

Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in Unternehmen
–
**Ein ganzheitlicher Ansatz
für das strategische Technologiemanagement**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
(Dr. rer. pol.)

im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
der Universität Kassel

vorgelegt von

Dipl.-Oec. Stephan Speith

Erstgutachterin: Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl
Zweitgutachter: Prof. Dr. Jan Marco Leimeister

Tag der Disputation: 11. September 2008

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde als Dissertation am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Kassel angenommen. Sie entstand während meiner Tätigkeit als Wissenschaftler am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI sowie als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Innovations- und TechnologieManagement der Universität Kassel.

Die Verwirklichung dieser Arbeit wäre ohne die Unterstützung von vielerlei Seiten nicht möglich gewesen. Danken möchte ich meiner Doktormutter Frau Professor Weissenberger-Eibl für den großen akademischen Freiraum und Professor Leimeister für die Übernahme des Zweitgutachtens. Für die Sicherstellung der materiellen Grundlagen des Vorhabens über eine Projektförderung möchte ich der Hessenagentur GmbH meinen Dank aussprechen. In diesem Zusammenhang möchte ich auch alle Vertreter aus den beteiligten Unternehmen erwähnen, die durch zahlreiche kritische und konstruktive Anmerkungen den Erfolg dieser Arbeit erst ermöglicht haben.

Ausdrücklicher Dank gebührt ferner meinen Kollegen, die mit Rat und Tat zum Gelingen der Arbeit ganz wesentlich beigetragen haben. Sehr gerne bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit und die guten Hinweise bei Dr. Kerstin Cuhls, Elna Schirrmeister, Dr. Philine Warnke, PD Dr. Ralf Isenmann, Sven Wydra, Oliver Som sowie meiner langjährigen Bürokollegin Antje Bierwisch.

Der größte Dank gilt meinen Eltern und Großeltern, ohne deren Unterstützung mein bisheriger Lebensweg in dieser Form nicht denkbar gewesen wäre sowie meiner Partnerin Selma Kölbl, die mir in einer nicht immer einfachen Zeit stets zur Seite gestanden hat.

Stephan Speith

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VII
1 EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	2
1.3 Methodisches Vorgehen.....	3
1.4 Aufbau der Arbeit	4
2 VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE	7
2.1 Grundlegende Definitionen.....	7
2.1.1 Technologie, technologische Pfade	7
2.1.2 Technologiemanagement, strategisches Technologiemanagement, Vorausschau und Planung.....	12
2.1.3 Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	16
2.2 Stand der Forschung – Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.....	17
2.2.1 Datenbankanalysen und Indikatorik.....	18
2.2.2 Technologische Entwicklungsmuster.....	25
2.2.3 Szenarien.....	30
2.2.4 Technologie-Bewertung	35
2.2.5 Technologie-Roadmaps.....	38
2.2.6 New Business Development	42
2.2.7 Technologie-Folgenabschätzung.....	45
2.2.8 Sonstige Ansätze	47
2.3 Hypothesen	56
2.3.1 Adressierte Problembereiche vorhandener Ansätze	56
2.3.2 Forschungslücken.....	63
2.3.3 Forschungsthesen	71
3 DAS AUFKOMMEN TECHNOLOGISCHER PFADE IN INNOVATIONSSYSTEMEN	75
3.1 Grundlagen	75
3.1.1 Actor-Network-Theorie.....	76
3.1.2 Trajektorien und institutionelle Regime.....	80
3.1.3 Technologiebasierte Innovationssysteme.....	84
3.1.4 Zwischenfazit: Integration der theoretischen und empirischen Grundlagen	87
3.2 Strukturelemente.....	89
3.2.1 Akteure: Individuen und Organisationen.....	89
3.2.2 Institutionen	92

3.2.3	Wissensbasis	94
3.2.4	Technologische Artefakte	96
3.3	Funktionen	97
3.3.1	Mobilisierung von Ressourcen.....	101
3.3.2	Schaffung und Verbreitung von Wissen.....	102
3.3.3	Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses.....	103
3.3.4	Gründungstätigkeiten.....	104
3.3.5	Bildung von Märkten	106
3.3.6	Gesellschaftliche Legitimierung	107
3.4	Entstehungsphasen im Prozess der Pfadkonstitution	108
3.4.1	Präformation	112
3.4.2	Pfadkreation.....	114
3.4.3	Pfadabhängigkeit und Pfadbrechung.....	120
3.5	Zwischenfazit: theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.....	125
4	EIN GANZHEITLICHER ANSATZ FÜR DIE VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE	128
4.1	Inhaltliche Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	128
4.2	Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	137
4.2.1	Ebene des gesellschaftlichen Umfelds	138
4.2.2	Ebene des technologiebasierten Innovationssystems	141
4.2.3	Ebene des Unternehmens	143
4.3	Organisation der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	145
4.3.1	Ist-Analyse	147
4.3.2	Identifikation von Anwendungskontexten.....	149
4.3.3	Gap-Analyse	151
4.3.4	Identifikation alternativer Technologiepfade	152
4.3.5	Strategieentscheidung	154
4.3.6	Evaluation und Wiederholung.....	155
5	FALLSTUDIEN ZUR VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE	157
5.1	Untersuchungsdesign.....	157
5.1.1	Forschungsmethode	158
5.1.2	Sampling.....	161
5.1.3	Erhebungs- und Auswertungsmethoden.....	163
5.2	Fallstudie: Biotech	167
5.2.1	Unternehmens- und Technologiebeschreibung	167
5.2.2	Untersuchungsergebnisse	168
5.2.3	Zwischenfazit	176
5.3	Fallstudie: Mobil	178
5.3.1	Unternehmens- und Technologiebeschreibung	178
5.3.2	Untersuchungsergebnisse	179
5.3.3	Zwischenfazit	185
5.4	Fallstudie: Nano	188
5.4.1	Unternehmens- und Technologiebeschreibung	188
5.4.2	Untersuchungsergebnisse	188
5.4.3	Zwischenfazit	192

5.5	Fallstudie: Sensor	194
5.5.1	Unternehmens- und Technologiebeschreibung	194
5.5.2	Untersuchungsergebnisse	195
5.5.3	Zwischenfazit	200
5.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	202
5.6.1	Cross-Case-Analysen	202
5.6.2	Typenbildung	211
5.6.3	Diskussion der Forschungsthese	214
5.6.4	Kritische Reflexion des Untersuchungsdesigns	224
6	ERWEITERUNG DES GANZHEITLICHEN ANSATZES FÜR DIE VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE	227
6.1	Typ 1: Vorausschau und Planung bei neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen	230
6.2	Typ 2: Vorausschau und Planung bei der Identifikation neuer Anwendungen für etablierte nicht beherrschte Technologien	239
6.3	Typ 3: Vorausschau und Planung bei der Identifikation neuer Anwendungen für etablierte beherrschte Technologien	247
7	SCHLUSSBETRACHTUNG	256
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	256
7.2	Grenzen der Untersuchung und weiterer Forschungsbedarf	259
	LITERATURVERZEICHNIS	263
	ANHANG	285

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Aufbau der Arbeit.....	5
Abbildung 2:	Prozess des strategischen Technologiemanagements	13
Abbildung 3:	Prozess der Vorausschau und Planung in Unternehmen	15
Abbildung 4:	Handlungsbestimmende Faktoren eines Akteurs	90
Abbildung 5:	Akteur-Netzwerke an unterschiedlichen Polen eines technologiebasierten Innovationssystems	91
Abbildung 6:	Institutionelle Regelungen an unterschiedlichen Polen eines technologiebasierten Innovationssystems	94
Abbildung 7:	Prozess der Pfadkonstitution in technologiebasierten Innovationssystemen	111
Abbildung 8:	Erwartungsdynamik in neuen technologischen Pfaden	115
Abbildung 9:	Landscape, technologiebasiertes Innovationssystem und Unternehmen..	137
Abbildung 10:	Phasen des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	146
Abbildung 11:	Konzeption des Vorgehens bei der Ist-Analyse	148
Abbildung 12:	Konzeption des Vorgehens bei der Identifikation von Anwendungskontexten	150
Abbildung 13:	Konzeption des Vorgehens bei der Gap-Analyse	152
Abbildung 14:	Konzeption des Vorgehens bei der Identifikation alternativer Technologiepfade	153
Abbildung 15:	Konzeption des Vorgehens bei der Strategieentscheidung	155
Abbildung 16:	Konzeption des Vorgehens bei der Evaluation und Wiederholung.....	156
Abbildung 17:	Darstellung der Publikationen zu „Organismus A" nach thematischer Nähe... ..	170
Abbildung 18:	Darstellung der Publikationen zu „Enzym I" und „Enzym II" nach thematischer Nähe.....	171
Abbildung 19:	Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung von Organismus A durch das Unternehmen Biotech	174
Abbildung 20:	Roadmap Biotech mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten	175
Abbildung 21:	Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie C durch das Unternehmen Mobil.....	182
Abbildung 22:	Roadmap Mobil mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten..	184
Abbildung 23:	Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie A durch das Unternehmen Nano.....	190

Abbildung 24:	Roadmap Nano mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten..	192
Abbildung 25:	Darstellung der Publikationen aus einem Datensatz	196
Abbildung 26:	Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie A durch das Unternehmen Sensor	198
Abbildung 27:	Roadmap Sensor mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten	199
Abbildung 28:	Idealtypen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	214
Abbildung 29:	Vorgehen für den ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade	229

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Adressierte Problembereiche vorhandener Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.....	61
Tabelle 2:	Funktionen von Innovationssystemen.....	99
Tabelle 3:	Strukturelemente und Funktionen in der Präformationsphase.....	113
Tabelle 4:	Strukturelemente und Funktionen während der Pfadkreation.....	119
Tabelle 5:	Strukturelemente und Funktionen in der Pfadabhängigkeit.....	123
Tabelle 6:	Einflussfaktoren auf der Ebene der Landscape.....	139
Tabelle 7:	Einflussfaktoren auf der Ebene des technologiebasierten Innovationssystems.....	142
Tabelle 8:	Einflussfaktoren auf der Ebene des Unternehmens.....	144
Tabelle 9:	Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Biotech.....	173
Tabelle 10:	Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei der Mobil.....	183
Tabelle 11:	Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Nano.....	191
Tabelle 12:	Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Sensor.....	197
Tabelle 13:	Kriterien für situationsspezifische Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.....	213
Tabelle 14:	Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 1.....	233
Tabelle 15:	Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 2.....	242
Tabelle 16:	Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 3.....	250

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ATBEST	Assessment Techniques for Breakthrough and Emerging Science and Technology
bzw.	beziehungsweise
CNC	Computer Numerically Controlled
CVD	Chemical Vapor Deposition
DARPA	U.S. Defense Advanced Research Projects Agency
d.h.	das heißt
DNA	Desoxyribonukleinsäure
d.V.	der Verfasser
ECN	Energy research Centre of the Netherlands
et al.	und andere
E3MG	Energy-Environment-Economy Model at the Global Level
f.	folgende
ff.	fort folgende
F&E	Forschung und Entwicklung
FMS	Flexible Manufacturing Systems
FN	Fußnote
ggf.	gegebenenfalls
GLP	Good Laboratory Practice
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GMP	Good Manufacturer's Practice
HIV	Human Immunodeficiency Virus
i.e.	id est
IPC	International Patent Classification
ITRS	International Technology Roadmap for Semiconductors
JRC-IPTS	Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies
Ltd.	Private Company Limited by Shares (UK)
MEMS	Micro-Electro-Mechanical System
Mio.	Millionen
NGO	Non-Governmental Organisation

Nr.	Nummer
OEM	Original Equipment Manufacturer
PVD	Physical Vapor Deposition
QUEST	Quick Environmental Scanning Technique
resp.	respektive
SWOT	Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats
u.a.	unter anderem
USPTO	United States Patent and Trademark Office
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
v.a.	vor allem
v.s.	versus
WLAN	Wireless Local Area Network
z.B.	zum Beispiel

"The best way to predict the future is to invent it."
Alan Curtis Kay

1 EINLEITUNG

Dieses Kapitel stellt zuerst die behandelte Problemstellung und die adressierten Forschungsfragen der Arbeit dar. Anschließend werden die Ziele, das methodische Vorgehen sowie die theoretischen Grundlagen der Arbeit behandelt. Im letzten Abschnitt wird der Aufbau der Arbeit vorgestellt. In diesem Zusammenhang werden die zentralen Inhalte der einzelnen Kapitel kurz diskutiert.

1.1 Problemstellung

Auf der Seite der Forschung und Entwicklung stehen Unternehmen weltweit in einem sich beschleunigenden Wettbewerb um neue Technologien. Auf der Marktseite wird diese Entwicklung durch sich verkürzende Lebenszyklen von Produkten und Prozessen verschärft. Firmen sind in diesem Umfeld gefordert, technologische Optionen frühzeitig aufzugreifen, um neue Märkte zu besetzen und Vorteile gegenüber ihren Konkurrenten zu erlangen. Die Identifikation dieser neuen Technologien und die Erarbeitung von Strategien für die Erschließung ihres Potenzials ist Kernaufgabe der Vorausschau und Planung. Während des Aufkommens neuer Technologien steht die Vorausschau und Planung jedoch besonderen Herausforderungen gegenüber. Situationen, in denen neue Technologien entstehen, sind durch eine hohe Dynamik und Komplexität der Entwicklungen, durch eine lange Zeitspanne bis zur erfolgreichen Anwendung der Technologie beim Kunden sowie durch häufig noch unbekannte Einsatzmöglichkeiten gekennzeichnet. In einem solchen Umfeld, dessen Entwicklung von einem Unternehmen nur sehr eingeschränkt vorhergesagt und kontrolliert werden kann, besteht ein Bedarf an Methoden, die Firmen bei der Entscheidungsfindung unterstützen können.

In der wissenschaftlichen Diskussion finden sich verschiedene Ansätze, um die Vorausschau und Planung im Bereich neuer Technologien durchzuführen. Bisher liegen jedoch nur wenige Erfahrungsberichte über ihre Anwendung in Unternehmen vor. Erkenntnisse über die wesentlichen Aufgaben der Vorausschau und Planung in den beschriebenen Situationen sowie die Charakteristika erfolgreicher Strategien für neue Technologien liegen nur punktuell vor. Des Weiteren fällt auf, dass nur sehr wenige der vorliegenden Methoden und Konzepte wissenschaftliche Erkenntnisse über den Innovationsprozess in seiner frühen Phase integrieren. Der überwiegende Teil der Ansätze legt ein lineares Innovationsmodell zugrunde, welches die tatsächliche Dynamik eines häufig chaotischen Entstehungsprozesses nur unzureichend abbildet. Offen ist in diesem Kontext, auf welche wesentlichen Faktoren aus dem technologischen Umfeld sich

die Vorausschau und Planung konzentrieren sollte, um eine bessere Handhabung der hohen Komplexität während der Entstehung neuer Technologien zu erreichen. Schließlich fehlt eine strukturierte Vorgehensweise, die den Ablauf bei der Vorausschau und Planung beschreibt und gleichzeitig Aussagen über die zu beteiligenden Organisationseinheiten trifft. In diesem Kontext greifen vorhandene Ansätze lediglich einzelne Problemstellungen und Herausforderungen auf, ohne diese zu einem umfassenden Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologien zu integrieren.

Ausgehend von diesen Mängeln adressiert die vorliegende Arbeit die folgende Problemstellung: Wie kann ein ganzheitlicher Ansatz für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in Unternehmen gestaltet werden? Diese zentrale Fragestellung lässt sich in die folgenden Teilfragen aufgliedern: Wie können theoretische Erkenntnisse der Innovationsforschung in die Vorausschau und Planung neuer Technologien integriert werden? Welche Aufgaben hat die Vorausschau und Planung in Situationen, in denen neue Technologien entstehen, zu erfüllen? Welchen Kriterien sollten die entwickelten Strategien genügen, damit ein Unternehmen das Potenzial einer neuen Technologie erfolgreich erschließen kann? Welche Faktoren aus dem Umfeld eines Unternehmens sollten betrachtet werden? Wie sollte das Vorgehen der Vorausschau und Planung erfolgen? Welche Personen und Organisationseinheiten sollten einbezogen werden?

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit besteht darin, einen Ansatz für die Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologien in Unternehmen zu entwickeln. Im Einzelnen lassen sich theoretische, konzeptionelle und empirische Teilziele unterscheiden, die für unterschiedliche Adressaten in Forschung und Praxis von Relevanz sind.

Die theoretische Zielstellung liegt darin, Erkenntnisse der Innovationsforschung in die methodische Diskussion der Vorausschau und Planung einzubringen, da diese beiden Felder bisher weitgehend isoliert voneinander stehen. Aus der Anwendung von theoretischen Erkenntnissen sollen in diesem Kontext Rückschlüsse auf weiteren Untersuchungsbedarf in der Innovationsforschung gezogen werden. Des Weiteren besteht die theoretische Zielsetzung in der Definition eines Kernbereichs von Aufgaben, die die Vorausschau und Planung neuer Technologien erfüllen sollte und in der Herausarbeitung eines Sets von Charakteristika für erfolgreiche Strategien im Umfeld entstehender Technologien. Schließlich soll die Methodendiskussion im strategischen Technologiemanagement durch den vorgestellten Ansatz der Vorausschau und Planung gezielt

vorangetrieben werden. Dies gilt zum einen mit Sicht auf die Entwicklung theoriebasierter Vorgehensweisen und zum anderen für den Anspruch, neue Möglichkeiten zur Durchführung der Vorausschau und Planung neuer Technologien aufzuzeigen.

Die konzeptionelle Zielsetzung besteht darin, einen Rahmen, mit dem die Einflussfaktoren auf die Entstehung neuer Technologien strukturiert analysiert und ausgewertet werden können, bereitzustellen. Dies soll eine Handhabung der Komplexität und eine Konzentration auf die wesentlichen Größen bei der Durchführung der Vorausschau und Planung ermöglichen. Die Konzeption des Ansatzes hat außerdem den Anspruch, die verschiedenen Anforderungen an die Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologien ganzheitlich zu adressieren und in einer geeigneten Ablauf- und Aufbauorganisation zu konkretisieren.

Die empirische Zielsetzung liegt darin, herauszufinden, welchen Problemen Unternehmen bei der methodisch unterstützten Analyse und Strategiebildung für neue Technologien gegenüberstehen, da bisher wenige Erfahrungsberichte zu dieser Thematik vorliegen. In diesem Zusammenhang sollen gleichfalls Aussagen darüber getroffen werden, welche der in der Literatur vorgestellten Ansätze und Konzepte für die Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologien in Unternehmen geeignet sind und wie diese gegebenenfalls anzupassen oder zu kombinieren sind.

