe Anhang A-18) können die relevanten (System-) Funktionen dieser Technologie sowie deren spezifische Attribute und Ausprägungen bestimmt werden. Die in Folge dessen ermittelten Technologiefunktionen bilden das Funktionsspektrum einer Technologie, für welches in dessen Gesamtheit oder für eine Teilmenge nach neuen Technologien gesucht werden soll.

Gleichwohl existieren für einige Technologiefunktionen keine technischen Verben (Funktionsverben) in natürlicher Sprache, welche als Teil des Objekt-Verb-Terms eine technische Funktion sprachlich darstellen. Dies hat zur Folge, dass in diesem Fall eine Suche, anstatt auf Basis eines technischen Verbs, nur

[44] Für diesen Fall, dass konkrete technologische Anforderungen (Problem induziert) Auslöser für die Suche sind, können problemspezifische abstraktere Nutzerfunktionen abgeleitet werden, welche die zu beeinflussende Objekteigenschaft und die Objektspezifikationen des Arbeitsgegenstands als gewünschtes Leistungsversprechen in sich tragen.

auf Grundlage der durch eine technologische Lösung avisierten Operation (vgl. Kapitel 2.1.3) erfolgen kann.

Des Weiteren haben Funktionsverben in unterschiedlichen Branchen ein differenziertes Verständnis (bspw. »Wasser filtern« vs. »Daten filtern«). Erst das in der technischen Funktion (Objekt-Verb-Term) mit dem Funktionsverb in Verbindung gebrachte Objekt konkretisiert das Anwendungsgebiet. Die funktionale Beschreibung des Informationsbedarfs variiert folglich in den Dimensionen Nutzerfunktionen und Technologiefunktionen je nach betrachteter Branche und dem dort spezifischen Sprachraum. Die *Abbildung 23* veranschaulicht beispielhaft die Beschreibung des Informationsbedarfs mittels unterschiedlicher Technologiefunktionen für das gleiche Leistungsversprechen (eine zu erfüllende Nutzerfunktion).

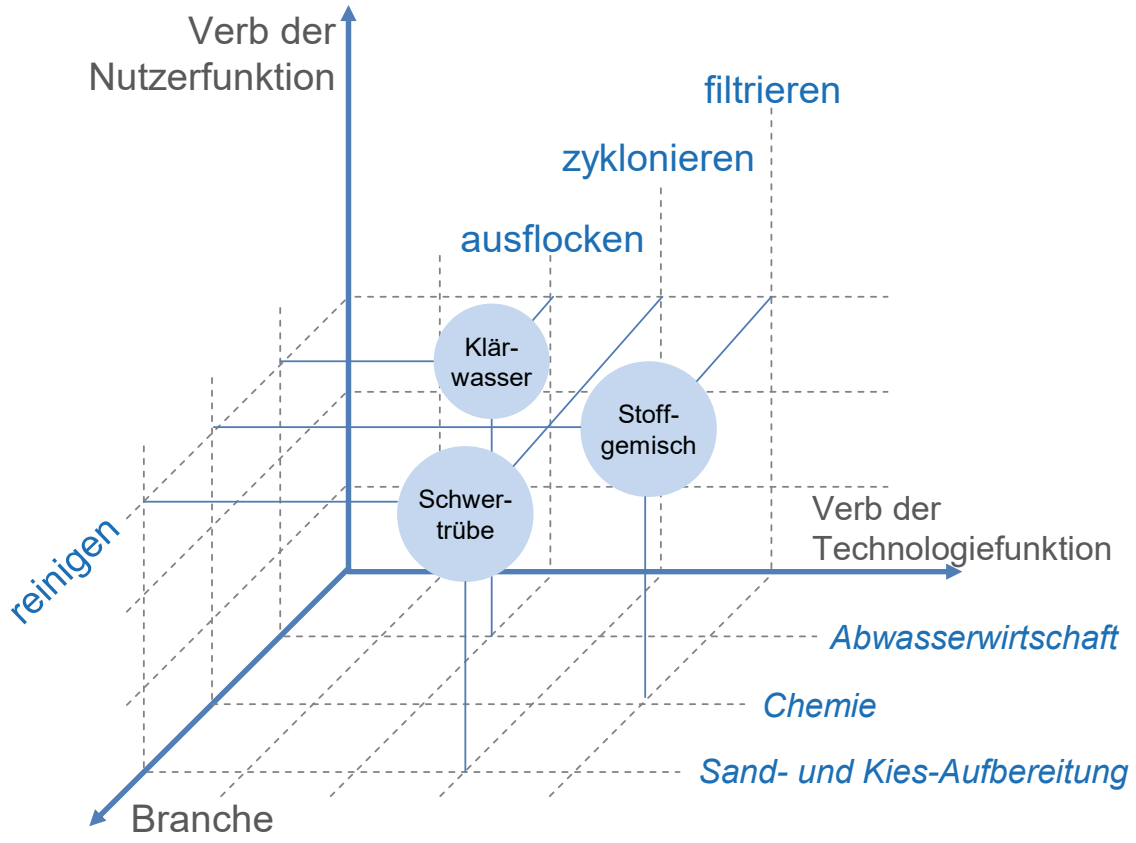


Abbildung 23: Funktionale Beschreibung (Objekt-Verb-Term-Kombination) des Informationsbedarfs in unterschiedlichen Anwendungsgebieten

Zur Identifikation von branchenfremden Technologien müssen im Besonderen die Technologiefunktionen identifiziert werden, die außerhalb des eigenen Sprachraums für das avisierte Leistungsversprechen Anwendung finden.

Tabelle 9: Beispiele für branchenspezifische Formulierung des Informationsbedarfs mittels unterschiedlicher Verben der Technologiefunktion

Fragestellung (Informationsbedarf)	**Branche**	**Verben der Nutzerfunktion**	**Verben der Technologie-funktion**
Welche Technologien können eine spezifische **Nutzerfunktion** für ein Produkt erfüllen?	Abwasser-wirtschaft	reinigen säubern	abschwemmen absetzen ausflocken filtern …
	Chemie	aufreinigen	filtrieren zentrifugieren …
	Sand- und Kies-Aufbereitung	abtrennen	absetzen absieben absetzen zyklonieren …

4.3 Ontologie-gestützte Überführung des Informationsbedarfs in Suchtermini

Die den technologischen Informationsbedarf beschreibenden Nutzer- und Technologiefunktionen dienen grundsätzlich selbst als primäre Suchtermini für eine Recherche nach neuen Technologien. Für eine Suche in impliziten Informationsquellen würden diese Suchtermini oftmals ausreichen, da durch das kognitive Vermögen von Experten alternative Suchtermini implizit mit in die Suche der Experten einbezogen werden. Für eine zielgerichtete Suche in expliziten Informationsquellen hingegen bedarf es einer möglichst umfassenden Menge an konkreten Suchtermini, durch welche die Elemente der Lösungsmenge identifizierbar sind. Schließlich ist hierbei zu beachten, dass nur der Teil der Lösungsmenge, der vorab mittels technischer Funktionen beschrieben wurde, auch in expliziten Informationsquellen gefunden werden kann.

Technischen Funktionen lässt sich hierbei eine besondere Bedeutung zuschreiben. Zum einen agieren Sie als formale Beschreibung des Informationsbedarfs (vgl. Kapitel 4.2). Zum anderen wird sich ihnen auch bei der expliziten Beschreibung des Leistungsvermögens einer Technologie bedient (vgl. Kapitel 2.1.3). Gerade bei der Veröffentlichung[45] neuer Technologien erläutern die Autoren mit Hilfe technischer Funktionen die jeweilige Leistungsfähigkeit (Fähigkeit einer technologischen Problemlösung) der betrachteten Technologie.

In Abhängigkeit von der verwendeten expliziten Informationsquelle finden entweder eher abstrakte Nutzerfunktionen oder mittelinduzierte Technologiefunktion zur Beschreibung von technologischen Lösungen Anwendung. Für

[45] Veröffentlichungen sind als explizite Informationsquellen wie Patentschriften oder wissenschaftliche Aufsätze zu verstehen.

eine erfolgreiche Recherche bedarf es nicht zuletzt einer Ausrichtung der anzuwendenden Suchtermini auf die in der Informationsquelle typischen Funktions-Terminologien (vgl. Kapitel 4.7).

Des Weiteren sind die zum Einsatz kommenden Suchtermini sprachlich möglichst breit zu fassen aber dennoch semantisch fokussiert zu wählen, um eine effektive Recherche gewährleisten zu können. Synonyme Nutzer- und Technologiefunktionen für die eingangs dieses Kapitels beschriebenen technischen Funktionen können die Menge an Suchtermini möglichst umfassend erweitern.

Recherchierende Personen sehen sich dabei mit zwei grundlegenden Herausforderungen konfrontiert. Einerseits muss ein mittels Nutzerfunktionen beschriebener Informationsbedarf für eine Suche in technologieorientierten Veröffentlichungen in partiell synonyme Technologiefunktionen als adäquate Suchtermini überführt werden. Anderseits bedarf es einer möglichst ganzheitlichen Bestimmung partiell synonymer Technologiefunktionen für ein sprachlich breites Spektrum an Suchtermini.

Für die Bestimmung partiell synonymer Nutzer- und Technologiefunktionen bzw. deren Funktionsverben[46] gibt es unterschiedliche Ansätze. Grundsätzlich lassen sich diese wie im Kapitel 2.3.2 (Methoden zur Lösungssuche) in eher kreative und analytische Methoden differenzieren. Sind die kreativen Methoden eher durch individuelle Erfahrungen und morphologische Ansätze[47]

---

[46] Technische Funktionen werden sprachlich als Objekt-Verb-Term-Kombination abgebildet, wobei dem Funktionsverb die der Funktion immanente Operation zugeschrieben wird (vgl. Kapitel 2.1.3).

[47] Mittels des morphologischen Prinzips können, durch Abstraktion einer Technologiefunktion auf eine Nutzerfunktion und deren anschließenden erneuten Konkretisierung, damit in Verbindung gebrachte synonyme Technologiefunktionen ermittelt werden. (vgl. TRIZ Methode; Ehrlenspiel 2009, S. 77)

geprägt, wird bei den analytischen Methoden eher auf Klassifikationsmodelle zurückgegriffen. In bestehenden Klassifikationsmodellen, wie nach WOLFFGRAMM, LANGLOTZ oder HIRTZ (vgl. Wolffgramm 1994, S. 74ff.; Langlotz 2000, S. 277; Hirtz et al. 2002, S. 72f.), werden dazu technische Funktionsverben am Beispiel für Be- und Verarbeitungsverfahren in Taxonomien hierarchisch abgebildet. Hierbei erfolgt eine Zuordnung der Technologiefunktionsverben auf der untersten Ebene der »technologischen Grundvorgänge«[48] zu den abstrakteren Nutzerfunktionsverben auf höheren Hierarchieebenen (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Beispiel für eine Klassifizierung von technologischen Grundvorgängen auf Basis von WOLFFGRAMM (Wolffgramm 1994, S. 73, 117, 120)

Hierarchie-eben	**Klassifizierungen von technischen Verben (Funktionsverben)**						
Vorgangsklasse *(4. Ordnung)*	Stoffeigenschaftsändernde Verfahrenstypen der Stoffformung						
Vorgangstyp *(3. Ordnung)*	Aussondern von Stoffteilchen (Trennen, Aussondern, …)						
Vorgangsgruppe *(2. Ordnung)*	Mechanisches Aussondern	Siebtrennen	Absetzen	Thermisches Aussondern	Magnetisches Aussondern	Chemisches Aussondern	Aussondern durch Lösen
Grundvorgang *(1. Ordnung)*	Scheuern Kratzen Bürsten Klopfen Sandstrahlen	Sieben Filtrieren Filtern Dialysieren Diffundieren	Sichten Sedimentieren Dekantieren Zentrifugieren Zyklonieren Flotieren	Abdampfen Destillieren Rektifizieren Kristallisieren Flotieren	Magnetisieren	Ausfällen Windfischen Abbeizen	Lösen Waschen Extrahieren

[48] Ein technologischer Grundvorgang wird nach Eingruppierung in Vorgangstyp, welcher die spezifische Veränderung am Arbeitsgegenstand beschreibt, sowie Vorgangsgruppe, welche die Art und Weise der zustande kommenden Veränderung definiert, als der Hauptfluss an Stoff, Energie oder Information bezeichnet, welche den Arbeitsgegenstand beeinflusst. (vgl. Wolffgramm 1994, S. 77–80)

In der Praxis finden spezifische (Fach-)Thesauri[49] Einsatz, welche jedoch häufig auf fokussierte Branchen oder Technologiefelder ausgerichtet sind und denen es an einer semantischen Verknüpfung zwischen unterschiedlichen Anwendungs-/Technologiefeldern fehlt. Auf Basis dieser Klassifikationssysteme können die mit spezifischen Nutzerfunktionsverben verbundenen Technologiefunktionsverben als partiell synonyme Suchtermini abgeleitet werden.

Statische Klassifizierungen von technischen Verben existieren in unterschiedlicher Natur, u.a. auf Basis von technologischen Grundvorgängen, oder Arten von Objekten (Stoff, Energie, Information) und deren Veränderung (Form, Struktur, Ort), auf welche sich ein technisches Verb bezieht. Jedoch herrschen Limitationen für derartige Taxonomien zur Darstellung komplexen Wissens. Speziell die fest codierten Verknüpfungen zwischen Entitäten in Thesauri (bspw. Funktionsverb und spezifischen Objekten) führt zu einer sehr aufwendigen Datenpflege speziell bei komplexeren Verben wie »filtern«, welche in unterschiedlichen Anwendungsfeldern mit thematisch sehr heterogenen Objektarten wie bspw. »Abwasser«, »Informationen« oder »Sonnenstrahlen« und dadurch auch mit unterschiedliche synonymen Funktionsverben in Verbindung stehen. Diese Heterogenität an Anwendungsfeldern für ein einziges technisches Verb bringt auch eine Reihe von anwendungsspezifischen Synonymen mit sich.

Die zweckgerichtete Abbildung des Wissens wie in einem Expertensystem (bspw. eines Thesaurus) ist nur zur Beantwortung einer vorab definierten Aufgabe einsetzbar. Mit anderen Worten, alle möglichen Anwendungsfälle (kontextspezifisch partiell synonyme Verben) müssten vorab bei der Erstellung

[49] Ein mit 160.000 Einträgen sehr umfangreicher Thesaurus ist der »Thesaurus Technik & Management« von WTI Frankfurt

des Expertensystems berücksichtigt werden (vgl. Problem beim Aufbau von Katalogwissen) (Wachsmuth 1992, S. 8). Die Übertragung und damit Wiederverwendbarkeit dieses anwendungsspezifischen Wissens auf andere Aufgaben (Identifikation anderer partiell synonymer Verben) ist aufgrund des damit verbundenen »interaction problem« schlecht bis gar nicht möglich (Bylander und Chandrasekaran 1987).

Ontologien bieten hingegen als wiederverwendbare Wissenskomponenten auch die Fähigkeit Wissen als semantisches Netz mit vielfältigeren Relationen als Thesauri abzubilden und damit komplexes Wissen für unterschiedliche Aufgaben zugänglich zu machen (Neches et al. 1991, S. 37). Die strikte Unterteilung von Wissen und Programmlogik erleichtert den Wissenszugriff sowie die Pflege und Wartung einer Ontologie, was die Qualität und die Effizienz der Wissensextraktion erhöht (Marquardt et al. 2010, S. 4f).

In einer Ontologie zur Überführung des funktional beschrieben technologischen Informationsbedarfs in partiell synonyme Nutzer- und Technologiefunktionen (vgl. Kapitel 4.6) werden die Entitäten und die Relationen zwischen den Entitäten als explizites Wissen abgebildet, ohne dass eine direkte Verlinkung von synonymen Entitäten stattfindet (vgl. Abbildung 24). Erst mit Hilfe eines Semantic Reasoner (vgl. »inference engine«) können kontextspezifisch synonymen Entitäten (das implizite Wissen der Ontologie) ermittelt werden.

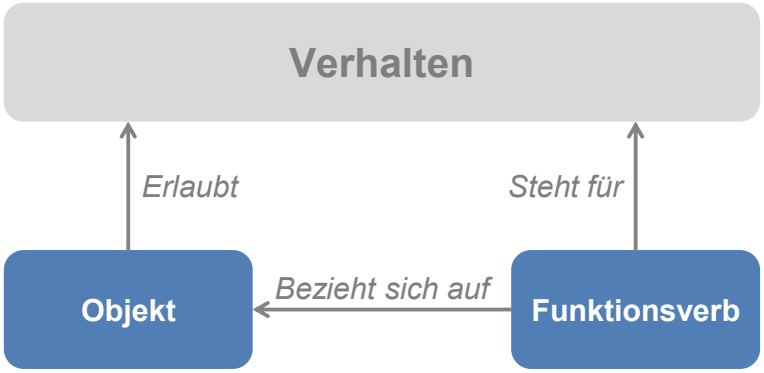


Abbildung 24: Elemente einer allgemeinen Ontologie zur Beschreibung von technischen Funktionen

Zur Operationalisierung der kontextspezifischen Ermittlung von partiell synonymen Funktionen bedarf es einer formalen Beschreibung der Elemente von technischen Funktionen, im Speziellen ihrer Funktionsverben. Dazu wird im folgenden Kapitel ein beschreibendes Konstrukt entwickelt, welches als Grundlage für computergestützte, operationalisierbare Vergleiche zwischen technischen Funktionen dient.

4.4 Operationalisierbarkeit technischer Funktionen mittels Funktionsprofilen

Synonyme Nutzer- und Technologiefunktionen, sprachlich beschrieben durch Objekt-Verb-Terme, bestehen aus für den spezifischen Kontext synonymen Funktionsverben in Verbindung mit Objektklassen, deren Elemente die Voraussetzung mit sich bringen für den jeweiligen Anwendungsfall als Arbeitsgegenstand zu dienen. Für eine operationalisierbare Bestimmung von synonymen Funktionen ist es essentiell eine Vergleichsmöglichkeit für diese Funktionen, im Speziellen der elementaren Funktionsverben (technischen Verben), zu schaffen. Funktionsverben alleine besitzen jedoch aufgrund von Mehrdeutigkeiten in der natürlichen Sprache kein einheitliches Verständnis unter allen Anwendern in den unterschiedlichen Kontexten, sodass eine formale,

anwendungsfeldübergreifende Verständnisgrundlage geschaffen werden muss.

Kriterien-basierte Ansätze ermöglichen eine Formalisierung von technischen Funktionen und bieten dadurch eine Vergleichsbasis. Grundlage dafür bilden die Merkmale und deren Ausprägungen (Werte), welche die Eigenschaften[50] eines Objekts charakterisieren (Birkhofer 1980, S. 6). Geben Sachmerkmale Auskunft über die Beschaffenheit und Verwendbarkeit eines Objekts (DIN - Deutsches Institut für Normung 1979, S. 26ff), so werden die Merkmale technischer Systeme in Beschaffenheits- und Funktionsmerkmale differenziert. Beschaffenheitsmerkmale repräsentieren dabei elementare Zustands-eigenschaften, wie geometrische, kinematische, mechanische, stofflich-energetische und organisatorische Eigenschaften. Funktionsmerkmale bauen auf diesen Zustandseigenschaften auf und stehen für die Übertragungs-potenziale (Wirkeigenschaften) eines Systems, der Überführung von Inputs in Outputs (Patzak 1982, S. 33).

Der Vergleich von Funktionsverben basiert folglich primär auf den Objekt-eigenschaften, welche einem Veränderungsprozess unterliegen (Wolffgramm 1994, S. 45). Diese Eigenschaften begrenzen dabei auch die Grundgesamtheit

---

[50] Objekte, im Sinne von Sachen, Dingen und Ereignissen, sind Eigenschaftsträger, welche durch spezifische Eigenschaften beschrieben werden. Notwendige Bedingung für die Zuweisung einer Eigenschaft (Objekteigenschaft) zu einer Menge an Trägern (Objekte) ist deren Beobachtbarkeit. Dabei muss es einem Menschen unter spezifischen Voraussetzungen (zeitlich, örtlich, technisch unterstützt) möglich sein zu entscheiden, ob einer definierten Trägermenge die konkrete Eigenschaft besitzt oder nicht. Einer Objekteigenschaft kann eine qualitative Zuordnung (z.B. flüssig, fest, gasförmig), in Form eines Eigenschaftsnamens, und einer quantitativen Zuordnung, in Form eines konkreten Messwertes, erfahren (Skalen: nominal, ordinal, metrisch) (vgl. Franken und Fuchs 1974, S. 23f.)

an Objekten, die als Arbeitsgegenstände (implizite Objekteigenschaften) für die Funktion Anwendung finden können.

Beispiel:

- Funktionsverb: **filtern**
- Zu beeinflussende Objekteigenschaft: **Feststoffkonzentration im Fluid**
- Implizite Objekteigenschaft für Arbeitsgegenstände: **Fest-im-Fluid-System**

Die Bestimmung funktionsspezifischer Objektklassen (bspw. Fest-im-Fluid-System), die als Arbeitsgegenstände in einer technischen Funktion agieren können, allein auf Basis der impliziten Objekteigenschaft ist für einen Funktionsvergleich nur bedingt ausreichend. Für eine Ermittlung semantisch sehr eng gefasster synonymer Funktionen bedarf es einer zusätzlichen Eingrenzung der funktionsspezifischen Objektklassen. Diese Aufgaben erfüllen Objekteigenschaften auf Basis von funktionsspezifischen Verwendbarkeitsmerkmalen (bspw. magnetisierbar). Dies heißt zum Beispiel, dass zur Bestimmung von Synonymen für das Funktionsverb »magnetisieren«, nur derartige Funktionsverben in Betracht kommen können, die in einer Funktion mit einem Objekt in Verbindung stehen, welches die Objekteigenschaft: »magnetisierbarer Feststoffanteil« besitzt (vgl. Abbildung 25).

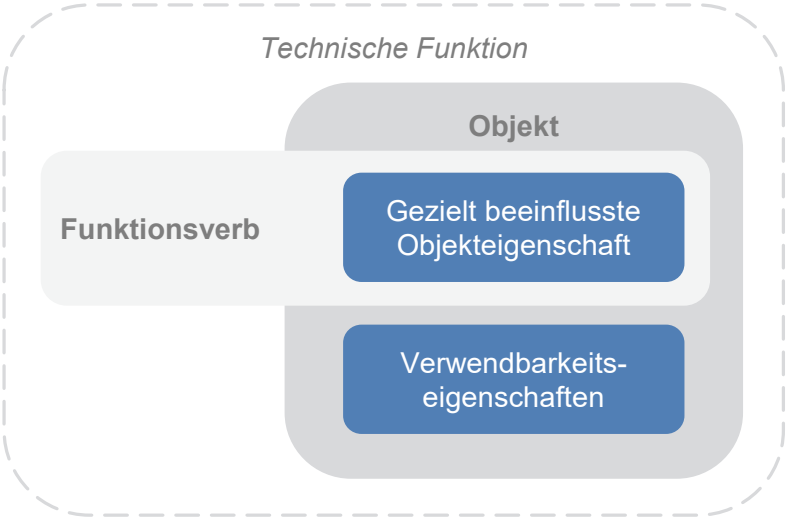


Abbildung 25: Objekteigenschaften als Grundlage zur Operationalisierung von technischen Funktionen

Neben der Aussage, welche Objekteigenschaft durch eine Funktion gezielt beeinflusst wird, bedarf es des Weiteren einer darauf aufbauenden Aussage, in welcher Art diese Objekteigenschaft beeinflusst wird (Ziel der Beeinflussung).[51] Das durch die technische Funktion adressierte Ziel einer Handlung konkretisiert sich in einer Änderung, Schaffung, Erhöhung, Beibehaltung, Verminderung oder Aufhebung des Betrags der gezielt zu beeinflussenden Objekteigenschaft (vgl. Tabelle 11).

[51] BIRKHOFER klassifiziert technische Verben anhand ihrer Handlung (Verfahren) und dem Ziel der Handlung, wobei eine Handlung für mehrere Ziele stehen kann und ebenso ein Ziel durch unterschiedliche Handlungen erreicht werden kann. Beispiel: Handlung: »Schweißen« steht für das Ziel: »Oberfläche ändern«, genauso wie für das Ziel: »Zusammenhalt erzeugen« (vgl. Birkhofer 1980, S. 76)

Tabelle 11: Sammlung von betragsbeeinflussenden Verben[52]

Betrags-ändernde Verben	**Betrags-schaffende Verben**	**Betrags-erhöhende Verben**	**Betrags-beibehaltende Verben**	**Betrags-vermindernde Verben**	**Betrags-aufhebende Verben**
abändern	anfertigen	anreichern	aufrechterhalten	abklingen	abbrechen
abwandeln	bilden	anschwellen	behalten	abnehmen	abschaffen
ändern	entstehen	ansteigen	beibehalten	abschwächen	aufheben
austauschen	erstellen	anwachsen	bestehen lassen	absinken	auflösen
editieren	erzeugen	aufstocken	bewahren	begrenzen	auslöschen
erneuern	fabrizieren	ausdehnen	bleiben	beschneiden	beenden
korrigieren	fertigen	ausweiten	erhalten	dezimieren	beschließen
modifizieren	formen	erhöhen	halten	drosseln	beseitigen
reformieren	generieren	erweitern	konservieren	herabsetzen	einstellen
transformieren	gestalten	extensivieren	wahren	kürzen	eliminieren
überarbeiten	herstellen	häufen		mindern	entfernen
umändern	hervorbringen	heraufsetzen		nachlassen	entsorgen
umbilden	kreieren	hinzufügen		reduzieren	streichen
umformen	modellieren	intensivieren		reduzieren	wegbringen
umfunktionieren	produzieren	mehren		restringieren	
umgestalten	schaffen	potenzieren		runtersetzen	
umwandeln	schöpfen	steigen		schmälern	
variieren		steigern		schrumpfen	
verändern		strecken		schwächen	
wechseln		vergrößern		sinken	
		vermehren		streichen	
		vervielfachen		verkleinern	
		wachsen		verkürzen	
		zahlreicher		vermindern	
		zunehmen		verringern	
				zurückgehen	

Eine Sammlung von zu beeinflussenden Objekteigenschaften ist im Gegensatz dazu wesentlich vielfältiger klassifizierbar und ihre Relevanz ergibt sich erst

[52] Segmentierung auf Grundlage der Kategorien der Zielhandlung nach BIRKHOFER: Erzeugen, Auflösen, Erhalten, Ändern (vgl. Birkhofer 1980, S. 77)

durch die semantische Analyse von Funktionen im jeweiligen Kontext (mehr dazu im Kapitel 4.5), sodass nur eine beispielhafte Auswahl im *Anhang A-6* dokumentiert ist.[53]

Funktionsprofil *als beschreibendes Konstrukt zur Operationalisierung von Funktionen*

Für einen operationalisierbaren Vergleich des Leistungsvermögens sowie der Anwendbarkeit auf Basis der eine technische Funktion formal charakterisierenden Elemente müssen diese in Verbindung zueinander gestellt werden. Das dadurch entstehende Funktionsprofil[54] beschreibt für jedes Funktionsverb die damit gezielt beeinflusste Objekteigenschaft, die Art dieser Beeinflussung sowie notwendige Verwendbarkeitseigenschaften, unter Berücksichtigung des jeweiligen Kontexts, in dem das Funktionsverb Anwendung findet.

[53] In der DIN 4000 finden sich weitere Hauptgruppen von Merkmalen technischer Systeme

[54] Als Profil wird ein Set an beschreibenden Elementen verstanden, die eine Sache näher charakterisieren und gegenüber anderen abgrenzen.

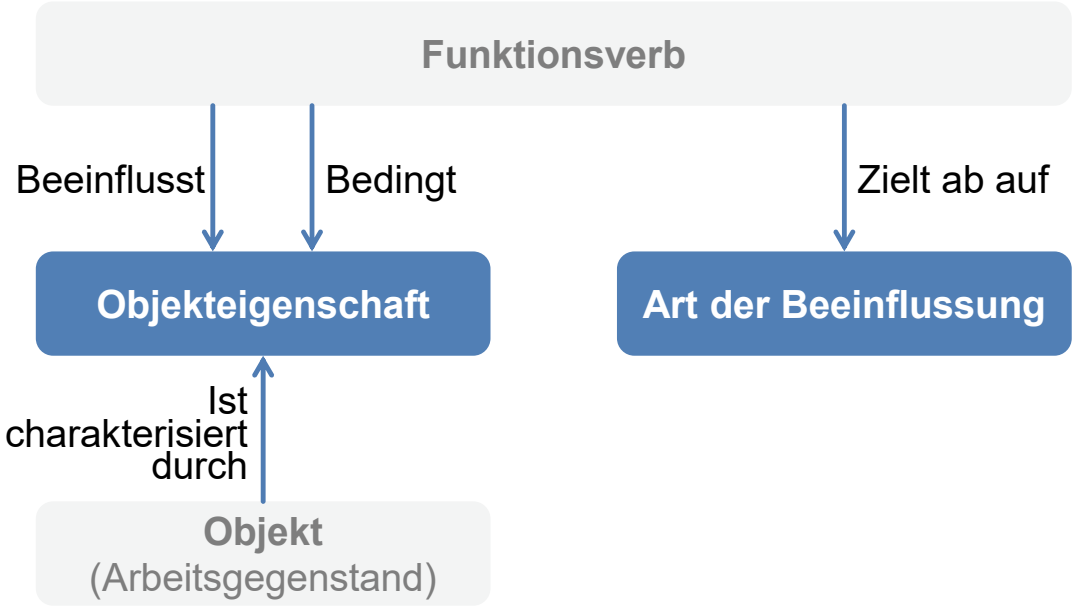


Abbildung 26: Struktur des Funktionsprofils

Für ein Funktionsverb lässt sich in Abhängigkeit von der Betrachtungsperspektive auch mehr als ein Funktionsprofil erstellen, da eine Vielzahl von Funktionsverben eine Mehrdeutigkeit in der natürlichen Sprache besitzen. Gleichzeitig kann ein Funktionsprofil auch als beschreibendes Konstrukt für mehr als ein Funktionsverb dienen, sodass sich eine *n:m* Beziehung zwischen Funktionsverb und Funktionsprofil darstellen lässt.

Auf Basis von Vektormodellen zur Beschreibung von Lösungsräumen aus dem Data-Mining lassen sich Funktionsprofile auch als Funktionsverbvektor darstellen:

Formel 2: Funktionsverb-Vektor

$$\overrightarrow{Funktionsverb} = \begin{pmatrix} Beeinflusste\ Objekteigenschaft \\ Art\ der\ Beeinflussung \\ Bedingte\ Verwendbarkeitseigenschaft \end{pmatrix}$$

Aufgrund der Anwendung einzelner Funktionsverben in unterschiedlichen Kontexten ist ihr Funktionsprofil eher als Matrix auf Basis unterschiedlicher Vektoren zu verstehen.

Formel 3: Funktionsverb-Matrix

$$\overrightarrow{Funktionsverb} = \begin{pmatrix} O_1 & O_2 & \dots & O_n \\ B_1 & B_2 & \dots & B_n \\ V_1 & V_2 & \dots & V_n \end{pmatrix} \rightarrow n \in \mathbb{N}$$

O=Beeinflusste Objekteigenschaft
B=Art der Beeinflussung
V=Bedingte Verwendbarkeitseigenschaft

Der als Funktionsprofil ***x*** beschriebene Informationsbedarf lässt sich folglich als Schnittmenge aller Funktionsverben ***i*** mit dem gleichen Funktionsprofil ***x*** verbalisieren.

Formel 4: Informationsbedarf als Schnittmenge aller Funktionsverben mit gleichem Funktionsprofil

$$\text{Funktionsprofil (x)}: \begin{pmatrix} O_x \\ B_x \\ V_x \end{pmatrix} = \bigcap_{i=1}^{n} \overrightarrow{Funktionsverb}_{xi} \quad \rightarrow n \in \mathbb{N}$$

Durch diese beschreibenden Funktionsprofile lassen sich synonyme Funktionsverben berechnen, ohne dass auf eine feste Verknüpfung zwischen den technischen Verben zurückgegriffen werden muss. Auf diese Weise kann die relevante Lösungsmenge an synonymen Funktionen wesentlich effizienter bestimmt werden, als alternativ in Form einer sehr aufwendigen Sammlung aller verknüpften Entitäten jeder möglichen Lösungsmenge an synonymen

Funktionsverben (Abbildung der Grundgesamtheit intern synonymer Lösungsmengen).

Formel 5: Grundgesamtheit intern synonymer Lösungsmengen

$$Grundgesamtheit\ intern\ synonymer\ Lösungsmengen : GG_{synLM} = \sum_{x=1}^{z} k * \bigcap_{i=1}^{n} Verb_{xi}$$

z = Anzahl an technischen Verben

k = Anzahl der Kontexte, in denen ein technisches Verb Anwendung findet

n = Anzahl kontextspezifisch synonymer technischer Verben

Das Funktionsprofil dient als objektives Bindeglied zwischen den Sprachräumen, der relativ abstrakten Nutzersicht (Anwendungsgebiet spezifisch) und der mittelinduzierten Technologiesicht (Lösungsraum spezifisch). Mit ihnen können voneinander losgelöste technische Funktionen beschrieben werden, ohne die Vielzahl an Aussagen über kontextspezifisch partiell synonyme Funktionsverben formulieren und pflegen zu müssen. (vgl. Abbildung 27)

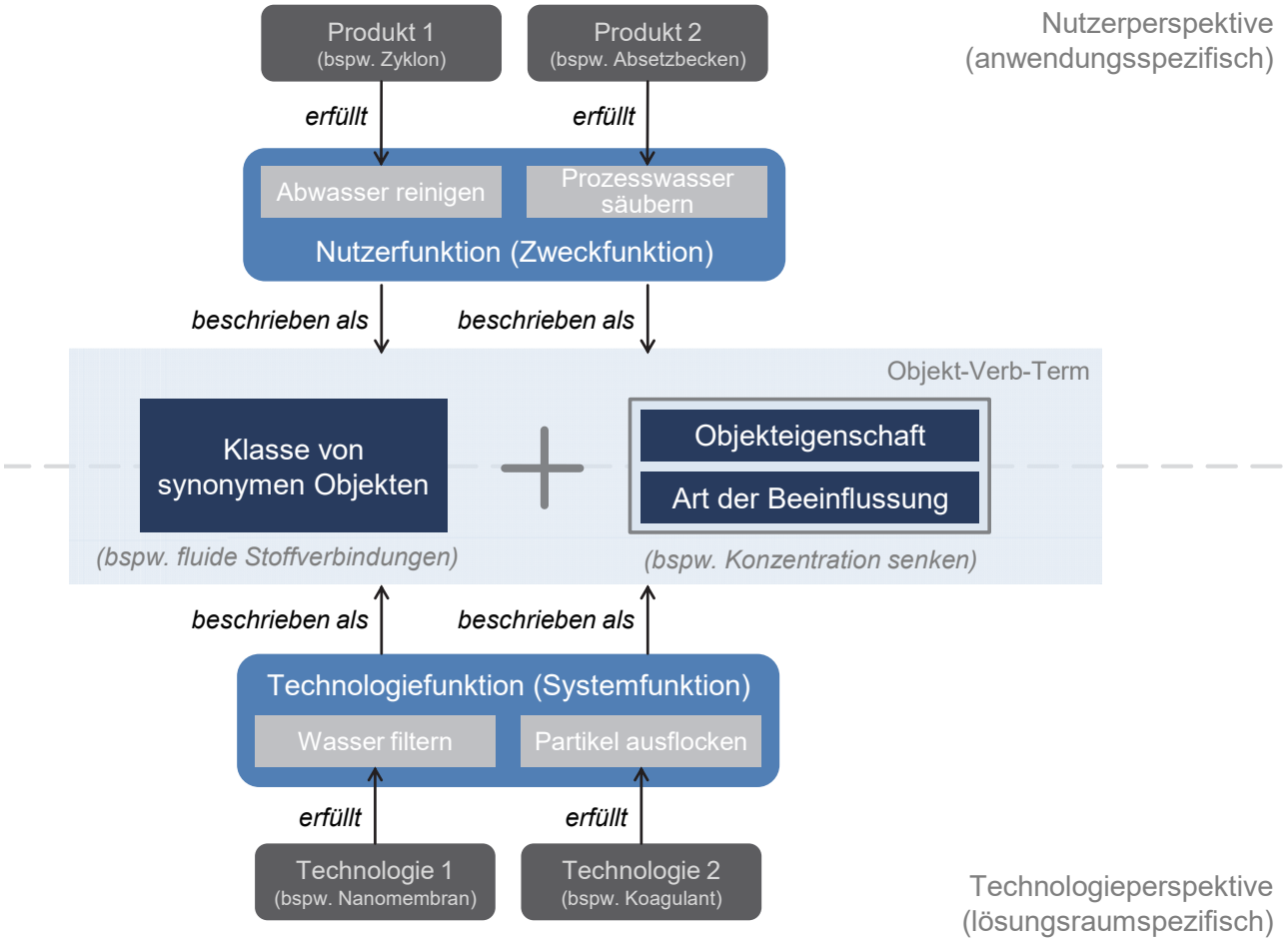


Abbildung 27: Funktionsprofil als sprachliche Brücke zwischen Anwendung und Technologie

4.5 Automatisierte Ermittlung von Funktionsprofilen

Zur Bestimmung synonymer Funktionsverben auf Basis von Funktionsprofilen bedarf es vorab einer systematischen Ermittlung dieser funktionsspezifischen Profile. Hierfür sind die jeweiligen Entitäten der Elemente eines Funktionsprofils, in Form der »Beeinflussten Objekteeigenschaft«, der »Art der Beeinflussung« sowie die »Bedingten Verwendbarkeitseigenschaften«, für die betrachtete Grundgesamtheit an Funktionsverben zu bestimmen.

Die Ermittlung der jeweiligen Ausprägungen der beschreibenden Elemente für ein konkretes Funktionsverb kann dabei auf unterschiedliche Art erfolgen. Zum einen kann auf implizites Wissen zurückgegriffen werden, welches zunächst

durch Befragungen von internen sowie externen Anwendungs- und Technologieexperten erfasst werden muss. Die Herausforderung hierbei besteht abermals darin Zugriff auf die jeweiligen Experten mit Fachwissen über die betrachteten Funktionen zu erhalten. Mit dem Anspruch gerade branchenfremde Technologien identifizieren zu wollen und dafür eine breite Vielfalt an synonymen Funktionsbeschreibungen zu sammeln, führt dieses Vorgehen und die damit verbundene möglichst weitreichende Befragung von Experten zu einem überproportional hohen manuellen Erhebungsaufwand.

Alternativ dazu lassen sich Entitäten von Funktionsprofilen auch auf Basis expliziten Wissens ermitteln. Dieses Vorgehen bietet einerseits eine höhere Validität und Objektivität der erfassten Funktionsprofile, da die damit symbolisierten Zusammenhänge der Profilelemente auf Grundlage von real in Texten vorkommenden Daten erfasst wurden. Anderseits lässt sich auf diese Art die Ermittlung von Funktionsprofilen durch die Analyse von großen Mengen an Texten mittels (Text-Mining-) Software auch automatisiert gestalten.

Analysegrundlage:

Zur automatisierten Ermittlung von Funktionsprofilen bedarf es einer hinreichenden Quantität an qualifizierten Informationsträgern als Analysegrundlage. Die zu analysierenden Informationsträger müssen dabei einen thematischen Bezug zum Funktionsverb der initialen Technologie- oder Nutzerfunktion (Informationsbedarf; vgl. Kapitel 4.2) aufweisen, indem es mindestens einmal in ihnen vorkommt. Des Weiteren müssen die als Informationsträger dienenden Textdokumente eine hinreichende Qualität an fundierten Informationen bieten, was sich neben der Art des Informationsträgers (Art des Dokuments) auch anhand der betrachteten Informationsquelle gewährleisten lässt. Fachliteratur wie wissenschaftliche Aufsätze, Dissertationen oder Patentschriften, in denen letztendlich auch nach neuen Technologien gesucht werden

kann, erweisen sich aufgrund einer damit verbundenen qualitativen Begutachtung ihrer Inhalte als besonders geeignete Informationsträger (Bügel 2008, S. 231) (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Vergleich unterschiedlicher Informationsträger

Art des Informationsträgers	Qualität des Inhalts	Typische Informationsquellen	Relative Quantität an Informationsträgern
Wissenschaftliche Aufsätze	Hoch	Fachdatenbanken	Hoch
Dissertationen	Hoch	Hochschuldatenbanken	Mittel
Patentschriften	Hoch	Patentdatenbanken	Hoch
Presseartikel	Mittel	Presseportale	Mittel
Produktblätter	Mittel	Unternehmenswebseiten	Niedrig
Blogbeiträge	Niedrig	Web-Blogs, Foren	Mittel

Für den initialen Aufbau eines breiten Spektrums an Funktionsprofilen sind Informationsquellen unterschiedlicher Art einzubeziehen, um den vielfältigen sprachlichen Einsatz von Funktionsverben in den unterschiedlichen Dokumenten und den darin adressierten Kontexten systematisch abzudecken.