1.3 Methodisches Vorgehen

Die Arbeit ist in unterschiedlichen theoretischen Diskussionen verortet, die die Grundlage für das Entwickeln eines Ansatzes für die Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologien bilden. Dabei spielen die betriebswirtschaftlich geprägte Diskussion über das Technologiemanagement und insbesondere das strategische Technologiemanagement eine Rolle. Die Identifikation und die Vorbereitung der Erschließung neuer Technologiefelder werden als Kernaufgaben der Vorausschau und Planung im strategischen Technologiemanagement angesehen. Aus dieser Forschungsrichtung werden insbesondere bestehende Ansätze der technologischen Vorausschau sowie der Technologieplanung aufgegriffen und kritisch diskutiert. Neben der betriebswirtschaftlichen Perspektive werden Erkenntnisse aus der Innovationsforschung und der Innovationstheorie genutzt, um mit diesen das Methodenspektrum der Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologien zu reflektieren und zu erweitern. Zu diesem Zweck werden insbesondere die Actor-Network-Theorie, die Gedanken über technologische Trajektorien, die Innovationssystem-Diskussion und die Pfadtheorie aufgegriffen.

Gegenstand dieser Arbeit ist ferner ein Review der in der Literatur vorhandenen Ansätze und Konzepte der Vorausschau und Planung neuer Technologien. Dabei wurden insgesamt 81 Ansätze, die im Zeitraum von 1990 bis 2007 in führenden internationalen Zeitschriften publiziert wurden, identifiziert und bezüglich ihrer Zielsetzung, Vorgehensweise sowie ihrer Vor- und Nachteile diskutiert. Die Auswahl dieser Ansätze erfolgte nach einer Analyse sämtlicher Abstracts aus den entsprechenden Zeitschriften. Ausgehend von der Gegenüberstellung dieser Methoden wird Forschungsbedarf im Bereich der Vorausschau und Planung neuer Technologien lokalisiert. Dieser wird anschließend in Forschungshypothesen konkretisiert. Die erarbeiteten Thesen bilden den Ausgangspunkt für die Konzeption eines ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung, der die Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologien umfassend aufgreift. In diesem Zusammenhang werden die Vorteile und Möglichkeiten verschiedener Methoden und Konzepte integriert. Der Ansatz wird in einer Fallstudienuntersuchung mit vier Unternehmen angewendet. Die beteiligten Pilotunternehmen entstammen verschiedenen Branchen und sind in unterschiedlichen Technologiefeldern tätig. Die Zusammenarbeit erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt einem Jahr. In dieser Zeit fanden 26 Interviews und elf Workshops in den Firmen statt, die unter anderem um Recherchen in Publikations- und Patentdatenbanken ergänzt wurden. Die Ergebnisse aus der Anwendung des konzipierten Ansatzes wurden den Forschungshypothesen gegenübergestellt. Auf Basis dieser Diskussion erfolgte abschließend eine Anpassung und Erweiterung des vorgestellten Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologien.

1.4 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt. An die Einleitung schließt sich im nächsten Kapitel die Definition zentraler Begriffe der Arbeit an. Ziel ist die Entwicklung einer Arbeitsdefinition der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade und ihre Verortung im strategischen Technologiemanagement.

Anschließend erfolgt ein Review vorhandener Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Dabei werden die zentralen Kennzeichen jedes Konzeptes einschließlich seiner Vor- und Nachteile diskutiert. Aus der Aufarbeitung der vorhandenen Ansätze leiten sich Forschungslücken ab, die mit den in Abschnitt 2.3 gebildeten vier Forschungshypothesen aufgegriffen werden.

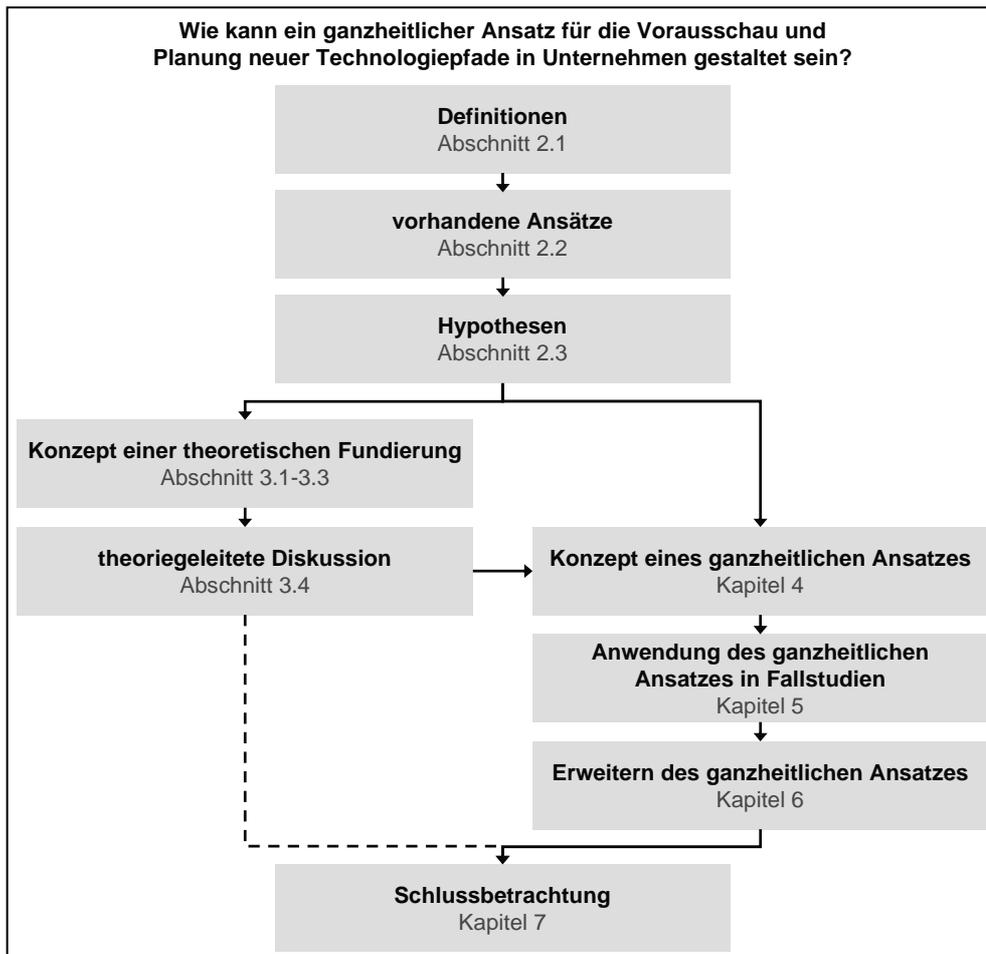


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit
[Quelle: eigene Darstellung]

Die erste Hypothese greift den Mangel an einer theoretischen Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade auf. Das Entwickeln einer theoretischen Grundlage, die diesen Mangel adressiert, erfolgt in Kapitel drei. Zu diesem Zweck werden verschiedene theoretische und empirische Bausteine zu einem Modell der Entstehung neuer Technologiepfade integriert. Die Diskussion der ersten Forschungsthese sowie die Ableitung der Implikationen des entwickelten Modells für die Vorausschau und Planung erfolgen innerhalb dieses Kapitels.

Die zweite bis vierte Hypothese spezifiziert Forschungsbedarf mit Sicht auf einen ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade. Die Konzeption dieses Ansatzes, die Aspekte aus vorhandenen Methoden kombiniert und erweitert, erfolgt in Kapitel vier. Der ganzheitliche Ansatz integriert bestimmte inhaltliche Leitlinien, nutzt einen Rahmen von Einflussfaktoren und konkretisiert sich in einer spezifischen Ablauf- und Aufbauorganisation.

Im fünften Kapitel findet die empirische Anwendung dieses Ansatzes in vier Pilotunternehmen statt. Die Ziele dieser Fallstudien bestehen sowohl darin, den entwickelten Ansatz zu testen und Anpassungsbedarf zu lokalisieren, als auch darin, in der Literatur bislang nicht beschriebene Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in Unternehmen zu identifizieren. Zum Abschluss des Kapitels werden die Hypothesen zwei, drei und vier auf Basis der Fallstudienresultate diskutiert.

Die Ergebnisse aus dem empirischen Teil fließen in die Erweiterung des Ansatzes in Kapitel 6 der Arbeit ein. Der Kerngedanke dieses Kapitels liegt darin, dass für unterschiedliche Situationen der Entstehung neuer Technologiepfade andere Inhalte, Vorgehensweisen und Teamstrukturen der Vorausschau und Planung notwendig sind. Ausgehend von dem zuvor getesteten Ansatz werden drei verschiedene Varianten der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade entwickelt, deren Anwendung von der Art der Pfadentstehung sowie von der im Unternehmen vorhandenen technologischen Kompetenz abhängt.

Das 7. Kapitel fasst die Ergebnisse der Arbeit in einer Schlussbetrachtung zusammen. Dabei werden die Grenzen der Untersuchung kritisch hinterfragt und weiterer Forschungsbedarf für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade aufgezeigt.

2 VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE

Im folgenden Kapitel werden zuerst die definitorischen Grundlagen der Arbeit vorgestellt und der Stand der Forschung aufgearbeitet. Ziel ist zum einen das Entwickeln einer Arbeitsdefinition der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade und zum anderen die Aufarbeitung des aktuellen Forschungsstandes zu Methoden der Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologiepfade. Ein besonderer Fokus wird anschließend auf der Herausstellung der in den vorhandenen Ansätzen adressierten Problembereiche gelegt. Diese Problembereiche bilden die Basis für das Identifizieren von Forschungslücken und die Formulierung von forschungsleitenden Hypothesen am Ende dieses Kapitels.

2.1 Grundlegende Definitionen

Im diesem Abschnitt werden die zentralen Begrifflichkeiten der Arbeit vorgestellt. Dies umfasst zunächst die Definition neuer technologischer Pfade sowie eine Beschreibung ihrer Charakteristika. Aufbauend auf der Verortung der Vorausschau und Planung als Teilgebiet des strategischen Technologiemanagements, wird im Folgenden eine Arbeitsdefinition der Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologiepfade entwickelt.

2.1.1 Technologie, technologische Pfade

Technologien stellen eine wesentliche Quelle für Innovationen dar.¹ Technologien werden in dieser Arbeit als theoretisches und praktisches Wissen sowie als Fähigkeiten und Artefakte verstanden, die für das Entwickeln von Produkten, Prozessen und Services genutzt werden können. Träger von Technologie können Menschen, kognitive und physische Prozesse, Materialien, Maschinen und Anlagen sowie Werkzeuge sein.² In verschiedenen deutschen Publikationen erfolgt zusätzlich eine Unterscheidung von Technologie und Technik. Nach diesem Verständnis sind Technologien wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse aus den Ingenieur-, Natur- und Sozialwissenschaften, die zur Lösung von praktischen Problemen genutzt werden können. Technik bezeichnet

¹ Innovationen sind im Ergebnis neue Produkte, Verfahren, Organisationsformen und Geschäftsmodelle, die innerhalb einer Unternehmung erstmalig eingeführt werden und sich von den vorher eingesetzten Produkten, Verfahren, Organisationsformen und Geschäftsmodellen wesentlich unterscheiden (vgl. Hauschildt 2004:7 und 2004:24; Tschirky 1998:266).

² Vgl. Burgelman, Christensen & Wheelwright 2004:2.

die anwendungsbezogene Nutzung dieses Wissens in Produkten und Verfahren.³ In der internationalen Technologiemanagement-Literatur wurde diese Trennung - zwischen „Technology“ und „Technique“ - zu Gunsten eines breit ausgelegten Technologiebegriffs aufgegeben.⁴ Diese Arbeit folgt der internationalen Diskussion aus den nachstehenden Gründen. Erstens ist eine engere Verbindung zwischen Wissenschaft und Technologie festzustellen, so dass die Übergänge zwischen beiden Sphären zunehmend unscharf werden.⁵ Zweitens streben Unternehmen eine kommerzielle Nutzung von Wissen an, auch wenn dieses Wissen noch nicht in konkreten Produkten und Prozessen manifestiert ist.⁶ Somit würde eine konsequent angewendete schmale Technologiedefinition das Management dieses Wissen aus der Betrachtung ausschließen.⁷ Drittens spiegelt sich die fehlende praktische Relevanz einer Begriffstrennung bei Autoren wider, die zu Beginn ihrer Arbeiten eine Abgrenzung vornehmen und im weiteren Verlauf ihrer Ausführung auf eine Differenzierung von Technologie- und Technikmanagement verzichten. Zu der oben vorgestellten Definition ist demzufolge hinzuzufügen, dass Technologien unterschiedliche Konkretisierungsgrade zwischen Wissen und Produkten aufweisen können.

Neue Technologien unterscheiden sich nach dem Grad der mit ihnen einhergehenden Veränderungen. Einerseits existiert inkrementeller technologischer Fortschritt, bei dem sich der Wandel in kleinen Schritten entlang einer technologischen Entwicklungslinie vollzieht.⁸ Andererseits treten starke technologische Veränderungen auf, bei denen der Wandel mit hoher Intensität stattfindet und neue technologische Pfade entstehen. Das letztere Phänomen wird unter einer Vielzahl von Begriffen diskutiert, wie beispielsweise „radikale (technologische) Innovationen“,⁹ „disruptive Technologie“,¹⁰ „technologischer

³ Für diese Sichtweise vgl. Zahn 2004:125; Brockhoff 1999:27; Tschirky 1998:226f.; Zahn 1995:4; Wolfrum 1994:314; Ewald 1989:33.

⁴ Vgl. hierzu Fleck & Howells 2001:525. Diese Position wird im deutschsprachigen Raum ebenfalls vertreten von Gerpott 2005:18f.; Brodbeck 1999:17. Für eine Übersicht unterschiedlicher Technologie- und Technikdefinitionen vgl. Brodbeck 1999:15ff.

⁵ Vgl. Gerpott 2005:19.

⁶ Vgl. Gerpott 2005:19.

⁷ Vgl. Brodbeck 1999:17. Hierzu würde insbesondere die Nutzung von neuem Wissen in neuen Produkten und Prozessen zählen.

⁸ Beispielsweise handelt es sich um Verbesserungen bestehender Produkte, die eine geringfügige Veränderung der zugrunde liegenden Technologien bei weitgehend ähnlicher Funktionalität einschließt. Vgl. hierzu Gerybadze 2004:77; Hauschild 2004:15; Macharzina & Wolf 2003:664; Utterback 1994:17f. Andere Autoren bezeichnen diesen Innovationstypus als „Sustaining Innovation“ (vgl. Kassicieh, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002:375f.).

⁹ vgl. unter anderem Kostoff 2006; Hall & Martin 2005; McDermott & O'Connor 2002; Todd 1999; O'Connor 1998; Innovationskompass 2001.

¹⁰ vgl. unter anderem Danneels 2004; Kostoff, Boylan & Simmons 2004; Walsh 2004; Paap & Katz 2002; Adner & Zemsky 2003; Christensen 2002; Myers, Sumpter, Walsh & Kirchhoff 2002; Kassicieh, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002; Chesborough 2001; Talbot 2001; Ehrnberg & Jacobsson 1997; Bower & Christensen 1995.

Durchbruch“,¹¹ „technologische Diskontinuität“,¹² „Technologiesprung“ oder „Kompetenz zerstörende Innovation“. ¹³ Verschiedene Autoren kritisieren das Verwenden dieser Fülle ähnlicher Begriffe.¹⁴ Ausgehend von dieser Kritik erfolgten wiederholt Versuche, die konkurrierenden Begriffe auf theoretischer sowie empirischer Ebene voneinander abzugrenzen.¹⁵ Problematisch ist, dass diese Abgrenzungen jeweils anhand unterschiedlicher Kriterien erfolgten, so dass bisher keine allgemein akzeptierte Definition vorliegt. Das Herausgreifen eines Begriffs aus den verschiedenen Vorschlägen birgt allerdings die Gefahr, wesentliche Teile einer wissenschaftlichen Diskussion durch die Definition auszuschließen. Diese Arbeit verwendet für die Bezeichnung starken technologischen Wandels daher den Begriff "neu aufkommende Technologiepfade". Dieser bietet verschiedene Vorteile. Zum einen verdeutlicht er das Entstehen wirklich neuer Technologien, die Kerngegenstand dieser Arbeit sind. Da er den verbreiteten Gedanken der Technologieentwicklung entlang spezifischer Linien aufgreift kann zum anderen seine grundsätzliche Akzeptanz in Wissenschaft und Praxis vorausgesetzt werden. Diese Arbeit unterscheidet drei Möglichkeiten des Entstehens neuer Technologiepfade. Erstens das Aufkommen neuer Technologien auf Basis neuer technologischer oder wissenschaftlicher Erkenntnisse,¹⁶ zweitens der Transfer bestehender technologischer Lösungen in neue Anwendungsfelder¹⁷ und drittens die Fusion von Technologien.¹⁸

Unabhängig von den verwendeten Bezeichnungen lassen sich verschiedene wiederkehrende Charakteristika starken technologischen Wandels finden. Gemeinsam ist den oben vorgestellten Begriffen, dass sie die Veränderungen im Akteursumfeld als sehr

¹¹ Vgl. Zhou, Yim & Tse 2005; Garud & Karnøe 2003; Brown 2000; Noori, Munro, Deszca & McWilliams 1999a und 1999b; von Hippel, Thomke & Sonnak 1999.

¹² vgl. van Notten, Slegers & van Asselt 2005; Linton 2002; Kassicieh, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002; Tschirky 1998; Ehrnberg & Jacobsson 1997.

¹³ vgl. Tripsas & Gavetti 2003; Pavitt 2003; Abernathy & Clark 1985. Tushman und Anderson (1986:445) sowie Anderson und Tushman (1990:606f.), die von einer Neukonfiguration von Kompetenzen sprechen.

¹⁴ Vgl. Hall & Martin 2005:274; von Notten, Slegers & van Asselt 2005:178; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:143; Hauschildt 2004:15; McDermott & O'Connor 2002:425; Kassicieh, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002:376f.; Gatignon, Tushman, Smith & Anderson 2002:1103f.; Chesbrough 2001:1; Green, Gavin & Aiman-Smith 1995:203, Ehrnberg 1995:441ff. Diese Begriffsvielfalt wird teilweise als ein Hindernis für die Weiterentwicklung des Innovationsmanagement-Feldes angesehen (vgl. hierzu Chesbrough 2001:2; Ehrnberg 1995:447). Lichtenhaler (2007:18) merkt an, dass eine Ursache der Existenz dieser Begriffsvielfalt darin liegen könnte, dass verschiedene Autoren in unterschiedlichen industriellen Kontexten unterschiedliche Innovationen analysieren (vgl. hierzu auch Danneels 2004:250).

¹⁵ Vgl. hierzu Cabello-Medina, Carmona-Lavado & Valle-Cabrera 2006: 82ff.; Godvindarajan & Kopalle 2006:13ff.; Danneels 2004:247ff.; Kassicieh, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002:376f.; Gatignon, Tushman, Smith & Anderson 2002:1109f.; Green, Gavin & Aiman-Smith 1995:208ff.; Ehrnberg & Jacobsson 1997:325.

¹⁶ Vgl. Propp & Rip, 2005:27; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:142; Rosenkopf & Tushman 1994: 328; Dosi 1982:152; Nelson & Winter 1977:67.

¹⁷ Vgl. Spinardi & Williams 2005a:95; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:142; Adner & Levinthal 2002:53ff.; Rao & Singh 2001:243.

¹⁸ Vgl. Kodama 1995:137 und 1992:71ff.

dynamisch, komplex und langfristig beschreiben und daher Unternehmen sowie Personen innerhalb des Unternehmens mit einer signifikant höheren Unsicherheit konfrontiert sind als in Feldern mit technologischem Wandel entlang eines Pfades.¹⁹ Damit wird die hohe Unsicherheit zum zentralen Charakteristikum der Entstehung technologischer Pfade. Unsicherheit liegt vor, wenn die beteiligten Akteure die Ergebnisse und Konsequenzen ihrer Handlungen nur unzureichend vorhersagen können.²⁰ Sie ist demzufolge eine Auswirkung unvollständiger Information.²¹ Bei der Entstehung neuer Technologien bedeutet dies, dass von den Akteuren benötigte Informationen erst durch Lernprozesse während des Entstehungsprozesses generiert werden.²² Lane und Maxfield unterscheiden grundsätzliche Formen der Unsicherheit.²³ Wahre Unsicherheit („Truth Uncertainty“) liegt vor, wenn Akteure unsicher sind, ob ihre Annahmen über zukünftige Konsequenzen von bestimmten Entwicklungen korrekt sind.²⁴ Semantische Unsicherheit („Semantic Uncertainty“) tritt auf, wenn Akteure daran zweifeln, was eine antizipierte Konsequenz bedeutet.²⁵ Bei ontologischer Unsicherheit („Ontological Uncertainty“) können von den Akteuren keine Annahmen über Konsequenzen möglicher Entwicklungen formuliert werden, da ihnen diese Entwicklungen nicht bekannt sind.²⁶

¹⁹ Vgl. hierzu insbesondere Hall & Martin 2005:274f.; Zhou, Yim & Tse 2005:44; Danneels 2004:250f.; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:143; McDermott & O'Connor 2002:425; Kassiech, Walsh, Cummings, McWorther, Romig & Williams 2002:377; Damanpour 1996:699; Bower & Christensen 1995:47f.; Tushman & Anderson 1986:439. Green, Gavin und Aiman-Smith (1995:208f.) betonen vor allem den Aspekt der Unsicherheit als Merkmal radikaler technologischer Innovationen sowie das Fehlen von Informationen, das sich ebenfalls als Ursache von Unsicherheit interpretieren lässt.

²⁰ Vgl. Dequech 2004:374f.; Zahn 2004:125; Knight 2002:207; Song & Montoya-Weiss 2001:64; Milliken 1987:136; MacMinn & Holtmann 1987:120f.; Arrow 1962:610; Nelson 1962:566; Shackle 1943:102. Beispielsweise können der Erfolg von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten oder die Reaktion von Kunden auf neue Technologien nicht ex-ante bestimmt werden.

²¹ Vgl. Arrow 1962:609. Im Gegensatz zu Risiken ist diese Unsicherheit nicht quantifizierbar und kann von Firmen und anderen Akteuren nicht über Versicherungen aufgefangen werden (vgl. Knight 2002:46ff.; Brockhoff 1999:107ff.; vgl. hierzu auch Shackles (1943:117, FN Nr. 2) Beschreibung eines unvorhergesehenen Ereignisses).

²² Vgl. Hauschildt 2004:394; Dosi 1988:1127; Nelson 1962:566f.

²³ Verschiedene Autoren versuchen die Quellen von Unsicherheit im Unternehmen zu klassifizieren (vgl. Hall & Martin 2005:275; Song & Montoya-Weiss 2001:61; Voeth & Backhaus 1995:397ff.; Brockhoff 1993:645; Karagozoglu 1993:338; Pearson 1990:186), allerdings erscheinen diese Einteilungen wenig theoretisch und empirisch fundiert. (für eine Ausnahme vgl. Mettler 1988:94ff.).

²⁴ Vgl. Lane & Maxfield 2005:9. Dequech (2004:374f.) bezeichnet diese Art der Unsicherheit als „epistemologische Unsicherheit“ (vgl. hierzu auch Davidson 1996:479f. und Perlman & McCann 1996:185).

²⁵ Vgl. Lane & Maxfield 2005:10. Beispielsweise messen verschiedene Netzwerkpartner einer Annahme unterschiedliche Bedeutungen bei.

²⁶ Vgl. Lane & Maxfield 2005:10; Dequech 2004:374; Perlman & McCann 1996:17. Für eine andere häufig verwendete Unterscheidung von Unsicherheit in "Effect Uncertainty" als Unsicherheit über die Auswirkungen eines zukünftigen Zustands auf einen Akteur, "Response Uncertainty" als Unsicherheit über die Konsequenzen einer Handlung und "State Uncertainty" als Unsicherheit bezüglich möglicher zukünftiger Zustände vgl. Milliken (1987:136ff.). Ähnlich grenzt Camagni (1991:217f.) eine statische Informationslücke aufgrund des Fehlens von Informationen, eine statische Bewertungslücke aufgrund der mangelnden Einschätzbarkeit von Informationen, eine statische Kompetenzlücke durch eine mangelnde Fähigkeit, vorhandene Informationen richtig zu interpretieren, eine dynamische Kompetenz-Entscheidungslücke über die Konsequenzen unter-

Die Unsicherheit der Akteure (U) lässt sich als Funktion von Komplexität (K), Dynamik (D) und relevanter Zeitspanne der Veränderungen (Z) des Umfelds darstellen.²⁷

$$U = f(D, K, Z)$$

Dynamik ist die Veränderung von Faktoren im Akteursumfeld einschließlich ihrer Wechselwirkungen in einer spezifischen Zeitspanne.²⁸ Komplexität bezieht sich auf die Anzahl und den Umfang von Faktoren im Akteursumfeld und drückt aus, dass das Umfeld auf Veränderungen eines Faktors nicht linear reagiert.²⁹ Aufgrund dieser nicht-linearen Dynamik konfrontieren komplexe Umfeld der Akteure mit Neuerungen, die von ihnen nicht oder nur unvollständig antizipiert werden können.³⁰ Mit zunehmender Zeitspanne steigen die Anzahl von Veränderungsmöglichkeiten der Umfeldfaktoren und die Anzahl potenzieller Folgewirkungen von Veränderungen. Die Faktoren der Komplexität, der Dynamik und der Fristigkeit des Umfeldes wirken positiv auf die Unsicherheit der Akteure, d.h. mit zunehmender Anzahl von Einflussfaktoren, wie beispielsweise Konkurrenten, alternativen Technologien oder potenziell relevanten Regeln im Unternehmensumfeld sowie mit der Rate ihrer Veränderung und der Anzahl der durch diese Veränderung ausgelösten Folgeveränderungen steigt die Unsicherheit des Umfelds.

Situationen, in denen neue technologische Pfade entstehen, sind durch eine hohe Unsicherheit bei den beteiligten Akteuren gekennzeichnet, die aus hoher Dynamik, hoher Komplexität und einer langen Zeitspanne von Entwicklungen resultiert. Technologischer Fortschritt entlang etablierter Pfade findet unter niedriger Unsicherheit statt.³¹

schiedliche Handlungen und eine dynamische Kontrolllücke über die Handlungen anderer Akteure, die das Unternehmen beeinflussen, voneinander ab.

²⁷ Vgl. hierzu auch Freel 2005:50; Damanpour 1996:696; Dess & Beard 1989:57; Milliken 1987:138f.

²⁸ Vgl. hierzu Baum & Silverman 2001:171. Unter Dynamik versteht man in der Physik „die Lehre von den Kräften und Wechselwirkungen und den von ihnen hervorgerufenen Bewegungs- oder Zustandsänderungen in physikalischen Systemen“ (vgl. Brockhaus 1996, Band 6, S. 57, Dynamik (4)).

²⁹ Vgl. Batty & Torrens 2005:746.

³⁰ Vgl. Batty & Torrens 2005:746; Anderson 1999:217f.

³¹ Vgl. hierzu u.a. Damanpour (1996:703), der ebenfalls zwischen "hoher " und "niedriger" Unsicherheit differenziert. Nominalskalierte Unterscheidungen mit zwei Dimensionen finden sich ebenfalls bei Pearson (1990:186f.) oder Brockhoff (1993:644f.). Raz, Shenar and Dvir (2002:103) charakterisieren Technologieprojekte nach vier Unsicherheitsstufen. Low-tech-Projekte greifen ausschließlich auf etablierte beherrschte Technologien zurück, medium-tech-Projekte basieren im Wesentlichen auf etablierten und nur in geringem Ausmaß auf neuen Technologien, high-tech-Projekte setzen neue vorliegende Technologien ein und super-high-tech-Projekte nutzen Technologien, die noch nicht bekannt sind. Zahn (1995:28) und andere unterscheiden vier Unsicherheitsgrade auf Basis der vorhandenen Kenntnisse. Der höchste Grad tritt auf, wenn neue Technologien sichtbar werden, die in einer Branche noch unbekannt sind („What we don't know we don't know“). Ebenfalls mit hoher Unsicherheit behaftet sind denkbare, aber noch nicht entwickelte technologische Synergien sowie vorstellbare, aber noch nicht erschlossene Anwendungen für beherrschte Technologien in anderen Branchen („What we don't know we know“). Niedrige technologische Unsicherheit liegt in Feldern vor, in denen bekannte aber noch nicht bearbei-

2.1.2 Technologiemanagement, strategisches Technologiemanagement, Vorausschau und Planung

In dieser Arbeit wird das Technologiemanagement als ein Teilgebiet des Innovationsmanagements angesehen.³² In Anlehnung an Uhlmann umfasst das Innovationsmanagement auf der einen Seite die Gestaltung des Innovationsprozesses, also die Planung, Organisation, Führung und Kontrolle von Forschung und Entwicklung sowie Produkt- und Prozessneuerungen³³ und auf der anderen Seite die Gestaltung des unternehmensinternen institutionellen Umfelds, in dem diese Prozesse ablaufen.³⁴ Technologiemanagement bezeichnet die Planung, Organisation, Führung und Kontrolle der Beschaffung, Speicherung und Verwertung technologischen Wissens.³⁵ In seinem Vordergrund stehen die Nutzung neuer und bestehender Technologien im direkt wertschöpfenden Bereich (Produkt- und Prozesstechnologien) sowie die organisations- und geschäftsbezogene Technologienutzung.³⁶ Das Management von Forschung und Entwicklung ist ein Teilgebiet des Technologiemanagements, das sich mit der Generierung technologischen Wissens befasst.³⁷ Innovations- und Technologiemanagement sind eng miteinander verknüpft.³⁸

Das strategische Technologiemanagement erfüllt zwei Funktionen im Rahmen des Technologiemanagements. Erstens identifiziert es diejenigen Technologien, mit denen die Zielsetzungen des Unternehmens umgesetzt werden können, zweitens zeigt es Wege auf, die zu einer Beherrschung und Verwertung dieser Technologien führen.³⁹ In

tete Technologien erschlossen werden sollen („What we know we know“) sowie in beherrschten Technologiefeldern („What we know we don't know“) (vgl. hierzu auch Liebl 2005:128f.). Low-tech- und medium-tech-Projekte lassen sich der in dieser Arbeit gewählten niedrigen Unsicherheitsstufe zuordnen (Unsicherheitsgrade 1 und 2 nach Zahn), während insbesondere high-tech-Projekte mit Situationen hoher technologischer Unsicherheit korrespondieren (Unsicherheitsgrade 3 und 4 nach Zahn). Da es beiden Konzepten an einer theoretischen Fundierung der Definition unterschiedlicher Unsicherheitsstufen mangelt, wird in dieser Arbeit lediglich eine Unterscheidung von hoher und niedriger Unsicherheit vorgenommen.

³² Vgl. hierzu auch Brockhoff 1999:70.

³³ Vgl. hierzu Brockhoff 1999:71.

³⁴ Vgl. Uhlmann 1978:82. Damit geht das Verständnis des Innovationsmanagements über die reine Gestaltung von Innovationsprozessen hinaus. Für eine Gegenposition vgl. Hauschildt 2004:30. Für ein breites Innovationsverständnis vgl. ebenfalls Tschirky 1998:255 sowie Zahn & Weidler 1995:359. Gegenstand des Innovationsmanagement sind Organisations- und Geschäftsinnovationen im indirekten Wertschöpfungsbereich sowie Produkt- und Prozessinnovationen im direkten Bereich (vgl. Tschirky 1998:266).

³⁵ Vgl. Brockhoff 1999:70. Für eine Übersicht über verschiedene Technologiemanagement-Konzepte vgl. Tschirky 1998:194ff.

³⁶ Vgl. Tschirky 1998:265f.

³⁷ Vgl. Brockhoff 1999:70.

³⁸ Vgl. Hauschildt 2004:31f.; Brockhoff 1999:70f.; Tschirky 1998:266f. Aus diesem Grund nehmen nicht alle Autoren eine Differenzierung von Technologie- und Innovationsmanagement vor (vgl. Gerpott 2005:57f.; Gerybadze 2004:5).

³⁹ Vgl. Gerybadze 2004:111; Grant 2002:72, Eisenhardt 1999:65; Brodbeck 1999:20; Tschirky 1998:293f.; Ewald 1989:43. Vgl. hierzu auch die Diskussion von Major, Asch & Cordey-Hayes (2001:101ff.) über Foresight als Kernkompetenz von Unternehmen.

Verständnis dieser Arbeit stellen Technologiestrategien Muster oder Pläne dar, die Ziele, Leitlinien und Handlungsfolgen einer Organisation im Bezug auf die technologische Basis in einen konsistenten Gesamtzusammenhang stellen.⁴⁰ Die Konkretisierung der Strategien erfolgt einerseits durch strategische Programme, die zielorientierte Handlungsabfolgen spezifizieren.⁴¹ Ihre Realisierung ist andererseits durch Serendipitätseffekte⁴² und ungeplante Handlungen geprägt.⁴³ Der Ablauf des strategischen Technologiemanagements kann in sechs Phasen unterteilt werden (vgl. Abbildung 2).⁴⁴

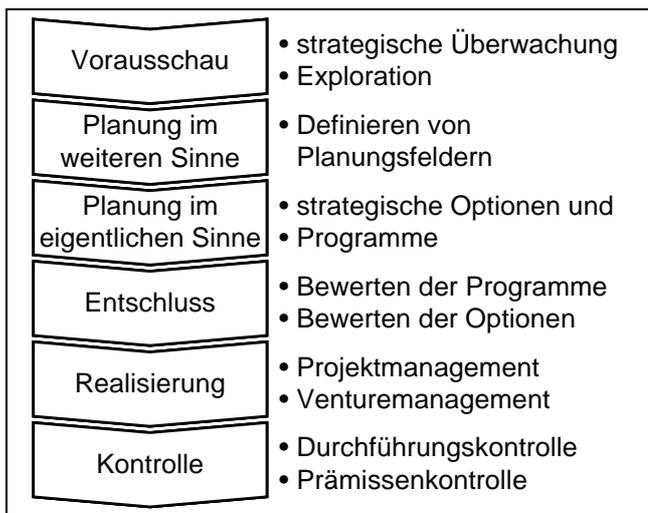


Abbildung 2: Prozess des strategischen Technologiemanagements
[Quelle: in Anlehnung an Brockhoff 1999:179; Wolfrum 1994:44ff.; Ewald 1989:21]

Das strategische Technologiemanagement stellt einen fortlaufenden kollektiven Lernprozess dar, in dem Strategien expliziert, rationalisiert und diskutiert werden.⁴⁵

⁴⁰ Vgl. Quinn 1980:7 und 2003:10. In dieser Arbeit wird das Strategieverständnis eines „logischen Inkrementalismus“ (vgl. Müller-Stevens & Lechner 2003:71) bzw. einer „Guided Evolution“ (Lovas & Goshal 2000:876f.) verfolgt, bei dem das Top-Management lediglich Rahmenparameter für eine geplante Entwicklung setzt. Es werden sowohl geplante Strategien nach einem traditionellen Strategieverständnis (vgl. Bea & Haas 1997:44f.; Gerpott 2005:61) als auch ungeplante, emergente Strategien (vgl. hierzu vor allem Mintzberg 2003:4) zugelassen.

⁴¹ Vgl. Quinn 2003:10. Vgl. hierzu auch Brockhoffs (1999:151) Gedanke von Strategie als „zielorientiertes Rahmenkonzept für Taktiken“. Strategische Programme werden für einzelne strategische Technologiefelder, die ein relativ abgegrenztes, unabhängig planbares, aktuelles oder mögliches technologisches Betätigungsfeld eines Unternehmens darstellen, formuliert (vgl. Quinn 1980:8; Brodbeck 1999:23; Ewald 1989:38). Diese sind mit dem Programm für eine oder mehrere strategische Geschäftseinheiten abzustimmen (vgl. Brodbeck 1999:25). Siehe hierzu auch Chiesa und Manzini (1998:115): "Formulating a technology strategy means defining the trajectory by which technological resources are accumulated, avquired and used."

⁴² Vgl. Brockhoff 1999:35.

⁴³ Vgl. Mintzberg 2003:4.

⁴⁴ Vgl. hierzu Ewald 1989:23ff.; für eine andere Unterteilung vgl. Tschirky 1998:295.

⁴⁵ Vgl. Müller-Stevens & Lechner 2005:21f.

Die in dieser Arbeit betrachtete Vorausschau und Planung konzentriert sich auf die ersten vier Phasen des strategischen Technologiemanagement-Prozesses. Die Vorausschau ist definiert als die systematische Erfassung und Beobachtung von neuen und bestehenden Technologien, die Bestimmung ihres Potenzials und ihrer Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens sowie die Speicherung und Verbreitung von Informationen.⁴⁶ Die Planung ist ein kontinuierlicher Prozess, bei dem gegenwärtige, unternehmerische, risikoreiche Entscheidungen getroffen werden und der systematisch, unter größtmöglicher Kenntnis ihrer Wirkung in Zukunft erfolgt.⁴⁷ Output dieses Prozesses sind insbesondere Selektions-, Kompetenz-, Quellen- und Timingentscheidungen.⁴⁸ Diese Arbeit sieht die Vorausschau und Planung im strategischen Technologiemanagement als nicht voneinander zu trennende Aktivitäten an. Die Ursachen hierfür liegen in der thematischen Verschränkung im Prozess, der Beteiligung des weitgehend gleichen Personenkreises und der fehlenden Relevanz der Trennung im Unternehmen. Im Prozess des strategischen Technologiemanagements überschneiden sich Vorausschau und die Strategieformulierung („Planung im eigentlichen Sinne“) bei der strategischen Analyse von Umfeld und Unternehmen („Planung im weiteren Sinne“).⁴⁹ Diese Überschneidung und Abhängigkeit der beiden Aktivitäten voneinander findet sich sowohl der Literatur zur Vorausschau⁵⁰ als auch in Veröffentlichungen aus dem Themenfeld der Technologieplanung.⁵¹ Empirische Untersuchungen zu der technologischen Vorausschau bestätigen diese enge Verbindung mit Sicht auf

⁴⁶ Vgl. Reger 2001:547. Dabei werden nicht nur technologische Informationen berücksichtigt, sondern die Vorausschau bezieht sich ebenfalls auf soziale und wirtschaftliche Faktoren (vgl. Gerybadze 1990:72). Aus diesem Grunde wird auch von einer Bezeichnung als „technologische Vorausschau“ abgesehen. Alternativ zu dem Begriff der Vorausschau findet sich in der wissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl konkurrierender Begriffe, die sich inhaltlich häufig überschneiden oder widersprechen. Die Technologiefrüherkennung bezieht sich neben dem Aufnehmen schwacher Signale vor allem auf die Vorhersage von technologischen Entwicklungen (Gerpott 2005:101ff.; Wolfrum 1994:44ff.; Zweck 2005:173; teilweise wird für diese Aufgaben der Begriff der Technologievorhersage verwendet (vgl. Geschka 1995:628f.). Ebenso wie der hier verwendete Begriff der Vorausschau umfasst die Technologie-Frühaufklärung (vgl. unter anderem Liebl 2005) neben der reinen Vorhersage zusätzlich die Interpretation der gewonnenen Informationen und die Strategieentwicklung (vgl. Liebl 2005:123; für die Gegenposition vgl. Geschka 1995:628). Ähnlich ist das Verständnis des Technology Forecasting (vgl. unter anderem Gerybadze 1990:72), der ebenfalls eine aktive Funktion in der Strategieentwicklung einschließt.