Analyseverfahren:

Die automatisierte Ermittlung von Entitäten der Elemente eines Funktionsprofils kann mittels Data-Mining- oder Text-Mining-Softwarelösungen (Werkzeuge) entscheidend unterstützt werden. Ziel ist es dabei nicht eine generalisierte Definition für einzelne Funktionsverben aufzustellen. Vielmehr sollen die in Texten real zum Einsatz kommenden Konstrukte erfasst und strukturiert gesammelt werden.

Mit Hilfe von Data- und Text-Mining-Werkzeugen werden nach Mustern in unstrukturierten Texten (Textdokumenten) gesucht, welche eine »Objekteigenschaft«, eine »Betragsveränderung« sowie einen »Arbeitsgegenstand« im Umfeld eines technischen Verbs darstellen. Die beiden Werkzeugarten unterscheiden sich dabei grundlegend in ihrer zugrundeliegenden Analysetechnik. Unter Data-Mining werden in dieser Arbeit statistischen Verfahren zur Analyse von Texten verstanden. Im Gegenteil dazu werden in dieser Arbeit unter dem Text-Mining semantischen Verfahren zur Textanalyse aggregiert.

Mittels Kollokationsanalysen wird statistisch untersucht, welche Begriffe (Entitäten von Elementen eines Funktionsbegriffs) signifikant öfters als im Mittel in einem definierten Betrachtungsrahmen (bspw. Satz oder Abschnitt) in Texten gemeinsam vorkommen. Im Speziellen durch eine Co-Occurence-Analyse (Kollokation der Länge 2) kann die Affinität zwischen einem technischen Verb und einem Arbeitsgegenstand oder einer Objekteigenschaft untersucht werden (vgl. Granitzer 2006, S. 445). Unter der Voraussetzung, dass eine möglichst umfassende Analyse der Grundgesamtheit an relevanten Informationsträgern möglich wäre, würde dieses Verfahren die Validität der identifizierten Entitäten entscheidend erhöhen. Ist die zugängliche Grundgesamtheit jedoch nur relativ gering, sind statistisch signifikante Aussagen nur eingeschränkt zu ermitteln.

Alternativ dazu bieten regelbasierte semantische Analysen ein semiautomatisiertes Vorgehen zur Identifikation von verknüpften Entitäten. Text-Mining-Werkzeuge können dabei die Annotation von Mustern übernehmen. Letztlich bedarf es jedoch einer Bewertung und Entscheidung durch den Menschen, ob die erkannten Muster auch Entitäten von Elementen eines Funktionsprofils widerspiegeln. Je gröber die Regeln, im Sinne von Musterbeschreibungen, die vorab für das Text-Mining formuliert werden, desto höher ist letztlich der Bewertungsaufwand. Sollen die Regeln anderseits sehr fein gefasst werden,

müssen diese weitaus vielfältiger ausfallen, um die breite Formulierungsvielfalt in der natürlichen Sprache abdecken zu können.

In dieser Arbeit finden regelbasierte semantische Analysen Anwendung, um eine erste Ermittlung von Funktionsprofilen durch eine menschliche Bewertung zu qualifizieren. Darauf aufbauend könnten mittels statistischer Verfahren weitere Funktionsprofile aus einer möglichst großen Grundgesamtheit an Texten ermittelt werden.

Prozess zur semiautomatisierten Ermittlung von Funktionsprofilen:

Im Folgenden wird das iterative Vorgehen zur Erstellung von Funktionsprofilen an einem konkreten Beispiel dargestellt. Abhängig von der vorliegenden Ausgangssituation sind zwei unterschiedliche Einstiege in den Prozess notwendig (vgl. Abbildung 28). Liegt als Technologie- oder Nutzerfunktion ein expliziter Objekt-Verb-Term vor, so dient das darin enthaltene Funktionsverb als Einstieg (Prozessteil A). Fehlt jedoch ein Funktionsverb und nur die gewünschte Änderung einer Objekteigenschaft sowie der Arbeitsgegenstand sind bekannt, wird daraus ein initiales Funktionsprofil spezifiziert, um damit nach verbundenen Funktionsverben zu suchen (Prozessteil B).

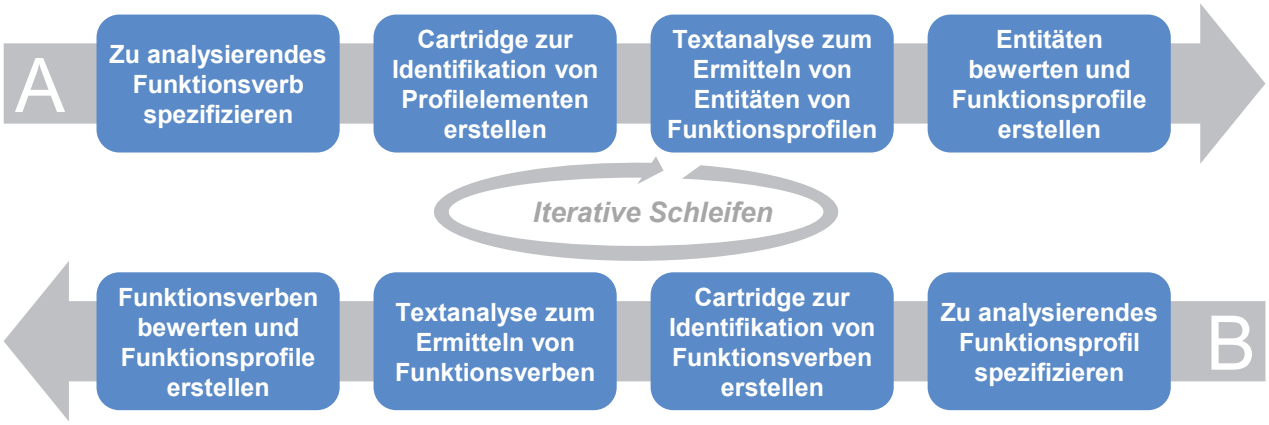


Abbildung 28: Prozess zur Ermittlung von Funktionsprofilen

Unter der Maßgabe, dass in der angenommenen Ausgangssituation die Technologiefunktion in Form des Objekt-Verb-Terms »Abwasser filtern« vorliegt, wird im ersten Schritt das zu analysierende Funktionsverb »filtern« spezifiziert.

Ausgehend von diesem spezifischen Funktionsverb muss im zweiten Schritt ein Muster definiert werden, welches Elemente eines Funktionsprofils im Kontext vom Funktionsverb identifizieren kann. Hierfür dienen regelbasierte Ausdrücke auf Basis eines Part-Of-Speach Taggings[55], welche in einer Text-Mining-Cartridge[56] zusammengestellt werden. In den regelbasierten Ausdrücken werden Klassen definiert, welche in Texten für Objekteigenschaften (in Form von Substantiven / NOUN) sowie betragsbeeinflussende Verben (vgl. Tabelle 11) stehen können. Um den Bezug zwischen dem Funktionsverb und der potenziell beschreibenden Objekteigenschaft im Text zu gewährleisten, bedarf es einer Eingrenzung des betrachteten Textbereichs. Dies wird über den maximal zulässigen Abstand (Proximität) zwischen den betrachteten Termen innerhalb eines Satzes oder über Satzgrenzen hinweg definiert (bspw. ~TOKEN$[,20]). Im Folgenden veranschaulicht ein Auszug an Mustern, dass zunächst nur die »Beeinflusste Objekteeigenschaft«, die »Art der Beeinflussung« sowie der damit verbundene Arbeitsgegenstand adressiert werden. Die »Bedingten Verwendbarkeitseigenschaften« sind nicht immer notwendiger Teil des Funktionsprofils und ergeben sich erst aus dem Arbeitsgegenstand[57].

---

[55] Part-Of-Speach Tagging ist die Zuordnung von Elementen (Wörtern und Satzzeichen) eines Textes zu Wortarten (vgl. Mitkov 2003, S. 219ff.)

[56] Eine Text-Mining Cartridge stellt einen Container dar, in dem Suchmuster im Syntax der jeweiligen Text-Mining-Software beschrieben werden.

[57] Beispiel: Im Text lässt sich für das Funktionsverb »filtern« nur die beeinflusste Objekteigenschaft »Mischverhältnis« sowie die Art der Beeinflussung in Form von »reduzieren« identifizieren. Die für die Funktion »Abwasser filtern« jedoch relevante

```
<concept name="Entity" display="always" level="20" case="ignore" >
<!-- Search for all the nouns -->
   <concept name="Alle_Substantive">
      <e>#NOUN</e>
   </concept>
</concept>

<concept name="Entity" display="always" level="14" case="ignore" >
<!--  Find betragsbeeinflussende_Verben and Funktionsverben in the same sentence  -->
   <concept name="Funktinsverben_Verben" searchon="lemma">
      <e> ~betragsbeeinflussende_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~Funktionsverben </e>
      <e> ~Funktionsverben / ~TOKEN$[,20] / ~betragsbeeinflussende_Verben </e>
   </concept>
</concept>

<annotation name="Funktionsverben" display="never">
   <e> ^(filtern
   <!-- | andere Funktionsverben -->)(#VVPP | #VVFIN | #VVINF | #VVIZU) </e>
</annotation>

<annotation name="betragsbeeinflussende_Verben" display="never">
   <annotation name="Betragsändernde_Verben" display="never">
      <e> ^(abändern
      | abwandeln
      | ändern
      | austauschen
      | editieren
      | erneuern
      | korrigieren
      | modifizieren
      | reformieren
      | transformieren
      | überarbeiten
      | umändern
      | umbilden
      | umformen
```

Abbildung 29: Auszug aus der Cartridge: Nouns appearing with »filtern«

Diese Cartridge wird im dritten Schritt genutzt, um die in den Mustern definierten Elemente von Funktionsprofilen, mittels eines Text-Mining-Werkzeugs[58] Entitäten automatisiert in großen Textmengen zu identifizieren. Als

bedingte Verwendbarkeitseigenschaft »ist ein Fluid« kann nur über den identifizierten Arbeitsgegenstand (wie Wasser, Luft oder ähnliches) abgeleitet werden.

[58] Der Autor bedient sich in dieser Arbeit des Text-Mining-Werkzeugs Luxid® von der Firma Temis

Ergebnis kann der Nutzer sich alle gefundenen Entitäten losgelöst vom Text ausgeben lassen oder sich diese in den jeweiligen Textpassagen anzeigen lassen, um den Kontext, in denen die Entitäten gefunden wurden, bei der anschließenden Bewertung berücksichtigen zu können.

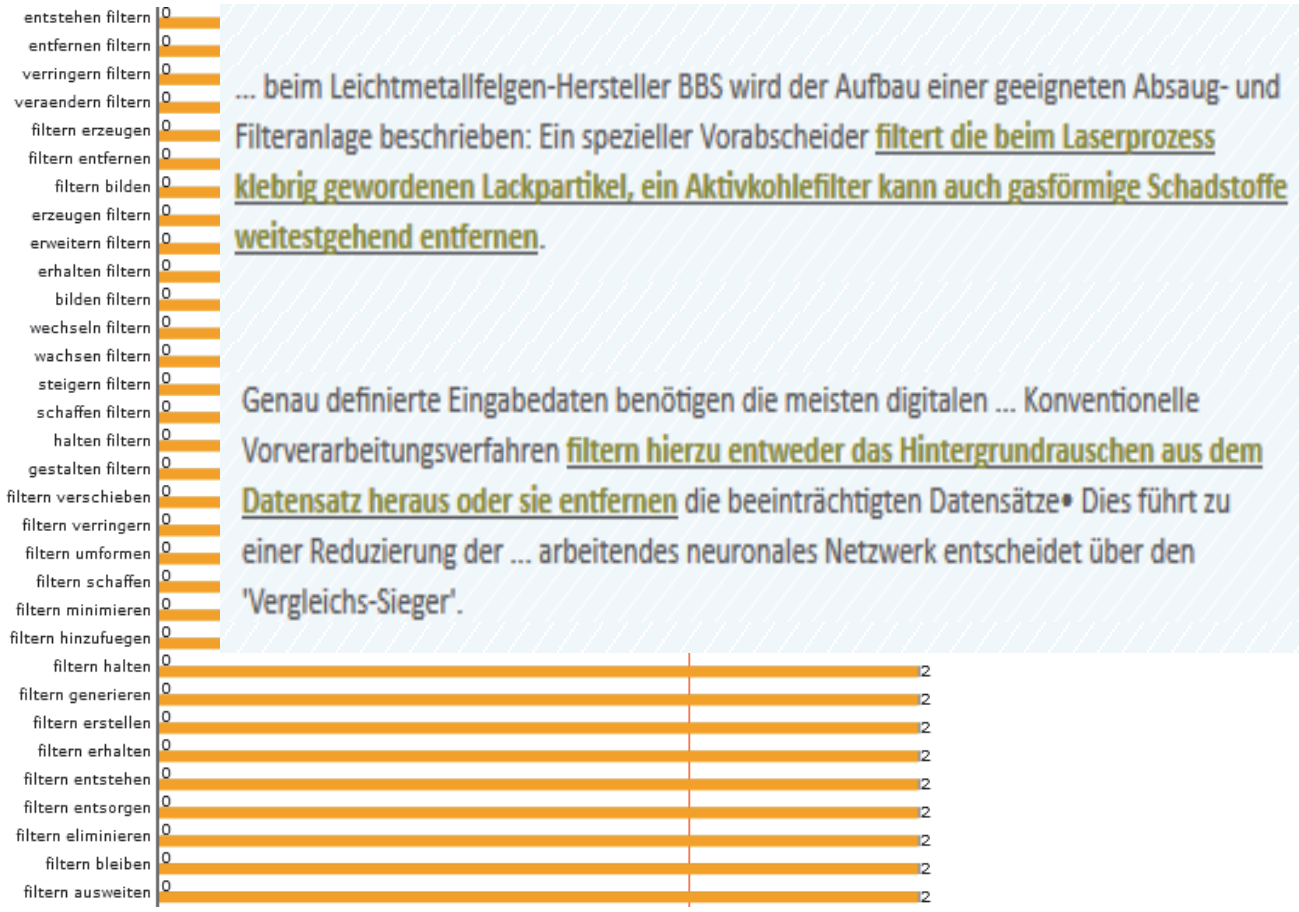


Abbildung 30: Auszug aus der automatisierten Häufigkeitsanalyse und den zugehörigen Textabschnitten im Text-Mining-Werkzeug
(Elemente von Funktionsprofilen für das Funktionsverb »filtern«)

Die identifizierten Entitäten von Funktionsprofilen müssen letztlich im vierten Schritt auf ihre Plausibilität hin bewertet und formal in Funktionsprofile für das betrachtete Funktionsverb überführt werden.

Tabelle 13: Auszug aus identifizierten Entitäten von Funktionsprofilen für das Funktionsverb »filtern« (Details siehe Anhang 0)

Objekt (Arbeitsgegenstand)	**Beeinflusste Objekteigenschaft**	**Art der Beeinflussung** (Betragsbeeinflussung)
Abwasser	Feststoffanteil	reduzieren
Schmutzwasser	Feststoffanteil	verringern
Objektdaten	Flimmereffekt	reduzieren
Signal	Backgroundvariabilität	verringern
elektrisches Signal	Einfluss	minimieren
Kurve	Frequenzanteil	entfernen
Kurve	Bewegungsvektor	bilden
Impulssignal	Bandbreite	erzeugen
Abgasvolumenstrom	Druck	ansteigen
Daten	Adresse	erhalten
…	…	…

Alle Objekte mit der gleichen beeinflussten Objekteigenschaft und Art der Beeinflussung (vgl. Tabelle 13: »Feststoffanteil reduzieren« bzw. »Feststoffanteil verringern«) besitzen weitere gemeinsame Objekteigenschaften. Diese erweisen sich als »Bedingte Verwendbarkeitseigenschaften«, welche ein Objekt mit sich bringen muss, um als Arbeitsgegenstand in der konkreten technischen Funktion agieren zu können. Im hier betrachteten Fall (»Objekt filtern«) haben alle Objekte die Eigenschaft ein »Fest-im-Fluid-System« zu sein. Für ein Objekt in Form eines Fest-im-Fest-Systems würde bspw. die Funktion »Objekt filtern« keine Anwendung finden können.

Auf Basis der für das spezifische Funktionsverb ermittelten Funktionsprofile kann schließlich nach synonymen Funktionsverben gesucht werden. Dafür wird diesmal eine Cartridge zur Identifikation von Funktionsverben erstellt. Ähnliche der ersten werden auch in dieser Cartridge regelbasierte Ausdrücke eingesetzt, um Muster zu spezifizieren, nach denen in unstrukturierten Texten gesucht werden soll. In diesem Fall sollen die Muster technische Verben im Umfeld von Objekteigenschaften, betragsbeeinflussenden Verben sowie Arbeitsgegenständen identifizieren, welche potenziell ein Funktionsverb darstellen könnten.

```
<concept name="Entity" display="always" level="20" case="ignore" >
<!--  Serch for all forms of finite verbs -->
   <concept name="Alle_Verben">
      <e> (#VVFIN | #VVINF | #VVIZU | #VVPP) </e>
   </concept>
</concept>

<!-- List of verbs to be excluded from the search for technical verbs -->
<concept name="Ausgeschlossene_Verben" display="never" level="17" case="ignore">
   <e> machen </e>
   <e> werden </e>
   <e> lassen </e>
   <e> nehmen </e>
   <e> geben </e>
   <e> kommen </e>
   <e> ~~Betragsändernde_Verben </e>
   <e> ~~Betragsschaffende_Verben </e>
   <e> ~~Betragserhöhende_Verben </e>
   <e> ~~Betragsbeibehaltende_Verben </e>
   <e> ~~Betragsvermindernde_Verben </e>
   <e> ~~Betragsaufhebende_Verben </e>
</concept>

<concept name="Entity" display="always" level="14" case="ignore" >
<!-- Search for 'Betragsbeeinflussende Verben' and corresponding Nouns -->
   <concept name="Eigenschaft_Betragsänderndes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragsändernd_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsändernde_Verben </e>
      <e> ~~Betragsändernde_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsändernd_Substantiv </e>
   </concept>
   <concept name="Eigenschaft_Betragsschaffendes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragsschaffend_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsschaffende_Verben </e>
      <e> ~~Betragsschaffende_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsschaffend_Substantiv </e>
   </concept>
   <concept name="Eigenschaft_Betragserhöhendes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragserhöhend_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragserhöhende_Verben </e>
      <e> ~~Betragserhöhende_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragserhöhend_Substantiv </e>
   </concept>
   <concept name="Eigenschaft_Betragsbeibehaltendes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragsbeibehaltend_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsbeibehaltende_Verben </e>
      <e> ~~Betragsbeibehaltende_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsbeibehaltend_Substantiv </e>
   </concept>
   <concept name="Eigenschaft_Betragsverminderndes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragsvermindernd_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsvermindernde_Verben </e>
      <e> ~~Betragsvermindernde_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsvermindernd_Substantiv </e>
   </concept>
   <concept name="Eigenschaft_Betragsaufhebendes_Verb" searchon="lemma">
      <e> ~~Betragsaufhebend_Substantiv / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsaufhebende_Verben </e>
      <e> ~~Betragsaufhebende_Verben / ~TOKEN$[,20] / ~~Betragsaufhebend_Substantiv </e>
   </concept>
</concept>
```

Abbildung 31: Auszug aus der Cartridge: Verbs appearing with »Funktionsprofile_filtern«

Auch hier wird diese Cartridge im Anschluss dafür benutzt, um technische Verben mittels eines Text-Mining-Werkzeugs automatisiert aus einer großen Textmenge zu extrahieren. Die *Abbildung 32* zeigt automatisiert extrahierte Funktionsverben, welche in Texten mit Bezug zu den zuvor identifizierten Objekteigenschaften und betragsminderten Verben auftraten.

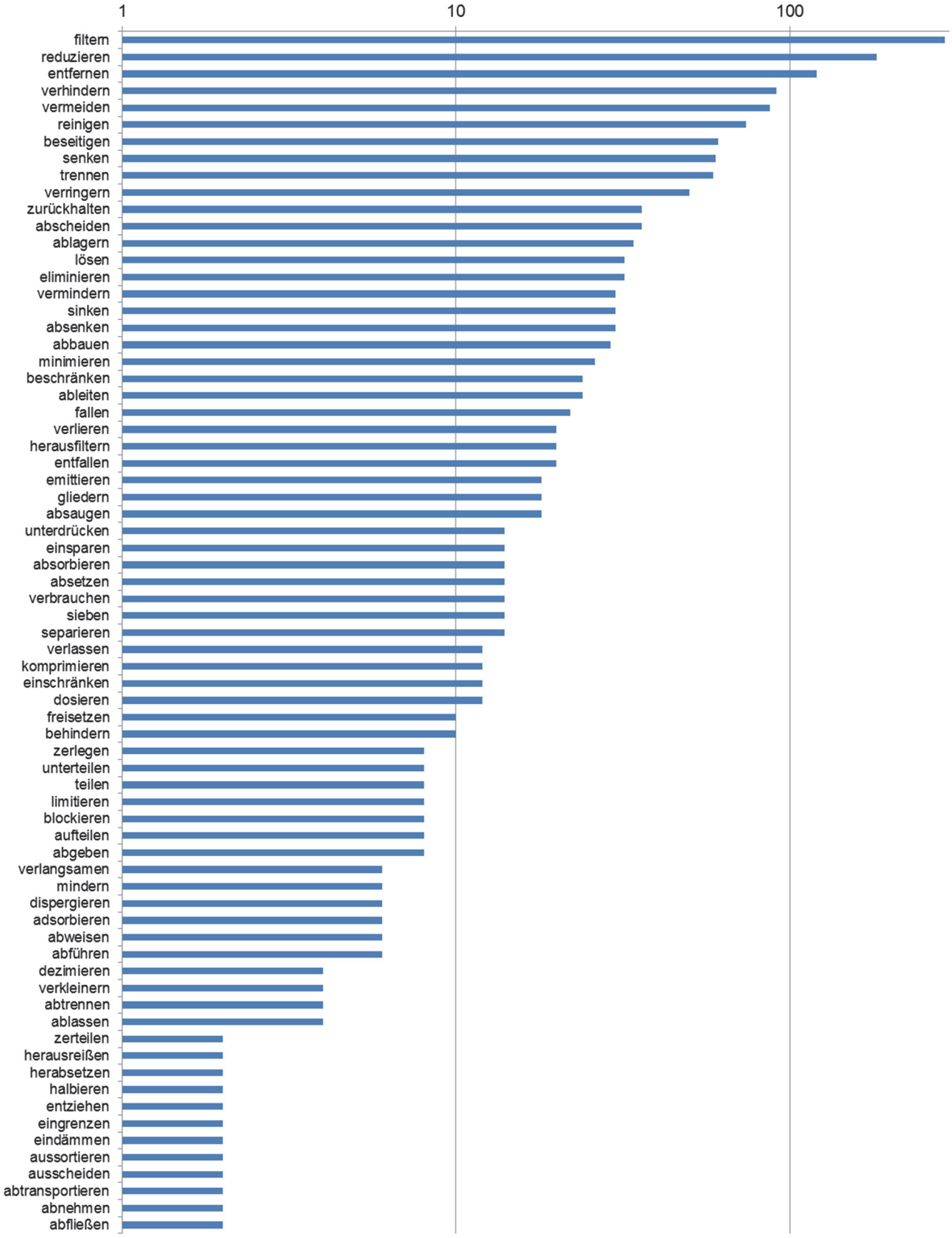


Abbildung 32: Häufkeit des Vorkommens von Funktionsverben als Teil betragsmindernder Funktionsprofile (Analyse von 10.443 wissenschaftlichen Abstracts)

Am Ende muss jedoch auch hier eine Bewertung der identifizierten Verben hinsichtlich ihrer Plausibilität für den konkreten Anwendungsfall erfolgen, bevor sie formal dem betrachteten Funktionsprofil zugeordnet werden können.

Tabelle 14: Identifizierte Funktionsverben für ausgewählte Funktionsprofile

Objekt (Arbeits-gegenstand)	**Beeinflusste Objekteigenschaft**	**Art der Beeinflussung** (Betragsbeeinflussung)	**Funktions-verb**
Filterkohle	organische Schadstoffe	betragsvermindernd	reinigen
Elektronische Systeme	Störimpuls	betragsvermindernd	beseitigen
Körniges Produkt	Feinkornfraktionen	betragsvermindernd	trennen
Luft	Lufteinträge	betragsvermindernd	abscheiden
Rauchgas	Schwefeldioxid	betragsvermindernd	ablagern
Faserstaub	Absetzungen	betragsvermindernd	absaugen
…	…	…	…

Die den Funktionsprofilen zugeschriebenen Funktionsverben beschreiben dabei einerseits Nutzerfunktionen (bspw. reinigen oder trennen) und anderseits lösungsorientierte Technologiefunktionen (bspw. ablagern oder absaugen).

Dieser Prozess ist schließlich zyklisch zu wiederholen, um eine möglichst breite Sammlung von Funktionsprofilen semiautomatisiert zusammenzustellen.

4.6 Berechnung synonymer Suchtermini auf Basis einer Funktions-Ontologie

Auf Basis der ermittelten Sammlung von Funktionsprofilen für die unterschiedlichen Funktionsverben, welche als wesentliche Suchtermini zur Identifikation von neuen Technologien dienen, lassen sich kontextspezifische synonyme Termini bestimmen. Mit zunehmender Anzahl an Funktionsprofilen (n), die als Vergleichsgrundlage dienen, steigt der Aufwand (k) für eine manuelle Bestimmung von Synonymen.

Formel 6: Aufwand zur Berechnung synonymer Funktionsprofile

$$Menge\ (FP) : \{Funktionsprofil_1, Funktionsprofil_2, \dots, Funktionsprofil_n\}$$

$$Aufwand : k = \frac{n * (n-1)}{2}$$

$FP : Funktionsprofile$

$k : Anzahl\ an\ notwendigen\ Vergleichen\ von\ Funktionsprofilen$

$n \in \mathbb{N}$

Für eine effizientere Bestimmung kontextspezifischer Synonyme helfen computergestützte Systeme, welche die Berechnung auf Grundlage der operationalisierbaren Funktionsprofile automatisiert vornehmen können. Dafür müssen die gesammelten Funktionsprofile in einer strukturierten und logischen Form abgelegt werden, die eine automatisierte Abfrage zulässt.

Die Art der Informationsvorhaltung kann dabei auf zwei grundsätzlich verschiedenen Weisen erfolgen. Einerseits können auf Basis der ermittelten Funktionsprofile synonyme Funktionsverben für bekannte Kontexte (für den Einsatz mit bekannten Arbeitsgegenständen) ermittelt und in einer relationalen Datenbank

abgespeichert werden. Auf dieser Datenbasis können anschließend computergestützte Abfragen nach synonymen Suchtermini erfolgen. Mit diesem Vorgehen würden zunächst alle Elemente der Grundgesamtheit an synonymen Funktionsverben für jeden bekannten Anwendungskontext gesammelt werden müssen, um das nötige Katalogwissen aufzubauen. Neben dem Nachteil des initialen Aufwands, die Grundgesamtheit zusammentragen zu müssen, lässt sich das dadurch generierte Katalogwissen für Synonyme auch nur sehr aufwendig pflegen (Prüfung gegen alle Elemente der aggregierten Grundgesamtheit), sollten neue Anwendungskontexte oder neue Funktionsprofile identifiziert werden.

Andererseits lassen sich die Funktionsprofile jedoch auch kontextunabhängig voneinander losgelöst in einem semantischen Netz abspeichern. In diesem werden allein die logischen Strukturen abgebildet, welche bei der Ermittlung der Funktionsprofile erhoben wurden, ohne bereits Synonyme zu definieren. Erst im konkreten Fall einer Synonymberechnung wird eine kontextspezifische Abfrage erstellt, welche die Synonymität explizit beschreibt. Mit dieser Vorgehensweise kann die Grundgesamtheit an Funktionsprofilen sukzessiv wachsen, ohne dass ein Pflegeaufwand für die existierende Informationsbasis entsteht. Gleichwohl wächst mit zunehmender Anzahl an Funktionsprofilen der Berechnungsaufwand bei der konkreten Abfrage nach Synonymen exponentiell.

Das zur Beschreibung der Grundgesamtheit zur Anwendung kommende semantische Netz aus Funktionsprofilen lässt sich zur Speicherung und Operationalisierung in Form einer Ontologie abbilden. Im Vergleich zum Katalogwissen muss das Wissen über Synonyme nicht im Vornherein bei Erstellung der Datenbasis bekannt sein, um alle potenziellen Kombinationen von Synonymen im Vorfeld abzubilden (vgl. Thesauren). Dieses Wissen kann

vielmehr über in einen expliziten Anwendungsfall hinreichend gleiche, alternative Konstrukte (Synonyme) mittels eines Semantic Reasoners (Inference Engine) berechnet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird exemplarisch eine Funktions-Ontologie am Beispiel von »stofftrennenden« Funktionsverben aufgebaut und zur Validierung des hier beschriebenen Vorgehens eingesetzt. Dies beinhaltet die Systematisierung der einzelnen Entitäten in Klassen und abstrakten Klassen sowie die Abbildung von Relationen zwischen den Entitäten / Klassen. Die Formulierung von Regeln hilft schließlich zur operationalisierten Abfrage von synonymen Funktionsverben. Zur Erstellung der Ontologie wird sich dem OWL[59] Format und eines gängigen Editors bedient. Zum Aufbau und zur Befüllung der Ontologie wird eine initiale Sammlung an Funktionsverben mit ihren Funktionsprofilen eingepflegt. Erst auf dieser Basis kann eine operationalisierte Suche durch einen Semantic Reasoner in der Ontologie erfolgen, wofür kontextspezifische Abfragen formuliert werden müssen.

4.6.1 Struktur der Funktions-Ontologie

In der Literatur zur Informationsmodellierung und zum Ontology-Engineering finden sich unterschiedliche Vorschläge für Designprinzipien von Ontologien (vgl. Gruber 1993, S. 199–220, Fox und Gruninger 1998, S. 109–121, Chandrasekaran et al. 1999, S. 20–26, Gómez-Pérez et al. 2004, Smith 2006, S. 16–25). Eine Analyse dieser Vorschläge von MARQUARDT (Marquardt et al. 2010) ergab sechs grundlegende Prinzipien für das Design von Ontologien, welche auch als Basis für die Entwicklung der Struktur der Funktions-Ontologie

[59] OWL: Web Ontology Language wurde vom World Wide Web Consortium (W3C) spezifiziert, um die Erstellung, Bearbeitung und Verteilung von Ontologien mittels einer formalen Beschreibungssprache standardisiert vornehmen zu können.

dienen: Kohärenz, Prägnanz, Verständlichkeit, Anpassungsfähigkeit, Minimal Ontological Commitment und Effizienz (vgl. Anhang A-10).

Für eine erleichterte Entwicklung und spätere Wartung bzw. Erweiterung der Ontologie sowie für eine bessere Wiederverwendbarkeit des erstellen Wissens wird die Struktur der Ontologie in drei abstrahierende Schichten unterteilt. Auf diese Art kann das generische vom anwendungsspezifischen Wissen getrennt werden (vgl. Guarino 1998, S. 3–15). In der obersten Schicht, dem Upper-Layer, befinden sich die generischsten Konzepte[60], welche eine terminologische Basis bilden und eine Interoperabilität mit anderen Domänen-Ontologien ermöglichen. Darauf aufbauend wird im Domain-Layer spezifischeres Domänenwissen abgebildet, welches zur Repräsentation von Funktionsprofilen notwendig ist. Auf dem Application-Layer wird das Domänenwissen schließlich zur Abbildung von konkreten Funktionsprofilen miteinander verknüpft. (vgl. Abbildung 33)

[60] Konzept: Steht in dieser Arbeit für die englischsprachige Bezeichnung »Concept«, welche hier nicht als »Begriff« übersetzt wird, um sprachliche Missverständnisse zu vermeiden.

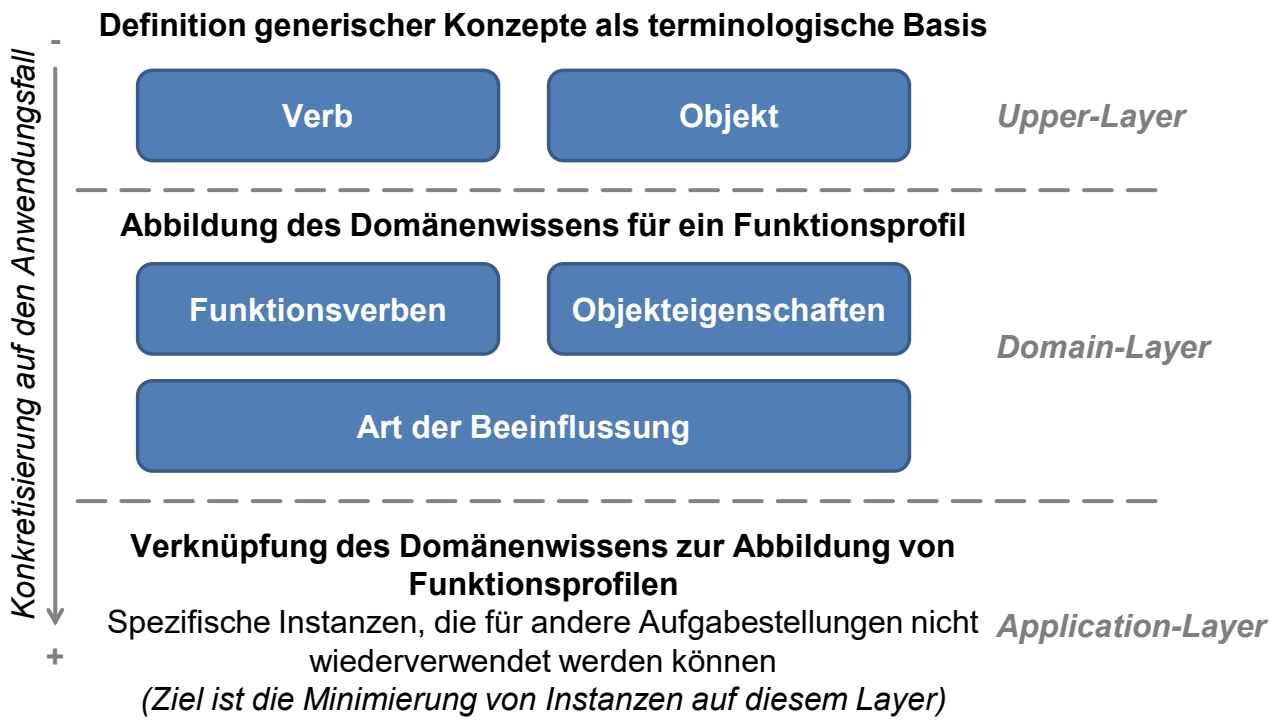


Abbildung 33: Abstraktionsschichten der Funktions-Ontologie
(eigene Darstellung in Anlehnung an: Guarino 1998, S. 3–15)

Das in *Kapitel 4.4* beschriebene Konstrukt der Funktionsprofile stellt die elementare Grundlage für die Struktur der Funktions-Ontologie dar. Auf dem Upper-Layer werden dafür zunächst die generischen Konzepte »Verb« und »Objekt« definiert. Den Instanzen der Klassen *Verb* und *Objekt* wird dafür genau eine Instanz der Klasse *Bezeichnung* zugewiesen. Die Instanzen der Klasse *Objekt* lassen sich darüber hinaus durch eine oder mehrere Instanzen der Klasse *Eigenschaft* charakterisieren. Jede Instanz der Klasse *Eigenschaft* hat ebenso genau eine Bezeichnung und kann unterschiedliche Instanzen der Klasse *Objekt* beschreiben (vgl. Abbildung 34).

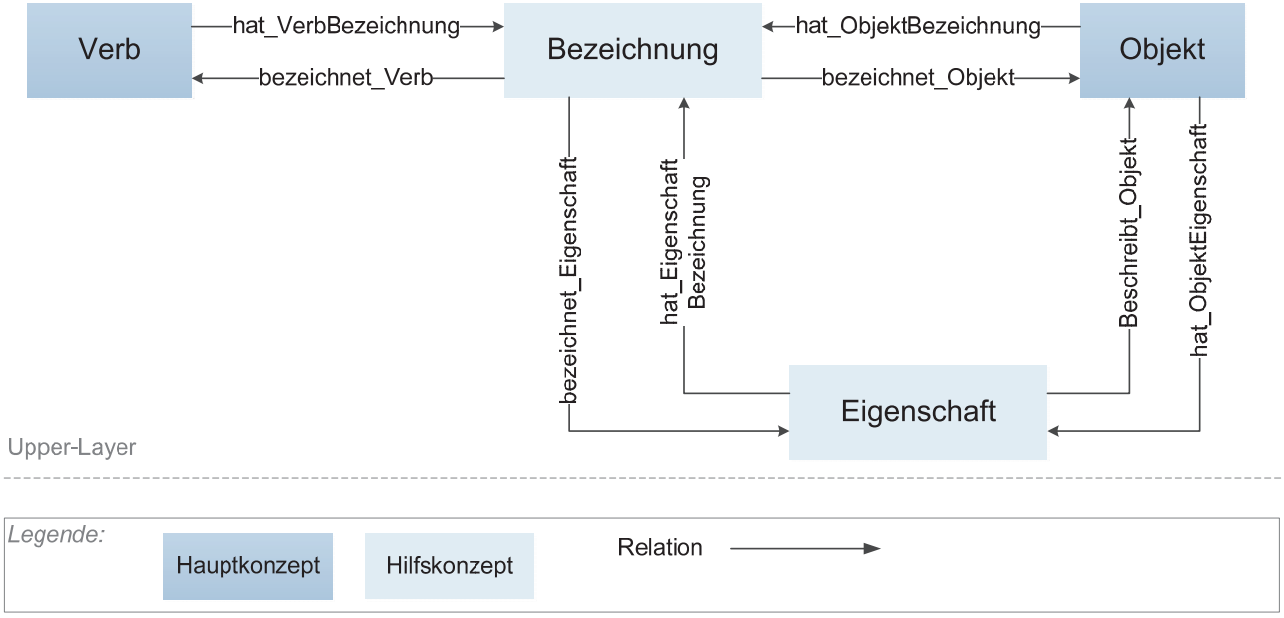


Abbildung 34: Struktur des Upper-Layer der Funktions-Ontologie

Aufbauend auf diesen sehr generischen Konzepten folgt die Definition der Konzepte auf dem Domain-Layer, welche das Domänenwissen über das Konstrukt der Funktionsprofile widerspiegelt. Alle Instanzen der Klasse *Funktionsverb* stehen für die Beeinflussung mindestens einer Instanz der Klasse *Objekteigenschaft* sowie einer damit vollzogenen *Art der Beeinflussung* der *Objekteigenschaft*. Die *Art der Beeinflussung* wird konkretisiert durch ein *Betragsbeeinflussendes Verb* beschrieben. Neben der beeinflussten *Objekteigenschaft* und der *Art der Beeinflussung* wird eine Instanz der Klasse *Funktionsverb* auch durch weitere Instanzen der Klasse *Objekteigenschaft* charakterisiert, welche die Verwendbarkeit des jeweiligen *Funktionsverbs* bestimmen (vgl. Abbildung 35).

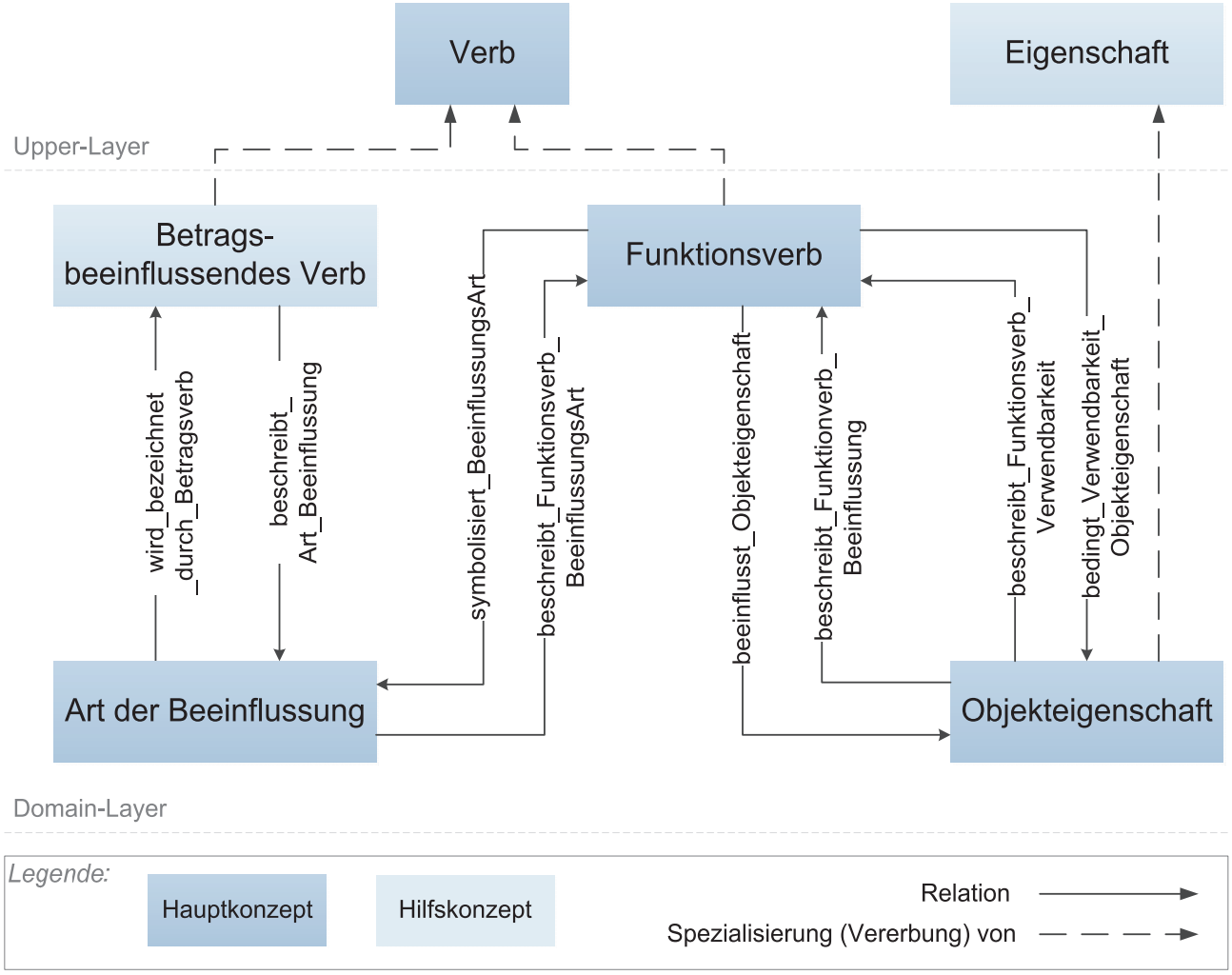


Abbildung 35: Struktur des Domain-Layer der Funktions-Ontologie

Auf dem Application-Layer werden schließlich die Instanzen der Klassen miteinander verknüpft, wodurch konkrete Funktionsprofile gebildet werden, die als Grundlage zur Berechnung von synonymen Funktionsverben dienen.