⁴⁷ Vgl. Drucker (1974:125), der den Prozess der Planung noch auf das Organisieren und die Kontrolle der Zielsetzungen ausdehnt.

⁴⁸ Vgl. Weissenberger-Eibl 2004:244ff.; Brodbeck 1999:25; Ewald 1989:48f. Selektionsentscheidungen beziehen sich auf die Auswahl spezifischer Technologiefelder; Kompetenzentscheidungen auf die Definition der angestrebten Kompetenztiefe; Quellenentscheidungen auf die eigene Leistungstiefe im Kompetenzaufbau; Timingentscheidungen auf den Zeitpunkt der durchzuführenden Aktivitäten.

⁴⁹ Vgl. hierzu Ewald 1989:46f.

⁵⁰ Vgl. Reger 2001:536; Major, Asch & Cordey-Hayes 2001:105.

⁵¹ vgl. hierzu Lang 1990:37f.; vgl. hierzu auch Wolfrum 1994:48.

die Beteiligten am Prozess der Vorausschau.⁵² Dies deutet darauf hin, dass in Unternehmen keine strikte Trennung von Vorausschau und Planung erfolgt. Vielmehr ist davon auszugehen, dass starke Iterationen und Feedback-Schleifen zwischen beiden Aktivitäten liegen. Mit Sicht auf den Abschluss der Vorausschau und Planung besteht allerdings Konsens in der wissenschaftlichen Diskussion; sie umfasst nicht mehr die Umsetzung der getroffenen Entscheidungen.⁵³ Aufgrund der engen Verbindung von Vorausschau und Planung erfolgt im weiteren Verlauf der Arbeit stets eine gemeinsame Betrachtung und Nennung beider Aktivitäten.

Zusammenfassend ergibt sich die folgende Definition der Vorausschau und Planung im Rahmen des strategischen Technologiemanagements. Die Vorausschau und Planung ist der Prozess der systematischen kontinuierlichen Erfassung und Analyse von neuen und bestehenden Technologien, der Bestimmung ihres Potenzials und ihrer Auswirkungen auf das Unternehmen, der Speicherung und Verbreitung von Informationen und des darauf aufbauenden Treffens von unternehmerischen Entscheidungen über Technologien, Kompetenzen, Technologiequellen und Zeitpunkte von Aktivitäten.

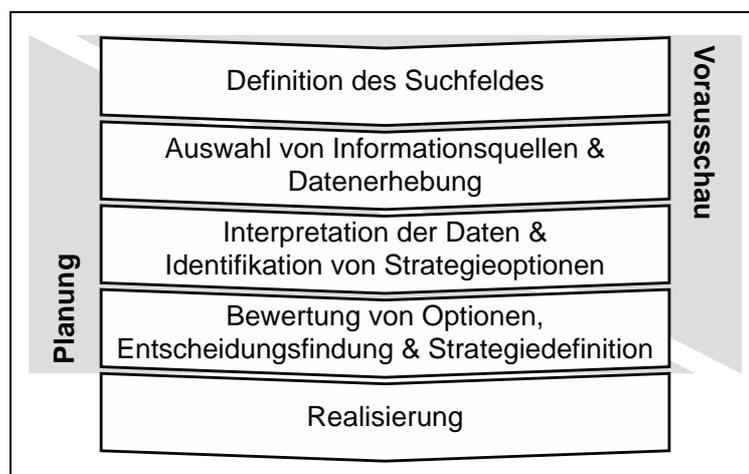


Abbildung 3: Prozess der Vorausschau und Planung in Unternehmen
[Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Reger 2001:538]

Der Prozess umfasst erstens die Definition des zu untersuchenden Feldes, zweitens die Auswahl von Informationsquellen und die Datenerhebung, drittens die Interpretation von Daten und die Bewertung von Optionen sowie viertens die Entscheidungsfindung

⁵² Reger 2001:537ff. Besonders deutlich wird diese Überschneidung bei den Beteiligten am Prozess der Technologievorausschau. Diese umfassen das strategische Management, die Forschungsplanung und die Geschäftsleitung (vgl. Reger 2001:538; vgl. hierzu auch Reger, Blind, Cuhls, Kolo, Bürgel, Ackel-Zakour & Zeller 1998:11f.).

⁵³ vgl. Reger 2001:548; Brockhoff 1999:178; Lang 1990:38; Ewald 1989:24.

und die Definition von Strategien (vgl. Abbildung 3).⁵⁴ Die Ergebnisse der Vorausschau und Planung werden in den anschließenden Phasen des strategischen Technologiemanagements, d.h. in den Phasen der Realisierung und Kontrolle, direkt genutzt. Über den Bereich des Technologiemanagements hinausgehend können sich indirekt auch neue Handlungsgebiete für das Innovationsmanagement ableiten.⁵⁵

2.1.3 Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit ist die Vorausschau und Planung im Kontext neuer technologischer Pfade. Es handelt sich um Situationen, in denen ein etablierter technologischer Pfad verlassen wird und eine neue technologische Trajektorie entsteht. Die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bezeichnet den Prozess der systematischen und kontinuierlichen Erfassung und Analyse dieses Pfades, des Bestimmung seines Potenzials und seiner Auswirkungen auf das Unternehmen, der Speicherung und Verbreitung von Informationen über diesen Technologiepfad und des darauf aufbauenden Treffens von unternehmerischen Entscheidungen bezüglich des Pfades. Diese Entscheidungen betreffen aufzubauende Kompetenzen, zu wählende Technologiequellen und festzulegende Zeitpunkte unternehmerischer Aktivität. Der Prozess umfasst die Definition des zu untersuchenden Feldes, die Auswahl von Informationsquellen und die Datenerhebung, die Interpretation von Daten und die Bewertung von Optionen sowie die Entscheidungsfindung und Definition von Strategien für den neuen technologischen Pfad. Ziel der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist die Strategiebildung für die Positionierung des Unternehmens auf einem neuen technologischen Pfad.

Neue Technologiepfade sind durch eine hohe Unsicherheit auf Seiten des Unternehmens gekennzeichnet. Wie zuvor dargestellt resultiert diese Unsicherheit insbesondere aus der Komplexität und Dynamik des Unternehmensumfelds. Das Unternehmen kann die Konsequenzen alternativer Handlungsmöglichkeiten nur sehr eingeschränkt abschätzen. Die Interpretation möglicher Handlungskonsequenzen durch verschiedene Akteure innerhalb des Unternehmens divergiert erheblich und nicht bekannte Entwicklungen können einen erheblichen Einfluss auf das Unternehmensumfeld und die in Zukunft verfügbaren Handlungsoptionen ausüben. Der Zeithorizont bis zu einer erfolg-

⁵⁴ Zu einer ähnlichen Unterteilung der Phasen vgl. Lichtenthaler 2002:29ff.; Reger 2001:538; Liebl 2005:123.

⁵⁵ Vgl. Gerpott 2005:64; Hauschildt 2004:32. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Strategien für Produkte sowie Prozesse des Unternehmens anzupassen sind.

reichen Nutzung der Technologie ist in der Regel wesentlich länger als in Situationen, in denen der technologische Fortschritt entlang etablierter Pfade verläuft.

Die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade unterliegt verschiedenen Grenzen. Jede Aussage über die Zukunft, sowohl individuelle Pläne wie auch langfristig orientierte Outputs der Vorausschau und Planung, ist unsicher. Es kann kein gesichertes Wissen über die Zukunft existieren.⁵⁶ Daher sind Prognosen oder Vorhersagen in Situationen, in denen neue technologische Pfade entstehen, wenig aussagekräftig.⁵⁷ Allerdings bildet Wissen über die Zukunft die Voraussetzung für unternehmerisches Handeln im Gegensatz zum bloßen Reagieren auf das Umfeld.⁵⁸ Die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade liefert auf der einen Seite einen Ersatz für dieses Wissen, indem sie Hypothesen und mögliche Entwicklungen aufzeigt.⁵⁹ Auf der anderen Seite ermöglicht sie die Schaffung der Zukunft durch ein Unternehmen, wenn sich ihre Aussagen im Sinne von „Self Fulfilling Prophecies“ bewahrheiten.⁶⁰ Empirische Untersuchungen belegen, dass die Vorausschau und Planung im Umfeld neu entstehender Technologien positiv auf den unternehmerischen Erfolg in diesen Situationen wirkt.⁶¹

2.2 Stand der Forschung – Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

In diesem Abschnitt erfolgt die Aufarbeitung des Forschungsstands zu Ansätzen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Es werden zunächst kurz die Kernannahmen und Vorgehensweisen einzelner Ansätze diskutiert sowie deren Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

Der Stand der Forschung bezieht sich einerseits auf Ansätze für Situationen, die unter den in Abschnitt 2.1.1 vorgestellten Begriffen diskutiert werden. Andererseits umfasst er Konzepte, die sich auf Situationen hoher Komplexität, Dynamik oder Unsicherheit beziehen. Für allgemeine Übersichten zum Methodenspektrum der Vorausschau und

⁵⁶ Vgl. Bell 1997:6ff.; Bell & Olick 1989:117ff. "We do not know the future until after it has become present reality" (Bell & Olick 1989:125).

⁵⁷ Dies gilt insbesondere für Entwicklungen im Bereich der Gesellschaft und ihre Auswirkungen auf neue Technologien (vgl. de Jouvenel 1967:313f.).

⁵⁸ in Anlehnung an Bell & Olick 1989:125f.; vgl. hierzu auch de Jouvenel 1967:40ff.

⁵⁹ Vgl. Bell & Olick 1989:127.

⁶⁰ Vgl. de Jouvenel 1967:44ff.

⁶¹ Vgl. Song, Lee, Lee & Chung 2007:247; Simon, McKeogh, Ayers, Rinehart & Alexia 2003:19f.; Song & Montoya-Weiss 1998:132.

Technologieplanung wird auf die vorhandene Literatur verwiesen.⁶² Für die Identifikation der Ansätze wurde wie folgt vorgegangen. Die Recherche in verschiedenen Datenbanken, wie beispielsweise EBSCO oder TEMA Technik und Management, sowie weiterführende Literaturstudien ergaben 39 Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Zusätzlich erfolgte eine Analyse der Abstracts aus den Zeitschriften „Futures“, „International Journal of Technology Management“, „IEEE Transactions on Engineering Management“, „Journal of Engineering and Technology Management“, „Journal of Product Innovation Management“, „Long Range Planning“, „R&D Management“, „Research Technology Management“, „Technological Forecasting & Social Change“, „Technology Analysis & Strategic Management“ und „Technovation“ aus den Jahren 1990 bis 2007. Zusätzlich zur Analyse der Abstracts wurde der gesamte Text einiger Publikationen ausgewertet, um ihre tatsächliche Relevanz für die Themenstellung zu evaluieren. Die Recherche ergab 42 weitere Ansätze, so dass dieser Abschnitt insgesamt 81 Ansätze umfasst.

Die Aufarbeitung der Ansätze richtet sich nach ihrem methodischen Ausgangspunkt. Zuerst findet eine Diskussion von Ansätzen aus dem Bereich von Datenbankanalysen und Indikatoren statt. Anschließend erfolgt die Besprechung von Ansätzen, die auf der Nutzung von technologischen Entwicklungsmustern sowie Szenarien aufbauen. Danach werden Ansätze aus dem Bereich der Technologie-Bewertung, des Roadmapping, des New Business Development und der Technologie-Folgenabschätzung diskutiert. Stützt sich ein Ansatz auf mehrere Methodenkonzepte, wird er entweder einer dominanten Methodenkategorie oder dem Bereich „sonstige Ansätze“ zugeordnet, mit dem dieser Abschnitt endet.

2.2.1 Datenbankanalysen und Indikatorik

Im folgenden Abschnitt werden die Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, die den Feldern der Datenbankanalyse oder der Indikatorik zugeordnet werden können, diskutiert. Kerngedanke dieser Ansätze ist das Beobachten und Auswerten von Informationen in Datenbanken und das frühzeitige Aufspüren von Chancen und Gefahren, um die Reaktionszeit von Unternehmen oder sonstigen Organisationen zu vergrößern. Der Abschnitt umfasst die in den folgenden Publikationen behandelten Konzepte für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade:

- Porter & Detampel 1995,
- de Miranda Santo, Massari Coelho, Maria dos Santos & Fellows Filho 2006,

⁶² Vgl. unter anderem Propp & Rip 2005; Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004; Geschka 1995; Lichtenthaler 2002; Porter, Roper, Mason, Rossini & Banks 1991.

- Smalheiser 2001; Kostoff 2006,
- Hinze 1994,
- Daim, Rueda, Martin & Gerdtsri 2006,
- Graff 2003,
- Kajikawa, Yoshikawa, Takeda & Matsushima 2007,
- Day & Schoemker 2004 und 2006,
- Patton 2005,
- Spinardi & Williams 2005a und 2005b; Bozeman & Rogers 2002, Bozeman, Dietz & Gaughan 2001,
- Dror 1993,
- Pistoriums & Utterback 1995,
- Ehrnberg & Jacobsson 1997; Ehrnberg 1995.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich nach der thematischen Nähe zwischen einzelnen Methoden und Konzepten. Aufeinander aufbauende Ansätze werden zusammen besprochen.

Verschiedene methodische Ansätze des Data Mining entstammen dem Umfeld von Alan Porter. Von diesen beschäftigt sich die „Technology Opportunity Analysis“ explizit mit neu aufkommenden Technologien. Ziel ist die Beobachtung des technologischen Umfelds und das Aufspüren neuer Technologien über Datenbankrecherchen.⁶³ Nach einer Abgrenzung von Untersuchungsbereichen gemeinsam mit den Nutzern der Rechercheergebnisse erfolgt die Definition von technologiespezifischen Keywords. Mit diesen Schlagwörtern werden Publikationsdaten erhoben, analysiert und visualisiert. Die Autoren betonen den iterativen Charakter der einzelnen Arbeitsschritte sowie die Bedeutung der regelmäßigen Wiederholung, d.h. der Kontinuität der Aktivitäten.⁶⁴ Positiv an diesem Ansatz ist insbesondere die frühe Zusammenarbeit mit den Nutzern der Ergebnisse sowie das Aufzeigen des Nutzungspotenzials der Ergebnisse für unterschiedliche Aufgaben, wie beispielsweise Wettbewerbsanalysen, Analysen komplementärer Technologien sowie Recherchen nach ausgewiesenen Experten und möglichen Anwendungen.

Forscher um de Marianda Santo integrieren Text-Mining-Ansätze in die langfristige Vorausschau im Umfeld der brasilianischen Nanotechnologie. Sie greifen sowohl auf bibliometrische Analysen von Patenten und Publikationen als auch auf das Mapping vorhandener Humanressourcen zurück. Im Vordergrund stehen der internationale Vergleich von Forschungsaktivitäten und das Finden aussichtsreicher Forschungsfelder.⁶⁵ Insbesondere das Mapping von Humanressourcen, die eine Voraussetzung sind, um neue Technologien in Wissenschaft und Unternehmen zu etablieren, erscheint als eine

⁶³ Vgl. Porter & Detampel 1995:237.

⁶⁴ Vgl. Porter & Detampel 1995:241ff.

⁶⁵ Vgl. de Miranda Santo, Massari Coelho, Maria dos Santos & Fellows Filho 2006:1020ff.

wichtige Ergänzung zu klassischen Datenbankanalysen. Der Ansatz geht jedoch nur in Teilbereichen auf spezifische Probleme wirklich neuer Technologien ein.

Um Transfer- und Kombinationsmöglichkeiten von Technologien zu ermitteln, sucht Smalheiser mögliche Schnittstellen zwischen zwei eigenständigen Wissenschaftsbereichen.⁶⁶ Der Autor grenzt diese Bereiche zuerst definatorisch ab und sucht anschließend nach gemeinsamen Problemstellungen. An einem Beispiel aus dem Bereich der Gentechnik dokumentiert Smalheiser die Möglichkeiten für die Identifikation aussichtsreicher neuer Forschungsfelder an den Schnittstellen etablierter Technologien.⁶⁷ Das Potenzial des Ansatzes liegt sowohl darin, Transfermöglichkeiten von Erkenntnissen zu bestimmen als auch ganz neue Forschungsbereiche herauszufinden, mit Einschränkungen sogar ohne wissenschaftlich fundierte Kenntnis der Felder. Aufbauend auf diesen Überlegungen schlägt Kostoff einen zweiten Evaluationsschritt unter Hinzuziehen von Technologieexperten vor, der auch den Abgleich mit existierenden Analysen des Feldes beinhaltet.⁶⁸ Außerdem diskutiert dieser Autor die Erweiterung der abgegrenzten Wissenschaftsbereiche um deren angrenzende Felder mit dem Ziel, ein breiteres Spektrum potenzieller Schnittmengen zwischen Technologien zu erfassen.⁶⁹ Im Rahmen dieser Erweiterungen findet auch eine Integration des Ansatzes mit anderen Methoden, wie beispielsweise Roadmaps oder Panels statt.

Eine ähnliche Methode für die Analyse interdisziplinärer Forschungsfelder stellt Hinze vor. Die Autorin untersucht die Klassifikations-Codes verschiedener Literaturfelder in der Datenbank INSPEC und nutzt anschließend die Anzahl gleicher Unterklassifikationen als Indikator für die Verbindungen von zwei Feldern. Zusätzlich nimmt sie eine Co-Word-Analyse vor, um den Anteil gleicher Schlagwörter in den Indizes der Publikationen zu ermitteln.⁷⁰ Auf Basis jeder Analyse zeichnet Hinze Karten der aufkommenden Bioelektronik, die die Schnittstellen zwischen den Technologiefeldern Biotechnologie und Elektronik verdeutlichen.⁷¹ Durch diese grafische Darstellung kann ein Verständnis der Dynamik der Interaktion von Technologien aufgebaut werden, vor allem wenn das Feld zu unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht wird. Zudem ist der Ansatz durch ein Zurückgreifen auf bereits verfügbare Klassifikationen vergleichsweise einfach anzuwenden. Problematisch ist der bei wissenschaftlichen Publikationen teilweise sehr lange Zeitraum zwischen einem Forschungsergebnis und der Veröffentli-

⁶⁶ Vgl. Smalheiser 2001:689f.

⁶⁷ Vgl. Smalheiser 2001:691f.

⁶⁸ Vgl. Kostoff 2006:929ff.

⁶⁹ Vgl. Kostoff 2006:927f.

⁷⁰ Vgl. Hinze 1994:357f.

⁷¹ Vgl. Hinze 1994:365ff.

chung und die hohe Aggregationsebene der Analyse, die nur grobe Rückschlüsse auf spezifische Entwicklungen in einem Teilfeld zulässt.⁷²

Verschiedene Autoren haben eine Verknüpfung von auf Datenbanken basierenden Verfahren mit qualitativen Methoden der Vorausschau und Planung vorgenommen. Beispielsweise bestand das Ziel des Ansatzes von Daim, Rueda, Martin und Gerdri darin, den mangelnden Bezug zu historischen Daten bei der Anwendung qualitativer Methoden wie z.B. Szenarien zu adressieren und zugleich der Beschränkung von Patent- und Publikationsanalysen auf wissenschaftlich-technische Entwicklungen zu begegnen.⁷³ Im Kern schlagen sie eine Kombination von Szenarien, Analogien und Systemanalysen vor. Diese sollten in Abhängigkeit des untersuchten Technologiefeldes als Ergänzung zu auf Datenbanken basierenden Verfahren angewendet werden.⁷⁴ Allerdings unterlassen es die Autoren, konkrete Kriterien für die Auswahl und Kombination spezifischer Methoden anzugeben, was die Anwendung ihres Konzepts erschwert.

In einem Aufsatz über die Entwicklung der grünen Gentechnik stellt Graff eine Möglichkeit vor, neu entstehende technologische Pfade auf Basis von Patentdaten zu identifizieren.⁷⁵ Zu diesem Zweck grenzt er unterschiedliche technologische Bereiche voneinander ab und wertet sie nach ihrer technologischen Heterogenität aus.⁷⁶ Im Ergebnis identifiziert er dominante technologische Entwicklungslinien, die auf bestimmte Patentgruppen zurückgehen. Für die Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade sind insbesondere die von ihm formulierten Kriterien für die Unterscheidung von Patenten von Relevanz. Patente, die eine hohe Generalität ("Heterogenität der zitierenden Patente") und Originalität ("Heterogenität der zitierten Patente") aufweisen, könnten Anhaltspunkte für das Entstehen neuer Technologiepfade sein.

Ein Konzept für die Beobachtung von aufkommenden Forschungsfeldern im Bereich von Energietechnologien wurde von Forschern der Universität Tokio entwickelt. Ziel des Konzepts ist es, die Attraktivität verschiedener Forschungsfelder zu vergleichen, die Felder zu monitorieren und die Ergebnisse in qualitativen Vorausschau-Ansätzen zu nutzen.⁷⁷ In einem ersten Schritt wird ein für ein Forschungsfeld repräsentativer Publikationsdatensatz abgegrenzt. In einem zweiten Schritt bilden die Autoren verschiedene Cluster innerhalb dieses Feldes über Co-Zitationen. Für jeden Cluster werden die ku-

⁷² Vgl. Hinze 1994:372ff.

⁷³ Vgl. Daim, Rueda, Martin & Gerdri 2006:981f.

⁷⁴ Vgl. Daim, Rueda, Martin & Gerdri 2006:986ff.

⁷⁵ Vgl. Graff 2003:1273.

⁷⁶ Vgl. Graff 2003:1269ff.

⁷⁷ Vgl. Kajikawa, Yoshikawa, Takeda & Matsushima 2007:2f.

multierte Publikationsaktivität und der Trend zu publizieren ermittelt.⁷⁸ Die Forscher ergänzen mit ihren Ergebnissen unterschiedliche Roadmaps. Sie kommen zu dem Schluss, dass für die Beurteilung neu aufkommender Technologiefelder ein kombinierter Ansatz mit qualitativen und quantitativen Elementen verfolgt werden sollte. Problematisch erscheint dieser Ansatz allerdings mit Sicht auf die Auswahl des ersten repräsentativen Datensatzes, da hier nur Veröffentlichungen, die mehrere andere Artikel zitieren, berücksichtigt werden. Hierdurch besteht die Gefahr, insbesondere neu aufkommende Themenfelder, die „am Rand“ der publizierenden Community liegen, systematisch auszublenden. Des Weiteren setzt der Ansatz als Einstiegspunkt eine längere Historie des untersuchten Feldes voraus, was im Umfeld neuer Technologien nicht unbedingt gegeben ist.

Verschiedene Konzepte für das Aufspüren schwacher Signale wurden von Wissenschaftlern aus dem Umfeld der Wharton Business School entwickelt. Day und Schoemaker schlagen ein Prozessmodell vor, das die Phasen der Suchfelddefinition, des Scanning, der Interpretation, der Handlung und des Lernens umfasst. Sie plädieren für eine stärkere Betrachtung der Bereiche außerhalb der Kerngeschäftstätigkeit von Unternehmen, um Veränderungen frühzeitig zu identifizieren.⁷⁹ Zu diesem Zweck kombinieren sie unterschiedliche Ansatzpunkte, wie beispielsweise die Untersuchung versäumter Entwicklungen, die Suche nach Analogien in anderen Industrien, das Benchmarking von Unternehmen, die regelmäßig Veränderungen frühzeitig erkennen oder die Imagination von Technologien, die bestehende Geschäftsmodelle beeinflussen würden.⁸⁰ Sie stellen die These auf, dass durch dieses Vorgehen die mentalen Modelle des Managements, mit denen Führungskräfte das Umfeld interpretieren, verändert werden können. Dies steigert nach Meinung der Autoren die Fähigkeit des Unternehmens, relevante Umfeldentwicklungen frühzeitig aufzugreifen.⁸¹ Die Potenziale des Ansatzes liegen insbesondere in der Kombination von Vorgehensweisen, die zum Teil ohne ausgeprägte Methodenkompetenz anwendbar sind.

Einen mehrstufigen Ansatz für die Identifikation neuer Umfeldentwicklungen stellt Patton vor. Dabei werden aus Publikationen einzelne Themen identifiziert und sehr breiten Kategorien (z.B. Technologie, Politik) zugeordnet.⁸² Die einzelnen Themen werden anschließend mit einem heterogenen Team in Workshops geclustert, evaluiert und mit

⁷⁸ Vgl. Kajikawa, Yoshikawa, Takeda & Matsushima 2007:3ff.

⁷⁹ Vgl. Day & Schoemaker 2006:2 und Day & Schoemaker 2004:130.

⁸⁰ Vgl. Day & Schoemaker 2006:8ff.

⁸¹ Vgl. Day & Schoemaker 2004:133ff.

⁸² Vgl. Patton 2005:1085f.

möglichen gegenläufigen Entwicklungen verglichen.⁸³ Der Ansatz ermöglicht die strukturierte Aufnahme einer Vielzahl von Veränderungen sowie deren kritische Evaluation. Entscheidungsträger des Unternehmens sind bereits in die Themenclusterung involviert, um den Transfer von Analyseergebnissen in die Entscheidungsprozesse sicher zu stellen. Da sich dieser Ansatz nicht auf spezifische Technologiefelder oder Umfeldbereiche beschränkt, ist allerdings von einem sehr hohen Zeitaufwand der Anwendung anzunehmen. Diesen können insbesondere Entscheidungsträger in der Regel kaum leisten.

Spinardi und Williams schlagen die Nutzung des „Churn Model“ für die Bewertung neuen technologischen Wissens vor.⁸⁴ Das „Churn Model“ unterstellt, dass Wissen umso wertvoller ist, je intensiver es genutzt wird. Als Bewertungskriterien verwendet das Modell die Breite der Wissensnutzung und die Wiederholungsrate dieser Nutzung.⁸⁵ Unter der Annahme, dass führende Forschung vor allem bei guter Vernetzung der Forscher durchgeführt wird, könnte dieser Zusammenhang für die frühzeitige Bewertung von Technologien angewendet werden.⁸⁶

“Research carried out in isolation is unlikely to be at the leading edge because it fails to make use of advances made by others, and likewise, it will not itself prove beneficial to others.”⁸⁷

Je besser die untersuchten Wissenschaftler vernetzt sind, umso größer ist der Personenkreis, in dem sich dieses Wissen potenziell verbreitet, und somit die Wahrscheinlichkeit, dass das produzierte Wissen eine Anwendung findet. Von Spinardi und Williams wird dieser Grundgedanke zu dem Bewertungskonzept der „Generic Richness“ weiterentwickelt. Die Autoren schlagen vor, Wissensflüsse in unterschiedliche Forschungsfelder anhand von Patenten oder Publikationen nachzuvollziehen.⁸⁸ Die Breite der Wissensnutzung in verschiedenen Bereichen erhöht allgemein die Wahrscheinlichkeit, dass das Wissen zu einer erfolgreichen Anwendung in einem Bereich kommt. Der Ansatz bietet das Potenzial, neue Technologiefelder zu bewerten oder konkurrierende Technologien in einem frühen Stadium zu vergleichen.

Ein ähnlicher Ansatz für das Aufspüren neu aufkommender Technologien wird von Dror vorgestellt. Basis seiner Untersuchung ist eine Analyse von 630.000 Patenten in der Datenbank des USPTO (United States Patent and Trademark Office). Neu auf-

⁸³ Vgl. Patton 2005:1089f.

⁸⁴ Vgl. Spinardi & Williams 2005b:60 und 2005a:101.

⁸⁵ Vgl. Bozeman & Rogers 2002:772; vgl. hierzu auch Bozeman, Dietz & Gaughan 2001:721ff.

⁸⁶ Vgl. Spinardi & Williams 2005a:101.

⁸⁷ Spinardi & Williams 2005a:101

kommende Technologien mit weiterem Entwicklungspotenzial weisen drei Kriterien auf. Erstens ist die absolute Zahl von Patenten niedrig, zweitens wächst die Zahl der neuen Anmeldungen pro Jahr überdurchschnittlich stark und drittens ist der Anteil von Neuerungen, die sich auf mehrere unverbundene Anwendungsfelder beziehen, hoch.⁸⁹ Die Vorausschau und Planung neu entstehender Technologiepfade könnte dieses Konzept nutzen, um aussichtsreiche Technologien oder aufkommende Konkurrenztechnologien zu identifizieren. Problematisch ist jedoch, dass nicht in allen Technologiefeldern gleiche Patentneigungen vorliegen. Somit ist die Breite der in Patenten genannten IPC-Klassen nur eingeschränkt als Indikator für das Technologiepotenzial geeignet.

Ein anderer Ansatz für die Identifikation neuer Technologien könnte in der Beobachtung der Oszillationen von S-Kurven liegen. Pistorius und Utterback weisen nach, dass starke Schwankungen in der Reifephase von S-Kurven auf den Einfluss neu aufkommender Technologien zurückgehen können.⁹⁰ Ausgangspunkt ihrer Argumentation ist die Beobachtung von Schwankungen in den Verkäufen der reifen Plywood-Technologie. Durch verschiedene Modellierungen weisen die Autoren nach, dass diese Bewegungen zum Teil auf das Auftreten einer neuen Technologie (Waferboard-Technologie) zurückzuführen sind.⁹¹ Das Oszillieren um eine erwartete S-Kurve könnte als möglicher „Sterbe-Indikator“ etablierter Technologien und als Hinweis auf das Aufkommen neuer Technologien genutzt werden. Allerdings weisen die Autoren auch darauf hin, dass der Großteil der Schwankungen auf Konjunkturzyklen zurückzuführen ist und der Einsatz dieses Indikators für die technologische Vorausschau aus diesem Grund problematisch ist.⁹²

Ehrnberg und Jacobsson testen unterschiedliche Indikatoren für neu aufkommende Technologien im Bereich des Maschinenbaus. Sie analysieren die Patentierung, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Unternehmenseintritte, Veränderungen relativer Preise sowie Diffusionskurven.⁹³ Den Ausgangspunkt ihrer Untersuchung bildet die Fragestellung, welcher Indikator das Aufkommen einer neuen Technologie als erstes anzeigt. Im Fall der CNC-Technologie sind zuerst Veränderungen der relativen Preisunterschiede sowie das Aufkommen neuer Unternehmen zu beobachten. Erst danach kommt es zu einem Anstieg der Patentierung und der Publikationen sowie zu einer Verbreitung der Technologie. Im Fall der FMS-Technologie treten zuerst neue Unter-

⁸⁸ Vgl. Spinardi & Williams 2005a: 106; Bozeman & Rogers 2002:791f.

⁸⁹ Vgl. Dror 1993:53.

⁹⁰ Vgl. Pistorius & Utterback 1995:223. Die verwendeten S-Kurven stellen die Verkaufszahlen von Produkten, in die eine bestimmte Technologie einfließt, über die Zeit dar.

⁹¹ Vgl. Pistorius & Utterback 1995:224ff.

⁹² Vgl. Pistorius & Utterback 1995:223.

⁹³ Vgl. Ehrnberg & Jacobsson 1997:110ff.; vgl. hierzu auch Ehrnberg 1995:445ff.

nehmen in den Markt ein, danach steigen die Anzahl der Publikationen und die Verbreitung der Technologie.⁹⁴ Damit scheinen neue Unternehmen das Aufkommen einer neuen Technologie am zuverlässigsten anzuzeigen, während Patente und Publikationen einen verhältnismäßig schlechten Indikator für radikalen technologischen Wandel darstellen. Allerdings ist bei diesen Ergebnissen zu berücksichtigen, dass es sich beim Maschinenbau um eine technologiebasierte Industrie handelt. Die Gültigkeit ihrer Beobachtung für wissenschaftsbasierte Industrien – in denen möglicherweise wissenschaftliche Publikationen am Anfang des Innovationsprozesses stehen – zweifeln die Autoren an.⁹⁵

2.2.2 Technologische Entwicklungsmuster

Verschiedene Ansätze für die Vorausschau und Planung im Umfeld neu aufkommender Technologiepfade versuchen sich charakteristische Entwicklungsmuster neuer technologischer Pfade zunutze zu machen. Zu diesen Mustern zählen beispielsweise S-Kurven, Diffusionsverläufe oder Erwartungsdynamiken. Zum Teil finden sich in den Ansätzen auch Entwicklungsmuster, die auf komplexen Modellen des Innovationsprozesses basieren. Der Abschnitt erfasst folgende Veröffentlichungen:

- Bengishu & Nekhili 2006; McGrath 1998,
- Paap & Katz 2004,
- Linton 2002,
- Hüsigg, Hipp & Dowling 2005; Godvindarajan & Kopalle 2006,
- Gartner 2002; Brown, Douglas, Eriksson, Rodriguez, Yearly & Webster 2005,
- van Merkerk & van Lente 2005; van Merkerk & Robinson 2006,
- Geels 2002,
- Kemp 1994; Schot; Hogma & Elzen 1994,
- Rinne 2004.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich nach ihrer thematischen Nähe. Die Besprechung aufeinander aufbauender Ansätze erfolgt zusammen.

Ausgehend von Technologiethemata aus einer türkischen Delphi-Studie nutzen Bengisu und Nekhili S-Kurven, um die kurzfristige Attraktivität einzelner Technologien zu validieren und Investitionsgelegenheiten zu identifizieren.⁹⁶ Als Datenbasis werden die kumulierte Anzahl von Publikationen und Patenten aus den einzelnen Technologiefeldern verwendet.⁹⁷ Die von den Experten als attraktiv bewerteten Technologiethemata

⁹⁴ Vgl. Ehrnberg & Jacobsson 1997:119.

⁹⁵ Vgl. Ehrnberg & Jacobsson 1997:120.

⁹⁶ Vgl. Bengisu & Nekhili 2006:843f. Für einen ähnlichen Ansatz der Bewertung neuer Technologien auf Basis von S-Kurven vgl. McGrath (1998:677ff.).

⁹⁷ Vgl. Bengisu & Nekhili 2006:836f.

der Delphi-Studie sind auch die nach der S-Kurven-Betrachtung interessantesten Felder. Der Ansatz bietet den Vorteil einer relativ einfachen Anwendung, da lediglich die Häufigkeit von Publikationen oder Patenten in einem Feld über die Zeit beobachtet wird. Allerdings ist lediglich eine Zeitpunkt Betrachtung und keine Wiederholung vorgesehen. Eine Evaluation und Anpassung der Aussagen an neue Entwicklungen wird somit nicht berücksichtigt.

An die Entwicklung von S-Kurven ist das Konzept der Antizipation disruptiver Technologien durch Substitutionsmuster angelehnt. Grundlage dieser Muster sind Veränderungen in der Kombination von Technologietreibern (z.B. Bedürfnisse, gesetzliche Regelungen) und technologischen Lösungen. Eine relative Alterung der Technologie im Vergleich zum dominanten Treiber, das Aufkommen eines neuen dominanten Treibers, den die alte Technologie nicht bedienen kann oder das Auftreten völlig neuer Treiber werden als Kriterien für das potenzielle Aufkommen neuer Technologien interpretiert.⁹⁸ Damit ermöglicht das Konzept der Substitutionsmuster einen Ausgleich zu einer ausschließlich technologiezentrierten Perspektive in der Vorausschau und Planung. Fraglich ist jedoch, auf welche Treiber sich Unternehmen konzentrieren sollten, wenn die technologische Entwicklung gleichzeitig durch verschiedene Faktoren angetrieben wird. Außerdem erscheint die Bestimmung des Alters von Treibern und Technologien problematisch.

Linton schlägt ein Vorgehen auf Basis der Modellierung von Diffusionskurven vor. Als zentrale Problembereiche der Vorausschau disruptiver Technologien identifiziert er eine große potenzielle Anwendungsbreite neuer Produkte, eine Vielzahl möglicher Positionierungen auf der Wertschöpfungskette sowie einen Mangel an validen historischen Daten.⁹⁹ Er schlägt daher vor, zeitlich versetzte Diffusionskurven für jeden einzelnen potenziellen Markt zu modellieren und dabei in Abhängigkeit der Wertschöpfungskette unterschiedliche Lerneffekte zu berücksichtigen.¹⁰⁰ Problematisch ist dieser Ansatz insbesondere durch den hohen Formalisierungsgrad bei einer in der Regel schlechten Datenlage.¹⁰¹ Weiterhin unterstellt das Vorgehen eine Vorhersagbarkeit auf Basis eines linearen Innovationsverlaufs von der Entwicklung bis zur Kommerzialisierung. Diese Linearität ist bei neuen Technologien häufig nicht gegeben. Schließlich besteht das Risiko, dass wesentliche Märkte übersehen und infolgedessen technologische Potenziale unterbewertet werden.