Die *Abbildung 36* zeigt auf dem Application-Layer als Beispiel ein Funktionsprofil für die Funktion (Objekt-Verb-Term) »Stoffgemisch filtern«. Der Verb-Term »filtern« wird hierbei durch eine Instanz der Klasse *Funktionsverb*, als Unterklasse der generischeren Klasse *Verb* abgebildet. Wie in *Kapitel 4.4* erläutert werden die Instanzen der Klasse *Funktionsverb* nicht direkt mit den Instanzen der Klasse *Objekt* (bspw. Objekt-Term »Stoffgemisch«) verknüpft,

um kein Katalogwissen für jedes Funktionsverb über alle möglichen Kombinationen mit Objekten erstellen zu müssen. Aus diesem Grund besteht ein beispielhaftes Funktionsprofil für die Instanz »filtern« aus den Relationen *beeinflusst_Objekteigenschaft* sowie *beschreibt_Funktionverb_Beeinflussung*, in diesem Fall abgebildet durch »Feststoffanteil« als Instanz der Klasse *Objekteigenschaft*, der Relationen *symbolisiert_BeeinflussungsArt* sowie *beschreibt_Funktionsverb_Beeinflus-sungsArt*, in diesem Fall abgebildet durch »reduzieren« als Instanz der Klasse *Betragsvermindernde Verben*, sowie den Relationen *bedingt_Verwendbarkeit_Objekt-eigenschaft* sowie *beschreibt_Funktionsverb_Verwendbarkeit*, in diesem Fall abgebildet durch »Fest-im-Flüssig-System« als Instanz der Klasse *Objekteigenschaft*.

Die *Art der Beeinflussung* wird beschrieben durch Instanzen der Klasse *Verb* vom Typ *Betragsbeeinflussendes Verben*, welche sich in die Unterklassen *Betragsbeibehaltende Verben, Betragsändernde Verben*, *Betragsschaffende Verben, Betragserhöhende Verben, Betragsmindernde Verben* und *Betragsaufhebende Verben* unterteilen lassen.

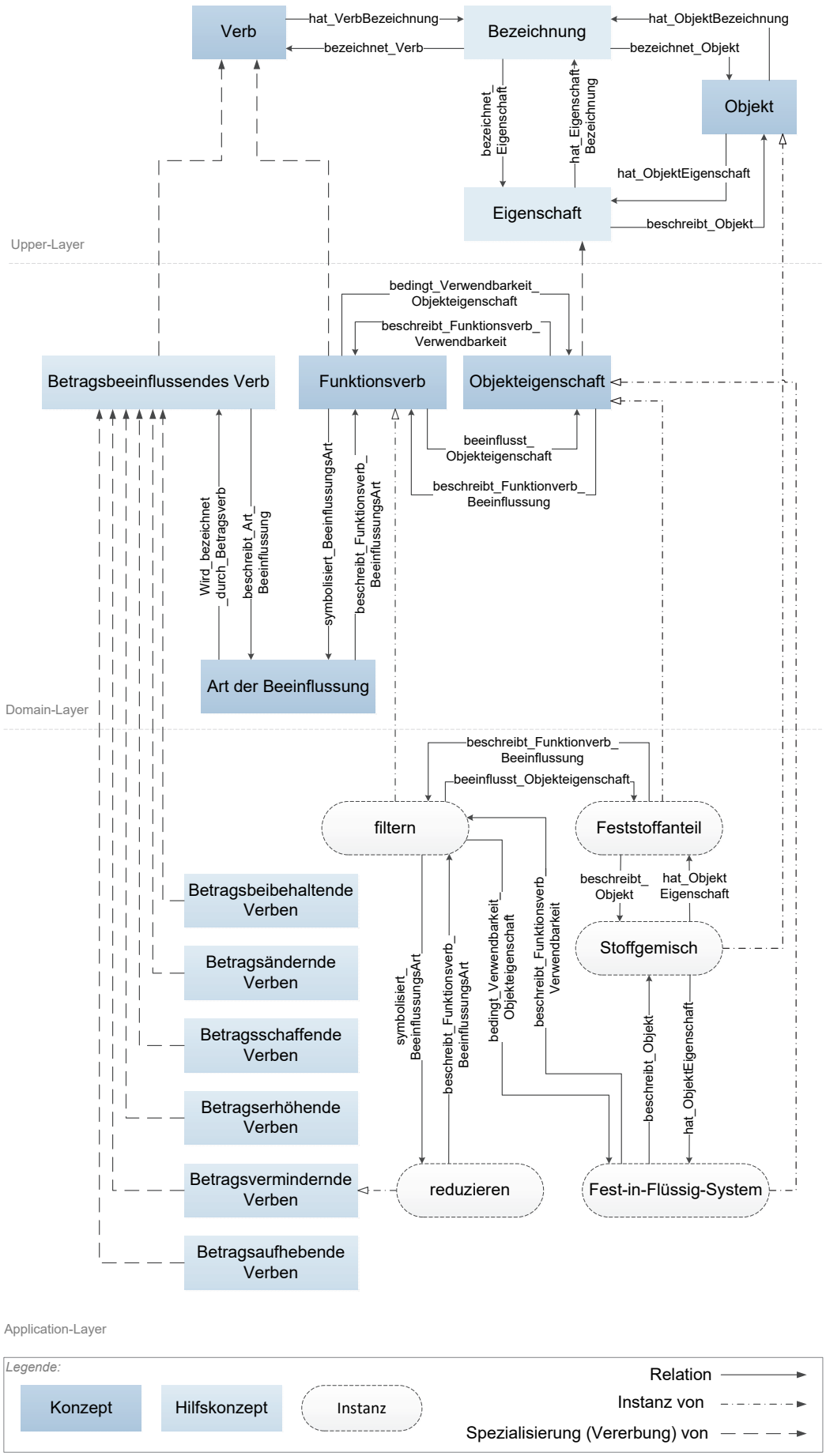


Abbildung 36: Layer-basierte Struktur der Funktions-Ontologie

Grundsätzlich sind in einer Ontologie nur die Strukturen anzulegen, die für eine Berechnung von Aussagen / Lösungsmengen wirklich notwendig sind, um die Komplexität nicht übermäßig zu erhöhen. Unterstrukturen, wie bspw. für das Konzept *Objekt* oder *Objekteigenschaft* können auch zu einem späteren Zeitpunkt in der Ontologie ergänzt werden, wenn sie für spezifische Aussagen hilfreich sind.

Zum Beispiel ist eine zu definierende Klasse *Feststoff*, als Unterklasse der Klasse *Objekt*, neben der Objekteigenschaft »Aggregatzustand fest« auch mit den Objekteigenschaften »Oberflächenhärte«, »Festigkeit« und »Oberflächengüte« verknüpft. Alle Instanzen vom Objekttyp *Feststoff* müssen folglich nicht mit jeder Objekteigenschaft einzeln eine Verknüpfung ausweisen.

Nach WOLFFGRAMM können Arbeitsgegenstände (Einsatzfaktoren) wie Stoff, Energie und Information durch technische Funktionen, respektive durch die eingesetzten Arbeitsmittel, eine Formänderung, Strukturänderung und Ortsänderung (inkl. Speicherung und Lagerung) erfahren (vgl. Wolffgramm 1994, S. 67f). In Anlehnung daran lassen sich die Objekteigenschaften strukturiert, sodass sich diese u.a. in die Unterklassen: *Formspezifisch* (bspw. »Volumen«) und *Strukturspezifisch* (bspw. »Oberflächengüte«) der Klasse *Objekteigenschaft* untergliedern lassen.

Die identifizierten Klassen, Relationen und Entitäten bilden die Struktur der Funktions-Ontologie, welche in der Web Ontology Language (OWL) modelliert sind (vgl. Abbildung 37)[61].

[61] Für die Modellierung wurde die Web Ontology Language Version: OWL DL gewählt und in dem Ontologie-Editor Protégé umgesetzt. Eine Begründung für die Auswahl dieser OWL Version sowie ein Glossar finden sich im Anhang: A-13

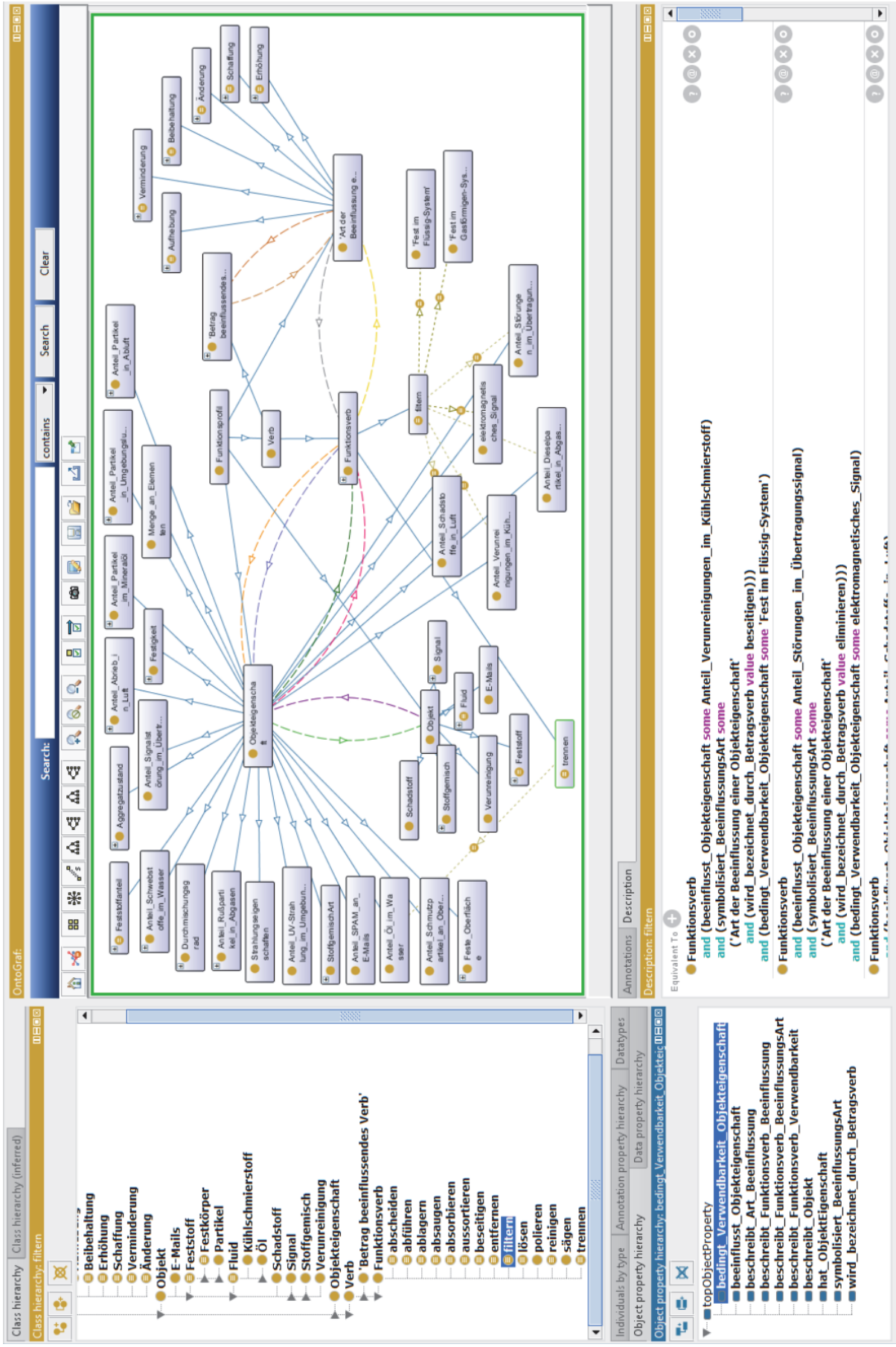


Abbildung 37: Auszug aus der in Protégé erstellten Funktions-Ontologie

4.6.2 Inhalte der Funktions-Ontologie

Die Berechnung von synonymen Funktionsverben erfolgt in dieser Arbeit exemplarisch anhand einer initialen Sammlung von Funktionsprofilen, welche dafür in der zuvor entwickelten Struktur der Funktions-Ontologie abgebildet werden. In Anlehnung an die generischen Untergliederungen von Verfahrenstypen zur Stoffformung nach WOLFFRGRAMM (vgl. Wolffgramm 1994, S. 97–120) werden zunächst Funktionsprofile für stofftrennende Verfahrenstypen gesammelt. Für die Generierung von initialen Inhalten der Funktions-Ontologie dienen bestehender Sammlungen von Funktionsverben (vgl. Anhang A-7, A-8 und A-9), wofür die beeinflussten Objekteigenschaften, die Art der Beeinflussung sowie die Verwendbarkeitseigenschaften mittels semantischer Analysen aus unstrukturierten Texten ermittelt werden (vgl. Kapitel 4.5).

Tabelle 15: Exemplarischer Auszug aus der Sammlung von Funktionsprofilen, die stofftrennende Verfahren beschreiben

Funktionsverb-Bezeichnung	**beeinflusste Objekteigenschaft** (Anteil von …)	**Betragsbeeinflussendes Verb** (Art der Beeinflussung)	**Verwendbarkeits-eigenschaften**[62] (Objekt ist/hat ein …)
filtern	Dieselpartikel in Abgasen	reduzieren (betragsvermindernd)	Fest im Gasförmigen-System
filtern	Schadstoffe in der Luft	beseitigen (betragsaufhebend)	Fest im Gasförmigen-System
filtern	Störungen im Übertragungssignal	eliminieren (betragsaufhebend)	elektromagnetisches Signal
filtern	Verunreinigungen im Kühlschmierstoff	beseitigen (betragsaufhebend)	Fest im Flüssig-System

[62] Verwendbarkeitseigenschaften haben nur bei mittelinduzierten Funktionsverben (bspw. filtern oder absaugen) eine Relevanz, da das eingesetzte Mittel Anforderungen an die Anwendbarkeit mit sich bring.

Funktionsverb-Bezeichnung	**beeinflusste Objekteigenschaft** (Anteil von …)	**Betragsbeeinflussendes Verb** (Art der Beeinflussung)	**Verwendbarkeits-eigenschaften**[62] (Objekt ist/hat ein …)
entfernen	Abrieb in der Luft	entfernen (betragsaufhebend)	---
reinigen	Partikel im Mineralöl	reduzieren (betragsvermindernd)	---
beseitigen	Signalstörung im Übertragungssignal	beseitigen (betragsaufhebend)	---
trennen	Öl im Wasser	entfernen (betragsaufhebend)	---
abscheiden	Rußpartikel in Abgasen	entfernen (betragsaufhebend)	Fest im Gasförmigen-System
ablagern	Schwebstoffe im Abwasser	reduzieren (betragsvermindernd)	Fest im Flüssig-System
lösen	Schmutzpartikel an Oberfläche	entfernen (betragsaufhebend)	Feste Oberfläche
abführen	Partikel in Abluft	absinken (betragsvermindernd)	Fest im Gasförmigen-System
aussortieren	SPAM an E-Mails	entfernen (betragsaufhebend)	Menge an Elementen
absaugen	Partikel in Umgebungsluft	abnehmen (betragsvermindernd)	Fest im Gasförmigen-System
absorbieren	UV-Strahlung im Umgebungslicht	entfernen (betragsaufhebend)	Strahlungs-eigenschaften

Eine Analyse der erhobenen Funktionsprofile für stofftrennende Verfahrenstypen offenbart ein für stoffformende Verfahren grundsätzliches Set an relevanten Objekteigenschaften (vgl. Anhang A-11). Anders als bei allgemeinen Sammlungen der Eigenschaften von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen (vgl. Koller 1976, S. 140ff), werden in der Funktions-Ontologie nur die Eigenschaften als Instanzen abgebildet, die zur Berechnung synonymer Funktionen notwendig sind (vgl. Anforderungen an die Ontologie in Kapitel 4.6.1).

Die semiautomatische Analyse von unstrukturierten Texten zur Bestimmung von Objekteigenschaften im Kontext von Funktionsverben zeigt eine heterogene Verwendung von Bezeichnungen für konkrete Objekteigenschaften (siehe: Härte vs. Oberflächenhärte oder Festigkeit vs. Bruchfestigkeit vs. Zugfestigkeit). Für eine Operationalisierbarkeit des Vergleichs von Funktionsprofilen bedarf es jedoch einer einheitlichen Terminologie für die Bezeichnung einer Objekteigenschaft. Dafür könnten einerseits synonyme Objekteigenschaften in der Ontologie über ihre Bezeichnungen miteinander verknüpft werden. Der wesentliche Vorteil dieses Vorgehens ist eine unverfälschte Übernahme der in expliziten Informationsquellen gefunden Terminologien in die Funktions-Ontologie. Nachteilig ist dabei jedoch die Aufgabe des Ontologie-Erstellers zu sehen, dass dieser die synonymen Bezeichnungen für Objekteigenschaften erkennen und diese miteinander verknüpfen muss. Andererseits kann auch eine Normalisierung von Bezeichnungen für Objekteigenschaften helfen eine standardisierte Wissensbasis zu schaffen, zu denen neue Funktionsverben sukzessiv über Relationen verbunden werden können. Vorteil ist eine einfachere Struktur (weniger Relationen) der Ontologie sowie eine Reduzierung von Abfragen zur Berechnung synonymer Funktionsprofile. Nachteil ist jedoch auch hier die Aufgabe des Ontologie-Erstellers, synonyme Bezeichnungen für Objekteigenschaften zu erkennen und neue Funktionsverben mit den standardisierten Bezeichnungen zu verknüpfen.

In dieser Arbeit wurde sich aufgrund dieses Vorteils für die zweite Alternative, der Normalisierung von Bezeichnungen für Objekteigenschaften (vgl. Anhang A-11), entschieden und in der Funktions-Ontologie umgesetzt. Das Erkennen von bereits vorhanden synonymen Bezeichnungen für Objekteigenschaften kann durch die strukturierte Abbildung der Objekteigenschaften in einer Baumstruktur erfolgen, durch welche der Ontologie-Ersteller beim Eintragen neuer Instanzen geführt wird.

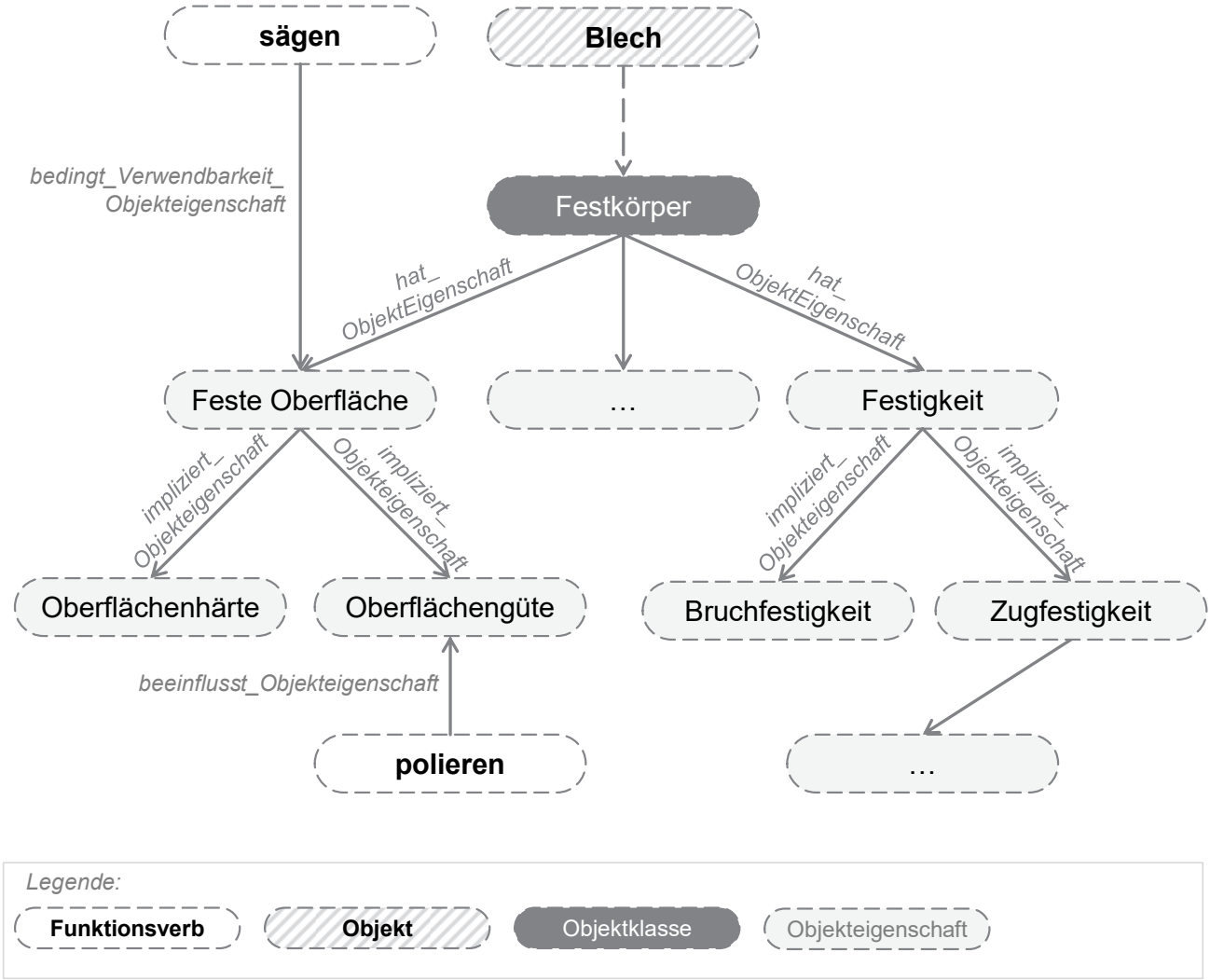


Abbildung 38: Beispiel für die Strukturierung von Objekteigenschaften in der Funktions-Ontologie

Obgleich eine dedizierte Betrachtung und ganzheitliche Abbildung von Objekteigenschaften sowie deren Zusammenhänge aufgrund der damit zusätzlich verbundenen Komplexität nicht Bestandteil dieser Arbeit sein sollen, lässt sich feststellen, dass einzelne einem Objekt zugeschriebene Objekteigenschaften korrelieren[63]. Folglich lassen sich generische Objektklassen definieren, welche ein Set an inhärenten Objekteigenschaften aufweisen, wie

[63] Zur Bestimmung von sich implizierenden Objekteigenschaften helfen u.a. Faktorenanalysen und Korrelationsanalysen.

beispielsweise die Objektklasse *Festkörper* mit den Objekteigenschaften: Oberflächenhärte, Oberflächengüte, Festigkeit und Volumen.

In der Funktions-Ontologie wurden für stofftrennende Funktionsprofile folgende Objektklassen definiert, welche eine vereinfachte Abbildung von Objektinstanzen ermöglichen. Außerdem bieten diese Klassen eine breitere Berechnungsgrundlage, da einzelne Objekteigenschaften einer konkreten Objektinstanz implizit zugeschrieben werden können, ohne dass diese vom Ontologie-Ersteller für jedes Funktionsprofil explizit erfasst und abgebildet werden mussten. Dies dient dabei jedoch nicht der Operationalisierbarkeit, sondern allein einer vereinfachten Erstellung und Pflege der Funktions-Ontologie durch den Menschen (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Exemplarische Auflistung von generischen Objektklassen und zugewiesenen Objekteigenschaften in der Funktions-Ontologie

Objektklassen	Objekteigenschaften
Festkörper	Feste Oberfläche; Oberflächenhärte; Oberflächengüte; Festigkeit; Bruchfestigkeit; Zugfestigkeit
Aerosol mit Feststoff	Fest im Gasförmigen-System; heterogener Durchmischungsgrad
Aerosol mit Flüssigkeit	Flüssig im Gasförmigen-System; heterogener Durchmischungsgrad
Emulsion	Flüssig im Flüssig-System; heterogener Durchmischungsgrad
Gasgemisch	Gasförmig im Gasförmigen-System; homogener Durchmischungsgrad
Gel	Flüssig im Fest-System; homogener Durchmischungsgrad
Gemenge	Fest im Fest-System; heterogener Durchmischungsgrad
Hartschaum	Gasförmig im Fest-System; heterogener Durchmischungsgrad
Legierung	Fest im Fest-System; homogener Durchmischungsgrad
Lösung mit Feststoff	Fest im Flüssig-System; homogener Durchmischungsgrad
Lösung mit Flüssigkeit	Flüssig im Flüssig-System; homogener Durchmischungsgrad

Objektklassen	Objekteigenschaften
Lösung mit Gas	Gasförmig im Flüssig-System; homogener Durchmischungsgrad
Paste	Flüssig im Fest-System; heterogener Durchmischungsgrad
Schaum	Gasförmig im Flüssig-System; heterogener Durchmischungsgrad
Suspension	Fest im Flüssig-System; heterogener Durchmischungsgrad
Daten	Datenverkehr; Fehler
Signal	Störung; Aliasing; Rauschen; Pegel
Strahlung	Wellenlänge

4.6.3 Berechnung synonymer Funktionen

Auf Grundlage des initial erfassten funktionsbasierten Informationsbedarfs (vgl. Kapitel 4.2) und der in der Funktions-Ontologie abgebildeten Funktionsprofile werden schließlich synonyme Funktionen als potenzielle Suchtermini mittels eines operationalisierten Vergleichs dieser Funktionsprofile berechnet (vgl. Kapitel 0). Für die Nutzer-/Technologiefunktion, für welche laut spezifiziertem Informationsbedarf nach alternativen Technologien gesucht werden soll, bedarf es spätestens an dieser Stelle einer Bestimmung der beeinflussten Objekteigenschaft, der Art der Beeinflussung sowie relevanter Verwendbarkeitseigenschaften des adressierten Arbeitsgegenstands (Objekt) (vgl. Kapitel 4.5). Für dieses Funktionsprofil werden im Folgenden synonyme Funktionsprofile mittels eines Reasoners automatisch in der Funktions-Ontologie berechnet. Die dafür notwendige Abfrage wird im Folgenden für das Beispiel »Synonyme Funktionsverben für das Funktionsverb **filtern**« dargestellt. Zur Spezifizierung der Elemente in der Abfrage ist die zu beeinflussende Objekteigenschaft, die Art der Beeinflussung sowie die Verwendbarkeitseigenschaft zu definieren, welche der Bedarfsträger hinter dem Funktionsverb »filtern« versteht.

Funktionsverb and (beeinflusst_Objekteigenschaft some Feststoffanteil) and (symbolisiert_BeeinflussungsArt some (Verminderung or Aufhebung)) and (bedingt_Verwendbarkeit_Objekteigenschaft some 'Fest im Gasförmigen-System')

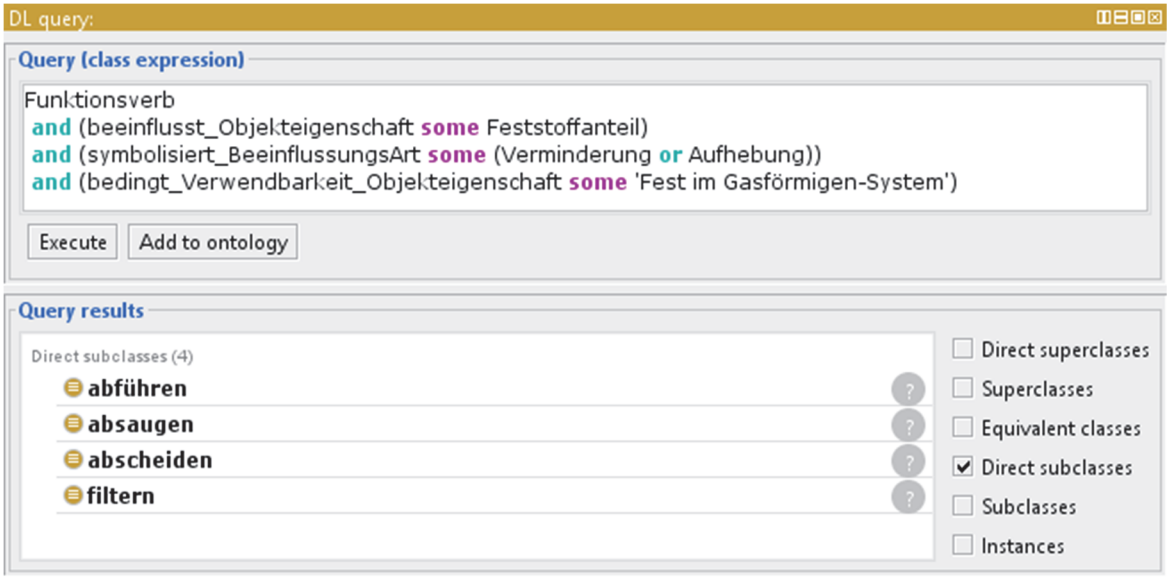


Abbildung 39: OWL-DL Query Beispiel 1

Wird die Abfrage ohne die Bedingung der Verwendbarkeitseigenschaft formuliert, erhält der Bedarfsträger sowohl Funktionsverben für mittelinduzierte Technologiefunktionen als auch für mittelunspezifische Nutzerfunktionen (vgl. Abbildung 40).

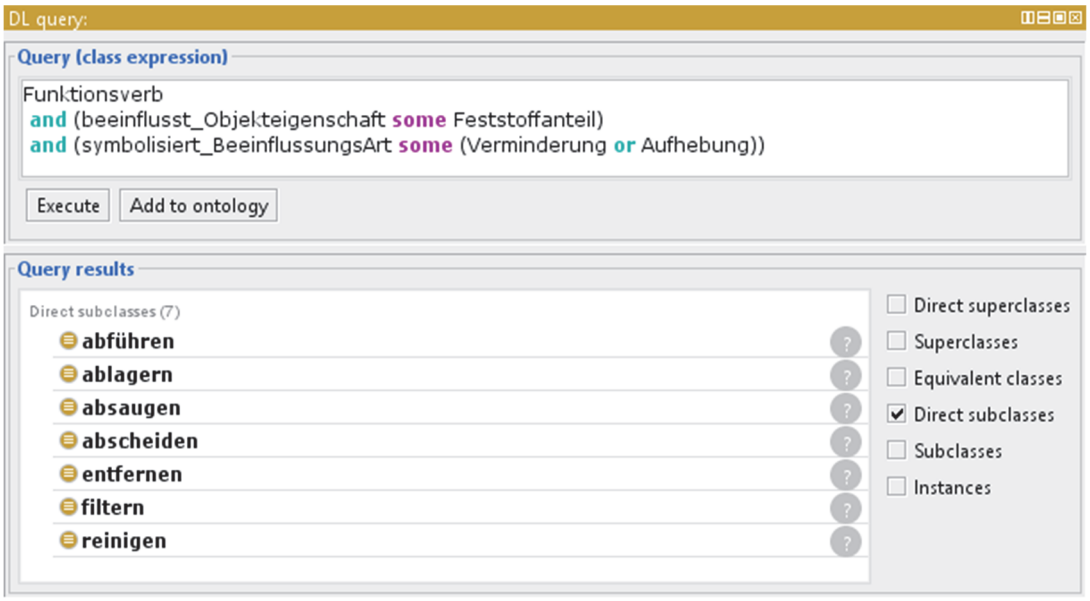


Abbildung 40: OWL-DL Query Beispiel 2

Als Ergebnis erhält der Anwender zunächst eine Liste an synonymen Funktionsverben. In einer zweiten Abfrage werden alle erfassten Objektklassen mit ihren Instanzen berechnet, welche potenziell als Arbeitsgegenstand für die ermittelten synonymen Funktionsverben dienen können. Relevanten Objekten muss dafür in der Funktions-Ontologie einerseits die notwendige Objekteigenschaft zugewiesen sein, welche durch das Funktionsverb beeinflusst wird. Andererseits müssen diese Objekte aber auch die Eigenschaften aufweisen, welche eine Verwendbarkeit, speziell von mittelimplizierenden Funktionsverben erst ermöglichen.

Beispiel: *Für das Funktionsverb »ausschwemmen« bedarf es neben der zu beeinflussenden Objekteigenschaft »Feststoffanteil« auch des Vorhandenseins der Objekteigenschaft »Fest-im-Flüssig-System« beim als Arbeitsgegenstand fungierenden Objekt, da allein der »Feststoffanteil« auch in einem »Fest-im-Gasförmig-System« vorhanden ist, auf das technologische Lösungen, die mittels des Funktionsverbs »ausschwemmen« beschrieben werden, nicht anwendbar sind.*

Zusammen mit den vorab berechneten synonymen Funktionsverben bilden die Objekte in Form von Objekt-Verb-Termen synonyme Funktionen, welche als potentielle Suchtermini dienen können.

Tabelle 17: Beispielhaftes Ergebnisse der Berechnung von synonymen Funktionsverben und Objekten für die Technologiefunktion: »Abgase filtern«

Funktionsverben	Objektklassen / Objekt-Entitäten
• abführen • ablagern • absaugen • abscheiden • entfernen • filtern • reinigen	• Abgase • Abluft • Aerosol mit Feststoff • Rauch • Rauchgase • Umgebungsluft • Verbrennungsgase

4.7 Definition relevanter Informationsquellen und Suchtermini

Zur Festlegung einer effizienten und effektiven Suchstrategie zur Identifikation von unbekannten Technologien bedarf es schließlich einer fallspezifischen Definition von potenziell relevanten Informationsquellen sowie einer Spezifizierung der ermittelten synonymen funktionsbasierten Suchtermini. Dafür wird zunächst eine Kriterien-basierte Auswahl von Informationsquellen für die Identifikation von Technologien aufgebaut. Im Anschluss erfolgt eine, auch auf die ausgewählten Informationsquellen angepasste, Konkretisierung relevanter Suchtermini.

Definition relevanter Informationsquellen

Für eine objektive Auswahl an Informationsquellen (vgl. Kapitel 2.1.5) zur Identifikation von Technologien müssen die zur Verfügung stehenden Quellen hinsichtlich eines Sets an Kriterien bewertet werden, welche allgemeingültig für alle Arten von Informationsquellen sind sowie den zu Beginn formalisierten Informationsbedarf auf Objekt-, Zweck- und qualitativer Ebene aufgreifen (vgl. Kapitel 2.3.1 und Kapitel 4.1). Dieses Bewertungssystem für Informationsquellen hilft Bedarfsträgern strukturiert, die für die jeweils konkrete Fragestellung passenden Quellen fokussiert auszuwählen.

Allgemeine Kriterien:

Operationalisierbarkeit der Quelle: Informationsquellen können sowohl impliziter als auch expliziter Art sein. Implizite Informationsquellen (bspw. Experten) bedürfen zunächst einer Überführung des dort gespeicherten Wissens in eine explizite Form, damit es quellenübergreifend verglichen werden kann. Eine direkte Operationalisierung der Informationsextraktion aus impliziten Quellen ist somit nicht möglich. Aus expliziten Informationsquellen (bspw. Datenbanken) hingegen können nicht zuletzt durch den Einsatz von Werkzeugen der Informationstechnologie automatisiert Informationen extrahiert werden. Diese Operationalisierbarkeit ist besonders für eine effiziente Verarbeitung großer Informationsmengen essentiell.

Analysierbarkeit der Quelle: Informationen können aus einer Quelle nur dann extrahiert werden, wenn die formulierten Suchtermini überhaupt in der Grundgesamtheit an Daten in der Quelle gefunden werden können. Die typischste Barriere ist hierbei die zugrundeliegende Sprache (sprachliche Limitation). Folglich können nur die Informationsquellen analysiert werden, denen der gleiche Sprachraum (bspw. Deutsch, Englisch oder Mandarin) zugrunde liegt, auf welchem auch für die Formulierung der Suchtermini beruht.

Informationsbedarfsspezifische Kriterien:

Objektebene des Informationsbedarfs:

Thematischer Inhalt der Quelle: Informationsquellen sind oftmals thematisch abgeschlossene Informationsspeicher. Im Besonderen Fachinformationsquellen, wie Fachdatenbanken, stellen eine Sammlung von Informationen zu einem fokussierten Themen-/Technologiefeld bereit. Bei der Auswahl einer Informationsquelle muss der Bedarfsträger folglich darauf achten, dass Informationen zu dem auf der Objektebene im Informationsbedarf spezifizierten Technologiefeld auch in der Quelle potenziell zu erwarten sind (bspw. Lösungen zur Energiespeicherung sind in medizinischen Informationsquellen nicht zu erwarten). Gleichwohl kann jedoch hierbei auch ein thematischer Ausschluss in die fallspezifische Auswahl von Informationsquellen einfließen, sodass Informationsquellen zu speziellen Themen keine Beachtung finden sollen (bspw. Informationsquellen mit dem thematischen Fokus auf »nukleare Lösungen für die Energieerzeugung« sollen nicht analysiert werden).

Zweckebene:

Elemente der Technologiebeschreibung: Die Informationen in den unterschiedlichen Quellen adressieren oftmals spezifische Bedarfsträger, sodass die Inhalte durch unterschiedliche Beschreibungselemente formuliert sind. Sehr marktnahe und anwendungsspezifische Informationsquellen (bspw. Datenbank mit Produktblättern, Unternehmenswebseiten) beinhalten primär Informationen über Produkte (bspw. Produktnamen und leistungsbeschreibende Attributsausprägungen) und weniger über zugrundliegende technische Funktionen. Auf der anderen Seite beschreiben technologiefokussierte Informationsquellen (bspw. Patentdatenbanken) die Inhalte sehr genau hinsichtlich des Funktionsumfangs und des Namens einer Technologie. Für die Identifikation von Technologien müssen die Informationsquellen im Wesentlichen Inhalte über Funktionen sowie Technologienamen beinhalten, damit die

funktionsbasierten Suchtermini darin gefunden und die verbundenen Technologien extrahiert werden können.

Reifegrad von Technologie: Technologische Lösungen werden in unterschiedlichen Entwicklungsstadien beschrieben. Erste Informationen zu weltneuen Technologien kommen häufig zuerst in technologiespezifischen Expertenquellen vor (bspw. Technologie-Blogs oder Datenbanken mit Whitepapers), zu einem Zeitpunkt an dem die neuen Technologien einen noch sehr geringen Reifegrad aufweisen. Informationen über ausgereiftere Technologien finden sich hingegen eher in allgemeinen oder branchenspezifischen Fachinformationsquellen, wie bspw. Fachdatenbanken, Patentdatenbanken oder ausführlichen Technologiesteckbriefen. In Abhängigkeit vom für den Bedarfsträger relevanten Zeithorizont (strategische Frühaufklärung oder operative Produktentwicklung) sind Technologien mit unterschiedlichen Reifegraden von Interesse.

Informationsbreite der Quelle: Für eine effiziente Informationsextraktion sollten die Informationsquellen ausgewählt werden, die inhaltlich zum avisierten Suchfokus bzw. zur Suchbreite passen. Wurde vom Bedarfsträger ein thematisch breiter Informationsbedarf formuliert (bspw. beim Technologie-Scanning oder Technologie-Monitoring im weiteren Sinn), besteht bei der Auswahl von sehr thematisch fokussierten Informationsquellen die Gefahr wesentliche Informationsquellen unberücksichtigt zu lassen. Andererseits führt eine Auswahl von thematisch spezialisierten Informationsquellen für eine sehr fokussierte Analyse (bspw. beim kontinuierlichen Technologie-Monitoring im engeren Sinn) zu einer Effizienzsteigerung bei der Informationsextraktion.

Qualitative Ebene:

Validität der Informationen: Für erfolgreiche strategische Unternehmensentscheidungen bedarf es einer belastbaren Informationsgrundlage. Die Validität von Informationen hängt sehr stark von der Glaubwürdigkeit und dem Vertrauen in die Quellen ab. Informationsquellen, wie Patente oder wissenschaftliche Veröffentlichungen (im Sinne von »blind reviewed papers«), erhalten durch das Wissen über eine dahinterliegende Prüfung der Informationen oder den Expertenstatus des Autors ein höheres Vertrauen als anonyme Quellen, wie unbekannte Internet-Blogs oder -Forenbeiträge. Bei der Suche nach existierenden (branchenfremden) Technologien möchte der Bedarfsträger wirklich erprobte Lösungen finden, sodass die Validität der zu gewinnenden Informationen eine wesentliche Rolle spielt.

Aktualität der Informationen: In einer Zeit, in der die Menge an Informationen exponentiell wächst und technologische Entwicklungen immer schneller voranschreiten, stellt die Aktualität der verfügbaren Informationen eine ausschlaggebende Entscheidungsgrundlage dar. Die wohl aktuellsten Informationen finden sich heute in aktiven Internet-Blogs, -Foren oder Presseberichten, auf welche der Bedarfsträger unmittelbar nach Veröffentlichung über das Internet Zugriff erlangen kann. Dem gegenüber stehen Informationsquellen wie Patente, die nach Einreichung zunächst einer Prüfung unterzogen und dadurch teilweise erst mit einem Jahr Verzögerung (nach Einreichung) für Bedarfsträger zugänglich werden. Für die Suche nach branchenfremden Technologien ist die Aktualität der Informationen weniger relevant, als im Vergleich zur Suche nach den neusten Leistungsparametern (Attributsausprägungen) im Kontext von einem Technologie-Monitoring.

Exklusivität der Informationen: Die Verfügbarkeit von Informationen bietet Unternehmen im Besonderen dann einen Wettbewerbsvorsprung, wenn der Wettbewerb diesen Informationszugang nicht besitzt. Quellen, die für jeden Bedarfsträger grundsätzlich frei zugänglich sind, wie beispielsweise das visible

Web[64], werden als öffentliche Quellen bezeichnet. Halböffentliche Quellen hingegen gewähren nur berechtigten Bedarfsträgern, zum Beispiel gegen Bezahlung oder auf Grundlage anderen Reglementierungen, Zugriff auf ihre Inhalte. Als dritte Gruppe werden geschlossene Quellen angesehen, die nur einem sehr begrenzten Kreis an Bedarfsträgern (bspw. organisationsinterne Unterlagen im Sinne von Erfindungsmeldungen oder Berichten) zugänglich sind.

Tabelle 18: Bewertung von Informationsquellen für die Suche nach Technologien[65]

Informations-bedarfs-spezifische Kriterien	**Relevanz für die Suche nach branchen-fremden Technologien**	**Patent-daten-bank**	**Literatur-daten-bank**	**Social Media**	**World Wide Web**
Operationalisier-barkeit	◕	●	●	◑	◔
Analysierbarkeit	●	●	●	◑	◑
Thematischer Inhalt fokussierbar	●	◕	◕	◔	○

[64] Das invisible Web (Deep Web) ist im Vergleich zum visible Web dadurch gekennzeichnet, dass der Zugang zu dessen Inhalten nicht uneingeschränkt möglich ist (bspw. zugangsbeschränkte Datenbanken). (vgl. Sherman und Price 2005, S. 57)

[65] Bewertungsskale: ● sehr hoch; ◕ hoch; ◑ mittel; ◔ gering; ○ sehr gering

Informations-bedarfs-spezifische Kriterien	**Relevanz für die Suche nach branchen-fremden Technologien**	**Patent-daten-bank**	**Literatur-daten-bank**	**Social Media**	**World Wide Web**
Elemente der Technologie-beschreibung	●	●	●	◔	◑
Reifegrad von Technologie	◑	◕	◑	◔	◔
Informationsbreite	◕	●	◕	◔	●
Validität der Informationen	◑	●	●	◔	◔
Aktualität der Informationen	◔	◑	◕	●	●
Exklusivität der Informationen	○	◕	◕	○	○

Die in *Tabelle 18* dargestellte Relevanz der einzelnen Bewertungskriterien bezieht sich auf den in dieser Arbeit beschriebenen Anwendungsfall, der semi-automatisierten Identifikation von branchenfremden Technologien. Dabei spielt eine starke Operationalisierbarkeit der zu betrachtenden Informationsquelle eine notwendige Rolle, um möglichst automatisiert große Mengen an Daten aus der Quelle verarbeiten zu können. Die Analysierbarkeit, der thematische Inhalt (im Sinne von technologiebezogenen Aussagen) sowie die Vorkommen

von Elementen der Technologiebeschreibung sind unerlässlich, um die adressierten Informationen aus der Quelle extrahieren zu können. Ein hoher Reifegrad von Technologien sollte besondere Beachtung finden, wenn etablierte Technologien identifiziert werden sollen. Gleichwohl können aber auch emergente Technologien aus fremden Branchen auch für das eigene Anwendungsfeld von hohem Interesse sein. Informationsquellen mit hoher Informationsbreite fördern eine effiziente Informationsrecherche, da sich dadurch eine Identifikation und Vorauswahl von thematisch fokussierten Quellen für die recherchierende Person erübrigen kann. Zur Reduzierung von etwaigen Fehlinformationen, welche gegebenenfalls erst in einer nachgelagerten Analyse und Bewertung erkannt werden, sollte eine angemessene Validität der Informationen in der Quelle vorliegen. Die Aktualität und Exklusivität der Informationen haben für die Identifikation von branchenfremden Technologien eine eher untergeordnete bzw. keine Relevanz.

Für die Auswahl passender Informationsquellen lässt sich festhalten, dass Patent- und Literaturdatenbanken heute schon teilweise explizite Schnittstellen zur Anbindung von Text-Mining-Software (vgl. EPO oder Elsevier) aufweisen. Durch eine zusätzliche Vorstrukturierung der Informationsgrundlage bieten sie eine sehr hohe Operationalisierbarkeit im Vergleich zu Social-Media-Quellen und World-Wide-Web-Suchmaschinen (web crawler). Für einen hohen Grad an Analysierbarkeit helfen Patent- und Literaturdatenbanken, dass klare sprachliche Rahmenbedingungen (bspw. Veröffentlichungssprach) existieren, welche alle Veröffentlichungen in diesen Quellen zu erfüllen haben. In Social-Media- und Wold-Wide-Web-Quellen fehlte es häufig an derartigen standardisierten Rahmenbedingungen, sodass eine Analyse schwieriger und aufwendiger werden kann. Die für eine möglichst effiziente Analyse vorteilhafte thematische Fokussierung der zu untersuchenden Informationsträger lässt sich bei semistrukturierten Patent- und Literaturdatenbanken wesentlich ein-

facher umsetzen. Die bei Social-Media- oder World-Wide-Web-Quellen nutzbaren Eingrenzungen sind häufig nur auf die Datenträgerquelle (bspw. URL) und nur sehr schwer auf ein spezifisches Thema anwendbar. Die für das Finden von Technologien notwendigen Elemente der Technologiebeschreibung (technische Funktionen) finden in Patenten und Fachliteratur weitaus stärkeren Einsatz als in den oftmals eher populärwissenschaftlich verfassten Beiträgen in Social-Media-Quellen oder im Word-Wide-Web. Die Informationsbreite von Patentdatenbanken und dem World-Wide-Web ist über alle Branchen ausgerichtet. Bei Literaturdatenbanken existieren sowohl thematisch fokussierte als auch breit gefasste Quellen. Hingegen sind Social-Media-Quellen sehr häufig auf ein spezielles Thema oder Anwendung fokussiert. Informationen mit einer höheren Validität finden sich eher in Patenten und Fachliteraturquellen, da deren Veröffentlichung einem Freigabeprozess unterzogen ist, wo Fehlaussagen herausgefiltert werden können. Offene Plattformen ohne redaktionelle Kontrolle, wie bei der Masse an Social-Media-Quellen oder dem World-Wide-Web, fehlt es an einer Vorbewertung über die Validität. Die Aktualität und Exklusivität von Informationen bedürfen in dem hier betrachten Fall keiner besonderen Berücksichtigung, da sie zum grundsätzlichen Identifizieren von branchenfremden Technologien keine entscheidende Rolle spielen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass als Informationsquelle besonders Patent- und Literaturdatenbanken wesentliche Vorteile für eine effiziente Identifikation von branchenfremden Technologien bieten.

Konkretisierung relevanter Suchtermini

Zur Identifikation von unbekannten Technologien sind die jeweiligen Technologienamen in unstrukturierten Texten zu erkennen, welche durch die im Informationsbedarf spezifizierten technischen Funktionen (vgl. Kapitel 4.2) sowie ihrer Synonyme (vgl. Kapitel 4.6) charakterisiert werden. Die in *Kapitel 4.6.3*

berechneten kontextspezifischen synonymen Funktionen, bestehend aus primär auf einzelne technologische Grundvorgänge fokussierte Funktionsverben (Technologiefunktion) sowie allgemein gefassten Objekten / Objektklassen, bedürfen einer Konkretisierung zur Steigerung der Effektivität, der zu erstellenden Suchstrategie. Mit einer effektiven Suchstrategie wird letztlich eine effiziente, ressourcenschonende Recherche unterstützt.

Die im Anschluss an die Identifikation von neuen Technologien folgende Bewertung, hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit im Unternehmen, kann in Teilen bereits vorab durch eine Eingrenzung der entsprechenden Funktionsverben für die Suche erfolgen. Technologien basieren auf konkreten technologischen Grundprinzipien, welche sprachlich durch technische Funktionsverben (als Teil der technischen Funktion) repräsentiert werden können. Zur Eingrenzung potenzielle relevanter Technologien kann die Bewertung folglich entweder auf der konkreten Technologie oder auf den beschreibenden Funktionsverben durchgeführt werden. Speziell vor dem Hintergrund, dass eine neue Technologie als Komplementärtechnologie in ein bestehendes System passen muss, kann der Ausschluss einzelner technologischer Grundprinzipien für die Erstellung einer effektiven Suchstrategie hilfreich sein.

Zur Auswahl von relevanten Funktionsverben bedarf es eines Sets an Bewertungskriterien, das den vom Bedarfsträger konkretisierten Informationsbedarf aufgreift. In der Praxis erwiesen sich besonders die folgenden Kriterien als hilfreich:

- **Wirkungsspektrum**: Die Vielfalt unterschiedlicher Objekteigenschaften[66], die direkt und indirekt durch das Funktionsverb beein-

[66] Eine Vielfalt unterschiedlicher Objekteigenschaften impliziert auch eine mittelbare Zunahme von unterschiedlichen Objektarten, denen diese Eigenschaften

flusst werden, bilden die Breite des Spektrums. (bspw. »Partikel ausflocken« bewirkt zum einen eine Reduzierung des Feststoffanteils im Fest-im-Flüssig-System und zum anderen eine Erhöhung des Flüssigkeitsanteils im Flüssig-Flüssiggemisch, durch die Zugabe von Ausflockungsmittel).

- **Anwendungsspektrum**: Technische Verben implizieren als Funktionsverb entweder eine eher spezifische Art an Objekten, die als Arbeitsgegenstand Anwendung finden können (bspw. »Partikel filtern«). Oder Sie sind eher generisch auf ein breites Spektrum an Objektarten als Arbeitsgegenstand anwendbar (bspw. »Objekt trennen«).
- **Randbedingungen**: Für die Anwendung von durch Funktionsverben charakterisierten technologischen Grundvorgängen existieren aufgrund von Nebenwirkungen (negative Wirkungen im Anwendungskontext) fallspezifische Limitationen (bspw. »ausflocken« impliziert den Einsatz von chemischen Ausflockungsmitteln, das im Fall einer Trinkwasseraufbereitung durch die damit verbundene zusätzliche Kontamination eher kontraproduktiv sein wird).[67]
- **Suchauslöser**: In Abhängigkeit von dem auf der Zweckebene definierten Informationsbedarf können entweder eher generische oder mittelinduzierte Funktionsverben als Suchtermini ausgewählt werden. Für

---

zugeschrieben werden können, auf welche ein konkretes Funktionsverb eine Wirkung ausüben kann.

[67] Eine grundlegende Bewertung der Einsatzfähigkeit eines technologischen Grundvorgangs für einen Anwendungsfall hilft beim Ausschluss von Funktionsverben, die nicht den avisierten Lösungsraum beschreiben, und somit zur Erstellung eines effektiveren Suchrasterns. Eine Abbildung derartiger Randbedingungen in der Funktions-Ontologie würde den Aufwand für die Erstellung und Pflege ungerechtfertigt erhöhen.

einen Scanning-Prozess sollte eher ein breiter Lösungsraum durch generische und mittelinduzierte Funktionsverben abgedeckt werden. Im Fall eines fokussierten Monitoring-Prozesses sind potenziell relevante technologische Grundvorgänge bereits bekannt und eine darauf fokussierte Auswahl von mittelinduzierten Funktionsverben erhöht die Effektivität der Suchstrategie.

- **Quellenvokabular**: In Abhängigkeit von der zu analysierenden Informationsquelle bedarf es einer Spezifizierung der relevanten Suchtermini. In Pressemitteilungen werden Technologien eher generisch mittels Nutzerfunktion beschrieben, wohingegen in wissenschaftlichen Schriften oder Patenten die Technologiebeschreibungen primär sehr konkret als Technologiefunktion verfasst sind (bspw. Pressemittelung: *»Mit der Technologie A lassen sich Schadstoffe aus der Luft abtrennen.«*; Wissenschaftliche Schriften: *»Mit der Technologie A werden Rußpartikel aus der Abluft herausgefiltert.«*). Des Weiteren sind natürlich auch die als Suchtermini dienenden Funktionen der Sprache der Quelle anzupassen.

Aufgrund von Limitationen in der natürlichen Sprache existiert nicht für jede technologiebedingte Beeinflussung einer Objekteigenschaft ein technisches Verb. In diesem Fall wird die beeinflusste Objekteigenschaft und die Betragsbeeinflussung das Funktionsverb bei der Konkretisierung relevanter Suchtermini ersetzen.

Eine Bewertung einzelner Attribute (funktionale Leistungsvermögen) kann hierbei entfallen, da nicht der aktuelle Leistungsstand, sondern das grundsätzliche Lösungspotenzial einer Technologie betrachtet werden soll. Die Bewertung hinsichtlich von Größendimensionen, Kostenaspekten oder anderen Rahmenbedingungen, welche die Umsetzung der Technologie in einer Technik charakterisieren, ist nicht Teil dieser Arbeit und bedarf einer

Technologiebewertung im Anschluss an die Identifikation.[68] Eine Untersuchung von Weiterentwicklungsmöglichkeiten bei den identifizierten Technologien hilft neue Potenziale zu erkennen (vgl. Ardilio 2013, S. 118–130).

Für eine Eingrenzung der Suchergebnisse hinsichtlich der zu erwartenden Relevanz hilft ein Bewertungsportfolio. In diesem werden die ermittelten synonymen Funktionsverben dahingehend bewertet, ob das zugrundeliegende Wirkprinzip theoretisch den eigenen Anforderungen entspricht und ob es neu für den eigenen Anwendungsfall erscheint (vgl. Abbildung 41).

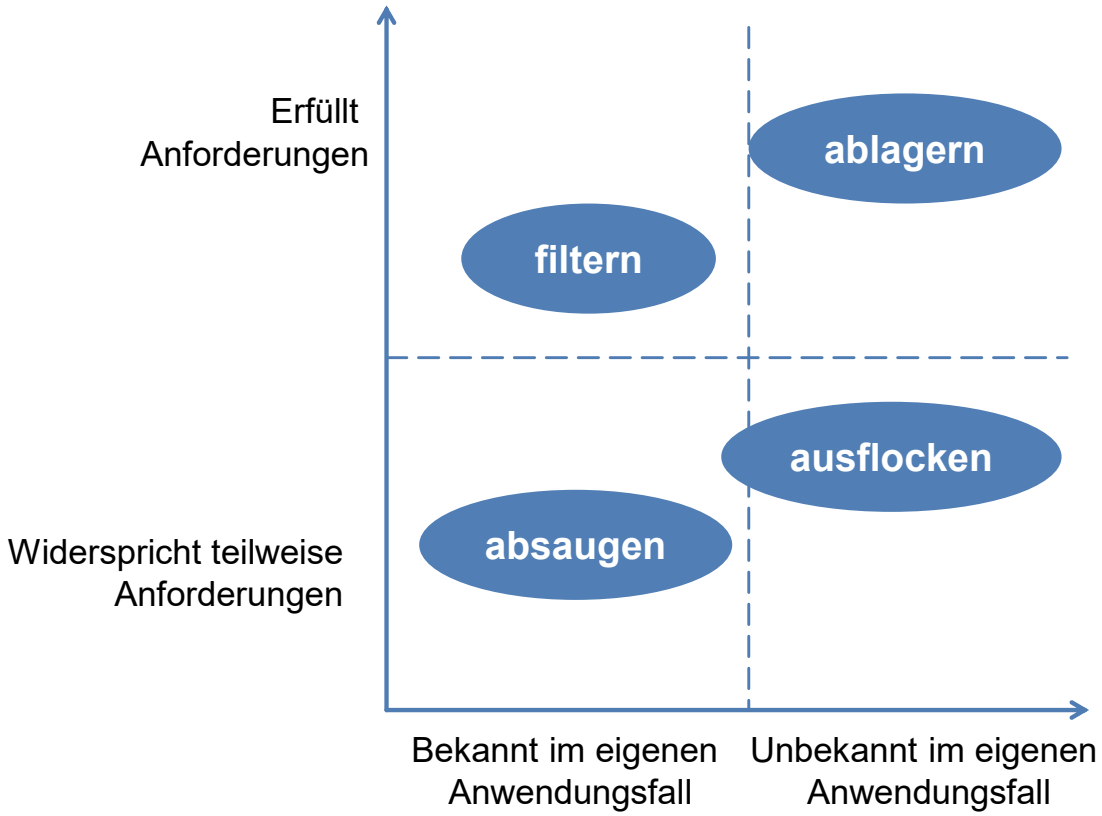


Abbildung 41: Bewertungsportfolio für operationalisiert ermittelte Funktionsverben

[68] Eine Festlegung der Dimensionen im Funktionsprofil würde nur den Stand der Technik widerspiegeln. Jedoch könnte durch Forschungsaufwand ein Lösungsprinzip aus einer großen in eine kleine Dimension übertragen (vice versa) werden. Eine Abbildung dieser Potenziale würde den Umfang der Funktions-Ontologie sprengen.

Nach der Konkretisierung der lösungsorientierten Funktionsverben sind auch die anwendungsorientierten Objekte (Objektklassen) als Teil der relevanten Suchtermini fallspezifisch zu definieren. Hierfür bedarf es einer Spezifizierung möglicher Objekte hinter den im Funktionsprofil formulierten Objektklassen, die als Arbeitsgegenstände in expliziten Informationsquellen vorkommen können. Synonyme Objekte weisen im Gegensatz zu den Funktionsverben keine hohe Mehrdeutigkeit im Sprachgebrauch auf, sodass Thesauri (bspw. WTI Thesaurus Technik und Management TEMA[69]) zur Ergänzung und Konkretisierung der Objekte herangezogen werden können. Die Grundgesamtheit von anwendungsspezifischen Objekten ist jedoch um ein Vielfaches größer als die von Funktionsverben. Gerade wenn nach branchenfremden Technologien mit hoher Technologiereife gesucht wird, wurde das als Arbeitsgegenstand adressierte Objekt häufig noch nicht explizit in dem Kontext der technischen Funktion beschrieben. In expliziten Quellen kann jedoch nur die Information gefunden werden, welche bereits einmal explizit formuliert wurde.

Auf Basis der definierten relevanten Informationsquellen und Suchtermini kann eine konkrete Suchstrategie formuliert werden, wie im Folgenden beispielhaft skizziert (vgl. Abbildung 42).

[69] WTI Thesaurus ist eine Synonymdatenbank des Informationsportals WTI-Frankfurt eG (http://www.wti-frankfurt.de/index.php/produkte-thesaurus)

Suchstrategie für den Informationsbedarf:

Welche Technologien existieren zum reinigen von Abwässern?

Informationsquelle:

technische Fachdatenbank (WTI Frankfurt)

Suchtermini:

Funktionsverben:

- abführen
- ablagern
- absaugen
- abscheiden
- entfernen
- filtern
- reinigen

Objektklassen /-entitäten:

- Abgase
- Abluft
- Aerosol mit Feststoff
- Rauch
- Rauchgase
- Umgebungsluft
- Verbrennungsgase

Abbildung 42: Beispielhafte Suchstrategie (im Sinne einer Blockstrategie)

Mit der gewählten Blockstrategie in Form einer Kombination der Begriffsklassen (Sammlung von Suchtermini) für Funktionsverben und Objekte ist das gesuchte Muster klar abgegrenzt. Diese Abgrenzung ermöglicht schließlich die klare Formulierung von Suchlogiken zu automatisierten Identifikation der relevanten Muster in unstrukturierten Texten mittels Text-Mining-Software.

4.8 Formulierung der Suchlogik

Auf Grundlage der für den spezifischen Informationsbedarf definierten Suchstrategie werden die Suchtermini als Suchmuster für eine automatisierte Informationsextraktion mittels Text-Mining dienen. Das Suchmuster lässt sich dafür anhand von Suchlogiken in einer Text-Mining-Software (Textanalyse-Werk-

zeug)[70] explizit abbilden. Zur Identifizierung von Technologien (Technologienamen) in unstrukturierten Texten ist eine Suchlogik primär durch die logische Verknüpfung von Funktionsverb und Objekt (Suchtermini) charakterisiert. Beide Typen von Suchtermini werden zusammen zur Beschreibung von Technologien (Lösungsraum) genutzt, sodass mit einer hohen Wahrscheinlichkeit der umschriebene Technologiename im räumlichen Umfeld der Suchtermini im Text zu finden ist. Aufgrund der Tatsache, dass alle Technologienamen als Wortart Substantive (nouns) darstellen, muss die Suchlogik grundsätzlich alle Substantive im Umfeld der Suchtermini identifizieren (vgl. Abbildung 43). Der Betrachtungshorizont kann dabei die Satzgrenze, eine vordefinierte Anzahl an Token[71] oder eine Absatz-/Abschnittsgrenze sein.

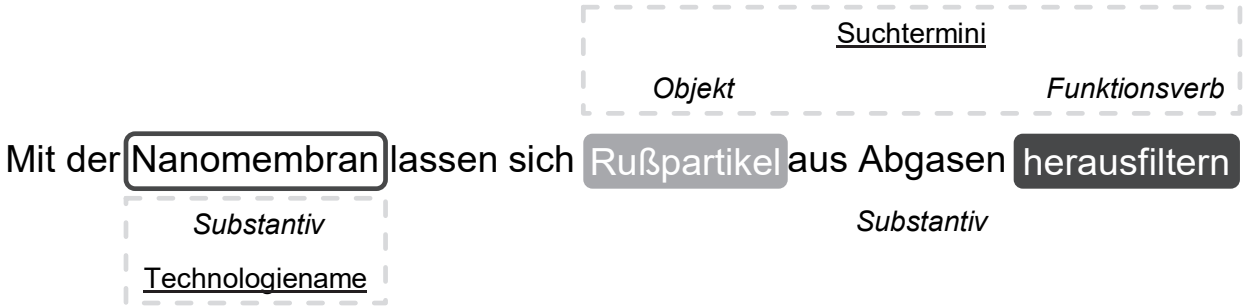


Abbildung 43: Skizzierung des Vorkommens von Technologienamen im Umfeld von Suchtermini

Zur Verknüpfung der Suchtermini dienen reguläre Ausdrücke (Regex), mit denen das Verhältnis zwischen Funktionsverb und Objekt im Satz formuliert werden kann. Reguläre Ausdrücke symbolisieren eine Menge an unbekannten

[70] In dieser Arbeit wurde das Text-Mining-Werkzeug Luxid® von der Firma Temis eingesetzt.

[71] Ein Token entsteht durch die Segmentierung eines Textes in Elemente auf Wortebene (bspw. Wort, Satzzeichen oder Zahl).

Zeichenketten mit Hilfe definierter syntaktischer Regeln (bspw. *regex = [A-Za-z]** beschreibt eine beliebig lange Zeichenkette aus lateinischen Buchstaben). Neben dem in vielen Text-Mining-Werkzeugen bereits enthaltene *Stemming*[72] (Porter 1980) ermöglichen reguläre Ausdrücke »Wildcards« zu definieren, um unbekannte Schreibweisen abzufangen oder beliebige Textmuster als Platzhalter im Text in die Suchlogik aufzunehmen (bspw. zwischen dem Funktionsverb und dem Objekt können im Text auch andere Wörter vorkommen, welche für die konkrete Suche beliebig sein können).

Um nicht für jede mögliche Kombination von Suchtermini eine spezifische Suchlogik formulieren zu müssen, wird das sogenannte Klassenkonzept angewendet. Dafür werden die unterschiedlichen Suchtermini zu Elementen der Klassen »Funktionsverb« und »Objekt«. Auf Basis der definierten Klassen können schließlich abstraktere Suchlogiken formuliert werden, deren Hauptaugenmerk auf der Abbildung möglicher Anordnungen von Suchtermini im Text liegt. Eine besondere Herausforderung liegt hierbei in der natürlichen Sprache der jeweiligen Suchtermini. Speziell in der deutschen Sprache sind, im Vergleich zur englischen Sprache, Wortstellungen im Satz viel flexibler anwendbar, sodass ggf. mehr Suchlogiken formuliert werden müssen, um möglichst alle Satzkonstellationen abfangen zu können.

Die definierten Klassen und formulierten Suchlogiken werden zur Integration in Text-Mining-Werkzeuge in standardisierten Cartridges abgebildet. Dadurch werden zum einen die Begriffsklassen (Suchtermini) leichter anpassbar und erweiterbar. Zum anderen bieten die abstrahiert abgebildeten Klassen und Suchlogiken eine hohe Wiederverwendbarkeit.

---

[72] Stemming bezeichnet die Überführung unterschiedlicher morphologischer Ausprägungen eines Wortes in die gemeinsam zugrundliegende Stammform (Wortstamm).

Ergänzen lassen sich die Begriffsklassen für die Suchtermini der »Objekte« durch bestehende Thesauren für Objekte. Anders als bei Funktionsverben werden Objekte im sprachlichen Gebrauch nur in Einzelfällen mehrdeutig benutzt. Für diese gibt es bereits eine Vielzahl von Synonymwörterbüchern oder Thesauren, welche die Elemente der eigenen Objektklasse ergänzen können (bspw. Abwasser: Schmutzwasser, Brackwasser, Klärwasser, …; aber kein Trinkwasser, sodass Regex nur bedingt eingesetzt werden können). Die Integration derartiger Thesauren, wie bspw. das TEMA Thesaurus von WTI Frankfurt, in die Suchlogik ermöglicht die automatisierte Einbeziehung von synonymen Objektklassen in den sich anschließenden Analysevorgang durch das Text-Mining-Werkzeug.

Im Folgenden Ausschnitt aus einer beispielhaften Cartridge (vgl. Abbildung 44) werden die Klassenkonzepte aufgezeigt, exemplarische Suchlogiken mit regulären Ausdrücken und Proximitäten veranschaulicht sowie die Integration von bestehenden Thesauren (für synonyme Objekte) demonstriert. Die verwendete Notation bedingt sich durch das vom Autor im Rahmen dieser Arbeit verwendete Text-Mining-Werkzeug (Luxid).

```
<concept name="Entity" display="always" level="20" case="ignore" > <!-- Search for all the nouns -->
   <concept name="Alle_Substantive">
      <e>#NOUN</e>
   </concept>
</concept>

<concept name="Entity" display="always" level="14" case="ignore" >
  <!--  Find Objekten and Funktionsverben in the same sentence -->
   <concept name="Funktionsverben_Objekten" searchon="lemma">
      <e> ~~Funktionsverben / ~TOKEN$[,20] / ~~Objekten </e>
      <e> ~~Objekten / ~TOKEN$[,20] / ~~Funktionsverben </e>
   </concept>
</concept>

<annotation name="Objekten" display="never">
   <e>(@Id=Abluft^@[0-9]+
      | @Id=Umgebungsluft^@[0-9]+ )</e> <!--  Entitäten im WTI Thesaurus -->
   <e>{/Role/Abgase: ^@Verbrennungsgas}</e> <!-- diese Klasse beinhaltet auch Rauchgas -->
   <e>{/Role/Aerosol: ^@Sol}</e>
   <!--  Klasse Aerosol im WTI Thesaurus - beinhaltet auch das Objekt: Rauch und dessen Subklassen -->
   </annotation>

<annotation name="Funktionsverben" display="never">
   <e>[A-ZÜÖÄ]*[a-züöäß\-]*^(abführen
      | ablagern
      | absaugen
      | abscheiden
      | entfernen
      | filtern
      | reinigen)(#VVPP | #VVFIN | #VVINF | #VVIZU) </e>
</annotation>
```

Abbildung 44: Auszug aus der Beispiel-Cartridge zur Identifikation von Technologienamen

Der Analysevorgang des Text-Mining-Werkzeugs (Annotation) soll nicht mehr Bestandteil des Verfahrens sein. Die unterschiedlichen Annotationsmethoden (bspw. Parsing) sind Teil eines weitaus größeren Forschungsfeldes und dienen dem Autor nur als Hilfsmittel in Form des Text-Mining-Werkzeugs.

Ergebnisse aus einer hiernach folgenden Textanalyse zur Identifikation von Technologienamen werden in den nachfolgenden Anwendungsbeispielen veranschaulicht.

5 Praktische Anwendung des Verfahrens

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren (vgl. Kapitel 4) wird im Folgenden an zwei Beispielen aus der Praxis evaluiert. Die Erprobung erfolgt dabei in den eher strategisch ausgerichteten Anwendungsgebieten für die Suche nach Technologien (vgl. Kapitel 2.2), wo es als unterstützender Teil von übergeordneten Methoden einen entscheidenden Mehrwert liefern kann. Im ersten Anwendungsgebiet, der Technology Intelligence (vgl. Kapitel 2.2.2), unterstützt das neue Verfahren die Methode des TechnologieRadars für eine systematische Technologiefrühaufklärung (vgl. Kapitel 5.1). Im zweiten Beispiel hilft das Verfahren in der Methode MarktExplorer (vgl. Kapitel 5.2) alternative Technologien zu identifizieren, deren Einsatzgebiete ein Potenzial zur Diversifikation in neue Märkte (vgl. Kapitel 2.2.3) offerieren.

Für eine praxisnahe Anwendung wird das neue Verfahren in folgende Prozessschritte untergliedert (vgl. Abbildung 45):

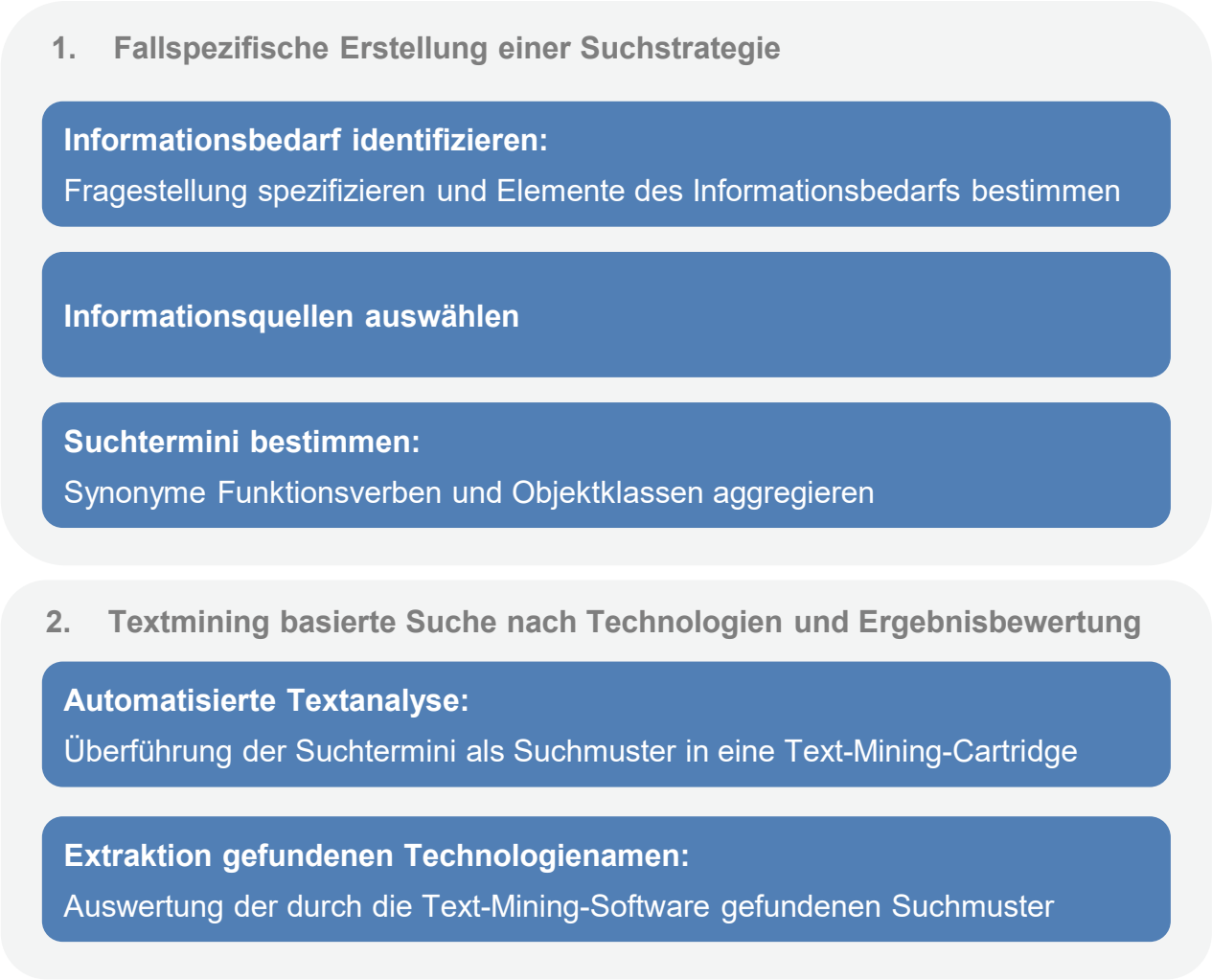


Abbildung 45: Prozessschritte des Verfahrens in der Praxis

In den beiden Anwendungsfällen werden jeweils zunächst die Ausgangssituationen der betrachteten Unternehmen beschrieben. Im Anschluss erfolgt eine grobe Skizzierung der genannten Methoden TechnologieRadar und MarktExplorer, um den Lesern eine praxisnahe Einordnung des neuen Verfahrens zu ermöglichen. Nach einer Verortung des Verfahrens in den beschriebenen Methoden wird die praktische Anwendung demonstriert. Dabei ist das neue Verfahren zur systematisch Erstellung von Suchstrategien im Vergleich zur bis dato eingesetzten primär intuitiven Vorgehensweise zu betrachten. Abschließend erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse beider Vorgehensweisen anhand der Anzahl (das Spektrum) an identifizierten alternativen Technologien.

5.1 Anwendungsfall: TechnologieRadar

5.1.1 Ausgangssituation

Das betrachtete Unternehmen mit über 10.000 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von über 2 Mrd. Euro ist seit vielen Jahren führend in der Herstellung von Maschinen zur Reinigung von Oberflächen unterschiedlicher Art. Die Produkte finden dabei sowohl in professionellen als auch im privaten Umfeld Anwendung. Technologische Entwicklungen und neue Kundenbedürfnisse führten dazu, dass nur ca. 10% des aktuellen Produktprogramms älter als 5 Jahre ist. Diese hohe Dynamik in der Branche verlangt vom Unternehmen seine Produkte kontinuierlich technologisch zu verbessern, um dem Nutzer einen neuen Mehrwert liefern zu können. Der Kern der Wertschöpfung liegt dabei in der Entwicklung bzw. Adaption von Technologien zur Reinigung von Oberflächen für die avisierten Anwendungsfälle.

Die Auswahl dieses Unternehmens als Beispiel für die Erprobung des in dieser Arbeit vorgestellten Verfahrens begründet sich in dem relativ gut nachvollziehbaren Anwendungsfeld. Gleichzeitig bietet das Beispiel eine hinreichende Breite an technologischen Lösungsfeldern, in denen Technologien potenziell zur Problemlösung beitragen können.

Die Herausforderung für die Technologiefrühaufklärung in dem betrachteten Unternehmen besteht im Besonderen darin, nicht nur bekannte Technologiefelder kontinuierlich zu beobachten (Technology-Monitoring im engeren Sinne), sondern ebenso auch ein breiteres Scanning in alternativen Technologiefeldern (Technology-Monitoring im weiteren Sinne) regelmäßig durchzuführen (Warschat et al. 2013). Die frühzeitige Identifikation von technologischen Entwicklungen in branchenfremden Technologiefeldern können dabei Chancen aber auch Risiken für das eigene Unternehmen offenbaren. Ziel ist es folglich im Rahmen eines Scanning-Prozesses nach alternativen

Technologien zu suchen, die potenziell Konkurrenztechnologien für die eigenen technologischen Kernkompetenzen darstellen könnten. Für ein systematisches Vorgehen zur Zielerreichung hat sich die Methode des TechnologieRadars in der Praxis bereits weit verbreitet.

5.1.2 Verortung des neuen Verfahrens in der Methode TechnologieRadar

Ziel des TechnologieRadars ist die frühzeitige Identifikation und eine unternehmensspezifische Bewertung unbekannter Technologien, welche zukünftig einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor darstellen könnten. Ergebnisse aus dem TechnologieRadar fließen schließlich sowohl in die Technologieplanung und in eigene Technologieentwicklungen als auch in das strategische F&E Management ein (Lang-Koetz et al. 2008, S. 133–135).

In der Literatur wird der TechnologieRadar grob in drei Phasen eingeteilt: Unternehmensanalyse, Recherche sowie Analyse- und Aufbereitung der Ergebnisse (Lang-Koetz et al. 2008, S. 140–141). Ergänzt durch praktische Erfahrungen lassen sich die einzelnen Phasen wie folgt charakterisieren (vgl. Abbildung 46).

Phase 1: Unternehmensanalyse

Ziel der Unternehmensanalyse ist die Bestimmung des unternehmensspezifischen Technologiebedarfsprofils und die anschließende Ableitung des konkreten technologischen Informationsbedarfs. Dafür werden zunächst die relevanten Technologien – und Themenfelder aus der Inside-Out- und der Outside-In-Perspektive im Unternehmen ermittelt. Die Inside-Out-Perspektive berücksichtigt insbesondere die aktuellen technologischen Kernkompetenzen des Unternehmens sowie bestehende oder avisierte Anwendungsfelder (Märkte). Die Outside-In-Perspektive ergänzt diese Sammlung durch im

Umfeld des Unternehmens aufkommende Themen-/Technologiefelder (bspw. Industrie 4.0), in denen technologische Entwicklungen zukünftig einen Einfluss auf das eigene Geschäftsmodell haben könnten. Nach einer internen Priorisierung bilden diese technologischen Suchfelder letztlich die Objektebene des zu ermittelnden Informationsbedarfs. Für eine erfolgreiche Informationsbeschaffung sowie der sich daran anschließenden Informationsbewertung wird der unternehmensspezifische Informationsbedarf durch die Konkretisierung auf der Zweckebene sowie der qualitativen Ebene ergänzt (Beispiel vgl. Kapitel 5.1.3).

Phase 2: Recherche

Auf Grundlage des spezifizierten technologischen Informationsbedarfs kann eine Recherche, in Form eines Scanning der Technologielandschaft, in unterschiedlichen Informationsquellen systematisch durchgeführt werden. In Anbetracht der wachsenden Informationsfülle, der unbekannte Breite von neuen Themenfeldern sowie einem oftmals unzureichenden Zugang zum impliziten Wissen von Experten, finden zunehmend explizite Informationsquellen für eine erste Suche Einsatz. Zur effizienten Verarbeitung der zu analysierenden Informationsmenge werden automatisierte Werkzeuge zur Textanalyse eingesetzt, wie bspw. semantische Text-Mining-Software[73]. Mit diesen können nach unterschiedlichen auf der Zweckebene definierten Informationsbedarfen, wie bspw. unbekannte Technologien oder Experten, gesucht werden. Auf Basis dieser initialen Identifikationen werden anschließend tiefergehende Analysen durchgeführt (bspw. Experteninterviews zu neuen Technologien) (Beispiel vgl. Kapitel 5.1.4).

[73] Semantische Analysen in unstrukturierten Texten bieten unter anderem die Software Luxid® von der Firma Temis, deren Information Analytics auch hier zum Einsatz kommt. (http://www.temis.com/luxid-information-analytics Stand: 04.06.2015)

Phase 3: Analyse- und Aufbereitung der Ergebnisse

Die aus der Recherche gewonnenen Informationen werden schließlich im Kontext des Unternehmens bewertet und zur Entscheidungsfindung aufbereitet. Neue Technologien werden dabei einerseits hinsichtlich ihres aktuellen Reifegrads für unternehmenseigene Applikationen in Produkten und Prozessen bewertet. Andererseits werden aber auch ihre Entwicklungs- und Marktpotenziale analysiert, um etwaige Chancen oder Risiken hinter diesen Technologien auszumachen (vgl. Technologiepotenzialanalyse in Ardilio und Laib 2008). Die unternehmensspezifische Bewertung der identifizierten Technologien wird anschließend in einem Radarsystem zur Erkennungs- und Abstandmessung visualisiert. Die erstellte Abbildung des TechnologieRadars schafft eine klare Darstellung aufkommender technologischer Entwicklungen im Umfeld des Unternehmens und dient damit zur Entscheidungsfindung in unterschiedlichen Managementprozessen im Unternehmen (bspw. für Technologie-Roadmaps in der Technologieplanung).