⁹⁸ Vgl. Paap & Katz 2004:16.

⁹⁹ Vgl. Linton 2002:368.

¹⁰⁰ Vgl. Linton 2002:369ff.

¹⁰¹ Vgl. Linton 2002:371.

Die Analyse des Durchbruchpotenzials neuer Technologien kann auf Basis von Christensens Überlegungen zu „Disruptive Technologies“ erfolgen. Hüsigg, Hipp und Dowling leiten aus der Ex-Post-Perspektive, die Christensen einnimmt, folgende Kriterien für eine Ex-Ante-Bewertung von neuen Technologien ab:¹⁰² Disruptive Technologien sind erstens einfach, billig und anfänglich leistungsschwächer (mit starker Tendenz zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit), zweitens werden diese von den führenden Kunden abgelehnt, drittens sind sie weniger profitabel bevor ein neues Geschäftsmodell gefunden wird und viertens sind sie zuerst in neuen Märkten erfolgreich. Weitere Kriterien betreffen beispielsweise etablierte Technologien, die ein Übermaß an Leistungsfähigkeit liefern, ohne den Low-End-Teil des Marktes zu bedienen oder die Schnittpunkte zwischen den S-Kurven neuer und etablierter Technologien.¹⁰³ Auf Basis dieser Kriterien erstellen die Autoren einen Fragebogen, den sie in persönlichen Interviews von Industrieteilnehmern beantworten lassen. Neben der Bewertung einzelner Technologien ermöglicht es der Ansatz, das disruptive Potenzial verschiedener neuer Technologien im Telekommunikationssektor zu vergleichen. Problematisch erscheint jedoch die Ex-Ante-Bestimmung der Performanzkriterien, um die Technologien in späteren Phasen des Technologiezyklus konkurrieren.

Gartners „Hype Cycle“ nutzt die Dynamik von Erwartungen für das Ableiten von Aussagen über die Attraktivität neuer Technologien. Die Kernaussage des Ansatzes lautet, dass jede Technologie einen Zyklus von „Technology Trigger“, „Peak of Inflated Expectations“, „Trough of Disillusionment“, „Slope of Enlightenment“ und „Plateau of Productivity“ durchläuft. Demzufolge sind zu Beginn das Interesse und die Erwartungen an eine neue Technologie sehr hoch und in der Regel überzogen. Wenn die Erwartungen enttäuscht werden, geht das Interesse an der Technologie insgesamt zurück. Mit dem langsamen Transfer in erfolgreiche neue Anwendungen steigen das Interesse und die Erwartungen wieder an.¹⁰⁴ Dieses Muster der Technologieentwicklung lässt sich bei vielen technologischen Innovationen beobachten, insbesondere wenn diese ein hohes Medieninteresse erfahren. Die Anwendung des Konzeptes für die Vorausschau ist relativ einfach, beispielsweise durch eine grafische Darstellung der historischen Entwicklung der Publikations- oder Patentaktivität zu einer Technologie. Problematisch ist das Auftreten von verschiedenen Hype- und Disappointment-Phasen hintereinander, die der Ansatz nicht berücksichtigt. Außerdem impliziert der Ansatz zu Unrecht, dass jede Technologie bis in die Phase einer produktiven Nutzung gelangt.

¹⁰² Vgl. Hüsigg, Hipp & Dowling 2005:20f.; vgl. hierzu auch Godvindarajan & Kopalle 2006:15ff.

¹⁰³ Vgl. Hüsigg, Hipp & Dowling 2005:21f.

¹⁰⁴ Vgl. Gartner 2005:2f.; Brown, Douglas, Eriksson, Rodriguez, Yearley & Webster 2005:4f.; Gartner 2002:1f.

Ebenfalls auf der Dynamik von Erwartungen basiert der Ansatz von van Merkerk und van Lente. Das Ziel der Autoren besteht darin, entstehende Pfadabhängigkeiten in einem neuen Technologiefeld frühzeitig zu identifizieren, um so Aussagen über zukünftige Entwicklungsrichtungen dieses Feldes treffen zu können. Die Analyse umfasst mehrere Einflussgrößen: erstens die Erwartungen der Akteure innerhalb des Technologiefeldes sowie zweitens die Manifestierung dieser Erwartungen in der Forschungsagenda jedes einzelnen Akteurs und drittens die Netzwerkbildung zwischen den Akteuren.¹⁰⁵ Mit der Gesellschaft, Akteuren innerhalb eines Technologiefeldes und Forschergruppen bildet der Ansatz drei unterschiedliche Ebenen ab. Die Autoren werten Publikationen von Regierungsstellen und NGOs auf der gesellschaftlichen Ebene aus. Auf der Technologiefeld-Ebene nutzen sie Reports von Unternehmen oder Verbänden, die Marktpotenziale und Vermarktungskonzepte aufzeigen. Auf der Ebene von Forschergruppen analysieren sie wissenschaftliche Veröffentlichungen und Pressemitteilungen.¹⁰⁶ Die Auswertung dieser Dokumente erfolgt unter anderem über die Identifikation von Keywords, die anschließend einer der Kategorien „Erwartung“, „Agenda Setting“ oder „Netzwerk“ zugerechnet werden. Die anschließende Zuordnung der Akteure zu einer dieser Kategorien verdeutlicht den Entwicklungsstatus einer Technologie.¹⁰⁷ Durch die Anwendung dieses Ansatzes haben die Autoren Entwicklungen des Netzwerks von Nanotubes aufgespürt und über die Zeit abgebildet. Das ausschließliche Zurückgreifen auf Publikationen erscheint jedoch aus drei Gründen problematisch. Erstens ist mit einer zeitlichen Verzögerung von unter Umständen mehreren Jahren bis zur Veröffentlichung neuer Erkenntnisse zu rechnen. Der tatsächliche Entwicklungsstand lässt sich daher nur eingeschränkt abbilden. Zweitens ist es wahrscheinlich, dass wesentliche Akteure ihre Erwartungen und Netzwerke nicht publizieren. Drittens sind die Textanalyse und die Zuordnung einzelner Wörter zu Kategorien sehr zeitaufwendig. Für die Entscheidungsfindung in hochdynamischen Feldern ist der Ansatz aus diesen Gründen nur eingeschränkt geeignet.

Geels hat den Versuch unternommen, komplexe technologische Innovationsmuster für die Vorausschau und Planung zu nutzen.¹⁰⁸ Die Grundlage seiner Überlegungen bilden Muster in der Erwartungsentwicklung, in Lern- und Artikulationsprozessen sowie in der Netzwerkbildung. Für deren Identifikation in einem Technologiefeld nutzt der Autor

¹⁰⁵ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1097. Vgl. hierzu auch den Ansatz von van Merkerk & Robinson (2006), die ähnlich für den Bereich der Lap-on-a-Chip-Technologie vorgehen.

¹⁰⁶ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1098ff.

¹⁰⁷ Vgl. van Merkerk & Robinson 2006:415ff. Je intensiver sich Erwartungen in den Agenden niederschlagen und je mehr Akteure in Netzwerken verankert sind, umso stabiler und reifer ist die Technologieentwicklung.

technologische Nischen („Mikroebene“), in denen sich die Muster frühzeitig herausbilden. Anschließend dehnt der Autor die Analyse auf die Makroebene und die Gesellschaft („Landscape“) aus.¹⁰⁹ Geels verdeutlicht die Möglichkeit eines Vergleichs aufkommender Technologien am Beispiel der Transportindustrie.¹¹⁰ Er schlägt vor, die Entwicklungsmuster auch für die Aufstellung von Szenarien zu nutzen, um die Teilnehmer für mögliche Dynamiken neuer Technologien zu sensibilisieren.¹¹¹ Mit dem Ansatz können eine Vielzahl von Einflussfaktoren berücksichtigt und in einen konsistenten Zusammenhang gestellt werden. Allerdings ist die praktische Anwendung in Projekten von Unternehmen und öffentlichen Organisationen erst noch zu testen, da ein fundiertes Verständnis des Innovationsprozesses benötigt wird und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Mustern sehr komplex sind.

Ausgehend von einem Review theoretischer Modelle der Technologieentwicklung, konzipiert Kemp einen Policy-Ansatz, mit dem ein Wechsel zwischen komplexen technologischen Systemen initiiert werden kann.¹¹² Als erste Phase schlägt der Autor das Prüfen von Einflussfaktoren der Verbreitung neuer Technologien vor. Zu diesen zählt er unter anderem vorhandene Standards sowie institutionelle Regelungen, erzielte Lerneffekte in bestehenden Technologien, langfristige ökologische Konsequenzen sowie die Verfügbarkeit von komplementären Technologien, Infrastrukturen oder qualifiziertem Personal. Aufbauend auf der Analyse dieser Einflussfaktoren fordert der Autor die gezielte Öffnung technologischer Nischen durch die Politik in der zweiten Phase.¹¹³ Wie diese Öffnung erfolgen kann, verdeutlicht das „Strategic Niche Management“ von Wissenschaftlern um Johan Schot. Veränderungen im Regelungsumfeld, das finanzielle Fördern der Technologieentwicklung und das Schaffen neuer Netzwerke bilden den Kern ihrer Überlegungen.¹¹⁴ Das Potenzial dieser Ansätze liegt in der ganzheitlichen Betrachtung des wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Umfelds bei dem Wechsel zu einer neuen Technologie. Zudem zeigt es konkrete Handlungsoptionen für die Realisierung von Technologiesprüngen auf. Allerdings stellen die Autoren kein Konzept bereit, mit dem sich die Ausprägungen der Einflussfaktoren systematisch prüfen lassen. Dies erscheint mit Sicht auf die schwierige Eingrenzung des relevanten Umfelds neuer Technologien als problematisch.

¹⁰⁸ Vgl. Geels 2002:360. Der Autor berücksichtigt mit der Co-Evolution von Technologie und Gesellschaft sowie dem Sozialkonstruktivismus Anknüpfungspunkte aus verschiedenen Bereichen der Innovationsforschung.

¹⁰⁹ Vgl. Geels 2002:365ff.

¹¹⁰ Vgl. Geels 2002:371ff.

¹¹¹ Vgl. Geels 2002:380.

¹¹² Vgl. Kemp 1994:1024ff. Der Autor unterstellt einen politisch induzierten Wechsel.

¹¹³ Vgl. Kemp 1994:1041f.

¹¹⁴ Vgl. Schot, Hoogma & Elzen 1994:1062.

Im Rahmen eines traditionellen Roadmapping-Ansatzes diskutiert Rinne die Möglichkeit, Durchbruchinnovationen durch spezifische „Patterns“ in „Mehr-Ebenen-Roadmaps“ zu identifizieren. Er unterscheidet vier Entwicklungsmuster.¹¹⁵ Erstens kann ein schnelles Wegbrechen adressierter Märkte das Auslaufen eines Pfades anzeigen und eine Suche nach neuen technologischen Lösungen anstoßen. Zweitens können relativ schnelle Wechsel von Produktgenerationen auf Probleme der Vermarktbarkeit hindeuten und einem Technologiewechsel vorausgehen. Drittens kann der schnelle Verlust von Marktanteilen bei zwei konkurrierenden Produkten auf die Entstehung einer Pfadabhängigkeit und den Durchbruch einer Technologie hindeuten. Viertens kann die Etablierung von Standards die radikale Beschleunigung technologischer Entwicklungen anzeigen.¹¹⁶ Das Potenzial dieses Ansatzes liegt vor allem in der Möglichkeit der visuellen Detektion disruptiver Veränderungen in bestehenden Roadmaps. Allerdings trifft der Autor keine Aussage darüber, ob auf Basis der vorgeschlagenen Roadmap-Struktur technologische Durchbrüche bereits erfolgreich identifiziert werden konnten oder ob es sich um eine konzeptionelle Betrachtung handelt.

2.2.3 Szenarien

Szenarien im weiteren Sinn wurden in Form von Utopien und Dystopien bereits im antiken Griechenland für die Auseinandersetzung mit der Zukunft eingesetzt. Ausgehend von der Anwendung im militärischen Kontext sind sie als normative Zukunftsbilder seit den 60er Jahren in Unternehmen und öffentlichen Organisationen verbreitet.¹¹⁷ Der Abschnitt umfasst die folgenden Veröffentlichungen zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade:

- Burt 2006,
- Bruun, Hukkinen & Eklund 2002,
- Mirow 1998,
- Dortmanns 2005,
- Noori, Munro, Deszca & McWilliams 1999a und 1999b,
- Mercer 1997,
- van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen & de Boevere 2007,
- Raynor & Leroux 2004,
- Bers, Lynn & Spurling 1999.

¹¹⁵ Vgl. Rinne 2004:76. Die Roadmaps umfassen die Ebenen "Markt", "Produkt", "Regulierung" und "Technologie".

¹¹⁶ Vgl. Rinne 2004:77.

¹¹⁷ Vgl. Bradfield, Wright, Burt, Cairns & van der Heijden 2005:797. Übersichten über Szenariokonzepte finden sich unter anderem bei Börjeson, Höjer, Dreborg, Ekvall & Finnveden 2006; van Notten, Slegers & van Asselt 2005; Bradfield, Wright, Burt, Cairns & van der Heijden 2005.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich nach der thematischen Nähe zwischen einzelnen Szenario-Konzepten. Wie oben werden aufeinander aufbauende Anätze zusammen besprochen.

Burt verbindet den Szenario-Ansatz mit Elementen aus der „Disruption Theory“ von Christensen sowie Elementen der Systemanalyse und beschreibt die Anwendung dieses Ansatzes bei einem Großunternehmen.¹¹⁸ Dabei werden Szenarien entwickelt, Einflussfaktoren systemanalytisch untersucht und Quellen für Disruptionen identifiziert. Auf Basis dieses Vorgehens konnten Teilnehmer aus dem Unternehmen mögliche Disruptionen bestimmen. Zudem konnten die Teilnehmer Quellen von Abhängigkeiten sowie Wechselwirkungen zwischen Einflussfaktoren der Technologieentwicklung herausarbeiten und so fundierte Kenntnisse über die Technologieentwicklung erhalten.¹¹⁹ Positiv an diesem Ansatz ist vor allem das Nutzen einer theoretischen Fundierung sowie eines konsistenten Rahmens für die Analyse disruptiver Technologien. Allerdings ist die Reichweite dieses Rahmens problematisch, da Burt nicht nur „Disruptions“, sondern darüber hinausgehend auch „Discontinuities“ bzw. Trendbrüche behandelt, die Christensens Ansatz nicht abdeckt.

Bruun, Hukkinen und Eklund adressieren zwei Problembereiche der Szenarioerstellung im Umfeld von Trendbrüchen. Der erste Problembereich ist das Nutzen eines Rahmenmodells, das durch eine Fokussierung auf bestimmte Einflussfaktoren Entwicklungen außerhalb dieses Modells ausblendet. Die lineare Fortschreibung bestehender Trends, ohne das mögliche Abreißen dieser Trends zu berücksichtigen, wird als zweite Schwierigkeit herausgestellt.¹²⁰ Die Autoren schlagen daher die Erarbeitung von unkonventionellen sowie ereignisbasierten Szenarien vor, die über die genutzten Frameworks und bestehende Trends hinausgehen.¹²¹ Am Beispiel finnischer Aquakulturen demonstrieren die Autoren den Ansatz, indem sie insgesamt sieben unterschiedliche Szenarien entwickeln, die Trendbrüche darstellen. Das Potenzial dieser Vorgehensweise liegt darin, Denkstrukturen bei beteiligten Personen zu explizieren und hierdurch ein Ausbrechen aus konventionellen Denk- und Handlungsmustern zu fördern. Jedoch schließen die Autoren mit dem Fazit, dass trotzdem unvorhergesehene Ereignisse auftreten können und daher der Nutzen des Ansatzes vor allem in einem verbesserten Umgang mit Unsicherheit und nicht in einer Vorhersage liegt.¹²²

¹¹⁸ Vgl. Burt 2007.

¹¹⁹ Vgl. Burt 2007:740ff.

¹²⁰ Vgl. Bruun, Hukkinen & Eklund 2002:108f.

¹²¹ Vgl. Bruun, Hukkinen & Eklund 2002:112ff.

¹²² Vgl. Bruun, Hukkinen & Eklund 2002:121ff.

Für die Identifikation und das Angehen von Durchbruchinnovationen wird bei Siemens der Ansatz des „Strategic Visioning“ verfolgt. Die zentrale Forschung und Entwicklung leitet in einem Top-Down-Prozess zusammen mit den strategischen Geschäftseinheiten neue Geschäftsfelder und hierfür notwendige Technologien aus langfristigen Szenarien ab. Das Unternehmen wählt einen bereichsübergreifenden und ganzheitlichen Ansatz, bei dem ökonomische, ökologische, technische, politische, industriestrukturelle und soziale Einflüsse berücksichtigt werden. Siemens entwickelt auf Basis dieses Vorgehens Strategien für einzelne Geschäftsfelder, die notwendige Ausgaben für Forschung und Entwicklung, Risiken, mögliche Kooperationspartner, Patentierungsmöglichkeiten und Vertriebswege umfassen. Nach der Auffassung von Siemens stellen diese Durchbruchinnovationen die größten Herausforderungen an das Management, da sich der technische Fortschritt in Sprüngen vollzieht, der Zeithorizont sehr lang und das Risiko extrem hoch ist. Des Weiteren sind die Märkte unbekannt und eine Planbarkeit ist nicht gegeben.¹²³

Für die Entwicklung langfristiger Strategien stellt Dortmans einen Ansatz vor, der auf einer Verknüpfung von Forecasting und Backcasting basiert. Entscheidend ist das Entwerfen von Migrationslandschaften, die von möglichen Entwicklungspfaden eines Feldes oder einer Organisation durchzogen werden.¹²⁴ Ziel des Ansatzes ist es, diese Entwicklungspfade – einerseits aus langfristigen Visionen, andererseits aus dem Status quo – zu präzisieren sowie End- und Zwischenszenarien für das Realisieren dieser Pfade herauszuarbeiten. Der Autor gibt an, dass sich durch dieses Vorgehen das Risiko langfristiger Technologieentwicklungen minimieren lässt.¹²⁵ Zu kritisieren ist, dass der Ansatz keine Hinweise darüber enthält, wie viele potenzielle Wege entwickelt werden sollten, zumal die Möglichkeiten nahezu unbegrenzt erscheinen. Außerdem ist davon auszugehen, dass die detaillierte Abgrenzung und Beschreibung der Migrationslandschaften sehr zeitaufwendig ist.

Eine ähnliche Weiterentwicklung der Szenario-Methodik stellt die „Umbrella Methodology“ von Noori, Munro, Deszca und McWilliams dar. An eine Szenarioanalyse schließen sich eine Backcasting-Phase und eine Monitoring-Phase an. Ziel der Methode ist es, mögliche Umfeldentwicklungen möglichst ganzheitlich zu antizipieren, flexible Stra-

¹²³ Vgl. Mirow 1998:488. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein traditionelles Verständnis der strategischen Planung vorliegt, bei dem eine exakte Definition einzelner Schritte exakt erfolgt. Allerdings scheint der Ansatz einem modernen Planungsverständnis zu genügen, da das Top-Management lediglich Rahmenparameter (in diesem Fall mögliche Partner, Vertriebswege und F&E-Ausgaben) definiert.