In dieser Arbeit soll die Phase der Analyse- und Aufbereitung der Ergebnisse nicht mit Bestandteil der Betrachtung sein. Eine Bewertung der gefundenen Technologien beschränkt sich ausschließlich auf die zu erfüllende technische Funktion, die auf Zweckebene des Informationsbedarfs formuliert wurde.

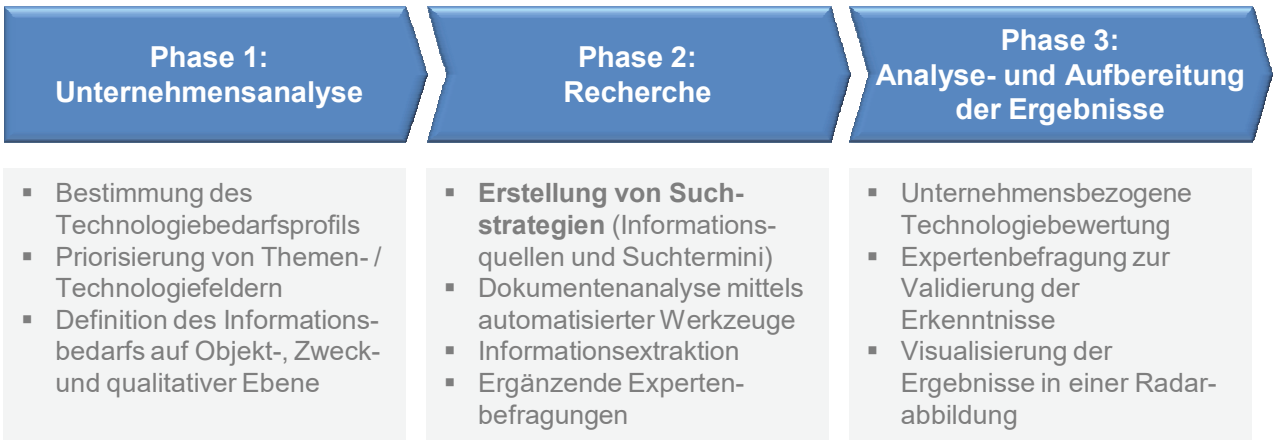


Abbildung 46: Phasen der Methode: TechnologieRadar

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren unterstützt den Anwender der Methode TechnologieRadar dabei, die im Rahmen der Unternehmensanalyse bestimmten Informationsbedarfe systematisch in Suchstrategien zu überführen. Für eine effektive Recherche adressiert das neue Verfahren die objektive Bestimmung von Suchtermini. Des Weiteren hilft es durch eine Kriterien-basierte Auswahl von Informationsquellen sowie die Definition von operationalisierbaren Suchlogiken eine möglichst effiziente Recherche in großen Datenmengen durchzuführen.

5.1.3 Fallspezifische Erstellung einer Suchstrategie für den TechnologieRadar

Zur Erstellung der für eine systematische Recherche notwendigen Suchstrategie bedarf es zunächst der Erfassung des konkreten technologischen Informationsbedarfs (vgl. Kapitel 4.1). Ausgehend von der grundlegenden Intension des TechnologieRadars im Kontext einer Technologiefrühaufklärung stellt sich die folgende Frage als ein Auslöser für die Technologierecherche dar:

> *Welche Konkurrenz- / Substitutionstechnologien existieren für die eigenen technologischen Kompetenzfelder zum Reinigen von Oberflächen?*

Im ersten Schritt zur Erfassung des Informationsbedarfs wird auf der Objektebene das technologische Suchfeld mittels einer Kernkompetenzanalyse eingegrenzt. Mit Hilfe einer Produktzerlegung werden die Produkttechnologien identifiziert, welche einen wesentlichen Anteil zur Leistungserfüllung im Produktsystem aufweisen. In einer Technologie-Funktions-Matrix lassen sich schließlich die Technologiefunktionen der identifizierten Produkttechnologien bestimmen (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Beispielhafter Auszug aus der Technologie-Funktions-Matrix für Produkte zum Reinigen von Oberflächen

Produkte	Funktionsgruppen	Reinigungswerkzeug	technische Funktion
Hochruckreiniger	Wassergekühlter Motor		
	Pumpe		
	Gehäuse		
	Reinigungseinheit	Rotationsarm	Großflächen abspritzen
		Schaumdüse	Lack/Glas/Stein abspritzen/einschäumen
		Strahlrohr	Flächen abspritzen
		Schrubber	Außenbereiche abschrubben
		Bürste mit umlaufenden Borsten	Felgen abbürsten
		Dreckfräser mit Rotordüse	Kleine Flächen abspritzen
		große/weiche/rotierende Waschbürste	Oberflächen abbürsten
Kehrmaschine	Gehäuse		
	Schmutzbehälter		
	Rädereinheit		
	Reinigungseinheit	Kehrwalze	Großflächen abkehren
		Seitenbesen	Kanten abkehren
Sauger	Gehäuse		
	Rädereinheit		
	Elektrik		
	Saugsystem		
	Reinigungseinheit	Saugdüsen…	
		…Parkettdüse mit Naturhaarborsten	Bodenschmutz absaugen
		…Turbosaugdüse	Teppichböden absaugen
		…Fugendüse	Fugenschmutz absaugen
		…Nass- und Trockensaugdüse	Nassen Schmutz absaugen
		Saugpinsel	Oberflächen abkehren
		Saugbesen	Böden abkehren
		Blasdüse	Vertiefungen ausblasen
		Bürsten	Oberflächen abbürsten
		Bürstwalze	Teppiche abbürsten
		Waschdüse	Textilflächen einsprühen
…	…	…	…

Aufbauend auf den konkretisierten Technologiefunktionen auf der Objektebene des Informationsbedarfs, wird die Zweckebene unter Berücksichtigung der Auslöser für die Technologierecherche bestimmt. Der Informationsbedarf auf der Zweckebene lässt sich in diesem Fall mit dem Ziel der Identifikation von neuen Technologien in Form von Technologienamen formulieren, welche die zuvor auf Objektebene spezifizierten Technologiefunktionen erfüllen. Für die Ermittlung des Informationsbedarfs auf der qualitativen Ebene werden die maßgeblichen Rahmenbedingungen in diesem Fallbeispiel berücksichtigt, welche die geforderte Informationsqualität und -güte charakterisieren. Um neue Technologien möglichst zeitnah belastbar bewerten und gegebenenfalls

auch zügig in eigene Produkte überführen zu können, müssen die Informationen darüber möglichst valide sein. Ergänzt wurde dies durch die Maßgaben, dass eine möglichst große Datengrundlage operationalisierbar durchsucht werden soll und die potenziellen Informationen aufgrund einer gewissen Exklusivität einen Wettbewerbsvorteil bieten können.

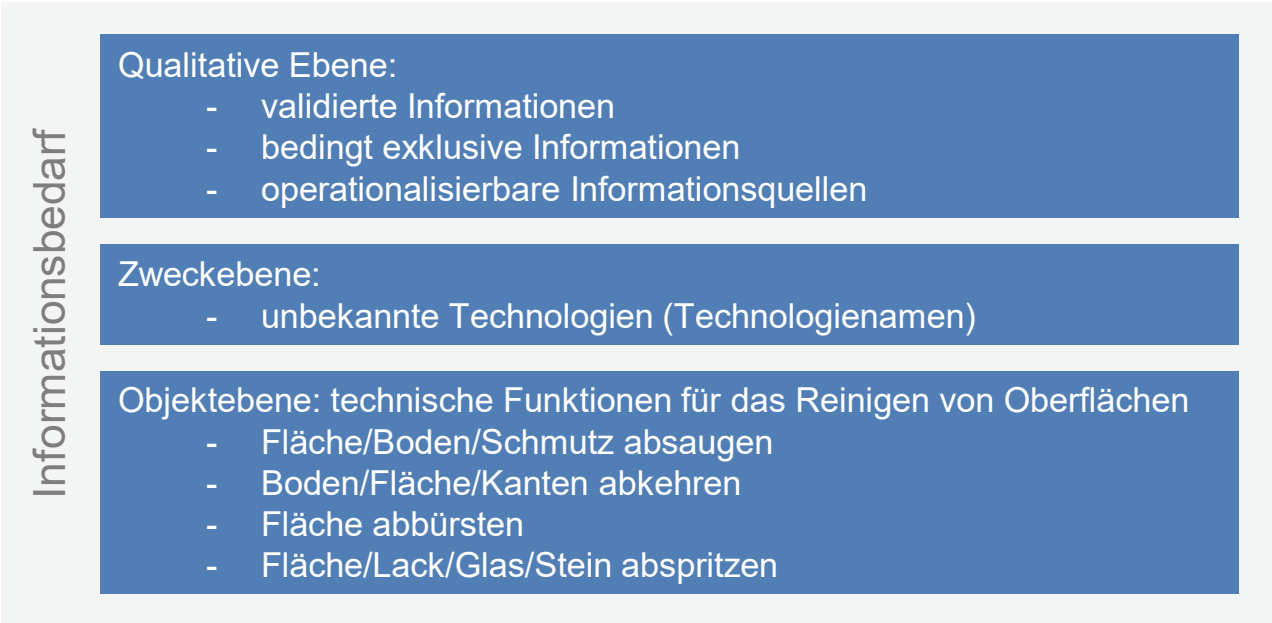


Abbildung 47: Zusammenfassung des Informationsbedarfs im Anwendungsfall: TechnologieRadar

Nach der Bestimmung des Informationsbedarfs wird dieser formal beschrieben, um eine operationalisierbare Grundlage zu schaffen. Auf Objektebene lässt sich das Technologiefeld in dem gesucht werden soll mittels technischer Funktionen beschreiben, welche aus der Technologie-Funktions-Matrix abgeleitet wurden. Die eine technische Funktion beschreibenden Objekt-Terme und Funktionsverb-Terme werden im Folgenden in Kombination als Suchtermini eingesetzt, um damit nach Entitäten der auf der Zweckebene definierten Technologienamen in unstrukturierten Texten zu suchen. Um das damit charakterisierte Suchmuster semantisch zu erweitern, werden synonyme

Suchtermini bestimmt. Intuitiv ergänzt der Bedarfsträger auf Basis eigener Erfahrung oder durch unternehmensinterne und -externe Experten die Suchtermini. Eine objektivere Identifikation von fallspezifischen Synonymen wird durch die explizite Berechnung von kontextspezifischen Synonymen aus der Funktions-Ontologie erreicht (vgl. Kapitel 4.6). Zur Gegenüberstellung der Rechercheergebnisse werden synonyme Suchtermini einerseits subjektiv und anderseits objektiv ermittelt. Alle anderen Elemente der Suchstrategie bleiben gleich, um weitere Einflussfaktoren auf die Ergebnisse der Technologiesuche auszuklammern.

Für die Bestimmung synonymer Suchtermini aus der Funktions-Ontologie wird in Protégé folgende Abfrage formuliert (DL Query).[74]

Funktionsverb

and (beeinflusst_Objekteigenschaft some makroskopische_Stoffverbindung)

and (symbolisiert_BeeinflussungsArt some (Verminderung or Aufhebung))

and (bedingt_Verwendbarkeit_Objekteigenschaft some (Feststoff_auf_Festkörper_Verbindung or Flüssigkeit_auf_Festkörper_Verbindung))

Die für die Abfrage eingesetzten Parameter (bspw. beeinflusste_Objekteigenschaft) ergeben sich aus den Funktionsprofilen der auf der Objektebene des Informationsbedarfs definierten technischen Funktionen (Technologiefunktion). Das Ergebnis der Abfrage enthält sowohl synonyme

[74] Die dargestellte DL Query ist nur eine ausgewählte Abfrage, um die Komplexität in diesem Fallbeispiel zu begrenzen. Eine abstrakter gefasste DL-Query ist beispielsweise: Funktionsverb and (beeinflusst_Objekteigenschaft some Festkörpervolumen) and (symbolisiert_BeeinflussungsArt some Verminderung)

Funktionsverben von mittelinduzierten Technologiefunktionen als auch abstrakter formulierte Nutzerfunktionen.

Unter besonderer Berücksichtigung der qualitativen Ebene des Informationsbedarfs findet die Auswahl der relevanten Informationsquelle statt (vgl. Tabelle 18). In dem vorliegenden Anwendungsfall wurde sich für eine Fachliteraturdatenbank (TEMA von WTI Frankfurt) entschieden, da diese einen sehr breiten technologischen Fokus zur branchenübergreifenden Identifikation von Technologien aufweist, eine gute Operationalisierbarkeit der millionenstarken Datengrundlage ermöglicht, validierte Literatur in Form von »reviewed papers« beinhaltet sowie eine gewisse Exklusivität der Informationen anbietet.

Die sich daraus ergebende Suchstrategie für den Anwendungsfall: TechnologieRadar lässt sich wie folgt zusammenfassen.

Informationsbedarf: *Welche Technologien existieren zum Reinigen von Oberflächen?*

Informationsquellen: *Fachdatenbank – TEMA von WTI-Frankfurt eG*

Suchtermini (Objekt-Verb-Term-Kombinationen)[75]:

Funktionsverben auf Basis von implizitem Wissen (Expertenwissen):

absaugen, abschleifen, abfegen, kehren, polieren, abwischen

Funktionsverben in Form von explizitem Wissen aus der Funktions-Ontologie:

[75] Zur Vereinfachung werden in den Anwendungsbeispielen nur Suchtermini aufgeführt, die in deutschsprachigen Informationsquellen vorkommen. Für eine umfassendere Recherche müssen diese Suchtermini auch in die jeweilige Sprache der Informationsquelle übersetzt werden. Die letztlich im Anwendungsfall verwendeten Suchtermini siehe Abbildung 48

abätzen, abfegen, abfeilen, abfräsen, abreiben, absaugen, abschleifen, abstrahlen, abstreifen, abtragen, abziehen, applanieren, auflösen, drahterodieren, ebnen, elysiersenken, funkenerosives senken, glätten, hobeln, hydrozerkleinern, laserstrahlabtragen, metallätzen, nivellieren, polieren, putzen, reinigen, sandstrahlen, säubern, scheuern, sputtern, abwischen

Objektklassen / -entitäten:

Bauteil, Ebene, Fließen, Film, Glas, Holz, Laminat, Oberfläche, Platte, Scheibe, Schicht, Stein, Straße, Tisch, Weg, Werkstück

Mittels dieser formalisierten Suchstrategie wird im Folgenden nach Technologien (Technologienamen) gesucht. Das Hauptaugenmerkt liegt dabei auf der Gegenüberstellung der Ergebnisse für die unterschiedlich ermittelten Suchtermini.

5.1.4 Text-Mining-basierte Suche nach Technologien und Ergebnisbewertung

Für die semiautomatische Suche nach neuen Technologien mittels Text-Mining-Software werden zunächst die notwendigen Suchlogiken formuliert und in eine Cartridge für die bereits erwähnte Analyse-Software Luxid® überführt. Zur Formulierung der Suchlogiken kann folgende Suchanfrage verbalisiert werden:

Welche Technologienamen kommen im zu analysierenden Text in unmittelbarer Nähe zu einer der synonymen technischen Funktionen vor?

Aus dieser Suchanfrage lassen sich drei Elemente für eine Suchlogik herauslösen. Zunächst müssen die Textpassagen identifiziert werden, in denen eine Entität aus der Klasse »Funktionsverb« und eine Entität aus der Klasse

»Objekt« (auch als Arbeitsgegenstand bezeichnet) so eng zueinander vorkommen (Proximität zueinander), dass ihnen eine semantische Verbindung zugeschrieben werden kann. Diese Objekt-Verb-Terme beschreiben eine technische Funktion, mit welcher wiederum oftmals eine Technologie näher charakterisiert wird. Unter dieser Maßgabe gilt es nun »beliebige Substantive« im Umfeld dieser Objekt-Verb-Term-Konstellationen im Text zu erkennen, welche potenziell einen Technologienamen darstellen könnten (vgl. Kapitel 4.8). Für den Vergleich der Ergebnisse durch die unterschiedliche Bestimmung von synonymen Funktionsverben (implizit vs. explizit), werden zwei Klassen für Funktionsverben in der Cartridge angelegt (vgl. Abbildung 48).

```
<concept name="Entity" display="always" level="10">
 <concept name="Funktionsverb_Implizit">
  <e>^(ab)?saugen|^(ab)?fegen|^(ab)?kehren|^(ab)?wischen|^(ab)?schleifen|polieren</e>
 </concept>
 <concept name="Funktionsverb_Explizit">
 <e>polieren|abstrahlen|sputtern|spanen|^(ab)?schmirgeln|honen|läppen|entrosten|entzundern
   |ablösen|absorbieren|abtragen|abziehen|abtrennen|^(ab)?ätzen|auflösen|ablösen|ab?beitzen
   |^(ab)?bürsten|entfernen|erodieren|^(ab)?fräsen|abspachteln|^(ab)?schaben|^(ab)?hobeln
   |^(ab)?reiben|^(ab)?scheuern</e>
 </concept>
 <concept name="Arbeitsgegenstand">
  <concept name="Untergrund">
   <e>(Teppich|Parkett|Laminat|PVC|Platten|Fliesen|Stein|Holz|Dielen|Asphalt|Beton)?/
     (Boden|Oberfläche|Untergrund|Weg|Straße|Platte)?</e>
  </concept>
  <concept name="Verbundenes_Objekt">
   <e>{/Role/Objekt: ^@Partikel}</e>
   <e>{/Role/Objekt: ^@Staub}</e>
   <e>Dreck|Stein|Sand|{/Role/Objekt: ^@Erde}</e>
   <e>{/Role/Objekt: ^@Schmutz}|{/Role/Objekt: ^@Verschmutzung}</e>
   <e>^([a-z]*)?Schicht</e>
   <e>{/Role/Objekt: ^@Film}</e>
   <e>Körner</e>
  </concept>
 </concept>
</concept>
```

Abbildung 48: Auszug aus der Luxid-Cartridge - Anwendungsfall: TechnologieRadar

Mittels der semiautomatischen Textanalyse konnten folgender Technologien (vgl. Tabelle 20) identifiziert werden. Gleichwohl sind diese zu diesem Zeitpunkt noch nicht hinsichtlich ihres Neuigkeitsgrads, ihrer Anwendbarkeit bzw.

ihres Reifegrads für den dieser Recherche zugrundliegenden Anwendungsfall bewertet.

Tabelle 20: Ergebnis der Suchen nach Technologien mittels unterschiedlich erstellter Suchstrategien aus 2131 Abstracts von wissenschaftlichen Veröffentlichungen

Technologien aus Suchstrategien auf Basis von implizitem Wissen (in der Praxis verbreitetes Vorgehen)	**Technologien aus Suchstrategien auf Basis von expliziten Wissen** (neu entwickeltes Vorgehen)
▪ Super-/Micro Bandfinishen ▪ Finishbearbeitung ▪ HSC-Fräsen ▪ Air jet pulse ▪ Nitalätzen	▪ Nassfräsen ▪ Magnetron sputtering ▪ CNX®-Technologie ▪ CO_2 dry cleaning ▪ Reaktives Trockenätzen ▪ Plasma Jet Machining ▪ Surface Micro Machining ▪ Intermittent grinding ▪ Thermo-smoothing ▪ Abrasive water-jet blasting ▪ Ion beam sputtering

Im direkten Vergleich der beiden Vorgehensweisen lässt sich feststellen, dass das in dieser Arbeit neu entwickelte Verfahren, eine Suchstrategie auf Basis von explizitem Wissen zu bereichern, 120 Prozent mehr Technologien bei einer auf Text-Mining basierenden analytischen Recherche hervorbringt als das in der Praxis weit verbreitete Vorgehen rein auf Basis von implizitem

Wissen.[76] Diese zusätzlich entdeckten Technologien lassen sich im anschließenden Prozessschritt des TechnologieRadars bewerten. Nicht zuletzt können durch die Identifikation der neuen Technologien in Verbindung mit einer daran angeknüpften kontinuierlichen Technologiebeobachtung aufkommende Chancen und Risiken für das eigene Unternehmen frühzeitig erkannt werden.

5.2 Anwendungsfall: MarktExplorer

5.2.1 Ausgangssituation

Das im Anwendungsfall MarktExplorer betrachtete Unternehmen mit über 14.000 Mitarbeitern und einem Jahresumsatz von ca. 3 Mrd. Euro entwickelt und produziert primär motorgetriebene Geräte für die Forstwirtschaft, Landschaftspflege und Bauwirtschaft. Die technologische Führerschaft und dem damit verbundenen weitreichenden Innovationsgeist zeigt sich an mehr als 1500 patentierten Erfindungen. Die dabei angesammelten Lösungskompetenzen in den unterschiedlichen spezifischen Technologiefeldern lassen sich vermutlich auch in noch unbekannten Anwendungsfeldern direkt oder indirekt vermarkten.

Die Auswahl dieses Unternehmens als Beispiel für die Erprobung des in dieser Arbeit vorgestellten Verfahrens begründet sich in den relativ gut nachvollziehbaren unternehmensinternen Technologiekompetenzen. Außerdem bieten die ausgewählten funktionalen Technologiefelder eine hinreichende Breite an

[76] Die in diesem dargestellten Beispiel aufgezeigten Vorteile sind exemplarisch und keineswegs auf alle Recherchen direkt übertragbar. Dennoch kann durch das Beispiel eine signifikante Verbesserung der fokussierten Informationsgewinnung mittels des neuen Verfahrens demonstriert werden.

potenziellen Anwendungsfeldern, in denen die unternehmenseigenen Technologiekompetenzen potenziell zur Problemlösung beitragen können.

Um die eigenen Technologiekompetenzen bestmöglich zu vermarkten und Erlöse für weitere Innovationen und Technologieentwicklungen erwirtschaften zu können, besteht eine wesentliche Herausforderung in der Identifizierung von potenziellen Anwendungsgebieten für die unternehmensspezifischen Problemlösungskompetenzen. Ziel ist es hierbei eine möglichst ganzheitliche Aufnahme des Anwendungspotenzials, um die Technologievermarktung (unternehmensintern und -extern) bestmöglich ausrichten zu können. Die Methode des MarktExplorers hat sich dafür, im Speziellen durch das systematische Vorgehen zur Zielerreichung, in der Praxis zahlreich bewährt. Im Besonderen die Identifikation von Konkurrenztechnologien und der damit verbundenen Anwendungsfelder offenbaren oftmals überraschende Anwendungspotenziale (Märkte) für die eigenen Technologiekompetenzen.

5.2.2 Verortung des neuen Verfahrens in der Methode MarktExplorer

Die Ziele der Methode des MarktExplorers, auf Basis des Fraunhofer MarktExplorers (Ardilio 2012), sind die systematische Identifikation von:

1. Attraktiven Anwendungen (Anwendungsfelder), welche mit dem unternehmenseigenen Technologieportfolio adressiert werden könnten.
2. Technologische Anforderungen (bspw. Komplementärtechnologien) an das eigene zukünftige Technologieportfolio, abgeleitet von den neu identifizierten attraktiven Anwendungsfeldern.

Die zur Identifikation notwendige Verknüpfung von technischen Anforderungen in den Anwendungsfeldern und den technischen Eigenschaften von Technologien erfolgt durch technische Funktionen, die eine abstrahierte Beschreibung

sowohl der Anforderung (Nutzerfunktion), als auch der Leistungsfähigkeit von Technologien (Technologiefunktion) ermöglichen (vgl. Kapitel 2.1.3). Zur Erreichung des ersten Ziels bedeutet dies zunächst eine Bestimmung von Nutzerfunktionen, welche mit dem unternehmenseigenen Technologieportfolio potenziell erfüllt werden können. Auf dieser Basis kann folglich nach Anwendungsfeldern gesucht werden, in denen diese technologischen Anforderungen benötigt werden. Zur Erreichung des zweiten Ziels müssen initial alle Nutzerfunktionen ermittelt werden, die zur Adressierung der neuen Anwendungsfelder notwendig sind. Für die Nutzerfunktionen, welche nicht durch das eigene bestehende Technologieportfolio erfüllt werden können, müssen neue technologische Lösungen gesucht werden.

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren soll im Anwendungsfall MarktExplorer besonders die Erreichung des ersten Ziels unterstützen, worauf im Folgenden näher eingegangen wird.

Die in der Literatur beschriebene Vorgehensweise untergliedert sich in vier Phasen (Ardilio 2012), deren Charakterisierung aus Praxiserfahrungen erweitert wurde (vgl. Abbildung 49):

Phase 1: Technologieanalyse

Die erste Phase beginnt mit der Analyse der eigenen Technologiekompetenzen. Diese werden zu einem Technologieportfolio aggregiert, woraus die Technologien abgeleitet werden, für die nach neuen Anwendungsfeldern gesucht werden soll. Die Auswahl der relevanten Technologien erfolgt in der Praxis anhand unterschiedlicher Kriterien (bspw. Wegfall bestehender Märkte durch Substitutionstechnologien oder ein aufkommender Technologietrend), die häufig auch die Auslöser für die Suche nach neuen Anwendungsfeldern

darstellen.[77] Das Leistungsspektrum der ausgewählten Technologien wird anschließend in Form von Technologiefunktionen formal beschrieben. Für die spätere Bewertung der Einsatzfähigkeit der untersuchten Technologien in neuen Anwendungsgebieten bedarf es schließlich noch der Spezifizierung der (Funktions-)Attribute[78], welche das explizite Leistungsvermögen konkretisieren.

Phase 2: Technologiewettbewerbsanalyse

In der zweiten Phase werden zunächst die potenziellen Weiterentwicklungen der eigenen, ausgewählten Technologien untersucht, um deren zukünftige Leistungsfähigkeit abschätzen zu können. Diese Technologie-interne Sicht schließt auch eine Analyse der direkten Wettwettbewerber ein, die ebenso eine Kompetenz in den eigenen Technologien aufweisen können und bereits heute schon alternative Märkte damit bedienen.

Der Fokus liegt jedoch auf der Identifizierung von Konkurrenztechnologien, die aus Technologie-externer Sicht ein (teilweise) gleiches Leistungsspektrum erfüllen. Die häufig branchenfremden Technologien stehen dabei aufgrund ihrer technischen Funktionen bereits heute oder zukünftig im direkten Wettbewerb zur eigenen Technologie. Die Identifikation dieser branchenfremden Konkurrenztechnologien erweist sich in der Praxis jedoch als nichttriviale Aufgabe, da nicht zuletzt die Technologien anhand von für die suchende Person unbekannter Technologiefunktionen in expliziten Informationsquellen

[77] Eine detaillierte Betrachtung des Auswahlprozesses und der relevanten Methoden soll nicht Teil dieser Arbeit sein.

[78] Attribute symbolisieren die physikalischen und kognitiven Merkmale von technischen Funktionen, welche die Leistungsparameter einer Technologie bzw. der in einem Produkt umgesetzten Technik beschreiben (bspw. Messgenauigkeit, Baugröße oder Leistungsaufnahme)

beschrieben werden. Zur systematischen Identifikation dieser branchenfremden Konkurrenztechnologien findet das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren Anwendung (vgl. Kapitel 5.2.3 und 5.2.4).

Phase 3: Applikationsanalyse

Auf Grundlage der bestimmten technischen Funktionen (Zweck- und Technologiefunktionen) sowie der identifizierten Konkurrenztechnologien sollen in dieser Phase mögliche neuen Anwendungen / Anwendungsfelder für die eigenen Technologien strukturiert aufgenommen werden. Die Quellen für die Ermittlung neuer Anwendungen können dabei folgender Natur sein:

- Existierende Applikationen von Konkurrenten und Konkurrenztechnologien
- Kreativitätstechniken: Workshops mit internen und externe Expertenteam
- Analyse von strukturierten Quellen, bspw. in gleichen / benachbarten Patentklassen oder Branchenstrukturbäumen (»Branche-force-fitting«)
- Semantische Recherchen in unstrukturierten Quellen auf Basis technischer Funktionen

Phase 4: Applikationsbewertung

In der letzten Phase werden die identifizierten neuen Anwendungen / Anwendungsfelder auf ihre Potenziale für das eigene Unternehmen bewertet. Dabei fließen neben den technologischen Kriterien (bspw. technologischer Reifegrad für eine konkrete Anwendung) auch markt- und wettbewerbsrelevante Kriterien mit ein (bspw. Markzugangsbarrieren; emergenter oder etablierter Markt).

Die explizite Bestimmung und Bewertung von neuen Anwendungsfeldern ist nicht Kern dieser Arbeit, sodass die Phasen 3 und 4 nicht im Detail beleuchtet werden.

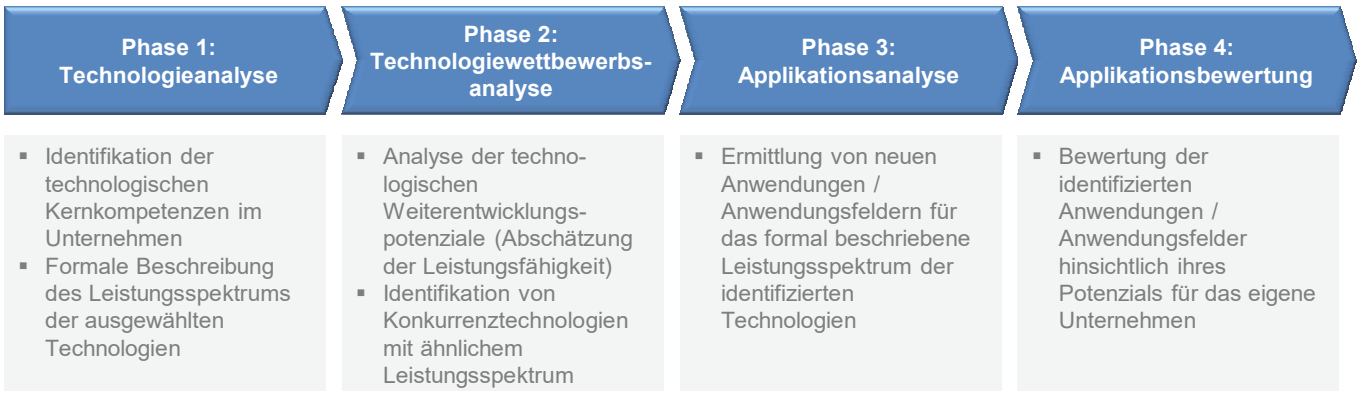


Abbildung 49: Phasen der Methode: MarktExplorer

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren unterstützt den Anwender der Methode MarktExplorer dabei, die für die Technologiewettbewerbsanalyse relevanten Informationsbedarfe systematisch in Suchstrategien zu überführen. Für eine effektive Recherche adressiert das neue Verfahren die objektive Bestimmung von Suchtermini. Des Weiteren hilft es durch eine Kriterien-basierte Auswahl von Informationsquellen sowie die Definition von operationalisierbaren Suchlogiken eine möglichst effiziente Recherche in großen Datenmengen durchzuführen.

5.2.3 Fallspezifische Erstellung einer Suchstrategie für den MarktExplorer

Für eine systematische Technologiewettbewerbsanalyse im Rahmen des MarktExplorers ist zunächst der konkrete technologische Informationsbedarf zu erfassen, welcher der Recherche zugrunde liegen soll (vgl. Kapitel 4.1). Der Auslöser für die Technologierecherche, zur späteren Identifikation von Märkten in denen Wettbewerbstechnologien Anwendung finden, lässt sich mit folgender Frage formulieren:

Welche Konkurrenztechnologien existieren für eine spezifische Technologie (Technologiefeld), in der das eigene Unternehmen hohe Kompetenzen besitzt?

Zur formalen Erfassung des Informationsbedarfs wird auf der Objektebene zunächst das technologische Suchfeld mit Hilfe einer Kernkompetenzanalyse eingegrenzt. Speziell eine systematische Produktzerlegung hilft hierbei die Produkttechnologien zu identifizieren, welche einen wesentlichen Beitrag zur Leistungserfüllung im Produktsystem liefern. Mittels einer Technologie-Funktions-Matrix lassen sich schließlich explizite Technologiefunktion (technische Funktionen) den einzelnen Produkttechnologien zuschreiben, die sie im analysierten Produktsystem erfüllen (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Beispielhafter Auszug aus der Technologie-Funktions-Matrix für Schneid- und Trenngeräte

Produkte	Funktionsgruppen	Trennwerkzeug	technische Funktion
Kettensäge	Sägeeinheit	Sägekette auf Führungsschiene	Holz sägen
	Bedieneinheit		
	Ölpumpe		
	Gehäuse		
	Motor		
	…		
Hochentaster	Sägeeinheit	Sägekette auf Führungsschiene	Bäume beschneiden / entasten
	Teleskopschaft		
	Gehäuse		
	Multifunktionsgriff		
	Trageeinheit		
	…		
Rettungssäge	Sägeeinheit	Sägekette auf Führungsschiene	Metall / Holz / Verbundmaterial / Panzerglas sägen / durchtrennen
	…		
Carvingsägen	Sägeeinheit	Sägekette auf Führungsschiene (Carvingschiene)	Holz sägen
	…		
Kombisystem	Wechselbare Schneideeinheit	Hoch-Entaster	Bäume beschneiden / entasten
		Gestrüppschneider (Messerbalken)	Gestrüpp beschneiden / zurückschneiden
		Heckenschneider (Messerbalken)	Gestrüpp beschneiden / zurückschneiden
		Kantenschneider	Gras schneiden
		Motorsense mit Mähkopf	Gras/Unkraut mähen
		Motorsense mit Grasschneideblatt	Gras/Unkraut mähen
	…		
Freischneider	Trenneinheit	Dickichtmesser 2 oder 3 Flügel	Gras / Unkraut / Gestrüpp schneiden
		Grasschneideblatt	Gras / Unkraut / Büsche (be-)schneiden
		Häckselmesser	Gestrüpp / Hecken (be-)schneiden
		Mähfaden	Gras schneiden
	…		
Heckenscheren / Heckenschneider	Trenneinheit	Ein-/zweiseitiges Schneidmesser	Hecken beschneiden
	…		
Gesteinschneider	Trenneinheit	Diamant-Trennschleifkette	Beton / Stein / Kanalrohre schneiden
	Führungsschiene mit Wasserführung		
	Wasseranschluss		
	…		
Häcksler	Trenn-/Häckseleinheit	Messerwalze	Schnittgut schneiden (zerkleinern)
	…		
...	...	...	...

Eine kompetenzbasierte Priorisierung und somit Eingrenzung des Suchfeldes kann entweder auf Grundlage der identifizierten Technologien oder der daraus abgeleiteten Technologiefunktionen erfolgen. Im vorliegenden Beispiel wurde

das Suchfeld auf technische Funktionen zum Trennen von Festkörpern fokussiert. Darauf aufbauend wird der Informationsbedarf auf der Zweckebene unter Berücksichtigung des Auslösers für die Technologierecherche spezifiziert. In diesem Fallbeispiel ist es Ziel alternative Technologien (Technologienamen) zu identifizieren, welche die auf Objektebene bestimmten technischen Funktionen (abstrahiert auf Nutzerfunktionen) erfüllen können. Abschließend ist der Informationsbedarf auf der qualitativen Ebene zu bestimmen, wobei die Anforderungen an Informationsqualität und -güte durch die Rahmenbedingungen in diesem Fallbeispiel charakterisiert sind. Für eine belastbare Bewertung von etwaigen Wettbewerbstechnologien und ihren Anwendungsgebieten müssen die gewonnenen Informationen möglichst valide sein. Eine hohe Aktualität der Informationen ist dabei ebenso irrelevant, wie ein exklusiver Zugang zu ihnen. Wesentlich ist jedoch auch hier die Möglichkeit die Datengrundlage operationalisierbar durchsuchen zu können, um eine große Grundgesamtheit an Informationsquellen (Informationsträgern) effizient analysieren zu können.

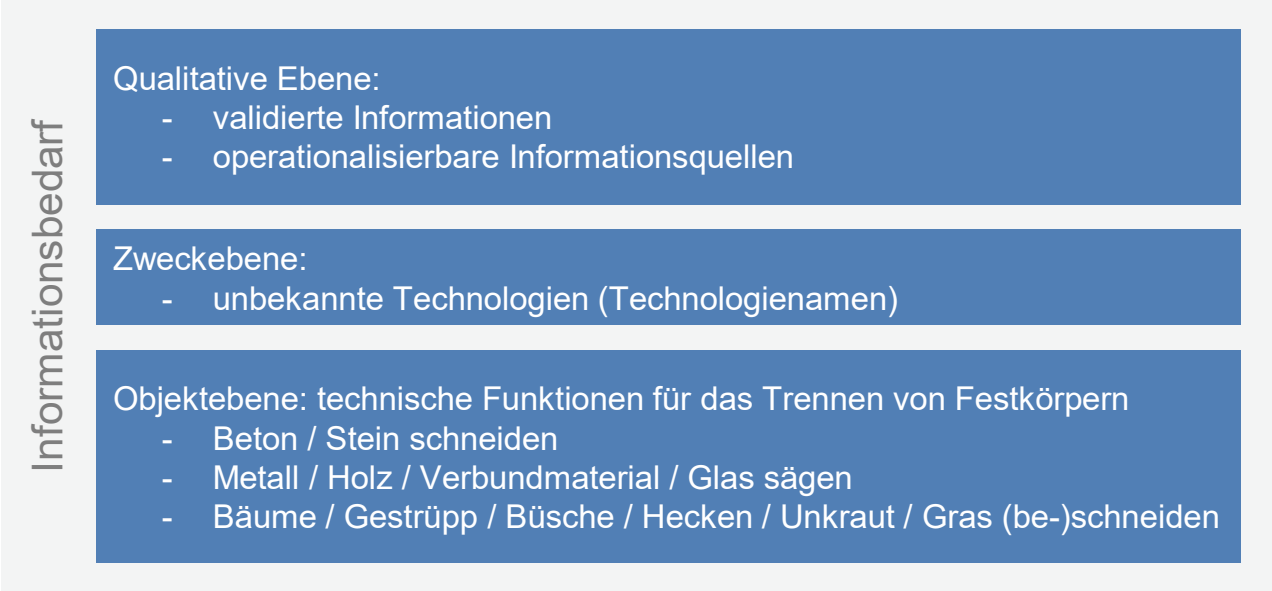


Abbildung 50: Zusammenfassung des Informationsbedarfs im Anwendungsfall: MarktExplorer

Zur Erstellung einer operationalisierbaren Grundlage, wird der auf der Objektebene konkretisierte Informationsbedarf formal beschrieben. Dafür werden die aus der Technologie-Funktions-Matrix abgeleiteten technischen Funktionen in Suchtermini überführt. Die aus Kombinationen von Objekt-Term und Funktionsverb-Term bestehenden Suchtermini werden schließlich durch synonyme Suchtermini ergänzt. Diese Erweiterung der Suchtermini erfolgt bei Bedarfsträgern einerseits intuitiv, auf Basis eigener Erfahrungen oder durch das Wissen unternehmensinterner und -externer Experten. Andererseits unterstützt die explizite Berechnung von kontextspezifischen Synonymen aus der Funktions-Ontologie eine objektive Identifikation von fallspezifischen synonymen Suchtermini (vgl. Kapitel 4.6). Zur Gegenüberstellung der Recherche-ergebnisse werden synonyme Suchtermini einerseits subjektiv und anderseits objektiv ermittelt. Alle übrigen Elemente der Suchstrategie bleiben unverändert, um zusätzliche Einflussfaktoren auf die Ergebnisse der Technologiesuche auszuklammern.

Für die Bestimmung synonymer Suchtermini aus der Funktions-Ontologie wird in Protégé folgende Abfrage formuliert (DL Query)[79]:

Funktionsverb

and (beeinflusst_Objekteigenschaft some Volumen)

and (symbolisiert_BeeinflussungsArt some Verminderung)

and (bedingt_Verwendbarkeit_Objekteigenschaft some Festkörper)

[79] Die dargestellte DL Query ist nur eine ausgewählte Abfrage, um die Komplexität in diesem Fallbeispiel zu begrenzen. Eine weitere Abfrage ist bspw.: Funktionsverb and (beeinflusst_Objekteigenschaft some mikroskopische_Stoffverbindung) and (symbolisiert_BeeinflussungsArt some Aufhebung) and (bedingt_Verwendbarkeit_Objekteigenschaft some Festkörper)

Die für die Abfrage eingesetzten Parameter (bspw. beeinflusste_ Objekteigenschaft) ergeben sich aus den Funktionsprofilen der auf der Objektebene des Informationsbedarfs definierten technischen Funktionen (Technologiefunktion). Das Ergebnis der Abfrage enthält sowohl synonyme Funktionsverben von mittelinduzierten Technologiefunktionen als auch abstrakter formulierte Nutzerfunktionen.

Zur Vervollständigung der Suchstrategie findet unter Berücksichtigung der qualitativen Ebene des Informationsbedarfs die Auswahl an relevanten Informationsquellen statt (vgl. Tabelle 18). Für den hier beschriebenen Anwendungsfall wurde sich für eine Fachliteraturdatenbank (TEMA von WTI Frankfurt) entschieden. Die Fachliteraturdatenbank bietet einen branchenübergreifenden technologischen Fokus und eine sehr gute Operationalisierbarkeit der millionenstarken Datengrundlage in Form von »reviewed papers«.

Die sich daraus ergebende Suchstrategie für den Anwendungsfall: MarktExplorer lässt sich wie folgt zusammenfassen.

Informationsbedarf: *Welche Technologien existieren zum Trennen von Festkörpern?*

Informationsquellen: *Fachdatenbank – TEMA von WTI-Frankfurt eG*

Suchtermini (Objekt-Verb-Term-Kombinationen)[80]:

Funktionsverben auf Basis von implizitem Wissen (Expertenwissen):

abbrechen, abhacken, absägen, (ab-)trennen, abreißen, abteilen, (ab-)spalten, brechen, zersägen, zerteilen

Funktionsverben in Form von explizitem Wissen aus der Funktions-Ontologie:

abbrechen, abdrehen, abhacken, abhauen, abholzen, abklemmen, abkneifen, abknicken, ablösen, abreißen, (ab-)schlagen, (ab-/be-/durch-)schneiden, (ab-/durch-)trennen, fräsen, hobeln, läppen, mähen, roden, scheren, splittern, stutzen, (zer-)teilen, trennschleifen, (ver-)kürzen

Objektklassen / -entitäten:

Bauteil, Beton, Dämmstoff, Estrich, Faser, Fließen, Gestein, Glas, Guss, Holz, Kunststoff, Leder, Membran, Metall, Papier, Platte, Putz, Scheibe, Stein, Steinzeug, Steingut, Stoff, Terrakotta, Teppich, Verbundstoff, Werkstoff, Werkstück, Ziegel,

Mittels dieser formalisierten Suchstrategie wird im Folgenden nach Technologien (Technologienamen) gesucht. Das Hauptaugenmerkt liegt dabei auf der Gegenüberstellung der Ergebnisse für die unterschiedlich ermittelten Suchtermini.

---

[80] Zur Vereinfachung werden in den Anwendungsbeispielen nur Suchtermini aufgeführt, die in deutschsprachigen Informationsquellen vorkommen. Für eine umfassendere Recherche müssen diese Suchtermini auch in die jeweilige Sprache der Informationsquelle übersetzt werden. Die letztlich im Anwendungsfall verwendeten Suchtermini siehe Abbildung 51.

5.2.4 Text-Mining-basierte Suche nach Technologien und Ergebnisbewertung

Zunächst wird das Suchmuster in Form von Suchlogiken formuliert und in eine Cartridge überführt, die für die semiautomatische Suche mittels der Analyse-Software Luxid® notwendig ist. Zur Formulierung der Suchlogiken kann folgende Suche verbalisiert werden:

> *Welche Technologienamen kommen im zu analysierenden Text in unmittelbarer Nähe zu einer der synonymen technischen Funktionen vor?*

Drei wesentliche Elemente lassen sich aus dieser Suchanfrage herauslösen, welche schließlich in der Text-Mining-Cartridge abgebildet werden müssen. Zum einen die Entitäten der Klasse »Funktionsverb« und die Entitäten der Klasse »Objekt« (Arbeitsgegenstand), welche als Objekt-Verb-Term-Kombination Technologien beschreiben können. Zum anderen soll nach Substantiven (Such-Token) im direkten Umfeld (Proximität) der Objekt-Verb-Term-Kombination gesucht werden, welche potenziell eine Technologie (Technologienamen) darstellen könnten (vgl. Kapitel 4.8). Für den Vergleich der Ergebnisse durch die unterschiedliche Bestimmung von synonymen Funktionsverben (implizit vs. explizit), werden zwei Klassen für Funktionsverben in der Cartridge angelegt (vgl. Abbildung 51).

```
<concept name="Entity" display="always" level="10">
 <concept name="Funktionsverb_Implizit">
  <e>trennen|abtrennen</e>
  <e>zerteilen|abteilen</e>
  <e>spalten|abspalten</e>
  <e>zersägen|absägen</e>
  <e>seperate|divide|(cut/ off)|split|(saw/ off)|abort|break|(rip/ off)|reduce</e>
  <e>brechen|minimieren|hacken|subtrahieren|reduzieren|dezimieren|reißen</e>
 </concept>
 <concept name="Funktionsverb_Explizit">
  <e>Drehen|Bohren|Fräsen|Hobeln|Stoßen|Räumen|Sägen|Feilen|Bürsten|Schlagspanen</e>
  <e>Schleifen|Hohnen|Läppen|Abtrennen|Gleitschleifen|Strahlspanen</e>
  <e>abtragen|zerlegen|reinigen|evakuieren</e>
  <e>abbrechen|abdrehen|abgrenzen|abhacken|abhauen|abholzen|abklemmen|abkneifen|abknicken
   |abknöpfen|abkoppeln|abkuppeln|ablösen|abmachen|abreißen|abschaben|abschlagen|abschneiden
   |absondern|abstutzen|abtrennen|amputieren|anschneiden|aufschneiden|(auseinander/ brechen)
   |(auseinander/ bringen)|(auseinander/ nehmen)|(auseinander/ reißen)|auslösen|beschneiden
   |brechen|differenzieren|durchschneiden|durchtrennen|entfernen|entfremden|entzweibrechen
   |entzweigehen|fällen|(gegeneinander/ abgrenzen)|gliedern|holzen|(in/ Scheiben/ schneiden)
   |(in/ Stücke/ schneiden)|isolieren|kappen|kürzen|lösen|mähen|roden|sägen|scheiden|scheiden
   |scheren|schlagen|schnitzen|schroten|separieren|sondern|spalten|splittern|sprengen|stückeln
   |stutzen|teilen|umhauen|(uneins/ machen)|vereinzeln|verkleinern|verkürzen|wegschneiden
   |zerbrechen|zerfallen|zerlegen|zerreißen|zerschneiden|zerschnippeln|zerteilen</e>
 </concept>
 <concept name="Objekt_Arbeitsgegenstand">
  <e>([A-Z]*)?/(Glas|Kunststoff|Plastik|Holz|Papier|Metall|Stahl|Aluminium|Stein|Ziegel
  |Terrakotta|Beton|Putz|Platte|Estrich|Faserzement|Verbundstoff|Werkstoff|Stoff|Leder
  |Textil|Teppich|Membran|Dämmstoff)/([a-z]*)?</e>
 </concept>
</concept>
```

Abbildung 51: Auszug aus der Luxid-Cartridge - Anwendungsfall: MarktExplorer

Auf Grundlage der in der Cartridge abgebildeten Suchlogiken wurden mittels der Text-Mining-Software folgende Technologien (vgl. Tabelle 22) identifiziert. Zu diesem Zeitpunkt sind die gefundenen Technologien noch nicht bezüglich ihres Neuigkeitsgrads, ihrer Anwendbarkeit bzw. ihres Reifegrads für den dieser Recherche zugrundeliegenden Anwendungsfall bewertet.

Tabelle 22: Ergebnis der Suchen nach Technologien mittels unterschiedlich erstellter Suchstrategien aus 2757 Abstracts von wissenschaftlichen Veröffentlichungen

Technologien aus Suchstrategien auf Basis von implizitem Wissen (in der Praxis verbreitetes Vorgehen)	**Technologien aus Suchstrategien auf Basis von expliziten Wissen** (neu entwickeltes Vorgehen)
▪ ps-laser glass cutting ▪ Mikrofräsen ▪ Laser beam cutting ▪ Deterministisches Schleifen ▪ Abrasiv-Wasserstrahlschneiden	▪ Elektrochemisches Präzisionsabtragen ▪ ps-laser glass cutting ▪ Abrasiv waterjet turning ▪ BTA-Tiefbohren ▪ Laserstrahlpolieren ▪ Ultrakurzpuls-Laser ▪ Adiabatisches Trennen ▪ Plasma-Jet-System – Atmosphären-druck-Plasmaverfahren ▪ Hochgeschwindigkeits-Scherschneiden

Das in dieser Arbeit neu entwickelte Verfahren, eine Suchstrategie auf Basis von explizitem Wissen zu bereichern, bringt bei einer auf Text-Mining basierenden analytischen Recherche 80 Prozent mehr Technologien hervor, als das üblicherweise in der Praxis verbreitetet Vorgehen auf Basis von implizitem Wissen.[81] Die identifizierten Technologien lassen sich im anschließenden Prozessschritt des MarktExplorers bewerten, welcher jedoch nicht mehr Bestandteil dieser Arbeit ist.

[81] Die in diesem dargestellten Beispiel aufgezeigten Vorteile sind exemplarisch und keineswegs auf alle Recherchen direkt übertragbar. Dennoch kann durch das Beispiel eine signifikante Verbesserung der fokussierten Informationsgewinnung mittels des neuen Verfahrens demonstriert werden.

6 Diskussion des Verfahrens und Fazit

Die praktische Anwendung des neuen Verfahrens (vgl. Kapitel 5) zeigt signifikante Vorteile beim Einsatz für recherchebasierte Informationsgewinnungsmethoden zur systematischen Identifikation von unbekannten (branchenfremden) Technologien. Im Folgenden werden wesentliche Aspekte des Verfahrens und deren Anwendung diskutiert. Dabei werden die Zielsetzungen dieser Arbeit sowie die in Kapitel 3.2 formulierten Anforderungen an ein neues Verfahren nochmals aufgegriffen.

Phasenübergreifenden Verfahrens zur systematischen Formulierung von Suchstrategien

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren verbindet die Phasen der Bestimmung des Informationsbedarfs und der Informationsrecherche im Informationsprozess durch ein systematisches Vorgehen bei der Erstellung und Formalisierung des Informationsbedarfs sowie der anschießenden operationalisierten Übersetzung des formalisierten Informationsbedarfs in objektive Suchmuster.

Für eine terminologisch möglichst breit (Sprachraum übergreifend) beschriebene Suchstrategie wird der Informationsbedarf der Bedarfsträger zunächst systematisch erhoben und mittels technischer Funktionen (Objekt-Verb-Term-Kombinationen) formalisiert. Besonders bei der systematischen Erhebung des Informationsbedarfs auf der Objektebene (Suchraumbestimmung) ist die richtige Auswahl bewährter Methoden (vgl. Kapitel 4.1) essentiell, um eine möglichst umfassende Ermittlung von technischen Funktionen zu gewährleisten, welche für den Bedarfsträger von Relevanz sein könnten. Diese subjektive Erhebung der den Informationsbedarf repräsentierenden Suchtermini bedarf zunächst Experten im jeweiligen Anwendungs- oder Technologiefeld. Diese initiale Sammlung von Suchtermini basiert jedoch rein auf dem

impliziten Wissen der verfügbaren Experten. Für die Erstellung einer objektiven Suchstrategie werden mit Hilfe dieser Suchtermini ergänzende, auf explizitem Wissen basierende Suchtermini operationalisiert bestimmt. Ist dieses implizite Wissen jedoch nicht oder nur unzureichend verfügbar, so kann auch die operationalisierte Bestimmung von zusätzlichen Anwendungsfeld-übergreifende Suchtermini nur eingeschränkt erfolgen.

Der Bedarfsträger erhält mit diesem Verfahren eine Systematik für eine reproduzierbare Identifikation von neuen Technologien. Die objektive Bestimmung von relevanten (synonymen) Suchtermini für die Identifikation von unbekannten Technologien über terminologische Sprachgrenzen hinweg ist relativ unabhängig vom Zugang zu ganzheitlichen Expertenwissen. Gleichwohl bedarf es initial eines höheren Aufwands als die Erstellung von Suchstrategien rein auf implizitem Expertenwissen. Folglich wird dieses Verfahren besonders dann empfohlen, wenn der Informationsbedarf längerfristig von Bedeutung ist und somit eine kontinuierliche Beobachtung entsprechender Themenfelder notwendig wird, oder wenn ein möglichst ganzheitliches Bild von möglichen Optionen erhoben werden soll, wobei bestehende Denkmuster bewusst aufgebrochen werden sollen.

Für die systematische Formulierung einer Suchstrategie erfolgt neben der Bestimmung von Suchtermini eine Kriterien-basierte Auswahl an relevanten Informationsquellen (vgl. Kapitel 4.7). In spezifischen Anwendungsfällen kann eine themenspezifische Selektierung der Informationsquellen jedoch obsolet werden, wenn bspw. die Grundgesamtheit möglicher Informationsträger derart klein ist, dass eine ganzheitliche Betrachtung mittels automatisierter Analysen in einer angemessenen Zeit möglich ist. Heutzutage besteht jedoch nicht immer ein digitaler Zugang zu den jeweils relevanten Informationsquellen, sodass effiziente automatisierte Analysen mittels Text-Mining-Software nur bedingt eingesetzt werden können.

Funktionsprofil als beschreibendes Konstrukt zur operationalisierbaren Bestimmung von synonymen Suchtermini

Zur möglichst objektiven Bestimmung von synonymen Suchtermini als Bestandteil der Suchstrategie wurde das Funktionsprofil als beschreibendes Konstrukt im Technologiemanagement entwickelt. Die Elemente des Funktionsprofils (vgl. Kapitel 4.4) charakterisieren technische Funktionen eindeutig (bspw. durch die Art der Beeinflussung einer konkreten Objekteigenschaft), wodurch diese kontextspezifisch operationalisierbar verglichen werden können (d.h. nicht mehr nur auf Basis des impliziten Wissens von Experten). Technische Funktionen werden dabei sowohl als mittelinduzierte Technologiefunktion als auch als abstraktere Nutzerfunktion abgebildet. Nutzerfunktionen werden im Funktionsprofil jedoch ohne (Arbeitsmittel spezifische) Verwendbarkeitseigenschaft beschrieben. Dies muss der Anwender bei operationalisierten Bestimmung (Erstellung der Abfragen) von synonymen Funktionsverben berücksichtigen, um Entitäten sowohl für Technologiefunktionen als auch Nutzerfunktionen zu erhalten.

Für den Nutzer besteht die größte Herausforderung jedoch darin, dass bis heute noch keine vollumfängliche Sammlung von Funktionsprofilen im Technologiemanagement existiert. Folglich müssen potenziell relevante Funktionsprofile im jeweiligen Kontext zunächst mittels Big Data Analysen erhoben werden (vgl. Kapitel 4.5). Der Autor ist sich jedoch sicher, dass dies in näherer Zukunft durch die rasche Entwicklung von automatisierten Textanalysewerkzeuge wesentlich vereinfacht werden kann und durch eine (Pre-analytical) Softwarelösung dem Nutzer abgenommen wird.

Ontologie zur kontextspezifischen Berechnung synonymer technischer Funktionen

Für die operationalisierbare Bestimmung von synonymen Funktionsverben wurden die beschreibenden Konstrukte (Funktionsprofile) in einer Ontologie

abgebildet. Die darin abgebildeten Entitäten und ihre Relationen zueinander repräsentieren explizites Wissen, ohne dass eine Aussage über die Synonymität unter den Funktionsverben festgeschrieben wurde. Obgleich damit die Pflege eines Katalogwissens über kontextspezifische Synonymitäten unter den gesammelten Funktionsverben vermieden werden kann, muss die Funktions-Ontologie zunächst aufgebaut und kontinuierlich erweitert werden. Die darin abgebildeten Funktionsprofile werden in ihrer Aussage auch zukünftig nicht unrichtig, sodass nur eine Ergänzung der im Sprachgebrauch befindlichen Funktionsprofile erfolgen muss.

Die erstellte Funktions-Ontologie repräsentiert als beschreibende Sammlung von technischen Funktionen ein Teil der Wissensdomäne »Technologiemanagement« und wird als semantisches Netz auch für andere Anwendungszwecke im Technologiemanagement Einsatz finden können. Die in dieser Arbeit erstellte Funktions-Ontologie bildet jedoch nur einen Ausschnitt an technischen Funktionen (Fokus auf stofftrennende Funktionen) ab. Für einen breiten Einsatz in der Praxis muss diese Funktions-Ontologie um eine Vielzahl von Funktionsprofilen erweitert werden. Durch eine objektive automatisierte Bestimmung von Entitäten der Funktionsprofile mittels Text-Mining-Ansätzen lässt sich ein subjektiver Aufbau der Wissensbasis und somit der Einfluss eines Bias vermeiden.

Gleichwohl ist aus heutiger Sicht für die Erweiterung der Ontologie-Struktur ein Experte im Technologiemanagement mit Wissen über den funktionssemantischen Ansatz essentiell, um neue Objekteigenschaften und Objektklassen in einer Art und Weise aufzunehmen, dass der Semantic Reasoner (inference machine) synonyme Funktionsverben in einer nutzerfreundlichen Zeit berechnen kann.

Fazit zur Anwendung des Verfahrens

Bei der Anwendung des neuen Verfahrens zeigt sich, dass die Resultate sehr stark von der zur Verfügung stehenden Art und Menge an Informationsträgern (Dokumenten) abhängen, welche analysiert werden können. In dieser Arbeit wurde primär aus lizenzrechtlichen Gründen auf die Analyse von Abstracts wissenschaftlicher Veröffentlichungen gesetzt, da der Zugang zu Fullpapers in der notwendigen großen Menge nicht möglich war. Diese Einschränkung der Grundgesamtheit beeinflusste sowohl die automatisierte Identifikation von Funktionsprofilen als auch die darauf aufbauende Suche nach neuen Technologien.

Das auf Methoden und Werkzeuge gestützte systematische Vorgehen erhöhte die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Ergebnisse. Insbesondere durch den Einsatz eines Text-Mining-Werkzeugs zur Informationsextraktion konnte die Analysezeit je Informationsträger signifikant reduziert werden. Jedoch bedarf es zur Abbildung der in der Suchstrategie formulierten Suchtermini in für die Text-Mining-Software interpretierbare Analyselogiken heute noch hinreichend viel Wissen und Erfahrung auf dem Gebiet der Computerlinguistik und der Syntaxen zur Erstellung von Cartridges für die Text-Mining-Software.

7 Zusammenfassung

Neue Technologien bringen häufig Innovationen hervor und verändern damit nicht selten bestehende Märkte radikal. Unternehmen stehen folglich vor der Herausforderung möglichst frühzeitig Informationen über neue (branchenfremde) Technologien zu gewinnen, um diese in ihre strategischen Entscheidungen einfließen zu lassen.

Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Ontologie-gestützten Formulierung von Suchstrategien für eine branchenübergreifende Identifikation von Technologien in unstrukturierten Informationsquellen. Zur Konkretisierung dieses Vorhabens wurden folgende Teilziele definiert:

1. Entwicklung eines phasenübergreifenden Verfahrens zur systematischen Formulierung von auf den avisierten Informationsbedarf fokussierten aber terminologisch breit beschrieben Suchstrategien. Ausgehend von der Erhebung und Formalisierung des Informationsbedarfs sollen objektive Suchstrategien mittels einer operationalisierbaren Bestimmung von relevanten Suchtermini erstellt und in eine objektive, anwendungsfeldübergreifende Suchlogik für eine automatisierte Informationsextraktion überführt werden.
2. Konzeption und Entwicklung eines beschreibenden Konstrukts als Vergleichsgrundlage für technische Funktionen zur operationalisierbaren Bestimmung von synonymen funktionsbasierten Suchtermini.
3. Entwicklung und exemplarischer Aufbau einer Ontologie zur kontextspezifischen Berechnung synonymer technischer Funktionen. Für den Aufbau der Ontologie wird ein Vorgehen entwickelt und erprobt, mit dem die beschreibenden Konstrukte automatisiert bestimmt werden können.

Die Identifikation von Informationen über Technologien ist Aufgabe in unterschiedlichen Unternehmensbereichen (bspw. Technologie- und Innovationsmanagement, Business Development oder M&A). Alle sehen sich jedoch mit der Herausforderung konfrontiert, dass die Menge an verfügbaren Informationen exponentiell wächst. Speziell für technologiegetriebene kleine und mittelständige Unternehmen sind personell aufwendige Rechercheprozesse und teure Expertennetzwerke in der Praxis keine adäquate Lösung. Zum Aufbrechen bestehender Denkmuster und zur Nutzung alternativer Informationsquellen ist eine systematische und fokussierte Vorgehensweise essentiell. Nicht zuletzt aufgrund des oftmals nur beschränkten Zugangs zu implizitem Wissen von Experten sind effektive Methoden zur recherchierenden Informationsgewinnung erforderlich.

Im Informationsprozess besteht für den Anwender jedoch ein Defizit speziell an der Schnittstelle zwischen der Bestimmung des Informationsbedarfs und der Informationsrecherche. Zur Formulierung von kontextspezifischen effektiven und effizienten Suchstrategien fehlt es den bestehenden Ansätzen im Konkreten an einem systematischen Vorgehen zur Formalisierung des Informationsbedarfs sowie einer möglichst objektiven Bestimmung von relevanten Informationsquellen und synonymen Suchtermini.

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren verbindet diese beiden Phasen des Informationsprozesses mittels eines beschreibenden Konstrukts. Die Formalisierung des Informationsbedarfs zur Identifikation von Technologien erfolgt auf Basis von technischen Funktionen. Diese technischen Funktionen, sprachliche formuliert als Objekt-Verb-Terme, dienen anschließend als Suchtermini bei der Informationsextraktion. Zur objektiven Bestimmung von synonymen Suchtermini für eine sprachlich breit gefasste aber semantisch fokussierte Recherche werden technische Funktionen durch das Konstrukt eines Funktionsprofils formal beschrieben. Die Elemente des Funktionsprofils lassen sich schließlich operationalisierbar vergleichen, was durch die Mehrdeutigkeit der

Funktionsverben (Teil der Objekt-Verb-Terme) in der natürlichen Sprache nicht möglich ist.

Die Funktionsprofile bestehen aus den beschreibenden Elementen »Beeinflusste Objekteeigenschaft«, der »Art der Beeinflussung« sowie die »Bedingten Verwendbarkeitseigenschaften«. Zur Ermittlung von synonymen Suchtermini auf Basis von Funktionsprofilen werden diese zunächst für einen konkreten Anwendungsfall systematisch erhoben. Für eine effiziente Extraktion relevanter Funktionsprofile aus großen Textmengen werden semiautomatisierte Analysen mittels Text-Mining-Lösungen eingesetzt.

Zur operationalisierbaren Ermittlung von synonymen Suchtermini werden die Profile in einer Funktions-Ontologie als semantisches Netz abgespeichert. Dabei werden nur die Elemente der Funktionsprofile sowie deren Relation zueinander abgebildet, ohne die Synonymität unter den Profilen explizit festzuschreiben. Erst mittels eines Reasoners werden auf Basis des impliziten Wissens in der Funktions-Ontologie fallspezifische Synonyme berechnet.

In Anhängigkeit des auf der Objekt-, Zweck- und qualitativen Ebene formulierten Informationsbedarfs werden relevante Informationsquellen zur Formulierung einer effektiven Suchstrategie ergänzt. Auf dieser Grundlage erfolgt schließlich die Formulierung von Suchlogiken und deren Überführung in Text-Mining-Lösungen für eine effiziente semiautomatisierte Extraktion von Technologieinformationen.

Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren wurde anhand von zwei Anwendungsfällen evaluiert. Seinen Mehrwert zeigte das Verfahren als unterstützendes Element in den Methoden TechnologieRadar und MarktExplorer, welche in unterschiedlichen Anwendungsgebieten in Unternehmen zum Einsatz kommen. Neben der signifikanten Erhöhung der Anzahl von identifizieren Technologien in unstrukturierten Informationsquellen mittels objektiver

Suchstrategien auf Basis von explizitem Wissen wurden folgende Vorteile des neuen Verfahrens für ein Unternehmen erkannt:

- Systematische Ermittlung und formale Beschreibung des technologischen Informationsbedarfs im Unternehmen
- Schrittweise Überführung des funktional beschriebenen Informationsbedarfs in relevante Suchtermini
- Operationalisierte Bestimmung von synonymen Suchtermini zur Überwindung von bestehenden Denkmustern interner Bedarfsträger / Experten
- Kriterien-basierte Auswahl der für den jeweiligen Informationsbedarf relevanten Informationsquellen
- Steigerung der Effizienz bei der Informationsextraktion aus großen Textmengen durch den Einsatz von automatisierten Analysen mittels Text-Mining

8 Ausblick

Neue Technologien und technologische Weiterentwicklungen werden in Zukunft immer stärker Innovationen vorantreiben und neue Geschäftsmodelle ermöglichen (vgl. Industrie 4.0 Technologien). Viele Unternehmen haben schon heute die Notwendigkeit erkannt stets aktuell über neue Entwicklungen über Branchengrenzen hinweg informiert zu sein. Gleichwohl sehen sie sich mit einer immer schneller wachsenden Informationsverfügbarkeit konfrontiert, aus der sie versuchen müssen, die für ihr Unternehmen relevanten Informationen effizient herauszufiltern.

Schon heute existieren zahlreiche Anbieter von Software gestützten Analyselösungen, um technologiegetriebene Unternehmen einen einfacheren Zugang zu Antworten auf spezifische Fragestellungen zu gewähren. Das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren will diese Ansätze weiter unterstützen und ein Bindeglied zwischen Informationsbedarf und Informationsextraktion in der Domäne des Technologiemanagements offerieren.

Für eine breite erfolgreiche Umsetzung des beschriebenen Verfahrens bedarf es jedoch noch weiteren Entwicklungsbedarfs insbesondere bei der automatisierten Erstellung der Funktions-Ontologie. Ein Ansatz ist dabei einen möglichst großen Teil der Grundgesamtheit an in Texten enthaltenen Funktionsprofilen mittels Big Data Analysewerkzeugen zu erfassen und automatisiert zu erweitern. Alternativ könnte auch eine Abbildung dieses Frameworks zur Ermittlung von synonymen Suchtermini in IT gestützten Analysewerkzeugen der suchenden Person die Möglichkeit bieten dynamisch synonyme Termini aus den zur Verfügung stehenden Informationsquellen ermitteln zu lassen (pre-processing).

Neben der weiteren Automatisierung der Identifikation von Funktionsprofilen bedarf es der Integration von Lösungen zur automatisierten Erstellung und Erweiterung der Funktions-Ontologie (vgl. automatisierte Erstellung der

Ontologie »NanOn« zum Thema Nanotechnologie von AIFB; Nikitina et al. 2012). Im Vergleich zu oftmals sehr komplexen Ontologien zur Beschreiben eines Technologie- oder Anwendungsfelds, sind die Konzepte der Funktions-Ontologie eher einfach gehalten.

Für eine Optimierung des Vorgehens spielt schließlich auch die Weiterentwicklung von computerlinguistischen Analysemethoden eine wesentliche Rolle, sowohl für die effektive automatisierte Erkennung von Funktionsprofilen als auch für die darauf aufbauende Identifikation von Technologien in großen Textmengen. Die in dieser Arbeit angewandten computerlinguistischen Methoden sind eher rudimentär und sollen primär die Vorteile des Prinzips veranschaulichen.

Letztlich wird jedoch der alleinige Einsatz von neuen Methoden und Werkzeugen zur effektiven und effizienten Informationsgewinnung nicht reichen, um den wachsenden Anforderungen in Unternehmen gerecht zu werden. Die heute bereits in großen Unternehmen wie BASF alltäglichen Teams von Research Professionals zeigen den Bedarf an qualifiziertem Personal zur systematischen Informationsrecherche. Weil sich speziell kleine und mittelständige Unternehmen diese expliziten Personalaufwände auch zukünftig nicht leisten werden, müssen interne Experten (bspw. Technologie-Paten, vgl. Warschat et al. 2015, S. 87,137) nachhaltig befähigt werden, die Anforderungen im Informationsprozess zu bewältigen, um systematisch und möglichst ganzheitlich ihren Informationsbedarf befriedigen zu können.

Literaturverzeichnis

Abele, Thomas (2006): Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Univ; Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Heimsheim, Stuttgart.

Akiyama, Kaneo (1994): Funktionenanalyse. Der Schlüssel zu erfolgreichen Produkten und Dienstleistungen. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie Japan-Service.

Albers, Albert (2010): Open Innovation umsetzen. Prozesse, Methoden, Systeme, Kultur.; Hrsg. Serhan Ili, Düsseldorf.

Altschuller, Genrich Saulowitsch (1984): Erfinden. Wege zur Lösung technischer Probleme. 1. Aufl. Berlin: Verl. Technik.

Ansoff, Harry Igor (1966): Management-Strategie. Unter Mitarbeit von Helmut Folchert. München: Verl. Moderne Industrie.

Antoniou, Grigoris; Harmelen, Frank van: Web Ontology Language: OWL. In: Staab, Steffen; Studer, Rudi (Hrsg.): Handbook on Ontologies. 1. Aufl. Berlin: Springer 2004, pp. 67-92.

Apke, Susanne; Bremer, Anna; Bäumgen, Christof; Dittmann, Lars (2005): Anforderungsspezifikation für ein computerbasiertes Kompetenzmanagement-system. In: Zelewski, Stephan (Hrsg.): Ontologiebasierte Kompetenzmanage-mentsysteme. Grundlagen, Konzepte, Anwendungen. Berlin: Logos-Verl., S. 321–351.

Ardilio, Antonino (2012): Fraunhofer MarktExplorer - Heute schon Märkte für morgen erkunden. In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologiemarkt. Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. München: Hanser, S. 127–147.

Ardilio, Antonino; Laib, Stefanie (2008): Technologiepotenzialanalyse - Vorgehensweise zur Identifikation von Entwicklungspotenzialen neuer Technologien. In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser, S. 175–215.

Ardilio, Antonio (2013): Eine Vorgehensweise zur strategischen Technologieentwicklungsplanung für Forschungseinrichtungen. Stuttgart: Fraunhofer Verl. (Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, 6).

Ashby, William Ross (1974): Einführung in die Kybernetik. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, 34).

Augustin, Siegfried (1990): Information als Wettbewerbsfaktor. Informationslogistik - Herausforderung an das Management. Zürich [u.a.]: Verl. Industrielle Organisation [u.a.] (Schriftenreihe Erfolgspotentiale für Unternehmer und Führungskräfte).

Baeza Yates, Ricardo; Ribeiro, Berthier (1999): Modern information retrieval. Harlow: Addison-Wesley.

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

Birkenmeier, Beat (1998): Verwertungsstrategien für Technologien. In: Hugo Tschirky und Stephan Koruna (Hrsg.): Technologie-Management. Idee und Praxis. Zürich: Verlag Industrielle Organisation (Reihe Technology, Innovation und Management), S. 478–500.

Birkhofer, Herbert (1980): Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte. Düsseldorf [Germany-West]: VDI-Verlag.

Bleicher, Knut (2004): Das Konzept integriertes Management. Visionen - Missionen - Programme. 7. Aufl. Frankfurt/Main: Campus Verlag (St Galler Management-Konzept, 1).

Blumauer, Andreas; Pellegrini, Tassilo (2006): Semantic Web und semantische Technologien: Zentrale Begriffe und Unterscheidungen. In: Tassilo Pellegrini und Andreas Blumauer (Hrsg.): Semantic Web. Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (X.media.press), S. 9–25.

Borst, Willem Nico. (1997): Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. Doctoral Thesis of the University of Tweenty: Enschede, The Netherlands.

Breitman, Karin Koogan; Casanova, Marco Antonio; Truszkowski, Walter (2007): Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications. London: Springer-Verlag London Limited (NASA Monographs in Systems and Software Engineering)

Brockhoff, Klaus (1999): Forschung und Entwicklung. Planung und Kontrolle. 5. Aufl. München: Oldenbourg.

Bügel, Ulrich (2008): Technologierelevante Informationen bereitstellen. In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser, S. 219–250.

Bullinger, Hans-Jörg (1994): Einführung in das Technologiemanagement. Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. Stuttgart: Teubner (Technologiemanagement).

Bullinger, Hans-Jörg (2012): Fokus Technologiemarkt: Technologiepotenziale identifizieren – Marktchancen realisieren. München: Carl Hanser Verlag.

Bürgel, Hans Dietmar; Reger, Guido; Ackel-Zakour, René (2005): Technologie-Früherkennung in multinationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Technologie-Roadmapping: Springer Berlin Heidelberg, S. 27–53.

Busov, Bohuslav; Mann, Darrell; Jirman, Pavel (1999): TRIZ and INVENTION MACHINE®. METHODS and SYSTEMS for CREATIVE ENGINEERING and EDUCATION in the 21st CENTURY.

Bylander, Tom; Chandrasekaran, B. (1987): Generic tasks for knowledge-based reasoning: the “right” level of abstraction for knowledge acquisition. In: *International Journal of Man-Machine Studies* 26 (2), S. 231–243.

Chakrabarti, Soumen (2003): Mining the Web. Discovering knowledge from hypertext data. Amsterdam: Morgan Kaufmann.

Chandrasekaran, B.; Josephson, J.R.; Benjamins, V. (1999): What are ontologies, and why do we need them? In: *IEEE Intelligent Systems* 14 (1), S. 20–26.

Chen, Hsinchun; Dhar, Vasant (1991): Cognitive process as a basis for intelligent retrieval systems design. In: *Information Processing & Management* 27 (5), S. 405–432.

Chesbrough, Henry William (2003): Open innovation. The new imperative for creating and profiting from technology. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.

Dengel, Andreas (2012): Semantische Technologien. Grundlagen - Konzepte - Anwendungen. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

DIN - Deutsches Institut für Normung (1979): Sachmerkmale. DIN 4000, Anwendung in der Praxis. Berlin: Beuth.

Domsch, Michel; Gerpott, Heike; Gerpott, Torsten J. (1989): Technologische Gatekeeper in der industriellen F & E. Merkmale und Leistungswirkungen. Stuttgart: C.E. Poeschel (Management von Forschung, Entwicklung und Innovation, Bd. 2).

Dörner, Dietrich (1979): Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer (Kohlhammer-Standards Psychologie Studientext).

Düsing, Roland (2000): Knowledge Discovery in Databases. Duisburg: UD Fachbereich Wirtschaftswiss. Wirtschaftsinformatik und Operations Research (Diskussionsbeiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Gerhard-Mercator-Universität - Gesamthochschule Duisburg, 272).

Dylla, Norbert (1990): Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren. München.

Ehrlenspiel, Klaus (2009): Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 4. Aufl. München, Wien: Hanser.

Erbarth, Matthias (2006): Wissensrepräsentation mit semantischen Netzen. Grundlagen mit einem Anwendungsbeispiel für das Multi-Channel-Publishing. Saarbrücken: VDM Verl. Dr. Müller.

Falk, Samuel (2007): Personalentwicklung, Wissensmanagement und Lernende Organisation in der Praxis. Zusammenhänge - Synergien - Gestaltungsempfehlungen. 2. Aufl. München, Mering: Hampp (Personal- und Organisationsentwicklung, 2).

Fayyad, Usama; Piatetsky-Shapiro, Gregory; Smyth, Padhraic (1996): The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. In: *Commun. ACM* 39 (11), S. 27–34.

Fox, Mark; Gruninger, Michael (1998): Enterprise Modeling. In: *AI Mag.* 19 (3), S. 109–121.

Franken, Rolf; Fuchs, Herbert (1974): Grundbegriffe zur Allgemeinen Systemtheorie. In: Erwin Grochla, Herbert Fuchs und Helmut Lehmann (Hg.): Systemtheorie und Betrieb. Opladen: Westdt. Verl (Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (ZfbF) Sonderheft, 3), S. 23–49.

Frauenfelder, Paul (2000): Strategisches Management von Technologie und Innovation. Tools und Principles. Zürich: Verlag Industrielle Organisation (Technology, Innovation and Management).

Gaag, Andreas (2010): Entwicklung einer Ontologie zur funktionsorientierten Lösungssuche in der Produktentwicklung.

Gälweiler, Aloys (1979): Strategische Geschäftseinheiten (SGE) und Aufbau-Organisation der Unternehmung. In: *Zeitschrift für Organisation: ZO* (Vol. 48), S. 252–260.

Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen (2006): Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen: Springer Berlin Heidelberg.

Gassmann, Oliver; Sutter, Philipp (2013): Praxiswissen Innovationsmanagement. Von der Idee zum Markterfolg. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, [elektronische Ressource]. München: Hanser Verlag.

Gerpott, Torsten J. (1990): Globales F&E-Management. Bausteine eines Gesamtkonzeptes zur Gestaltung einer weltweiten F&E-Organisation. In: *Die Unternehmung: Swiss journal of business research and practice; Organ der Schweizerischen Gesellschaft für Betriebswirtschaft (SGB)* (44), S. 226–246.

Gerpott, Torsten J. (1999a): Innovations- und Technologiemanagement. In: Michael Bitz (Hg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. 4., völlig überarb. und erw. München: Vahlen Franz GmbH, S. 289–339.

Gerpott, Torsten J. (1999b): Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. Eine konzentrierte Einführung. Stuttgart: Schäffer-Pöschel (UTB für Wissenschaft, 2017).

Gomeringer, Axel (2007): Eine integrative, prognosebasierte Vorgehensweise zur strategischen Technologieplanung für Produkte. Heimsheim: Jost-Jetter-Verl. (IPA-IAO-Forschung und Praxis, 460).

Gómez-Pérez, Asunción; Fernández-López, Mariano; Corcho, Oscar (2004): Ontological engineering. With examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web. 3. print. London: Springer (Advanced information and knowledge processing).

Götz, Klaus; Schmid, Michael (2004): Praxis des Wissensmanagements. München: Vahlen.

Granitzer, Michael (2006): Statistische Verfahren der Textanalyse. In: T. Pellegrini und A. Blumauer (Hg.): Semantic Web: Springer, S. 437–450.

Gruber, Thomas R. (1993): Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: N. Guarino und R. Poli (Hrsg.): Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation. Deventer, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Guarino, Nicola (1998): Formal Ontology and Information Systems. In: Nicola Guarino (Hg.): Formal ontology in information systems. Proceedings of the first international conference (FOIS '98), June 6 - 8, Trento, Italy. Amsterdam: IOS-Press [u.a.] (Frontiers in artificial intelligence and applications, 46), S. 3–17.

Haberfellner, Reinhard (1992): Systems Engineering. Methodik und Praxis. 7. Aufl. Hg. v. Walter F. Daenzer. Zürich: Verl. Industrielle Organisation.

Hamel, Gary; Prahalad, C. K. (1994): Competing for the future. Boston, Mass: Harvard Business School Press.

Harter, Stephen P. (1986): Online information retrieval. Concepts, principles, and techniques. Orlando, Fla.: Acad. Pr (Library and information science).

Hauschildt, Jürgen (1997): Innovationsmanagement. 2. Aufl. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).

Hauschildt, Jürgen (2004): Innovationsmanagement. 3., völlig überarb. und erw. Aufl. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).

Hepp, Martin (2003): Güterklassifikation als semantisches Standardisierungsproblem. Univ, Wiesbaden, Würzburg.

Hermans, Jan (2008): Ontologiebasiertes Information-Retrieval für das Wissensmanagement. Berlin: Logos-Verl.

Herstatt, Cornelius; Lettl, Christopher (2006): Management of "technology push" development projects. Hamburg-Harburg: Universitätsbibliothek der Technischen Universität Hamburg-Harburg (Working paper // Technologie- und Innovationsmanagement, Technische Universität Hamburg-Harburg = Arbeitspapier, 5).

Hesse, Stefan (2006): Grundlagen der Handhabungstechnik. Mit 13 Tabellen sowie 17 Übungsaufgaben und 103 Kontrollfragen. München [u.a.]: Hanser.

Heubach, Daniel (2009): Eine funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung. [Online-Ausg.]. Heimsheim: Jost-Jetter (IPA-IAO-Forschung und Praxis, 478).

Heubach, Daniel; Slama, Alexander; Rüger, Marc (2008): Der Technologieentwicklungsprozess. In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser, S. 13–43.

Heyer, Gerhard; Quasthoff, Uwe; Wittig, Thomas (2006): Text Mining: Wissensrohstoff Text. Konzepte, Algorithmen, Ergebnisse. Herdecke [u.a.]: W3L-Verl. (IT lernen).

Heylighen, Francis.; Bollen, Johan.: Hebbian algorithms for a digital library recommendation system. In: International Conference on Parallel Processing Workshop. Vancouver, BC, Canada, 18-21 Aug. 2002, S. 439–446.

Hill, Bernd (1999): Naturorientierte Lösungsfindung. Entwickeln und Konstruieren von biologischen Vorbildern. Renningen: Expert.

Hill, Wilhelm; Fehlbaum, Raymond; Ulrich, Peter (1994): Organisationslehre 1. Ziele, Instrumente und Bedingungen der Organisation sozialer Systeme. 5. Aufl. Bern: Haupt (Uni-Taschenbücher, 259).

Hirtz, Julie; Stone, Robert B.; McAdams, Daniel A.; Szykman, Simon; Wood, Kristin L. (2002): A functional basis for engineering design: Reconciling and evolving previous efforts. In: *Research in Engineering Design* 13 (2), S. 65–82. DOI: 10.1007/s00163-001-0008-3.

Höhne, Frank. (2013): Praxishandbuch Operational Due Diligence: Bewertung der operativen Leistungsfähigkeit produzierender Unternehmen: Gabler.