¹²⁴ Vgl. Dortmans 2005:280f.

¹²⁵ Vgl. Dortmans 2005:281.

tegien zu entwickeln und Veränderungen frühzeitig aufzunehmen.¹²⁶ Die Autoren legen besonderes Gewicht auf das Explizieren von Unsicherheitsfaktoren, das Kombinieren von Methoden und Informationsquellen sowie die Kontinuität der Aktivitäten, die sie als Voraussetzungen sehen, um dieses Ziel zu erreichen.¹²⁷ Die Anwendung der Methodik erfolgt am Beispiel des Elektroautos.¹²⁸ Positiv ist an diesem Vorgehen, dass es die Einflussfaktoren aus dem Umfeld einer neuen Technologie umfassend analysiert und in der Planung berücksichtigt. Ferner handelt es sich um einen kontinuierlichen Prozess, der erst mit der erfolgreichen Produkteinführung endet. Dies kann eine optimale Wissensnutzung gewährleisten. In diesem Zusammenhang ist auch die konsistente Methodenintegration hervorzuheben. Durch das Nutzen von Sekundärinformationen für die Umfeldanalyse wird der Zeitaufwand potenziell reduziert. In dem Ansatz fehlen allerdings konkrete Hinweise darauf, wie unterschiedliche Technologiepfade identifiziert und wie die geforderten flexiblen Prozesse und Strategien realisiert werden können.

Ausgehend von der Zusammenarbeit mit kleinen und mittleren Unternehmen entwickelt Mercer eine Szenario-Methodik, die die Erwartungen der Teilnehmer für die Vorausschau nutzt. Zuerst identifizieren und beschreiben Teilnehmer an Szenario-Workshops in mehreren Fokusgruppen Technologietreiber und dokumentieren diese. Anschließend explizieren die Gruppen Wechselwirkungen zwischen den Treibern und bringen diese in einen konsistenten Zusammenhang. Aus diesem Set an zentralen Einflussfaktoren leiten die Teilnehmer zuerst sieben bis neun Mini-Szenarien ab, die sie im Anschluss zu zwei bis drei Kernszenarien verdichten. Abschließend erfolgt eine Konsistenzprüfung der Szenarien anhand externer Dokumente, wie beispielsweise bestehende Vorausschau-Studien.¹²⁹ Das Potenzial dieses Ansatzes liegt nach Angaben des Autors in dem geringen Zeitaufwand für das Durchlaufen des gesamten Prozesses in wenigen (ca. ein bis zwei) Workshops, was eine wesentliche Verkürzung Szenarioerstellung bedeutet. Zudem haben in einem von Mercer durchgeführten Projekt mehrere parallel arbeitende Fokusgruppen insgesamt über 150 externe Treiber identifiziert.¹³⁰ Dies lässt auf die Möglichkeit einer ganzheitlichen Umfeldanalyse schließen. Problematisch ist der fehlende Rahmen, um das Umfeld zu analysieren, da die Teilnehmer durch den offenen Ansatz möglicherweise zentrale Einflussgrößen oder Zusammenhänge übersehen.

¹²⁶ Vgl. Noori, Munro, Deszca & McWilliams 1999a:547ff.

¹²⁷ Vgl. Noori, Munro, Deszca & McWilliams 1999a:555ff.

¹²⁸ Vgl. Noori, Munro, Deszca & McWilliams 1999b:564ff.

¹²⁹ Vgl. Mercer 1997:158ff.

¹³⁰ Vgl. Mercer 1997:161ff.

Ein alternativer Szenarioansatz, der Elemente virtueller Umwelten integriert, wurde von Phillips in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität Delft in den Niederlanden vorgestellt. Ziel des Ansatzes ist es, einerseits Ideen für Anwendungen neuer Technologien zu ermitteln und andererseits komplexe Produktideen an Kunden zu kommunizieren.¹³¹ Den Ankerpunkt ihres Ansatzes bildet das Konzept von „Concept Narratives“, die genutzt werden, um Kunden den Nutzen einer neuen Technologie für eine bestimmte Anwendung zu vermitteln.¹³² Die Möglichkeiten der Kommunikation des Nutzens validierten die Forscher in einem empirischen Test. Der Ansatz bietet das Potenzial, Endkunden sehr frühzeitig in den Produktplanungsprozess einzubinden und so die Erfolgchancen neuer Produkte zu erhöhen. Allerdings schlagen die Autoren keine Möglichkeit vor, wie die relevanten Kunden identifiziert werden können. Außerdem scheint der Ansatz auf das Kommunizieren einer relativ kleinen Anzahl von Anwendungen beschränkt zu sein. Somit besteht die Gefahr, dass die tatsächlichen Einsatzmöglichkeiten einer neuen Technologie nur unzureichend erfasst werden.

Um bei Projektselektionen die Interdependenzen zwischen einzelnen Projekten zu erfassen, konzipieren Raynor und Leroux einen Portfolioansatz, der auf der Szenariotechnik und dem Realoptionsmodell basiert. Der Fokus liegt auf der Bewertung von Projektideen, die sehr weit von einer Kommerzialisierung in konkreten Produkten entfernt sind. Zu diesem Zweck werden in einem ersten Schritt mehrere Unternehmensszenarien beschrieben, für die das Unternehmen im zweiten Schritt Strategien formuliert. Auf Basis dieser Strategien definieren die Teilnehmer im dritten Schritt Kernprojekte, die erfolgskritisch und daher umfangreich zu finanzieren sind. Außerhalb liegende Projekte sollten nur die für das Projektüberleben notwendigen Ressourcen erhalten. Der vierte Schritt umfasst das Umsetzen der Strategien und das Wiederholen des Prozesses.¹³³ Positiv ist an diesem Vorgehen, dass den Projekten in Abhängigkeit des Szenarios unterschiedliche Bedeutungen zukommen. Als Optionen werden nur die Projekte bewertet, die nicht im Kernbereich des Unternehmens liegen. Dies ermöglicht eine Konzentration auf zentrale unternehmerische Aktivitäten. Allerdings scheint die Analyse der szenariospezifischen Projektbedeutung anhand wenig definierter Kriterien zu erfolgen. Dies erschwert eine „objektive“ Bewertung der Projekte.

Im Kontext neu aufkommender Technologien kann eine Verbindung von Szenarien und der Erstellung von Business-Plänen erfolgen. Ziel des von Burs, Lynn und Spurling

¹³¹ Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen & de Boevere 2007:1.

¹³² Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen & de Boevere 2007:3f. Bei "Concept Narratives" handelt es sich um bildliche, schriftliche oder filmische Darstellungen einer möglichen Technologienutzung.

¹³³ Vgl. Raynoer & Leroux 2004:30ff.

entwickelten Ansatzes ist es, Manager und technische Experten bei der Entwicklung von Strategien unter hoher Marktunsicherheit zu unterstützen.¹³⁴ Zu diesem Zweck wird zuerst ein herkömmlicher Business Case erstellt, aus dem ein Finanzplan mit einer Laufzeit von zehn Jahren abgeleitet wird. Unterschiedliche Szenarien und Zeitwertberechnungen ergänzen diesen Finanzplan. Anschließend erfolgen das Identifizieren von Gemeinsamkeiten zwischen den Szenarien und das Entwickeln einer Strategie, die in jedem Szenario gültig ist. Auf Basis von Monte-Carlo-Simulationen findet danach eine Sensitivitätsanalyse des Zeitwerts der vereinheitlichenden Strategie statt.¹³⁵ Grundsätzlich erhöht das Denken in unterschiedlichen Szenarien die Antizipationsfähigkeit der Organisation. Allerdings ist fragwürdig, ob die gemeinsame Strategie tatsächlich allen möglichen Entwicklungen standhält, zumal der Ansatz keine kontinuierliche Anpassung vorsieht. Der Rückgriff auf eine Discounted-Cash-Flow-Bewertung erscheint vor dem Hintergrund der langen Betrachtungsperspektive und der hohen Unsicherheit ebenfalls problematisch. Es ist zu erwarten, dass durch die Wirkung anfänglich negativer Cash-Flows und durch hohe Diskontierungsfaktoren zahlreiche aussichtsreiche Projekte ausselektiert werden.

2.2.4 Technologie-Bewertung

Eine weitere Gruppe von Ansätzen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade beschäftigt sich mit der Bewertung von Technologien. Dabei handelt es sich um qualitative und quantitative Vorgehensweise. Der Abschnitt umfasst die folgenden Publikationen:

- Benson, Sage & Cook 1993
- Suh, Suh & Baek 1994,
- Perlit, Peske & Schrank 1999; MacMillan, van Putten, McGrath & Thompson 2006,
- Mills & Weinstein 1996.

Die Reihenfolge richtet sich wie in den vorangegangenen Abschnitten nach ihrer thematischen Nähe. Aufeinander aufbauende Ansätze werden zusammen diskutiert.

Für die Bewertung neuer Technologien in frühen Entwicklungsstadien schlagen Benson, Sage und Cook ein dreigliedriges Vorgehen vor. Die Autoren bewerten das Einsatzpotenzial einer Technologie in spezifischen Anwendungsfeldern anhand von Kriterien aus den Bereichen Technologie, Management und Markt.¹³⁶ Im Bereich des

¹³⁴ Vgl. Bers, Lynn & Spurling 1999:32ff.

¹³⁵ Vgl. Bers, Lynn & Spurling 1999:37ff.

¹³⁶ Vgl. Benson, Sage & Cook 1993:115.

Marktes spielen unter anderem Verhaltensanpassungen beim Nutzer, rechtliche Regelungen und Konkurrenztechnologien eine Rolle. Kriterien aus dem Umfeld des Managements umfassen z.B. die Größe der Organisation sowie das Funktionieren von Geschäftsmodellen. Der technologische Bereich enthält Kriterien wie technische Probleme der Produktion, Herstellungsstandards oder die Anzahl benötigter komplementärer Technologien.¹³⁷ Die Anwendungsmöglichkeiten neuer Technologien können auf Basis dieses Vorgehens sehr detailliert analysiert werden. Allerdings fehlen Aussagen darüber, wie ein Unternehmen diese vor der Bewertung erfolgreich identifizieren kann. Außerdem treffen die Autoren keine Aussagen über die Wiederholung des Vorgehens bei schnellen Veränderungen des Umfelds, z.B. beim Aufkommen neuer Technologien. Bei der Anwendung des Ansatzes besteht daher das Risiko, dass ein Unternehmen seine Strategie nicht schnell genug an eine veränderte Situation anpasst.

Suh, Suh und Baek entwickeln eine Methode der Bewertung von Technologien für ein Großforschungsinstitut. Die Kernproblemstellungen, die sie aufgreifen, liegen in der mangelnden Verfügbarkeit von Daten für die Technologiebewertung in frühen Innovationsphasen und in dem Bedarf an technologiespezifischen Bewertungskriterien. Die Autoren schlagen ein zweistufiges Vorgehen vor, bei dem eine Gruppe von Experten zuerst die für eine Technologie relevanten Bewertungskriterien identifiziert. Die Experten nutzen dabei ein vorgegebenes Set von Kriterien, das unter anderem soziale, technisch und ökonomische Merkmale, die geeignete Strategie („Leader“ vs. „Follower“) und das relevante Geschäftsmodell („Service Provider“, „Network Provider“, „Technology Leader“) umfasst.¹³⁸ Auf Basis der gewählten Kriterien bewerten Fach- und Führungskräfte des Instituts anschließend verschiedene Technologien.¹³⁹ Durch das spezifische Set von Merkmalen stellt der Ansatz sicher, dass unterschiedliche Technologien auch unterschiedlich behandelt werden. Des Weiteren können die Teilnehmer aus einem umfangreichen Pool von Kriterien wählen. Wenn es zu einer ausgewogenen Zusammenstellung technologiespezifischer Bewertungskriterien kommt ist so prinzipiell eine ganzheitliche Bewertung möglich.

Verschiedene Autoren entwickeln Ansätze für die monetäre Bewertung neu aufkommender Technologien. Darunter finden sich insbesondere Bewertungskonzepte auf Basis von Realoptionen.¹⁴⁰ Bei diesen Ansätzen werden Investitionen in Forschungs- und Entwicklungsprojekte als Bündel verschiedener Optionen angesehen. Unterscheidbar sind die Option, eine Investition auf unbestimmte Zeit zu verschieben; die

¹³⁷ Vgl. Benson, Sage & Cook 1993:115ff.

¹³⁸ Vgl. Suh, Suh & Baek 1994:268f.

¹³⁹ Vgl. Suh, Suh & Baek 1994:268.

¹⁴⁰ Eine kritische, sehr umfassende Darstellung findet sich bei Perlit, Peske und Schrank (1999).

Option, ein Projekt auf verschiedenen Entwicklungsstufen abzubrechen; die Option, den Umfang von Investitionen an die zukünftige Situation anzupassen; die Option, ein abgeschlossenes Projekt abzubrechen und die zugrunde liegende Produktionsinfrastruktur zu veräußern; die Option, Inputs und Outputs zu verändern und die Option, eine Vielzahl weiterer Projekte durchzuführen.¹⁴¹ Für die Bewertung eines Projekts sind der Zeitwert von Cash-Flows und Investitionskosten, die Zeitspanne bis zum Auslaufen der Investition, die Unsicherheit des Projektwerts, die Verluste durch eine zeitliche Verschiebung von Entscheidungen sowie ein risikoloser Zinssatz zu ermitteln.¹⁴² Die Realoptionsmethodik ist besonders für gestufte Entwicklungsprojekte mit langer Laufzeit, wie sie beispielsweise in der Pharmaindustrie vorliegen, geeignet. Der Vorteil von Realloptionsbewertungen liegt darin, dass die Durchführung hochriskanter, langfristiger Projekte nicht wie bei der Discounted-Cash-Flow-Bewertung durch extrem hohe Diskontierungsfaktoren behindert wird. Zudem wird der Raum zukünftiger Handlungsmöglichkeiten bei der Bewertung positiv berücksichtigt.¹⁴³ Um das Verfahren weiter an die Unsicherheit über die Entwicklung neuer Technologien anzupassen, können beispielsweise Monte-Carlo-Simulationen und Sensitivitätsanalysen der Ausgaben und Einnahmen durchgeführt werden.¹⁴⁴ Problematisch ist die Akzeptanz der Ergebnisse des Verfahrens, da dieses für Nutzer außerhalb des Finanzsektors undurchsichtig erscheint.

Für die monetäre Bewertung von Projekten in unsicheren Umfeldern erarbeiten Mills und Weinstein einen Ansatz auf Basis der Discounted-Cash-Flow-Methode und der Szenario-Technik. Ausgangspunkt ist eine Kritik an den hohen Residualwerten bei herkömmlichen Zeitwertermittlungen von langfristigen Strategien.¹⁴⁵ Zum einen verlängern sie durch die Erarbeitung verschiedener Szenarien den Zeitraum der detaillierten Betrachtung von Cash-Flows. Zum anderen bewerten die Autoren auch unterschiedliche Reaktionsmöglichkeiten des Unternehmens in jedem Szenario.¹⁴⁶ Nach Meinung von Mills und Weinstein lassen sich die relevanten Bewertungsumfelder durch das Einbringen des Szenario-Konzepts umfangreicher analysieren, strategische Optionen schnell-

¹⁴¹ Vgl. Perlitz, Peske & Schrank 1999:256f. Der Optionswert von einzelnen Projekten hängt außerdem von dem gesamten Projektportfolio des Unternehmens ab.

¹⁴² Vgl. u.a. Perlitz, Peske & Schrank (1999:257ff.) für das Zusammenwirken dieser Variablen bei der Berechnung des Realoptionswerts.

¹⁴³ Vgl. MacMillan, van Putten, McGrath & Thompson 2006:30f.; Perlitz, Peske & Schrank 1999:266f.

¹⁴⁴ Vgl. MacMillan, van Putten, McGrath & Thompson 2006:34f.

¹⁴⁵ Üblicherweise werden freie Cash-Flows nur für die ersten drei bis fünf Jahre im Lebenszyklus der Technologie detailliert bestimmt. Für die übrigen Jahre wird ein konstanter jährlicher Cash-Flow angenommen und aufsummiert. Erstens macht diese Summe ("Residualwert") häufig einen großen Teil des Zeitwerts aus und zweitens können in späteren Phasen erhebliche Schwankungen der Cash-Flows auftreten.

¹⁴⁶ Vgl. Mills & Weinstein 1996:77ff.

ler entwickeln und Risiken besser erfassen.¹⁴⁷ Allerdings ist fraglich, ob die Teilnehmer den Einfluss komplexer Entwicklungen auf den Cash-Flow des Unternehmens zuverlässig einschätzen können. Des Weiteren ist zu kritisieren, dass durch diese Bewertung nur ein begrenzter Raum zukünftiger Entwicklungen und Reaktionsmöglichkeiten bewertet werden kann.

2.2.5 Technologie-Roadmaps

Nach einer Anwendung durch Pionier-Unternehmen, wie beispielsweise Motorola, wird das Technologie-Roadmapping seit den 1990er Jahren in vielen Unternehmen eingesetzt.¹⁴⁸ Roadmapping ist ein Prozess des strategischen Managements,¹⁴⁹ der dazu dient, strategische Alternativen zu identifizieren, zu bewerten und auszuwählen. In der Regel stellen Roadmaps einen Konsens der bei ihrer Erstellung beteiligten Personen dar.¹⁵⁰ Sie umfassen unterschiedliche Ebenen, wie beispielsweise Märkte, Produkte und Technologien, die zumeist in Relation zu einer Zeitachse stehen. Die folgenden Publikationen sind in diesem Ansatz berücksichtigt:

- Holmes & Ferrill 2005,
- Kostoff, Boylan & Simmons 2004,
- Song, Lee, Lee & Chung 2007,
- Walsh 2004,
- Rip & Propp 2005,
- Strauss & Radnor 2004,
- Danila 1989.

Die Besprechung der Roadmapping-Konzepte folgt entsprechend der thematischen Nähe. Wie oben werden aufeinander aufbauende Ansätze zusammen diskutiert.

Das T-Plan-Konzept der Universität von Cambridge wurde von Wissenschaftlern aus Singapur für die Identifikation und Auswahl neu aufkommender Technologien erweitert. Aufgrund der spezifischen Bedürfnisse von KMU dehnten die Forscher den Technologie-Fokus zu Gunsten einer breiteren Sichtweise auf Probleme des Business Development aus (z.B. Recruitment, Supply-Chain-Management). Um den Zeitaufwand des Top-Managements zu reduzieren, wurde außerdem mit strukturierten Fragebögen gearbeitet und verstärkt auf externe Experten zurückgegriffen. Die Autoren schlagen ein modulares fünfstufiges Konzept vor, das die Analyse von Unternehmen, Produkten,

¹⁴⁷ Vgl. Mills & Weinstein 1996:83.