Hubka, Vladimir (1973): Theorie der Maschinensysteme. Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre. Berlin: Springer (Hochschultext).

Hübner, Heinz; Jahnes, Stefan (1998): Management-Technologie als strategischer Erfolgsfaktor. Ein Kompendium von Instrumenten für Innovations-, Technologie- und Unternehmensplanung unter Berücksichtigung ökologischer Anforderungen. Berlin: de Gruyter.

Jacobs, Siegfried (1992): Strategische Erfolgsfaktoren der Diversifikation. Univ., Diss. Mannheim, 1991. Wiesbaden: Gabler (Neue betriebswirtschaftliche Forschung, 88).

King, Stefanie (2014): Big Data. Potential und Barrieren der Nutzung im Unternehmenskontext. Wiesbaden: Springer VS (SpringerLink : Bücher).

Klappert, Sascha (2006): Systembildendes Technologie-Controlling. Techn. Hochsch, Aachen, Aachen.

Klappert, Sascha; Schuh, Günther; Aghassi, Susanne (2011): Einleitung und Abgrenzung. In: Technologiemanagement. Berlin [u.a.]: Springer, S. 5–10.

Koller, Rudolf (1976): Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. Berlin: Springer (Hochschultexte).

Koller, Rudolf; Kastrup, Norbert (1994): Prinziplösungen zur Konstruktion technischer Produkte. Berlin: Springer.

Koreimann, Dieter S. (1976): Methoden der Informationsbedarfsanalyse. Berlin: de Gruyter.

Krcmar, Helmut (2003): Informationsmanagement. 3. Aufl. Berlin: Springer.

Kriewel, Sascha (2010): Unterstützung beim Finden und Durchführen von Suchstrategien in digitalen Bibliotheken. Dissertation.

Lahme, Norman (2004): Information Retrieval im Wissensmanagement. Univ, Berlin, Münster (Westfalen).

Landwehr, Katja (2007): Strategische Technologiefrühaufklärung. Grundlagen, Systematik und Methoden. Saarbrücken: VDM, Müller.

Lange, Veronica (1994): Technologische Konkurrenzanalyse. Zur Früherkennung von Wettbewerberinnovationen bei deutschen Grossunternehmen. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. (DUV, 5).

Lang-Koetz, Claus; Ardilio, Antonino; Warschat, Joachim (2008): TechnologieRadar - Heute schon Technologien für morgen identifizieren. In: Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Fokus Technologie. Chancen erkennen - Leistungen entwickeln. München: Hanser, S. 133–145.

Langlotz, Gerd (2000): Ein Beitrag zur Funktionsstrukturentwicklung innovativer Produkte. Univ., Diss. Karlsruhe, 1999. Als Ms. gedr. Aachen: Shaker (Forschungsberichte aus dem Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion der Universität Karlsruhe, 2000,2).

Lassila, Ora; Mcguinness, Deborah (2001): The role of frame-based representation on the semantic web. Technical Report KSL-01-02. Stanford University.

Lehmann, Egbert (1996): Suche. In: Gerhard Strube (Hg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Stuttgart: Klett-Cotta, S. 696–706.

Lehner, Franz; Scholz, Michael (2006): Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. München: Hanser.

Lewandowski, Dirk (2005): Web Information Retrieval. Technologien zur Informationssuche im Internet. Univ., Diss. Düsseldorf, 2005. Frankfurt am Main: Dt. Ges. für Informationswiss. und Informationspraxis (Reihe Informationswissenschaft der DGI, 7).

Lichtenthaler, Eckhard Rainer Volker (2000): Organisation der Technology Intelligence. Eine empirische Untersuchung in technologieintensiven, international tätigen Grossunternehmen. Zürich.

Lindemann, Udo (2007): Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).

Little, Arthur Dehon (1988): Management des geordneten Wandels. Wiesbaden: Gabler.

Maaß, Christian; Gräfe, Gernot (2008): Suchmaschinen und Informationsqualität: status quo, Problemfelder, Entwicklungstendenzen. In: Daten- und Informationsqualität: auf dem Weg zur Information Excellence. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, S. 157–171.

Macharzina, Klaus (2003): Unternehmensführung. Das internationale Managementwissen; Konzepte - Methoden - Praxis. 4. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Gabler-Lehrbuch).

Mankins, John C. (1995): Technology readyness levels. NASA.

Marquardt, Wolfgang; Morbach, Jan; Wiesner, Andreas; Yang, Aidong (2010): OntoCAPE. A Re-Usable Ontology for Chemical Process Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (RWTHedition).

Mesarović, Mihajlo D. (1972): A mathematical theory of general systems. In: *Trends in general systems theory*, S. 251–269.

Mesarović, Mihajlo D.; Macko, D.; Takahara, Yasuhiko (1970): Theory of hierarchical, multilevel, systems. New York: Academic Press (Mathematics in science and engineering, Vol. 68).

Michel, Kay (1987): Technologie im strategischen Management. E. Portfolio-Ansatz zur integrierten Technologie- u. Marktplanung. Berlin West: Schmidt (Technological economics, 26).

Mitkov, Ruslan (Hrsg.) (2003): The Oxford handbook of computational linguistics. Oxford: Oxford Univ. Press.

Mitterdorfer-Schaad, Denise Daniela (2001): Modellierung unternehmensspezifischer Innovations-Prozessmodelle.

Morris, Charles William (1973): Zeichen, Sprache und Verhalten. 1. Aufl. Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann.

Müller, Johannes (1990): Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Systematik, Heuristik, Kreativität. Berlin: Springer.

Müller-Stewens, Günter (1990): Strategische Suchfeldanalyse. Die Identifikation neuer Geschäfte zur Überwindung struktureller Stagnation. Univ., Habil.-Schr. Stuttgart, 1986. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Neue betriebswirtschaftliche Forschung, 36).

Nachtigall, Werner (2002): Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 2., vollst. neu bearb. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

Neches, Robert; Fikes, Richard; Finin, Tim; Gruber, Tom; Patil, Ramesh; Senator, Ted; Swartout, William R. (1991): Enabling technology for knowledge sharing. In: American Association for Artificial Intelligence (Hrsg.): AI Magazine. 12. Aufl. (3), S. 36–56.

Nikitina, Nadeschda; Rudolph, Sebastian; Glimm, Birte (2012): Interactive ontology revision. In: *Reasoning with context in the Semantic Web* 12–13, S. 118–130.

Nonaka, Ikujirō; Takeuchi, Hirotaka (2012): Die Organisation des Wissens. Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. In: *Die Organisation des Wissens*.

North, Klaus (2002): Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen. 3. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg; Grote, Karl-Heinrich (2005): Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung; Methoden und Anwendung. 6. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch).

Patzak, Gerold (1982): Systemtechnik. Planung komplexer innovativer Systeme: Grundlagen, Methoden, Techniken. Berlin u.a: Springer.

Peiffer, Stephan (1992): Technologie-Frühaufklärung. Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung. Zugl.: Duisburg, Univ., Diss., 1991. Hamburg: S und W Steuer- und Wirtschaftsverlag.

Perillieux, René (1987): Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement. Früher oder später Einstieg bei technischen Produktinnovationen. Berlin: E. Schmidt (Technological economics, 25).

Perl, Elke (2003): Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements. In: *Innovations- und Technologiemanagement*, S. 15–48.

Pleschak, Franz; Sabisch, Helmut (1996): Innovationsmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (UTB für Wissenschaft Betriebswirtschaftslehre).

Pocsai, Zsolt (2000): Ontologiebasiertes Wissensmanagement für die Produktentwicklung. Univ, Aachen, Karlsruhe.

Ponn, Josef; Lindemann, Udo (2008): Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Optimierte Produkte - systematisch von Anforderungen zu Konzepten. Berlin, Heidelberg: Springer (VDI-Buch).

Porter, Martin F. (1980): An algorithm for suffix stripping. In: *Program: electronic library and information systems* 14 (3), S. 130–137.

Qian, Yanyun (2002): Strategisches Technologiemanagement im Maschinenbau. Univ, Stuttgart.

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

Rehäuser, Jakob; Krcmar, Helmut (1994): Das Wissen der Experten. Die Ressource Wissen im Unternehmen. Stuttgart: Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Univ. Hohenheim.

Reichwald, Ralf; Piller, Frank; Ihl, Christoph (2009): Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

Reimer, Ulrich (1991): Einführung in die Wissensrepräsentation. Netzartige und schema-basierte Repräsentationsformate. Stuttgart: Teubner (Leitfäden der angewandten Informatik).

Reschke, Stefan; Weimert, Birgit (2010): Futuring. Unternehmen auf das Unbekannte vorbereiten. In: Die frühe Innovationsphase: Methoden und Strategien für die Vorentwicklung. Düsseldorf: Symposion-Publ, S. 245–273.

Richtlinie 2221, 1993-05: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.

Roca Lizarazu, Maria-Dorothea (2012): Im Blickpunkt: Crowdsourcing. Hrsg. v. Grimme Institut.

Rodenacker, Wolf Georg (1970): Methodisches Konstruieren. Berlin: Springer (Konstruktionsbücher, 27).

Rodenacker, Wolfgang Georg (1976): Methodisches Konstruieren. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg usw: Springer ((Konstruktionsbücher, 27).

Rohrbeck, René; Gemünden, Hans Georg (2006): Strategische Frühaufklärung - Modell zur Integration von markt- und technologieseitiger Frühaufklärung. In: Vorausschau und Technologieplanung: 2. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz-Nixdorf-Institut; 9. und 10. November 2006, Schloss Neuhardenberg. Paderborn: HNI, Heinz Nixdorf Institut, Univ. Paderborn, S. 159–175.

Ropohl, Günter (1975): Systemtechnik. Grundlagen und Anwendung; mit 5 Tabellen. München: Hanser.

Ropohl, Günter (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie. München: Hanser.

Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. Univ., Habil.-Schr. Karlsruhe, 1978. 3. Aufl. Karlsruhe, Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe; Univ.-Bibl.

Sauber, Tim (2004): Design and implementation of a concept of structured innovation strategy formulation.

Saxler, Jörg (2011): Gestaltungsmodell für Netzwerke zur Technologiefrüherkennung. 1. Aufl. Aachen: Apprimus-Verl (Ergebnisse aus der Produktionstechnik, Bd. 2011,1).

Scheir, Peter (2008): Assoziative Suche für das Semantic Web. Ein netzbasierter Suchansatz unter Berücksichtigung semantischer und inhaltsbasierter Ähnlichkeiten. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.

Schmid, Stefan; Kutschker, Michael (2011): Internationales Management: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Schmidt, Ralf-Bodo (1973): Wirtschaftslehre der Unternehmung. Stuttgart: Poeschel.

Schmitz, Michael (2011): Communicating the potential of new technologies. Technology marketing by target-group adapted physical technologies demonstrators. In: Dundar F. Kocaoglu (Hg.): Portland International Center for Management of Engineering and Technology - PICMET 2011. Technology management in the energy smart world. Proceedings, S. 11ff.

Schuh, Günther; Klappert, Sascha; Schubert, Johannes; Nollau, Sebastian (2011): Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Günther Schuh und Sascha Klappert (Hrsg.): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (SpringerLink: Bücher), S. 33–54.

Schuh, Günther; Klappert, Sascha; Wellensiek, Markus (2008): Effiziente Technologiefrüherkennung durch Suchfeldstrategien. In: Jürgen Gausemeier (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 4. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz-Nixdorf-Institut; 30. und 31. Oktober 2008 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Paderborn: HNI (HNI-Verlagsschriftenreihe, 237), S. 175–192.

Schulte-Gehrmann, Anna-Lena; Klappert, Sascha; Schuh, Günther; Hoppe, Michael (2011): Technologiestrategie. In: Günther Schuh und Sascha Klappert (Hrsg.): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (SpringerLink: Bücher), S. 55–88.

Schweizer, Peter (2008): Systematisch Lösungen finden. Eine Denkschule für Praktiker. 3., überarb. Aufl. Zürich: vdf-Hochschulverl.

Schwemmer, Oswald. (1995): Ontologie. In: Jürgen Mittelstraß (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Stuttgart, Weimar: Metzler (2), S. 1077–1079.

Seibert, Siegfried (1998): Technisches Management. Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement. Stuttgart: Teubner.

Servatius, Hans-Gerd (1985): Methodik des strategischen Technologie-Managements. Grundlage für erfolgreiche Innovationen. Berlin: Schmidt (Technological economics, 13).

Sherman, Chris; Price, Gary (2005): The invisible web. Uncovering information sources search engines can't see. 5. print. Medford, NJ: Information Today (CyberAge books).

Smith, Barry (2006): Against idiosyncrasy in ontology development. In: Brandon Bennett und Christiane Fellbaum (Hrsg.): Formal ontology in information systems. Proceedings of the fourth international conference (FOIS 2006). Amsterdam: IOS Press (Frontiers in artificial intelligence and applications, 150), S. 15–26.

Sommerlatte, Tom; Deschamps, Jean-Philippe (1986): Der strategische Einsatz von Technologien. In: Management im Zeitalter der Strategischen Führung. Wiesbaden: Gabler Verlag, S. 37–76.

Spath, Dieter (2010-2015): Entwicklung eines funktionsbasierten Modells zur Verbesserung der Interoperabilität von Technologie- und Produktentwicklung. (Förderprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft - DFG).

Spath, Dieter; Bunzel, Stefanie (2011): Ontology-based technology model for the use in the early stage of product development. In: Dundar F. Kocaoglu (Hg.): Portland International Center for Management of Engineering and Technology - PICMET 2011. Technology management in the energy smart world. Proceedings, S. 1–10.

Spath, Dieter; Lang-Koetz, Claus; Heubach, Daniel; Laib, Stefanie; Lentes, Joachim (2009): Ontologiebasiertes Digital Engineering für die Nutzung emergenter Technologien in der Produktentwicklung am Beispiel der Nanotechnologie. In: Digital Engineering - Herausforderung für die Arbeits- und Betriebsorganisation. Berlin: GITO-Verl, S. 287–314.

Spath, Dieter; Linder, Christian; Seidenstricker, Sven (2011a): Technologiemanagement. Grundlagen, Konzepte, Methoden. Stuttgart: Fraunhofer-Verl.

Spath, Dieter; Renz, Karl-Christof; Seidenstricker, Sven (2011b): Technologiemanagement. In: Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Wiesbaden: Gabler, S. 219–235.

Specht, Dieter; Möhrle, Martin G. (2002): Gabler Lexikon Technologiemanagement. Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Specht, Günter; Beckmann, Christoph (1996): F-&-E-Management. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (UTB für Wissenschaft).

Spur, Günter (1998): Technologie und Management. Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften. München: Hanser.

Stelzer, Dirk (2001): Informationsbedarf. In: *Lexikon der Wirtschaftsinformatik*, S. 238–239.

Stock, Wolfgang G. (2007): Information retrieval. Informationen suchen und finden. München: Oldenbourg (Einführung in die Informationswissenschaft, 1).

Stummer, Christian; Günther, Markus; Köck, Anna Maria (2010): Grundzüge des Innovations- und Technologiemanagements. 3. Aufl. Wien: Facultas.wuv (Manual).

Ternès, Anabel; Towers, Ian; Jerusel, Marc (2015): Konsumentenverhalten im Zeitalter der Digitalisierung. Trends ; E-Commerce, M-Commerce und Connected Retail. Wiesbaden: Springer Gabler (Essentials).

Teubner, Rolf Alexander (1999): Organisations- und Informationssystemgestaltung. Univ, Wiesbaden, Münster (Westfalen).

Thiele, Michael (1997): Kernkompetenzorientierte Unternehmensstrukturen. Ansätze zur Neugestaltung von Geschäftsbereichsorganisationen. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.] (Gabler-Edition-Wissenschaft).

Trux, Walter; Müller-Stewens, Günter; Kirsch, Werner (1985): Das Management strategischer Programme. 1. Halbband: Materialien zum Stand der Forschung. 2. Aufl. Herrsching: W. Kirsch (Planungs- und organisationswissenschaftliche Schriften, 40).

Tschirky, Hugo (1998): Konzept und Aufgaben des Integrierten Technologie-Managements. In: Hugo Tschirky und Stephan Koruna (Hrsg.): Technologie-Management. Idee und Praxis. Zürich: Verlag Industrielle Organisation (Reihe Technology, Innovation und Management), S. 193–394.

Tschirky, Hugo; Jung, Hans-Helmuth; Savioz, Pascal (Hrsg.) (2003): Technology and innovation management on the move. From managing technology to managing innovation-driven enterprises. Zürich, Zürich: Verlag Industrielle Organisation; Orell Füssli Verl (Technology, Innovation and Management, 8).

Ullrich, Mike; Maier, Andreas; Angele, Jürgen (2004): Taxonomie, Thesaurus, Topic Map, Ontologie - ein Vergleich. whitepaper. Hg. v. ontoprise GmbH.

Vahs, Dietmar; Burmester, Ralf (2005): Innovationsmanagement. Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. 3. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (Praxisnahes Wirtschaftsstudium).

Van Noorden, Richard (2014): Global scientific output doubles every nine years. nature.com. Online verfügbar unter http://blogs.nature.com/news/2014/05/global-scientific-output-doubles-every-nine-years.html, zuletzt aktualisiert am 07.05.2014, zuletzt geprüft am 29.05.2016.

VDI 2220 (1980): Produktplanung. Ablauf, Begriffe und Organisation. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.

VDI 2222 (1977): Konstruktionsmethodik. Konzipieren technischer Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Richtlinien, 2222, Blatt 1).

VDI 2803 (1996): Funktionenanalyse. Grundlagen und Methode. 1996. Aufl. Berlin [u.a.]: Beuth (VDI-Richtlinien, 2803,1).

Verworn, Birgit; Herstatt, Cornelius (2007): Strukturierung und Gestaltung der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Cornelius Herstatt und Birgit Verworn (Hrsg.): Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen Methoden neue Ansätze. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 111–134.

Voigt, Kai-Ingo (2008): Industrielles Management. Industriebetriebslehre aus prozessorientierter Sicht. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).

Wachsmuth, Ipke (1992): Wissensrepräsentation und kognitive Modelle. Papier zum Vortrag. In: Rudi Studer (Hrsg.): Informationssysteme und künstliche Intelligenz. Modellierung, 2. Workshop, Ulm, 24.-26. Februar 1992: Proceedings. Berlin, New York: Springer-Verlag (Informatik-Fachberichte, 303), S. 1–17.

Warschat, Joachim (2003): Integriertes Innovationsmanagement. Erfolgsfaktoren, Methoden, Praxisbeispiele. Hrsg. v. Dieter Spath. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl.

Warschat, Joachim; Korell, Markus; Schmitz, Michael (2013): Semantik im Technologie-Monitoring. Konzepte, Prozesse und Werkzeuge. In: Jürgen Gausemeier (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe 318, S. 37–52.

Warschat, Joachim; Schimpf, Sven; Korell, Markus (Hrsg.) (2015): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten. Methoden, Organisation, Semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung: Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes syncTech - Synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart; Fraunhofer IRB-Verlag. Stuttgart: Fraunhofer Verl.

Wartburg, Iwan von (2000): Wissensbasiertes Management technologischer Innovationen. Zugl. Zürich, Universität, Diss., 2000.

Wellensiek, Markus; Schuh, Günther; Hacker, Patrick A.; Saxler, Jörg (2011): Technologiefrüherkennung. In: Technologiemanagement. Berlin [u.a.]: Springer, S. 89–169.

Westkämper, Engelbert; Balve, Patrick (2003): Technologiemanagement in produzierenden Unternehmen. In: Hans-Jörg Bullinger und Bullinger-Warnecke-Westkämper (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Westkämper, Engelbert (2006): Innovationsmanagement mit dem Technologiekalender. In: Gleich, R.: Innovationsmanagement in der Investitionsgüterindustrie treffsicher voranbringen: Konzepte und Lösungen. Frankfurt am Main: VDMA-Verlag, S. 104-113

Westkämper, Engelbert (2007): Strategic Development of Factories under the Influence of Emergent Technologies, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 56, Issue 1, Pages 419-422

Wildemann, Horst (1987): Strategische Investitionsplanung. Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien. Wiesbaden: Gabler.

Witte, Eberhard; Hauschildt, Jürgen (1972): Das Informationsverhalten in Entscheidungsprozessen. Mit 85 Tabellen. Tübingen: Mohr (Empirische Theorie der Unternehmung, Bd. 1).

Wolffgramm, Horst (1994): Allgemeine Technologie - Teil 1. Hildesheim: Franzbecker (Allgemeine Techniklehre, 1).

Wolffgramm, Horst (1997): Technische Systeme; Teil 1. Hildesheim: Franzbecker (Allgemeine Techniklehre, 3).

Wolfrum, Bernd (1994): Strategisches Technologiemanagement. Univ, Wiesbaden, Bayreuth.

Wulf, Joachim Erich (2002): Elementarmethoden zur Lösungssuche. 1. Aufl. München: Verl. Dr. Hut (Produktentwicklung).

Zahn, Erich (2004): Strategisches Technologiemanagement. In: Forschungs- und Technologiemanagement. München [u.a.]: Hanser, S. 125–131.

Zahn, Erich; Braun, Frank (1992): Identifikation und Bewertung zukünftiger Techniktrends - Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung. In: Technologiefrühaufklärung. Identifikation und Bewertung von Ansätzen zukünftiger Technologien. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 3–15.

Zäpfel, Günther (2000): Strategisches Produktions-Management. 2. Aufl. München: Oldenbourg (Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).

Zeller, Andreas (2003): Technologiefrühaufklärung mit Data Mining. Informationsprozessorientierter Ansatz zur Identifikation schwacher Signale. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.

Anhang – A

A-1 Erläuterungen zu den Stufen der semantischen Treppe:

Die einfachste Form eines semantischen Modells bilden einfache kontrollierte Vokabulare wie Kataloge und Listen, welche lediglich endliche Aufzählungen von zusammenhängenden Begriffen darstellen. Werden den Begriffen einer solchen Liste Definitionen in einer nicht formalen (natürlichen) Sprache hinzugefügt, ist das Ergebnis als ein Glossar anzusehen. Aufbauend auf Glossaren sind in Taxonomien die Begriffe zusätzlich hierarchisch in Kategorien angeordnet, wodurch eine Klassifikation und somit auch eine Generalisierung von Begriffen ermöglicht werden. Weitreichendere Relationen außer denen zwischen Ober- und Unterbegriffen sind zwischen den Konzepten jedoch nicht möglich, sodass Taxonomien auf eine hierarchische Struktur limitiert sind.

Im Gegensatz dazu lassen Thesauri auch die Definition andersartiger Verknüpfungen zwischen den Begriffen einer Domäne zu, wodurch eine netzartige Begriffsstruktur erschaffen werden kann. Jedoch sind die Anzahl der Relationen sowie die damit interpretierbare semantische Bedeutung aufgrund der vorab definierten Struktur des Thesaurus stets vorgegeben. Bei den Relationen handelt es sich ergänzend zu den Hierarchieaussagen typischerweise um Ähnlichkeits- (Assoziation) und Äquivalenz-Aussagen (Synonymie) (Breitman et al. 2007, S. 20f).

Eine Definition beliebiger Relationen zwischen Begriffen erlaubten erst Ansätze mit komplexeren Strukturen wie semantische Netze oder Topic Maps, wodurch auch vielschichtige Sachverhalte abgebildet werden können. Aufgrund der nicht ausreichend formalisierten Bedeutung der darin vorkommenden Konzepte und Relationen sind diese für Maschinen (Computer) nicht eindeutig interpretierbar.

Erst Modelle auf Basis komplexer Ontologiesprachen wie OWL (Web Ontology Language) lassen eine eindeutige Bedeutungsbestimmung durch Maschinen zu. Diese Sprachen basieren auf einer logischen Theorie, definieren ein Wissensgebiet mittels formal-logischer Aussagen und Regeln sowie wertbeschränkte Relationen und konsequenter Vererbung, welche dadurch die höchste semantische Aussagekraft bieten.

A-2 Definition: Problem

Ein Problem ist gekennzeichnet durch das:

- Vorliegen eines unerwünschten Anfangszustands, einer unbefriedigenden Situation
- Anstreben eines erwünschten Endzustands, welcher ein befriedigendes Ergebnis oder eine gewünschte Situation darstellt
- Hindernisse existieren, welche eine Überführung von IST nach SOLL aktuell verhindern

Ein maßgebliches Hindernis dabei ist die Unkenntnis über ein adäquates Mittel zur Überwindung (Syntheseproblem, Operatorproblem) des Problems. Probleme lassen sich auch aufgrund ihrer hohen Komplexität und relativen Unstimmigkeit hinsichtlich der Bekanntheit aller Input- und Outputgrößen sowie Abhängigkeiten beschreiben. In Abgrenzung zur Aufgabe sind die notwendigen Methoden und Werkzeuge jedoch weitestgehend unbekannt (Pahl et al. 2005, S. 58), (Dörner 1979).

A-3 Ansatz zur Definition von Suchfeldstrategien nach SCHUH

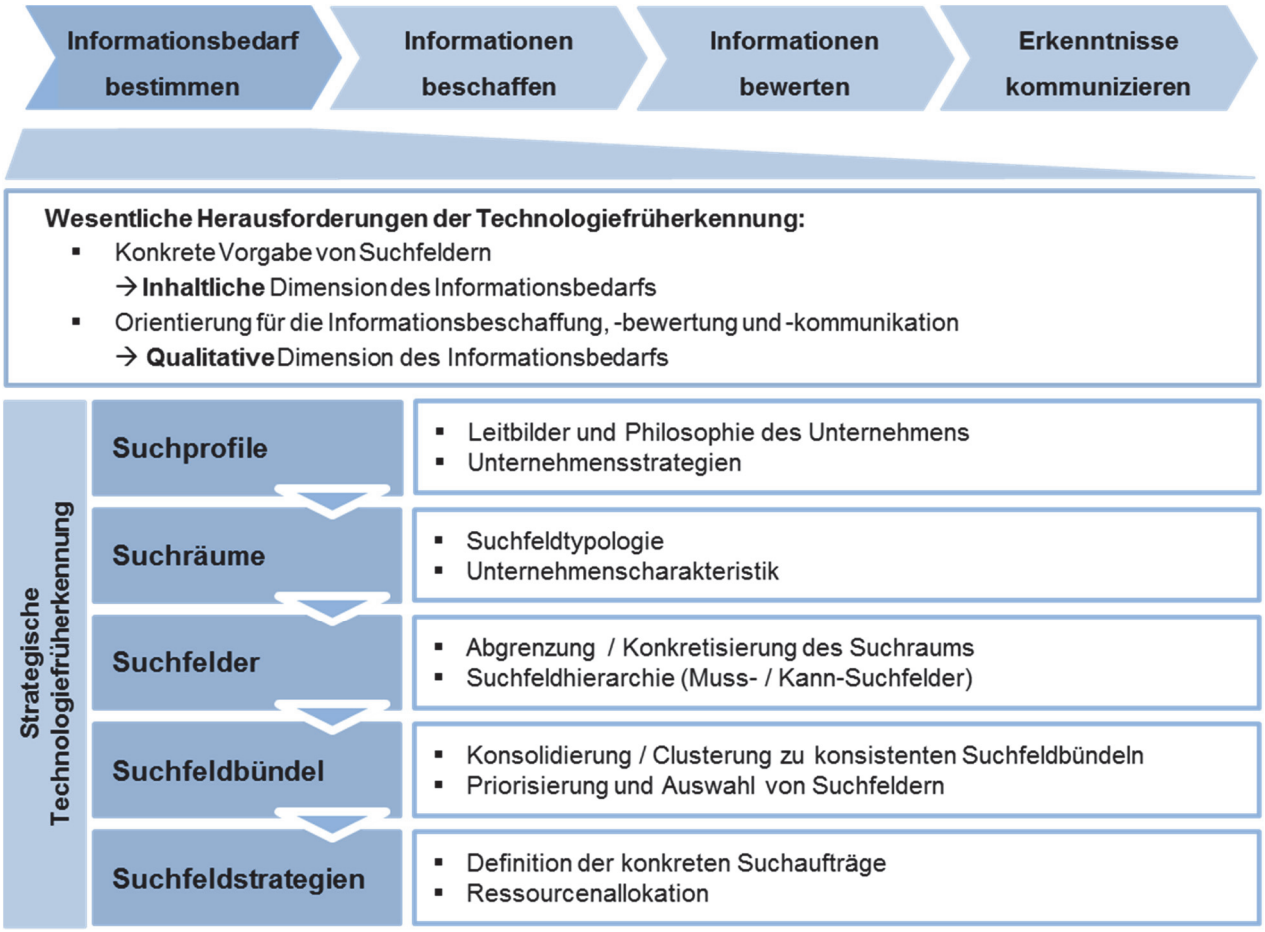


Abbildung 52: Ansatz zur Definition von Suchfeldstrategien nach SCHUH (vgl. Schuh et al. 2008, S.183)

A-4 Suchfeldanalyse

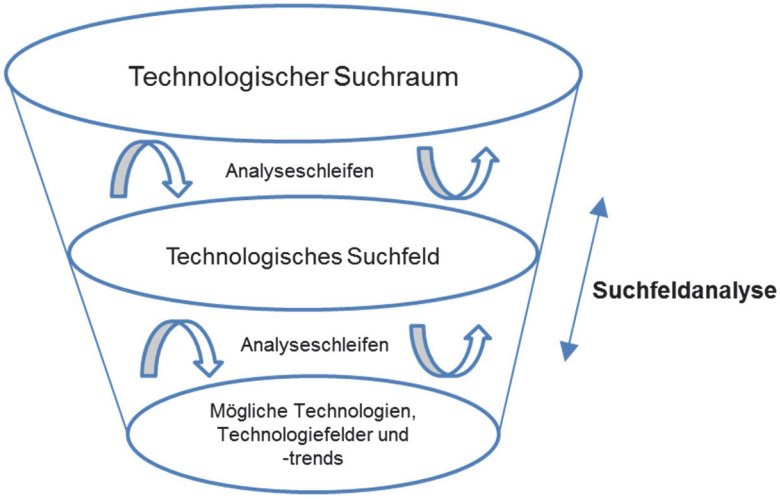


Abbildung 53: Übergeordnetes Verständnis bei der Suche nach technologischen Informationen in Anlehnung an eine Suchfeldanalyse (vgl. Müller-Stewens 1990, S. 189; Peiffer 1992, S. 270)

A-5 DYLLA – Versuchsergebnis

DYLLA zeigt in einem Versuch mit Entwicklern, dass für die Suche nach Lösung im Rahmen einer konstruktionsspezifischen Problemstellung eine Breite an unterschiedlichen Begriffen eingesetzt wird.

Vp	Suchbegriff	Lösungsbegriff
Kurt	Schwenkung um den Winkel α: Schwenkung um β:	kleines Lager Zylinderstift, Paßschraube
Max	Schwenken: 2 Achsen sich treffen:	Gelenk Kardan
Ingo	?	Gelenke, Gleitlager, einfache Paßstifte und geriebene Bohrungen
Tom	Bewegungen sich überlagern und Achsen sich schneiden:	Pfanne mit Kugel
Rolf	?	Kardanische Aufhängung; nicht Kugel
Hans	2 rotator. Beweglichkeit in einer Achse: Kugel und Drehung um eine Achse nicht:	Kugelgelenk (skizziert) Stift

Abbildung 54: Such- und Lösungsbegriffe von 6 unterschiedlichen Versuchspersonen (Vp) zur Beschreibung einer Lagerung (Dylla 1990, S. 79)

A-6 Übersicht über Objektmerkmale nach BIRKHOFER 1980:

Tabelle 23: Objektmerkmale nach BIRKHOFER (Birkhofer 1980, S. 78)

Aggregatzustand
Amplitude
Anzahl
Betrag
Bewegungsrichtung
Durchlässigkeit
Energie
Farbe
Form
Geschwindigkeit
Kontakt
Konzentration
Lage
Maß
Menge
Mischung
Oberfläche
Rauigkeit
Temperatur
Volumen
Zusammenhalt

A-7 Strukturierungs- und Ordnungsschemata für technische Funktionen

WOLFFGRAMM klassifiziert technologische Grundvorgänge zunächst nach Art des Arbeitsgegenstands und der darauf wirkenden Art der Veränderung (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Systemmatrix nach WOLFFGRAMM (Wolffgramm 1994, S. 73)

Art des Arbeitsgegen-standes	**Art der Veränderung**		
	Formänderung	**Strukturänderung**	**Ortsänderung**
Stoff	Stoffumformung	Stoffwandlung	Stofftransport
Energie	Energieumformung	Energiewandlung	Energietransport
Information	Informationsumformung	Informationswandlung	Informationstransport
	Verfahren	Prozesse	Operationen

Dieses Schema erfasst jedoch nur Klassen technologischer Vorgänge, welche zu abstrakt sind, um sie direkt bestimmten Grundvorgängen zuzuordnen. WOLFFGRAMM untergliedert und konkretisiert das Schema in vier Hierarchie-ebenen (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 25: Hierarchieebenen technologischer Grundvorgänge nach WOLFFRAMM (Wolffgramm 1994, S. 73)

Hierarchieebene	**Allgemein**	**Formänderung**	**Strukturänderung**	**Ortsänderung**
4. Ordnung	Vorgangsklasse	Verfahrensklasse	Prozessklasse	Operationsklasse
3. Ordnung	Vorgangstyp	Verfahrenstyp	Prozesstyp	Operationstyp
2. Ordnung	Vorgangsgruppe	Verfahrensgruppe	Prozessgruppe	Operationsgruppe
1. Ordnung	Grundvorgang	Grundverfahren	Grundprozess	Grundoperation

Klassifizierungssystem am Beispiel des technologischen Grundverfahrens »Filtrieren«:

- Grundverfahren: Filtrieren
- Verfahrensgruppe: Siebtrennen (basiert auf Wirkprinzip »Siebprinzip«)
- Verfahrenstyp: Aussondern von Stoffteilchen
- Verfahrensklasse: Stoffumformung

Tabelle 26: Klassifizierung von technologischen Grundvorgängen am Beispiel von Stoffeigenschaftsändernden Verfahrenstypen der Stoffformung nach WOLFGRAMM (Wolffgramm 1994, S. 69)

Verfahrenstyp: Aussondern von Stoffteilchen	
Verfahrensgruppe	**Grundverfahren**
Mechanisches Aussondern	Scheuern, Kratzen, Bürsten, Klopfen, Sandstrahlen
Siebtrennen	Sieben, Filtrieren, Dialysieren, Diffundieren
Absetzen	Sichten, Sedimentieren, Dekantieren, Zentrifugieren, Zyklonieren, Flotieren

Thermisches Aussondern	Abdampfen, Destillieren, Rektifizieren, Kristallisieren, Flotieren
Magnetisches Aussondern	Magnetisieren
Chemisches Aussondern	Ausfällen, Abbeizen, Windfrischen
Aussondern durch Lösen	Lösen, Waschen, Extrahieren
Verfahrenstyp: Ein- und Aufbringen von Stoffteilchen	
Aufbringen von Stoffteilchen	Anstreichen, Aufsprühen, Plattieren, Emaillieren, Feuerverzinken, Verchromen, Vernickeln […]
Einbringen von Stoffteilchen in Feststoffe	Mischen, Kneten, Tränken, Nitrieren, Phosphatieren, Chromieren, Silizieren […]
Einbringen von Teilchen in Flüssigkeiten	Lösen, Legieren, Emulgieren
Einbringen von Teilchen in Gase	Versprühen, Vernebeln, Verstäuben
Verfahrenstyp: Umlagern von Stoffteilchen	
Mechanisches Umlagern	Hämmern, Festwalzen
Thermisches Umlagern	Anlassen, Härten, Glühen, Abschrecken
Chemisches Umlagern	Altern, Vulkanisieren
Strahlungsverfahren	Strahlungshärten
Elektrisches (Magentisches) Umlagern	Magnetisieren

Tabelle 27: Gegenüberstellung unterschiedlicher Strukturierungs- und Ordnungsprinzipien für Funktionen (Gaag 2010, S. 31)

EHRLENSPIEL (2007); siehe Anhang Kap. 11.1.1	*PAHL et al. (2005), siehe Anhang Kap. 11.1.2*	*KOLLER & KASTRUP (1994) (Informationsumsetzende Funktionen nicht betrachtet)*	
		Energie	*Stoff*
Wandeln	*Wandeln*	*Wandeln*	*Wandeln (Stoffeigenschaft hinzufügen/entfernen)*
Ändern	*Ändern*	*Vergrößern vs. Verkleinern*	*Vergrößern vs. Verkleinern*
		Richtung ändern	*(für Stoffe nicht definiert)*
Leiten (Leiten vs. Isolieren)	*Leiten*	*Leiten vs. Isolieren*	*Leiten vs. Isolieren*
Vereinigen (Verbinden vs. Trennen)	*Verknüpfen*	*(für Energie nicht definiert)*	*Fügen vs. Lösen*
		Mischen vs. Trennen	*Mischen vs. Trennen*
Speichern	*Speichern*	*Sammeln vs. Teilen*	*Sammeln vs. Teilen*
(nicht definiert)	*(nicht definiert)*	*Energie-Stoff-Verbindende Funktionen: Verbinden und Trennen*	

Nach GAAG dienen die dargestellten Ansätze zur Strukturierung von technische Funktionen oder Operationen der Beschreibung einer Funktion (Aktivität) eines technischen Systems. Jedoch können technische Funktionen auch nach dem Ziel der Handlung strukturiert werden (Gaag 2010, S. 31f).

Dreistufige Klassifizierung nach HIRTZ et al.

Tabelle 28: Objekte nach Stoff, Objekt, Information untergliedert und Operationen auf Basis von RODENACKER und ROPOHL noch verfeinert (Hirtz et al. 2002, S. 72f.)

Class (Primary)	*Secondary*	*Tertiary*	*Correspondents*
Branch	Separate		Isolate, sever, disjoin
		Divide	Detach, *isolate*, release, sort, split, disconnect, subtract
		Extract	Refine, filter, purify, percolate, strain, *clear*
		Remove	Cut, drill, lathe, polish, sand
	Distribute		Diffuse, dispel, disperse, dissipate, diverge, scatter
Channel	Import		Form entrance, *allow*, input, *capture*
	Export		Dispose, eject, *emit*, empty, *remove*, destroy, eliminate
	Transfer		Carry, deliver
		Transport	Advance, lift, move
		Transmit	Conduct, convey
	Guide		Direct, shift, steer, straighten, switch
		Translate	Move, relocate
		Rotate	Spin, turn
		Allow DOF	*Constrain*, unfasten, unlock
Connect	Couple		Associate, connect
		Join	Assemble, fasten
		Link	Attach
	Mix		Add, blend, coalesce, combine, pack
Control Magnitude	Actuate		Enable, initiate, start, turn-on
	Regulate		Control, equalize, limit, maintain
		Increase	*Allow*, open
		Decrease	Close, delay, interrupt
	Change		Adjust, modulate, *clear*, demodulate, invert, normalize, rectify, reset, scale, vary, modify
		Increment	Amplify, enhance, magnify, multiply
		Decrement	Attenuate, dampen, reduce
		Shape	Compact, compress, crush, pierce, deform, form
		Condition	Prepare, adapt, treat
	Stop		End, halt, pause, interrupt, restrain
		Prevent	Disable, turn-off
		Inhibit	Shield, insulate, protect, resist
Convert	Convert		Condense, create, decode, differentiate, digitize, encode, evaporate, generate, integrate, liquefy, *process*, solidify, transform
Provision	Store		Accumulate
		Contain	*Capture*, enclose
		Collect	Absorb, consume, fill, reserve
	Supply		Provide, replenish, retrieve
Signal	Sense		Feel, determine
		Detect	Discern, perceive, recognize
		Measure	Identify, *locate*
	Indicate		Announce, show, denote, record, register
		Track	Mark, time
		Display	*Emit*, expose, select
	Process		Compare, calculate, check
Support	Stabilize		Steady
	Secure		*Constrain*, hold, place, fix
	Position		Align, *locate*, orient
		Overall increasing degree of specification →	

A-8 Taxonomie für ausgewählte Funktionsverben

Tabelle 29: Taxonomie für Funktionsverben nach LANGLOTZ (Langlotz 2000, S.277)

1 Einteilung der Verben nach allgemeinen Funktionsverben	**2 Einteilung der Verben nach bestimmten Eigenschaften**
1.1 Speichern	2.1 ortsverändernde Verben
1.1.1 speichern	2.1.1 ortsverändernde Verben für Energiegrößen
1.1.2 aufrechterhalten	2.1.1.1 senden
1.1.3 aufbewahren	2.1.1.2 leiten
1.1.4 behalten	2.1.1.3 übertragen
1.1.5 lagern	2.1.2 ortsverändernde Verben für Feststoffe
1.1.6 zurückbehalten	2.1.2.1 leiten
1.1.7 magazinieren	2.1.2.2 transportieren
1.1.8 deponieren	2.1.2.3 positionieren
1.1.9 bewahren	2.1.2.4 zurückstellen
1.1.10 aufheben	2.1.2.5 bewegen
1.1.11 sammeln	2.1.2.6 rückstellen
1.1.12 ansammeln	2.1.3 ortsverändernde Verben für Flüssigkeiten
1.1.13 anhäufen	2.1.3.1 fließen
1.1.14 aufstauen	2.2 formverändernde Verben
1.1.15 halten	2.2.1 sägen
1.2 Abgeben	2.2.2 schneiden
1.2.1 abgeben	2.3 eigenschaftsverändernde Verben
1.2.2 abliefern	2.3.1 betragsverändernde Verben
1.2.3 ablassen	2.3.1.1 betragserhöhende Verben
1.2.4 ausstrahlen	2.3.1.1.1 verstärken
1.2.5 entspeichern	2.3.1.2 betragsvermindernde Verben
1.2.6 erzeugen	2.3.2 stoffverändernde Verben
1.3 Leiten	2.3.2.1 härten
1.3.1 leiten	2.3.3 energiegrößenverändernde Verben
1.3.2 transportieren	2.3.3.1 wandeln
1.3.3 fließen	2.4 richtungsverändernde Verben
1.3.4 senden	2.4.1 ändern
1.3.5 positionieren	2.4.2 umlenken
1.3.6 übertragen	2.5 Verben zur Speicherung
1.3.7 zurückstehen	2.5.1 speichern
1.3.8 handhaben	2.5.2 lagern
1.3.9 weiterführen	2.5.3 magazinieren
1.3.10 weiterleiten	2.6 Verben zur Trennung
1.3.11 befördern	2.6.1 Verben zur Trennung von Stoffen

1.3.12 abtransportieren	2.6.1.1 Verben zur Trennung von Feststoffen
1.3.13 tragen	2.6.1.1.1 sägen
1.3.14 strömen	2.6.1.1.2 schneiden
1.3.15 ausfließen	2.6.1.1.3 teilen
1.3.16 auslaufen	2.6.1.1.4 aufteilen
1.4 Umformen	2.6.1.1.5 zerlegen
1.4.1 umformen	2.6.1.2 Verben zur Trennung von Feststoffverbindungen
1.4.2 sägen	2.6.1.2.1 lösen
1.4.3 verstärken	2.6.1.2.2 trennen
1.4.4 ändern	2.6.1.2.3 greifen
1.4.5 umlenken	2.6.1.3 Verben zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen
1.4.6 öffnen	2.6.1.3.1 trennen
1.4.7 schließen	2.6.1.4 Verben zur Trennung von Gasgemischen
1.4.8 verändern	2.6.1.4.1 trennen
1.4.9 zerkleinern	2.6.2 Verben zur Trennung von Energiegrößen
1.4.10 kürzen	2.6.2.1 teilen
1.4.11 kürzer machen	2.6.2.2 aufteilen
1.4.12 erhöhen	2.6.2.3 zerlegen
1.4.13 intensivieren	2.6.2.4 trennen
1.4.14 vergrößern	2.7 zustandsbezogene Verben
1.5 Wandeln	2.7.1 zustandsverändernde Verben
1.5.1 wandeln	2.7.1.1 ändern
1.5.2 härten	2.7.1.2 öffnen
1.5.3 erzeugen	2.7.1.3 schließen
1.5.4 anfertigen	2.7.2 zustandserhaltende Verben
1.5.5 erstellen	2.7.2.1 aufrechterhalten
1.5.6 produzieren	2.8 Verben zur Herstellung von Stoffverbindungen
1.5.7 herstellen	2.8.1 Verben zur Herstellung von Feststoffverbindungen
1.6 Trennen	2.8.1.1 verbinden
1.6.1 trennen	2.8.1.2 nieten
1.6.2 sägen	2.8.1.3 schrauben
1.6.3 schneiden	2.8.2 Verben zur Herstellung von Flüssigkeitsgemischen
1.6.4 lösen	2.8.2.1 zusammenführen
1.6.5 teilen	2.8.3 Verben zur Herstellung von Gasgemischen
1.6.6 aufteilen	2.8.3.1 zusammenführen
1.6.7 zerlegen	
1.6.8 zerkleinern	
1.6.9 abtrennen	
1.6.10 abschneiden	
1.6.11 kürzen	
1.6.12 schnitzen	

1.6.13 zerteilen 1.6.14 abzwicken 1.6.15 auseinanderschneiden 1.6.16 spalten 1.6.17 separieren 1.6.18 durchschneiden 1.6.19 durchtrennen 1.6.20 auflösen 1.7 Zusammenfügen 1.7.1 zusammenfügen 1.7.2 verbinden 1.7.3 nieten 1.7.4 schrauben 1.7.5 zusammenführen 1.7.6 zusammensetzen 1.7.7 montieren 1.7.8 zusammenbauen 1.7.9 koppeln 1.7.10 vereinigen 1.7.11 verketten	

A-9 Sammlungen von Funktionsverben

Tabelle 30: Sammlung technischer Verben (Birkhofer 1980, S.71)

abdecken	aufbereiten	ebnen	heben	neigen	schmelzen	transportieren
abgleichen	aufgeben	eichen	heizen	nieten	schmieden	trennen
abgreifen	anrechnen	einfügen	hämmern	nivellieren	schmieren	trocknen
ablassen	auftragen	einrasten	hobeln	nullen	schneiden	überlagern
abnehmen	aufzeichnen	einschalten	imprägnieren	passen	schreiben	übertragen
abnutzen	ausbalancieren	emittieren	induzieren	pendeln	schrumpfen	umpolen
abpressen	ausbessern	empfangen	informieren	polarisieren	schütteln	umspannen
abschneiden	ausdehnen	erregen	isolieren	polen	schütten	unterbrechen
abschirmen	auslösen	erstarren	justieren	positionieren	schützen	verbinden
absetzen	ausrichten	erzeugen	kontrollieren	prägen	schweißen	verdampfen
absorbieren	ausschalten	fahren	kopieren	pressen	schwenken	verdichten
abspritzen	beanspruchen	fallen	koppeln	prüfen	setzen	verdunsten
abstimmen	bearbeiten	federn	kühlen	raffinieren	sichern	vergleichen
abstreifen	befestigen	feilen	kuppeln	räumen	sieben	verschließen
abstufen	beizen	fertigen	kalibrieren	reagieren	skalieren	versorgen

abtragen	belasten	fetten	kleben	rechnen	sortieren	verteilen
abweichen	beschädigen	filtern	kondensieren	reduzieren	spalten	verzögern
abziehen	beschleunigen	fixieren	lackieren	regeln	spannen	walzen
abzweigen	beugen	fließen	laden	registrieren	speichern	wälzen
adsorbieren	bewerten	folgen	lagern	reihen	sperren	wandeln
analysieren	biegen	fördern	laufen	reparieren	spülen	wärmen
ändern	blockieren	formen	leiten	richten	stabilisieren	wechseln
angreifen	bohren	fräsen	lesen	rosten	stanzen	wenden
anpassen	brechen	führen	leuchten	rückkoppeln	stauchen	wiegen
anreichern	bremsen	füllen	löschen	sägen	steuern	zählen
anstoßen	brennen	gießen	lösen	sammeln	stoppen	zentrieren
antreiben	dämpfen	gleiten	löten	saugen	stören	zerlegen
anzeigen	dehnen	gliedern	magnetisieren	schalten	stützen	ziehen
arbeiten	demontieren	greifen	markieren	scheren	tasten	zufügen
arretieren	dosieren	haften	messen	schieben	tauschen	zünden
atomisieren	drehen	halten	modulieren	schleifen	teilen	
ätzen	drücken	hängen	montieren	schließen	transformieren	

A-10 Grundlegende Prinzipien für das Design von Ontologien

Kohärenz (coherence)

In der englischsprachigen Ontologie-Literatur wird das Prinzip der Kohärenz, oder auch Stimmigkeit genannt, häufig auch als Prinzip der Korrektheit (soundness) und Widerspruchsfreiheit (consistency) bezeichnet. Das Kalkül einer Ontologie muss in Folge dessen logisch korrekt sowie ihre Theorie konsistent sein. Das heißt, es dürfen keine Aussagen aus der Ontologie ableitbar sein, die ihren formalen Definitionen widersprechen (Gruber 1993, S. 3). Dies gilt gleichermaßen für die formallogische wie für die informelle Spezifikation in natürlicher Sprache. In der formalen Spezifikation können logische Widersprüche mit Hilfe von Computerunterstützung aufgedeckt werden. In einigen Entwicklungsumgebungen für Ontologien, wie beispielsweise Protégé, wird eine solche Unterstützung bereits angeboten. Innerhalb der informellen Spezifikation müssen Widersprüche manuell, d.h.

durch menschliches Urteilsvermögen aufgedeckt werden (Marquardt et al. 2010, S. 353–355).

Prägnanz (conciseness)

Gemäß dem Prinzip der Prägnanz, sollte das Vokabular einer Ontologie möglichst minimal gehalten werden, d.h. die Anzahl der Begriffe die innerhalb der Ontologie definiert werden, sollte so groß wie nötig, aber so klein wie möglich sein. Dies wird deshalb auch als Minimalitätsprinzip (minimality) bezeichnet (Marquardt et al. 2010, S. 355). Des Weiteren meint Prägnanz auch, dass Redundanzen bezüglich der axiomatischen Aussagen einer Ontologie vermieden werden sollen. Die Einschränkungen (constraints) die durch die Axiome definiert werden, dürfen sich nicht überschneiden. Eine häufige Ursache für solche Überschneidungen sind Modellierungsfehler, wie beispielsweise Subklassen welche die Axiome ihrer Superklassen wiederholen. Diese unnötig doppelte Information, führt zu einer verkomplizierten Struktur und damit zu Unübersichtlichkeit, schlechter Wartbarkeit und schlechteren Performanz aufgrund erhöhten Rechenaufwands. Eine prägnante Ontologie ist leichter zu verstehen, leichter zu warten und leichter zu verwenden. Damit trägt das Prinzip der Minimalität auch grundlegend zu allen anderen Designprinzipien bei (Marquardt et al. 2010, S. 355).

Verständlichkeit (intelligibility)

Gemäß dem Prinzip der Verständlichkeit muss eine Ontologie für alle User plausibel und mit angemessenem Aufwand nachvollziehbar sein (Smith 2006). Im Idealfall gilt dies für alle Nutzer unabhängig von ihrem Hintergrund, mindestens aber für alle Nutzer die mit der Entwicklung von Ontologien vertraut sind. Diese Forderung macht deutlich, wie wichtig es ist neben der formallogischen Spezifikation auch eine Beschreibung der Konzepte in

natürlicher Sprache vorzunehmen, um die Ontologie für Nutzer verständlich zu gestalten.

Nach Marquardt et al. (2010, S. 357f) umfasst das Prinzip der Verständlichkeit drei wesentlichen Teilaspekte: Klarheit (clarity), Homogenität (homogeneity) sowie sorgfältige Dokumentation (thorough documentation).

Klarheit fordert, dass eine Ontologie alle in ihr enthaltenen Konzepte exakt und unzweideutig definiert. Dabei sind die Definitionen möglichst objektiv, das heißt losgelöst vom anwendungsspezifischen Hintergrund der Ontologie zu formulieren. Vollständige Definitionen auf Basis von notwendigen und hinreichenden Bedingungen sind einfachen Definitionen, die ausschließlich auf notwendigen Bedingungen basieren, vorzuziehen (Gruber 1993, S. 3). Darüber hinaus fordert Klarheit, dass die Begriffe einer Ontologie intersubjektiv für möglichst viele Personen nachvollziehbar sein müssen. Das Kriterium der Klarheit wird deshalb häufig auch als »Objektivität« einer Ontologie bezeichnet (Apke et al. 2005, S. 342).

Der zweite Teilaspekt des Prinzips der Verständlichkeit ist Homogenität. Dies meint, einen konsistenten und einheitlichen Modellierungsstil beim Designen der Ontologie zu verfolgen. Ähnliche Elemente sollten folglich auch ähnlich gestaltet sein. Homogenität betrifft verschiedenste Aspekte innerhalb der gesamten Ontologie, angefangen von einheitlichen Benennungen (Namenskonvention) bis hin zu Gestaltungsschemata für Zwillingsklassen, also gemeinsamen Subklassen einer Superklasse. Eine gleichförmige Erscheinung macht es für Nutzer deutlich leichter sich innerhalb der Ontologie zurechtzufinden. Darüber hinaus führt ein homogener Modellierungsstil auch zu einer erhöhten Kompatibilität zwischen den einzelnen Komponenten der Ontologie und erleichtert damit ihre Erweiterung (Marquardt et al. 2010, S. 359).

Ebenfalls wesentlich zur Verständlichkeit einer Ontologie beitragen kann eine sorgfältige und durchgängige Dokumentation. Dies umfasst: (1) durchgängige Kommentare im Quelltext der Ontologie, damit Ontologie-Entwickler die formalen Definitionen besser verstehen können. (2) Ein Referenzhandbuch für Softwareentwickler, die auf Basis der Ontologie Anwendungen programmieren möchten. (3) Ein Benutzerhandbuch, für die Endnutzer von Software-Anwendungen, die auf Basis der Ontologie arbeiten (Marquardt et al. 2010, S. 359–360).

Ein wesentlicher Aspekt, der zur Verständlichkeit komplexerer Ontologien beitragen kann, ist die Modularisierung. Ein komplexes, im Gesamtzusammenhang eventuell unübersichtliches System, wird durch eine Zerlegung in kleinere Teilbereiche übersichtlicher. Der User hat somit die Möglichkeit sich die Ontologie »schrittweise« zu erarbeiten.

Anpassungsfähigkeit (adaptability)

Eine wiederverwendbare Ontologie ist kein statisches Modell, sondern muss sich an die ambivalenten Ansprüche unterschiedlicher Anwendungskontexte anpassen können. Sie muss die Möglichkeit späterer Veränderungen berücksichtigen und deren Umsetzung begünstigen. Eine allumfassende, ultimativ gültige Abbildung eines Themenbereiches oder auch nur einzelner Konzepte kann durch eine Ontologie praktisch nie erreicht werden. Ein Anspruch auf Vollständigkeit kann deshalb nicht erhoben werden. Folglich müssen Anpassungsmöglichkeiten schon im Design jeder Ontologie berücksichtigt werden. Nach MARQUARDT (Marquardt et al. 2010, S. 361ff) umfasst die Anpassungsfähigkeit einer Ontologie zwei grundlegende Aspekte: Erweiterbarkeit (extensibility) und Personalisierbarkeit (customizability).

Erweiterbarkeit meint dabei, den Anwendungs- beziehungsweise Betrachtungsbereich (scope) einer Ontologie auszudehnen. Dabei werden der Konzeptualisierung der Ontologie neuartige Konzepte oder Konzeptbereiche

hinzugefügt. Das in ihr definierte Wissen wird erweitert. An die Architektur der Ontologie wird dabei der Anspruch gestellt, einer solchen Erweiterung nicht im Weg zu stehen. Ist diese Anforderung erfüllt, wird dies auch als eine »offene Architektur« bezeichnet (Marquardt et al. 2010, S. 361). Bei einer modular organisierten Ontologie bedeutet offen darüber hinaus, dass sich auch ganze Module in die Architektur eingliedern lassen. Dabei muss auch eine inhaltliche Anbindung an die bestehenden Module möglich sein. Hierfür ist es jedoch erforderlich, die neuen Konzepte mit den bestehenden Konzepten zu verknüpfen. Gemäß GRUBER (Gruber 1993, S. 3) sollte dies möglich sein, ohne dass die bereits vorhandenen Konzepte dabei verändert werden müssen. Dies bezeichnet GRUBER auch als monotone Erweiterbarkeit (monotonic extensibility).

Der zweite Aspekt der im Zusammenhang mit der Anpassungsfähigkeit einer Ontologie eine Rolle spielt, ist die Möglichkeit zur Personalisierung. Im Gegensatz zur Erweiterbarkeit geht es hierbei nicht darum neue Konzepte in die Ontologie einzufügen, sondern bestehende Konzepte an die Bedürfnisse neuer Anwendungskontexte anpassen zu können (Marquardt et al. 2010, S. 362). Da Wissen in der Informatik immer in Anbetracht einer Problemlösungsaufgabe spezifiziert wird, kann ein und derselbe Begriff vor dem Hintergrund differierender Problemstellungen völlig unterschiedlich definiert werden. So könnte eine Ontologie die im Rahmen einer E-Commerce Anwendung eingesetzt wird den Begriff »Produkt« als etwas definieren das sich verkaufen lässt, während eine Anwendung für die Produktentwicklung denselben Begriff vielleicht als etwas betrachtet das systematisch konstruiert werden kann. Unterschiedliche Anwendungskontexte können somit eine Anpassung der Konzeptualisierung einer Ontologie erfordern. Dieser Bedarf ist umso größer, je spezifischer die Konzepte einer Ontologie sind. Top-Level Ontologien erfordern deshalb seltener Anpassungen als Domain- oder Task-Ontologien. Unabhängig vom Typus und dem Inhalt einer Ontologie, erfordert

das Prinzip der Personalisierbarkeit eine flexible Gestaltung. Die Konzepte müssen stets so gestaltet werden, dass arbiträre Anwendungskontexte berücksichtigt werden (Pâslaru-Bontaş 2007, S. 8). Dies schließt auch Anwendungskontexte mit ein, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Ontologie noch nicht bedacht wurden (Russ et al. 1999).

Minimal Ontological Commitment

Im Hinblick auf einen hohen Wiederverwendungsgrad, sind die Konzepte in einer Ontologie möglichst generisch abzubilden. GRUBER fordert deshalb bei der Spezifikation von Wissen nach dem Prinzip des »minimal ontological commitment« (minimale ontologische Bekenntnis bzw. Verpflichtung) vorzugehen (Gruber 1993, S. 3). Formalisiert betrachtet, bezeichnet ontological commitment die Zuordnung von Begriffen zu den Konzepten einer Konzeptualisierung und damit zu ihrer Bedeutung (Guarino 1998). Semantisch gesehen, stellt das commitment einer Ontologie also die Summe aller möglichen Auslegungen (Interpretationen) des von ihr definierten Vokabulars dar. Damit hat das ontological commitment unmittelbaren Einfluss auf die Extension eines Ausdrucks, d.h. die Menge derjenigen Objekte auf die dieser Ausdruck gemäß der von der Ontologie spezifizierten Konzeptualisierung zutrifft. Je umfangreicher das ontologische Bekenntnis einer Ontologie, d.h. je exakter eine Ontologie ihre Begriffe definiert, desto geringer ist die Zahl der aus ihr ableitbaren Modelle. Umgekehrt betrachtet ist die Menge der möglichen Modelle umso größer, desto geringer das commitment einer Ontologie ist. Nach GRUBER sollen die axiomatischen Aussagen einer Ontologie zugunsten der Wiederverwendbarkeit möglichst geringgehalten werden, um viele Interpretationen für einen Begriff zuzulassen. Diese Forderung steht jedoch in Konflikt mit den zuvor beschriebenen Prinzipien der Kohärenz und Klarheit, die eine möglichst exakte Definition von Begriffen fordern, also den Einsatz möglichst vieler Axiome (Marquardt et al. 2010, S. 364). BORST fasst dieses Dilemma wie folgt zusammen: „Overcommitment reduces the reusability, but

undercommitment reduces the reusability of an ontology“ (Borst 1997, S. 15). Das Prinzip des ontological commitment steht damit im Spannungsverhältnis des Usability-Reusability Tradeoff Problems. Eine teilweise Lösung des Konflikts kann durch eine optimierte Architektur der Ontologie erreicht werden. Dabei wird die Ontologie in Form abstrahierender Schichten und lose gekoppelter Module strukturiert. Dies führt zu einer Trennung von allgemeingültigem Domänenwissen und spezifischem Anwendungswissen. Innerhalb einer Schicht oder eines Moduls kann das Wissen dann möglichst generisch definiert werden, da es (wenn nötig) in den darunterliegenden Schichten um Details erweitert werden kann. Beispielsweise sollte in einer Ontologie der Automobildomäne der Begriff Fahrzeug nicht als etwas definiert werden das sich zwangsläufig motorisiert fortbewegt, sondern vielmehr als etwas das sich generell fortbewegt und dabei Personen oder Güter transportiert. Erst auf einer unteren Schicht sollte das Konzept des Fahrzeugs spezialisiert werden, beispielsweise als Kraftfahrzeug, Landfahrzeug, Wasserfahrzeug usw.

Effizienz (efficiency)

MARQUARDT definiert die Effizienz einer Ontologie wie folgt: „An ontology […] is said to be efficient if it allows for efficient reasoning (with respect to computational time and memory requirement), and if it scales adequately for large amounts of instance data.“ (Marquardt et al. 2010, S. 364)

Der größte Einflussfaktor auf die Effizienz einer Ontologie ist die Anzahl ihrer Axiome. Je mehr Axiome eine Ontologie enthält, desto mehr Berechnungen muss ein Inferenz-programm durchführen. Eine effiziente Ontologie kann deshalb grundsätzlich dadurch erreicht werden, dass dem Prinzip der Prägnanz gefolgt wird, da eine prägnante Ontologie generell weniger Axiome definiert. Die Forderung nach Effizienz steht damit, genau wie der Ruf nach minimaler ontologischer Bekenntnis, in Konflikt mit den Prinzipien der Verständlichkeit und Kohärenz, da diese die Definition vieler Axiome erfordern.

A-11 Normalisierte Bezeichnung für Objekteigenschaften für stofftrennende und stoffverbindende Funktionsprofile

Beispielhafte Liste an Objekteigenschaften für stofftrennende und stoffverbindende Funktionsprofile mit einer normalisierten Bezeichnung

Relevante Objekteigenschaften	Normalisierte Bezeichnung
Härte	Härte
Oberflächenhärte	Härte
Festigkeit	Festigkeit
Bruchfestigkeit	Festigkeit
Zugfestigkeit	Festigkeit
Loser Verbund von Festkörpern	Stoffverbund
Verbund von Festkörpern	Stoffverbund
Verbund von Festkörpern und Flüssigkeiten	Stoffverbund
…	…

A-12 Identifizierten Entitäten von Funktionsprofilen für das Funktionsverb »filtern« (gekürzt)

Objekt (Arbeitsgegenstand)	Objekteigenschaft (beeinflusste Eigenschaft)		Art der Beeinflussung symbolisiert durch betragbeeinflussende Verben					
	Original aus der Quelle	Normalisiert	Betragsschaffende Verben	Betragserhöhende Verben	Betragsvermindernde Verben	Betragsaufhebende Verben	Betragsändernde Verben	Betragsbeibehaltende Verben
	Abtastrate	Abtastrate					wechseln	
Adressen	gefilterte Adressen	Adresse						erhalten
	Bildartefakte	Artefakt	entstehen					
	räumliche Auflösung	Auflösung			verringern			
	gefilterte Ausgänge	Ausgang	erzeugen					
	Backgroundvariabilität	Backgroundvariabilität			verringern			
	Bakterien	Bakterien						bleiben
Drehmomentsignal	Systembandbreite	Bandbreite						erhalten
Impulssignal	Bandbreite	Bandbreite	erzeugen					
	Begriffe	Begriff				beseitigen		
Kurve	Bestandteile	Bestandteil				entfernen		
	Bewegungsvektor	Bewegungsvektor	bilden					
Lichtstrahl	Farbbild	Bild	erzeugen					
	gefilterte Bilder	Bild	erzeugen					
Kanal	Bild	Bild	erzeugen					
	Daten	Daten					verändern	
	Daten	Daten					modifizieren	
Daten	interpolierte Daten	Daten	erzeugen					
Unterband	PCM-Daten	Daten						erhalten
Geschwindigkeitssignal	Datensätze	Datensatz	erzeugen					
	Zieldrehmomentwert	Drehmomentwert						bleiben
Abgasvolumenstrom	Differenzdruck	Druck		ansteigen				
Medium	Druckverlust	Druckverlust	entstehen					
	Eigenschaften	Eigenschaft					verändern	
Fehlersignal	Eigenschaften	Eigenschaft				einstellen		
elektrisches Signal	Einflüsse	Einfluß			minimieren			
Ereignisdatenstrom	Ereignissequenz	Ereignissequenz	erstellen					
	Farbtemperatur	Farbtemperatur		erhöhen				
Kanalinformation	Filterkriterium	Filterkriterium				einstellen		
Objektdaten	Flimmereffekt	Flimmereffekt			reduzieren			
	Eingangsfolge	Folge					verändern	
Signalspektrum	Frequenzen	Frequenz			abschwächen			
Kurve	Frequenzanteile	Frequenzanteil				entfernen		
	Frequenzgang	Frequenzgang				einstellen		
	Frequenzgang	Frequenzgang					verändern	
Pixelwerte	Gebiet	Gebiet	erzeugen					
Messsignal	niederfrequente Arbeitsgerausche	Geräusch			vermindern			
Textil	Giftstoffe	Giftstoff				entfernen		
Kantenbilder	Differenz-Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild	erzeugen					
Kantenbild	horizontales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild						erhalten
Kantenbild	vertikales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild						erhalten
Kantenbild	diagonales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild						erhalten
Kantenbilder	Hochfrequenzbilder	Hochfrequenzbild	herstellen					
Kantenbild	horizontales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild	erzeugen					
Kantenbild	vertikales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild	erzeugen					
Kantenbild	diagonales Hochfrequenzbild	Hochfrequenzbild	erzeugen					
	Impedanz	Impedanz					verändern	
Zielpixelinformation	Information	Information						erhalten
Licht	IR-Anteil	IR-Anteil			reduzieren			
Bilder	Objektkanten	Kante						erhalten
Kantenbilder	Reihe von Saetzen Kantenbilde	Kantenbild	erzeugen					
	Klangbild	Klangbild					verändern	
komplexes Signal	Komponente	Komponente				entfernen		
	Kraftstoffverbrauch	Kraftstoffverbrauch		erhöhen				
	Kraftstoffverbrauch	Kraftstoffverbrauch		erhöhen				
Wasser	bakteriellen Krankheitserregern	Krankheitserreger			reduzieren			
	Krankheitserreger	Krankheitserreger						bleiben
	Lichtintensität	Lichtintensität	erzeugen					
	Lichtquellen	Lichtquelle		hinzufügen				
Bildsignal	Linien	Linie				eliminieren		
	Luftwiderstands	Luftwiderstand	erzeugen					
Testbild	Maske	Maske	erzeugen					
Kurve	Merkmale	Merkmal				entfernen		
Verkehrsmesswerte	Merkmal	Merkmal	bilden					
Stickoxidemissionen	NO2	NO2		erhöhen				
Abgas	NO2	NO2					umwandeln	
Abgas	Rußpartikel	Partikel	entstehen					
Emissionen	Partikel	Partikel			reduzieren			
	Feinpartikeln	Partikel			reduzieren			
	Partikelemission	Partikelemission			senken			
	Partikelmasse	Partikelmasse			reduzieren			
Textil	Pestizide	Pestizide				entfernen		
	Phasenlage	Phasenlage					verändern	
	Pixel	Pixel					verändern	
	Protozoen	Protozoen						bleiben
	Last-Prozentsatz	Prozentsatz						erhalten
Bildsignal	Punkte	Punkt				eliminieren		
	Rauschanteile	Rauschanteil					verändern	
Kurve	Rauschen	Rauschen				entfernen		
Signalprozessoren	Rundungsrauschen	Rauschen			minimieren			
Fehlersignal	Quantisierungsrauschen	Rauschen	formen				formen	
Bild	Rauschinformation	Rauschinformation				eliminieren		
Prozessvariablensignal	Rauschkomponenten	Rauschkomponente				entfernen		
	Reduktionsbild	Reduktionsbild	erzeugen					
Licht	Registermarken	Registermarke	erzeugen					
	Schmutz	Schmutz				entfernen		
mechanische Schwingung	elektrische Schwingung	Schwingung					umwandeln	
	entwurfelte Audiosignal	Signal	erzeugen					
	Fehlersignal	Signal			minimieren			
	weisses Rauschsignal	Signal	erzeugen					

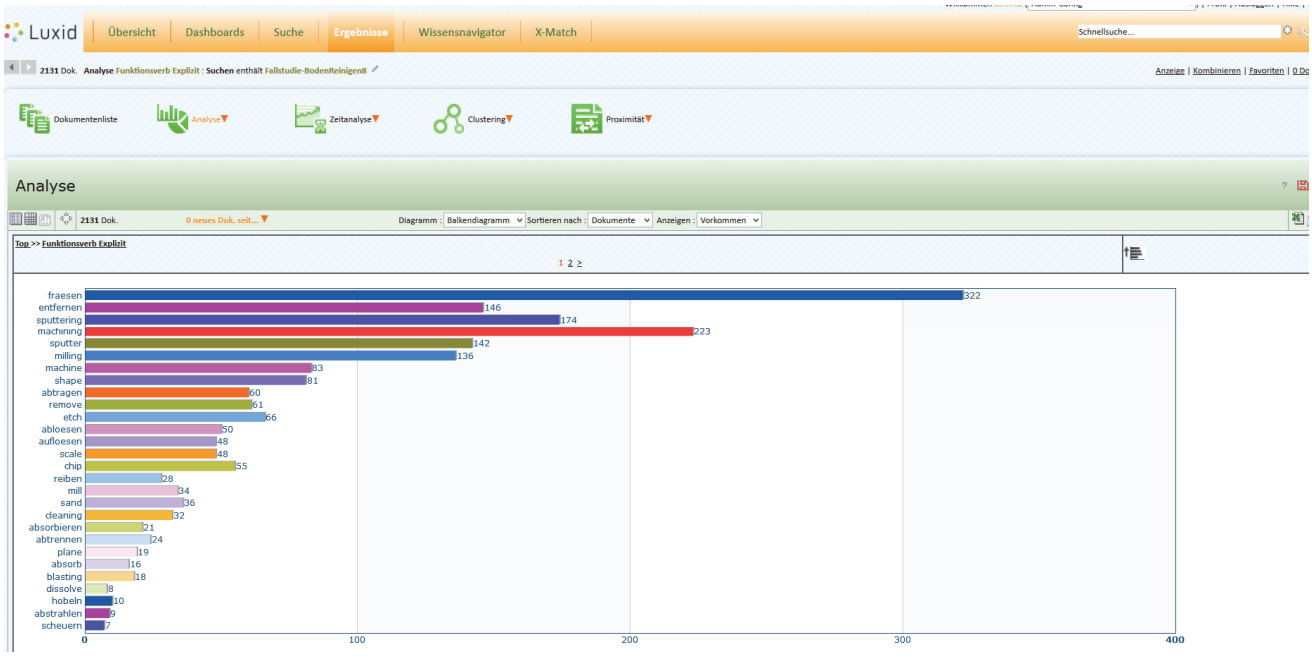
A-13 Web Ontology Language – OWL

Unterschiedliche Sprachen finden Anwendung zur Modellierung von Ontologien. Die von der Web Ontology Working Group spezifizierte OWL-Sprache (Ontology Web Language) wird in der Praxis jedoch in unterschiedlichen Versionen mit unterschiedlichen Sprachumfängen eingesetzt. Mit OWL Lite lassen sich nur grundlegende Sprachkonstrukte zur Modellierung von Klassenhierarchien und einfachen Relationen abbilden. Komplexere Zusammenhänge und Logiken können hingegen mit OWL Full abbilden werden, welche den kompletten Sprachumfang der OWL-Sprache unterstützt. Der wesentliche Nachteil von OWL Full ist jedoch, dass nicht mehr alle abgebildeten Logiken mathematisch entschieden werden können, sodass ein Reasoning (Berechnung von Lösungen aus dem abgebildeten Wissensnetz) nur bedingt möglich ist. Eine mittlere Ausdrucksmächtigkeit bei gleichzeitiger vollständiger logischer Entscheidbarkeit wird durch den Einsatz von OWL DL ermöglicht, welche einen Kompromiss zwischen OWL Lite und OWL Full darstellt. (Antoniou und Harmelen 2004)

Die in dieser Arbeit entwickelte Ontologie basiert folglich auf dem Ontologiesprache OWL DL, um den gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

A-14 Häufigkeitsanalyse mit dem Programm Luxid®

Beispiel für identifizierte technische Verben im Kontext spezifischer Objekteigenschaften und betragsbeeinflussender Verben in 2131 wissenschaftlichen Abstracts.



A-15 technischer Grundvorgänge nach WOLFFGRAMM

Merkmale (vgl. Wolffgramm 1994, S. 119):

- Sie sind vom Menschen zur gezielten Veränderung von Arbeitsgegenständen angewandte Bearbeitungsvorgänge und dienen der gesellschaftlichen und individuellen Bedürfnisbefriedigung.
- Sie beruhen auf der bewussten Ausnutzung und Anwendung von Naturvorgängen, wobei jeweils eine Vielzahl von Naturvorgängen in technologischen Vorgängen komplex zusammenwirkt.
- Sie werden mit Hilfe von technischen Systemen (Maschinen und Apparaten) realisiert, durch die der Mensch künstliche Bedingungen für den beabsichtigten Prozessablauf herbeiführt.
- Es werden aus der Vielzahl der möglichen technologischen Vorgänge jeweils die angewandt, für die einerseits die technischen Mittel verfügbar sind und die andererseits den ökonomischen, ökologischen und sozialen Forderungen der Gesellschaft entsprechen

A-16 Wirkprinzip nach WOLFFGRAMM

Das technologische Wirkprinzip repräsentiert einen grundlegenden Typ technologischer Gesetze. Es gehört zur Klasse der Funktionsgesetze und erfasst das Wesen technologischer Vorgänge auf der Hierarchieebene der Vorgangsgruppe. Es macht Aussagen über den durch technische Mittel erzwungenen und vom Zusammenspiel der Wirkfaktoren bestimmten Vorgangsverlauf. In diesem Sinne ist es ein Operator, der – auf einen bestimmten Anfangszustand angewandt – einen gewollten Endzustand herbeiführt. Das komplexe Wirken naturwissenschaftlicher Effekte wird dabei in der Charakteristik der Wirkfaktoren und ihrer Veränderung im Prozessablauf erfasst. (Wolffgramm 1994, S. 132f)

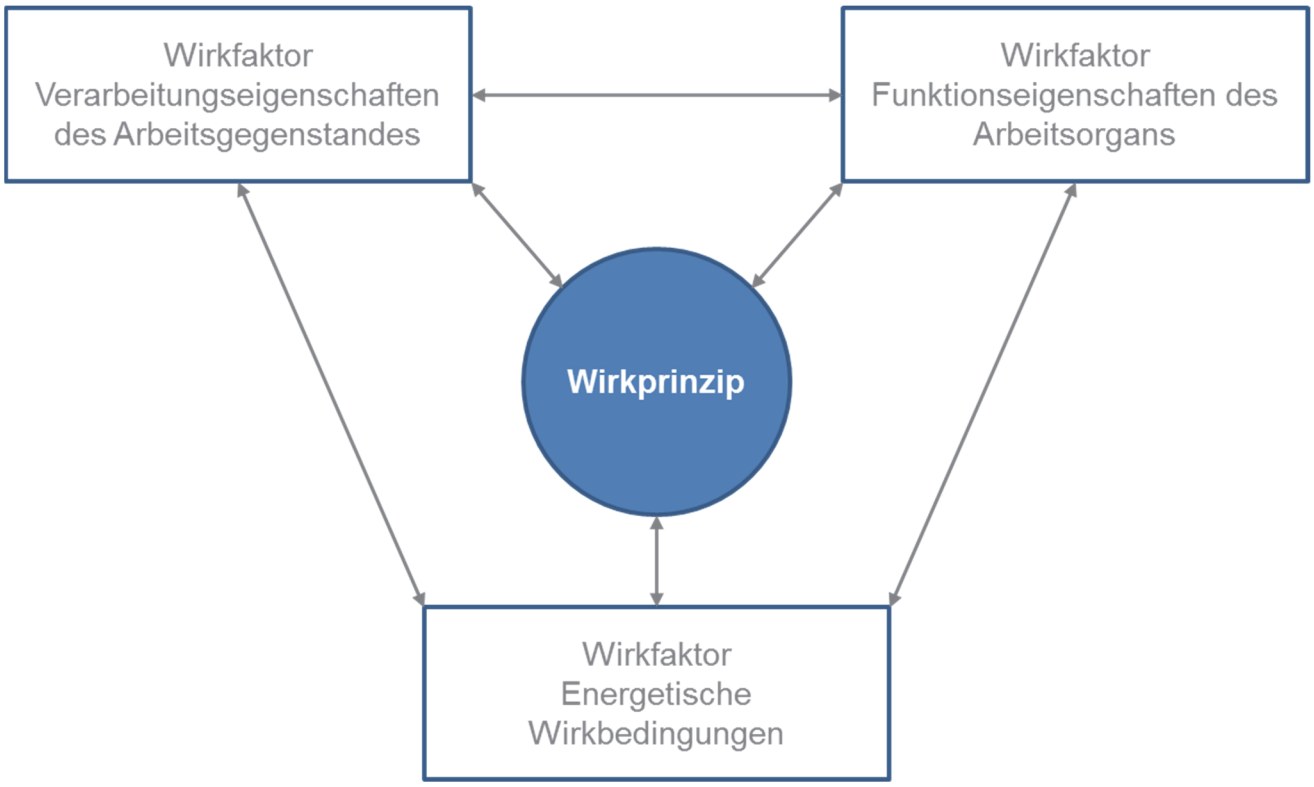


Abbildung 55: Der Platz des Wirkprinzips im Strukturmodell des technologischen Grundvorgangs (Wolffgramm 1994, S. 132f)

A-17 Bewertungsmatrix von Informationsquellen

Tabelle 31: Bewertungsmatrix von Informationsquellen für das Technologie-Monitoring (vgl. Warschat et al. 2013, S. 13)

Typ an Informationsquelle *Bewertungskriterium*	**Patent-datenbank**	**Literatur-datenbank**	**World-Wide-Web Suchmaschine (visible web)**
Informationsgehalt für das Technologie-Monitoring im engeren Sinne	**o**	**+**	**+**
Informationsgehalt für das Technologie-Monitoring im weiteren Sinne	**+**	**+**	**+**
Aktualität der Informationen	**o**	**o**	**+**
Validität der Informationen (Wahrheitsgehalt, Sicherheitsgrad)	**+**	**+**	**-**
Exklusivität der Informationen	**o**	**+**	**-**
Operationalisierbarkeit für semiautomatische Analysen	**+**	**+**	**o**

Legende: + hoher Erfüllungsgrad; o mittlerer Erfüllungsgrad; - unzureichender Erfüllungsgrad

A-18 Funktionen und Attribute im Rahmen der Funktionsanalyse

Funktionen und ihre Attribute beschreiben formal sowohl die Bedürfnisse in Märkten, als auch die Leistungsfähigkeit von Technologien und bilden damit ein Bindeglied zwischen Markt und Technologie.

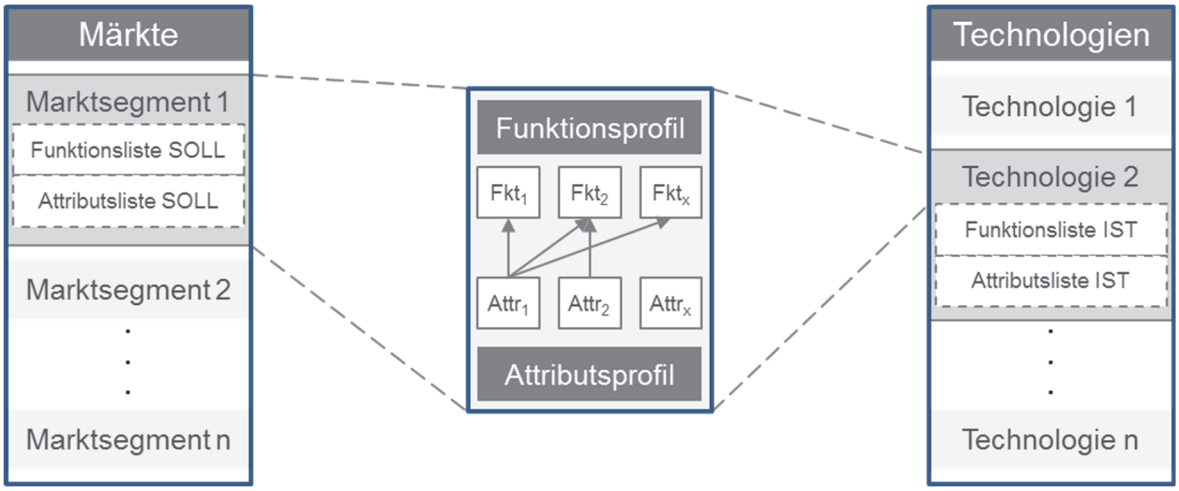


Abbildung 56: Funktionen und Attribute als Bindeglied zwischen Markt und Technologie (vgl. Ardilio 2013, S. 80)

In dieser »Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement« werden die Dissertationen, die im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO entstanden sind, veröffentlicht.

Die beiden Institute verknüpfen universitäre Grundlagenforschung mit angewandter Auftragsforschung und setzen diese erfolgreich in zahlreichen Projekten praxisgerecht um.

Technologiemanagement umfasst dabei die integrierte Planung, Gestaltung, Optimierung, Bewertung und den Einsatz von technischen Produkten und Prozessen aus der Perspektive von Mensch, Organisation, Technik und Umwelt. Dabei werden neue anthropozentrische Konzepte für die Arbeitsorganisation und -gestaltung erforscht und erprobt. Die Arbeitswissenschaft mit ihrer Systematik der Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen sowie ihren humanen und wirtschaftlichen Zielen ist dabei zentral in die Aufgabe des Technologiemanagements eingebunden.

ISBN 978-3-8396-1270-5

9 783839 612705

ISSN 2195-3414

Fraunhofer Verlag