¹⁴⁸ Vgl. Kappel 2001:40.

¹⁴⁹ Vgl. Walsh 2004:168.

¹⁵⁰ Vgl. Kostoff & Schaller 2001:132.

Märkten und Technologien sowie das Zeichnen von Roadmaps umfasst.¹⁵¹ Die von den Wissenschaftlern angewendete Vorgehensweise ist sehr strukturiert und wird nach Aussage der Autoren von den untersuchten KMU akzeptiert. Allerdings finden sich nur wenige Hinweise auf Probleme und Potenziale bei der konkreten Anwendung im Unternehmen. Insbesondere bleibt unklar, ob mit dem Ansatz die Identifikation und Auswahl neuer Technologien möglich ist oder ob der Fokus eigentlich auf vorhandenen Technologien der Firmen liegt, wie es die Fixierung auf Märkte und Produkte nahelegt.

Auf Basis einer Fallanalyse von zwei großen öffentlichen Forschungsprojekten in Korea stellen Song, Lee, Lee und Chung einen Management-Ansatz vor, um die Unsicherheit in frühen Projektphasen zu reduzieren. Die Autoren adressieren weniger die methodische Weiterentwicklung des von ihnen genutzten Roadmapping, sondern vor allem die kritischen Erfolgsfaktoren der Planung hochkomplexer Entwicklungsprojekte für wirklich neue Technologien. Diese Faktoren umfassen das Planungsumfeld (z.B. Budget, Zeit, Know-how über Tools), die Unterstützung durch die Organisation (z.B. die Einbeziehung von Top-Management und Externen, die Benennung von Prozess-Ownern), die Zielorientierung (z.B. zielorientierte Planung, Zielkonsistenz), den Wissensaustausch (z.B. Visionen, Prozess-Know-how) sowie die verfügbare technologische Erfahrung (z.B. grundlegende und verwandte Technologien).¹⁵² Insgesamt betrachten die Autoren die Planung als zentrale Aufgabe, um hochkomplexe langfristige Projekte erfolgreich durchzuführen. Aus diesem Grund sollten Organisationen erhebliche Ressourcen in die Projektplanung investieren. Hervorzuheben ist weiterhin, dass ein umfangreiches Set von Erfolgsfaktoren identifiziert wird. Allerdings unterlassen es die Autoren, einen Leitfaden für die Umsetzung dieser Erfolgsfaktoren in konkreten Projekten aufzustellen. Dies erschwert den Transfer der Ergebnisse in die Praxis der Projektplanung.

Kostoff, Boylan und Simons entwickeln einen zweistufigen Prozess für die Identifikation und Entwicklung disruptiver Technologien. Mittels Publikationsanalysen bestimmen die Autoren Technologien, die das Potenzial aufweisen, eine bestehende Industrie zu verändern. Die Recherche findet auf Basis einer technologisch zu adressierenden Problemstellung statt.¹⁵³ Ein heterogenes Team entwirft anschließend Roadmaps für verschiedene technologische Alternativen. Die Roadmaps umfassen die Ebenen „Forschung“, „Entwicklung“, „Fähigkeiten“ und „Bedarf“.¹⁵⁴ Hervorzuheben ist an diesem Ansatz, dass die Autoren auf die Heterogenität der Teamzusammensetzung als Er-

¹⁵¹ Vgl. Holmes & Ferrill 2005:352f.

¹⁵² Vgl. Song, Lee, Lee & Chung 2007:247.

¹⁵³ Vgl. Kostoff, Boylan & Simons 2004:146f.

¹⁵⁴ Vgl. Kostoff, Boylan & Simons 2004:147ff.

folgsfaktor hinweisen und verschiedene Technologien simultan betrachten. Zudem betonen sie die Bedeutung der Visualisierung der Projektergebnisse bei der Konsensfindung. Allerdings bleibt unklar, ob der Roadmapping-Ansatz bereits in konkreten Projekten genutzt wird und welche Erfahrung mit seiner Anwendung gemacht wurde. Weiterhin scheint lediglich der Text-Mining-Schritt und nicht der Roadmapping-Schritt die Dynamik neuer Technologiepfade zu adressieren.

Für das Roadmapping der Mikrosystem-Industrie wurde im Zeitraum 1998 bis 2002 ein neuer Vorausschau-Ansatz entwickelt. Dieser sollte dem disruptiven Charakter der Technologie besser Rechnung tragen als zuvor erprobte Methoden. Die Auslöser dieser methodischen Neuentwicklung bildeten das Scheitern einer einfachen Kombination bestehender Roadmaps aus Forschung und Industrie sowie Probleme mit der stark formalisierten Vorgehensweise des traditionellen Roadmapping.¹⁵⁵ Insbesondere konnten sich die Beteiligten nicht im Konsens auf Produkte und Technologietreiber verständigen.¹⁵⁶ Der neue Ansatz lässt Raum für verschiedene technologische Trajektorien mit unterschiedlichen Leistungsparametern und mehreren potenziellen Anwendungen. Die Roadmap basiert auf dem Gedanken schneller „Probe-and-Learn“-Prozesse, die eine zügige Auswahl erfolgreicher Technologielinien ermöglichen.¹⁵⁷ Herauszustellen ist die Flexibilität dieses Ansatzes für die simultane Abbildung zahlreicher Entwicklungen. Problematisch ist das zugrunde liegende lineare Innovationsverständnis, das komplexe Entwicklungszusammenhänge möglicherweise unzureichend vereinfacht.

Ausgehend von dem Problem des Fehlens definierter Zielpunkte der Technologieentwicklung in der frühen Innovationsphase entwickeln Rip und Propp das „Open-ended Roadmapping“. Ziel des Ansatzes ist es, sowohl eine Richtung für konkrete Entwicklungsentscheidungen bereitzustellen als auch Flexibilität mit Sicht auf später zu treffende Entscheidungen zu bewahren.¹⁵⁸ Die Lösung sehen die Autoren in dem Bereitstellen „geplanter Flexibilität“, bei der sowohl frühzeitig kritische Projektbereiche (z.B. Prozesstechnologien, Regulierung) als auch Strategien für die Reaktion auf Entwicklungen in diesen Bereichen definiert werden. Rip und Propp schlagen vor, alternative Entwicklungspfade aufzuzeigen und Anzeichen für eine Stabilisierung einzelner Pfade kontinuierlich zu ermitteln.¹⁵⁹ Das Potenzial dieses Ansatzes liegt in dem Rückgriff auf empirische Erkenntnisse über die frühen Phasen des Innovationsprozesses und in dem expliziten Adressieren dieser Phasen durch geeignete Handlungsstrategien. Fraglich

¹⁵⁵ Vgl. Walsh 2004:170ff.

¹⁵⁶ Vgl. Walsh 2004:172.

¹⁵⁷ Vgl. Walsh 2004:177.

¹⁵⁸ Vgl. Rip & Propp 2005.

¹⁵⁹ Vgl. Rip & Propp 2005.

ist allerdings, ob die beteiligten Akteure die Komplexität einer Vielzahl möglicher Entwicklungspfade sowie die zu bedenkenden Reaktionsstrategien handhaben können.

Eine Integration von Szenarien in das Roadmapping für Situationen mit hoher Unsicherheit findet sich bei Strauss und Radnor. Die Autoren entwickeln auf Basis ihrer Erfahrungen in Unternehmen einen iterativen Prozess, der sich in insgesamt 15 Schritte unterteilt und zahlreiche Einflussfaktoren der Technologieentwicklung umfasst. Um der Unsicherheit im Unternehmensumfeld Rechnung zu tragen, schlagen sie vor, ein System von unterschiedlichen Entscheidungspunkten zu entwickeln. Bei „Flex points“, sollte eine Anpassung der Strategie erfolgen. Bei „Forks“ sollte ein Wechsel der Strategie durchgeführt werden. „Checkpoints“ sollten an definierten Zeitpunkten oder nach Eintreten kritischer Ereignisse eine erneute Beurteilung der Situation auslösen. Für die Durchführung des Roadmapping und der Szenarienerstellung wird eine unveränderte Teamzusammensetzung empfohlen, um den Wissensfluss zwischen den Methoden herzustellen.¹⁶⁰ Positiv sind insbesondere der antizipative Charakter und das Denken in alternativen Strategien. Die Vielzahl zu berücksichtigender Einflussfaktoren ermöglicht außerdem einen umfassenden Ansatz. Allerdings könnte es schwierig sein, die vorgeschlagenen 15 Schritte als unternehmensinternen Prozess zu definieren und dieses Vorgehen im Unternehmensalltag konsequent anzuwenden. Die Veröffentlichung erhält keine Hinweise darauf, ob Unternehmen den Ansatz bereits erfolgreich angewendet haben.

Dem Roadmapping sehr ähnlich ist der bereits 1989 von Danila vorgestellte Ansatz des „Support Graph“. Ziel dieser Planungsmethode ist es, Projekte in sich schnell verändernden Umfeldern zu formulieren. Zu diesem Zweck werden „Ziele“, „Aktivitäten“ und „Ressourcen“ in einen hierarchischen Zusammenhang gebracht. An der Spitze stehen die Ziele, aus denen notwendige Aktivitäten abgeleitet werden. Den einzelnen Aktivitäten werden benötigte Ressourcen zugeordnet. Der Autor unterscheidet drei Vorgehensweisen, um den Support Graph zu erstellen: von Seiten der Ziele („Top-Down“), von Seiten der Aktivitäten („Bottom-Up“) oder von beiden Seiten her kommend.¹⁶¹ Der Prozess der Erstellung soll zu einem Konsens zwischen den Teilnehmern führen, notwendige Aktivitäten identifizieren und Veränderungen im Unternehmen anstoßen.¹⁶² Der Ansatz wurde in über 200 Projekten erfolgreich angewendet und hat sich ebenfalls für die Kontrolle der Projektdurchführung bewährt. Problematisch er-

¹⁶⁰ Vgl. Strauss & Radnor 2004:55ff.

¹⁶¹ Vgl. Danila 1989:275ff.

¹⁶² Vgl. Danila 1989:279ff.

scheint die starre Formulierung der Hierarchie, da in den frühen Projektphasen in der Regel nicht alle zukünftigen Aktivitäten zuverlässig zu ermitteln sind.

2.2.6 New Business Development

Weitere Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade finden sich im Umfeld der Literatur über Corporate Venturing oder bei der Forschung zu Unternehmensstrategien im engeren Sinne wie beispielsweise im Rahmen des Resource Based View. Dabei werden auch empirische Untersuchungen der Strategiebildung berücksichtigt, sofern sie konkrete Konzepte für die Entwicklung von Strategien bei neu aufkommenden Technologiepfaden enthalten. Der Abschnitt erfasst folgende Artikel:

- Bower & Christensen 1995; Christensen & Overdorf 2004,
- Chiesa & Manzini 1998,
- O'Brien & Fadem 1999,
- Sainio & Puulmalainen 2004,
- Rice, Kelley, Peters & O'Connor 2001.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich nach der thematischen Nähe der Ansätze. Die Besprechung aufeinander aufbauender Ansätze erfolgt zusammen.

Verschiedene Möglichkeiten, Unternehmen auf disruptive Technologien vorzubereiten, wurden von Wissenschaftlern um Clayton Christensen vorgestellt. Das im Folgenden beschriebene Vorgehen für die erfolgreiche Kommerzialisierung disruptiver Technologien findet sich in einem Artikel von Christensen und Bower. Danach sollten Manager zuerst gemeinsam mit Experten definieren, ob es sich tatsächlich um eine disruptive Technologie handelt und ob diese von strategischer Relevanz für das Unternehmen sein könnte. Anschließend sollten frühe Märkte für die Technologie definiert werden. Nach der erfolgreichen Durchführung dieser ersten Schritte, sollte anschließend die Gründung eines neuen Unternehmens erfolgen. Ziel der Neugründung ist die Entwicklung und Kommerzialisierung einer Technologie abseits starrer Strukturen der bestehenden Organisation.¹⁶³ Dieses Vorgehen wird durch die Beobachtung gestützt, dass die Ressourcen eines Unternehmens am leichtesten an disruptive Technologien angepasst werden können. Strukturen und Unternehmenskulturen lassen sich deutlich schwieriger verändern.¹⁶⁴ Problematisch an dem vorgestellten Konzept ist der Mangel an analytischen Instrumenten, um die Charakteristika von Technologien sowie den Standpunkt des Unternehmens systematisch zu erfassen. Die vorgestellten Ansätze

¹⁶³ Vgl. Bower & Christensen 1995:49ff.

¹⁶⁴ Vgl. Christensen & Overdorf 2004:546. Diese Annahme erscheint insbesondere deshalb relevant, da Manager disruptiven Wandel häufig frühzeitig erkennen, aber ihre Organisationen nicht entsprechend dieses Wandels ausrichten.

basieren vor allem auf den Erfahrungen der Wissenschaftler. Der Transfer dieses Erfahrungswissens in Unternehmen erscheint jedoch ohne weitere Konkretisierung nur begrenzt möglich.

Auf Basis einer empirischen Untersuchung in drei großen Unternehmen formulieren Chiesa und Manzini eine Vorgehensweise für die Erarbeitung von Technologiestrategien in hochdynamischen Umfeldern. Dabei erfolgt zunächst ein Abgleich mit dem unternehmensstrategischen Rahmen. Anschließend finden eine unternehmensinterne und -externe Analyse statt, die zu der Identifikation einer einzigartigen Kombination zukünftiger technologischer Kompetenzen führen.¹⁶⁵ Für den Aufbau dieser Kompetenzen unterscheiden die Autoren fünf Strategien: die Vertiefung, die Erweiterung, die Ergänzung, die Erneuerung und die Zerstörung von Kompetenz. Nach Ansicht von Chiesa und Manzini sollten Unternehmen diese Strategien in aufeinander aufbauenden Zyklen, die von der Stufe der Technologieentwicklung abhängen, verfolgen. Beispielsweise sollten die vorhandenen Kompetenzen ergänzt werden, wenn sich neue Anwendungsmöglichkeiten der Technologie ergeben. Macht der technologische Fortschritt Kompetenzen obsolet, sind diese gezielt abzubauen („Zerstören“).¹⁶⁶ Somit kann eine flexible Anpassung der verfolgten Strategie erfolgen, die auf Veränderungen der Technologie reagiert. Positiv ist weiterhin das Entwerfen eines Zukunftsbildes für das Unternehmen („zukünftige Kompetenz“), um konkrete Zielpunkte zu definieren. Hierdurch kann innerhalb des Unternehmens das Commitment für eine Strategie gesteigert werden.

Bei Dupont wird ein dreigliedriger Ansatz für die Identifikation von neuen Geschäftsfeldern verwendet. Dieser stützt sich im ersten Schritt auf langfristige Makro-Trends, wie beispielsweise Gesundheit, Sicherheit, Services oder den Bedarf an Infrastrukturen. Diesen Trends stellt das Unternehmen im zweiten Schritt technologische Entwicklungen gegenüber, wie beispielsweise die Entwicklung neuer Materialien, die Informations- und Kommunikationstechnologie oder die Gesundheitsforschung.¹⁶⁷ An der Schnittstelle dieser Trends verortet Dupont im dritten Schritt interessante Märkte, die anhand unterschiedlicher Kriterien bewertet werden. Die Bewertungskriterien umfassen vorhandene Kompetenzen, erzielbare Marktvolumina, Wettbewerbssituationen, benötigte Ressourcen oder den Zeitraum bis zu einer Erschließung der Märkte.¹⁶⁸ Insgesamt spielen die unternehmensinternen Faktoren eine erhebliche Rolle bei dieser Bewertung. Der Prozess erfolgt sehr offen und kreativ, so dass die Teilnehmer eine Vielzahl

¹⁶⁵ Vgl. Chiesa & Manzini 1998:116.

¹⁶⁶ Vgl. Chiesa & Manzini 1998:118ff.

¹⁶⁷ Vgl. O'Brien & Fadem 1999:16f.

¹⁶⁸ Vgl. O'Brien & Fadem 1999:18.

potenziell relevanter Märkte sowie neuer Technologiebedarfe identifizieren können. Allerdings ist das Vorgehen insgesamt wenig strukturiert, beispielsweise mit Sicht auf die Evaluation der Märkte und Technologiefelder.

Einen ursprünglich nicht für die Vorausschau und Planung entwickelten, auf Checklisten basierenden Ansatz für die Evaluation disruptiver Technologien, stellen Sainio und Puumalainen vor. Am Beispiel unterschiedlicher Technologien untersuchen die Autoren das spezifische Potenzial für Disruptionen.¹⁶⁹ Als Hauptkriterien legen sie die strategische Bedeutung der Technologien für ein Unternehmen sowie das Ausmaß möglicher Veränderungen auf der Branchenebene zugrunde. Um diese Kriterien detailliert abzu prüfen, stellen sie einen Katalog von Fragen bereit, der unter anderem Veränderungen des Kundenverhaltens, technologische Unsicherheit, Kannibalisierungseffekte, Pfadabhängigkeiten und bestehende Kompetenzen umfasst.¹⁷⁰ Zentrales Ergebnis ihrer Untersuchung ist, dass Unternehmen die Möglichkeiten disruptiver Technologien frühzeitig erkennen, aber keine entsprechende Anpassung ihrer Strategien und Geschäftsmodelle vornehmen.¹⁷¹ Auch wenn dieser Ansatz nicht für die Vorausschau entwickelt wurde, können die verwendeten Kriterien Hinweise auf die Evaluation neu aufkommender Technologien bieten.

Rice, Kelley, Peters und O'Connor adressieren den Informationsfluss von Wissenschaftlern, die neue technologische Möglichkeiten als erste innerhalb eines Unternehmens identifizieren, an die Management-Ebene. Aufbauend auf einer Studie von acht radikalen Innovationsprojekten entwickeln sie Checklisten, die es Forschern erleichtern sollen, Ideen für die Kommerzialisierung neuer Technologien an das Management eines Unternehmens zu kommunizieren.¹⁷² Die Autoren beschreiben die Verbindung von Technologie und Organisation als zentrale Herausforderung in diesem Prozess. Die Checklisten umfassen daher drei Bereiche, mit denen diese Verbindung potenziell hergestellt werden kann: technologische Themen (z.B. neue Funktionen, Einsparungen, neue Kompetenzen), Themen aus dem Umfeld von Märkten (z.B. innovative Anwendungen, mögliche Demonstratoren) und Strategiethemata (z.B. Verbindungen zum Kerngeschäft und zu Unternehmensvisionen). Der Ansatz adressiert damit eine Problemstellung, die häufig vernachlässigt wird, nämlich die Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen innerhalb von Firmen. Für die frühzeitige Etablierung von Technologien in Unternehmen scheint das Aufgreifen dieser Problembereich jedoch zentral.

¹⁶⁹ Vgl. Sainio & Puumalainen 2007:3f.

¹⁷⁰ Vgl. Sainio & Puumalainen 2007:4.

¹⁷¹ Vgl. Sainio & Puumalainen 2007:17.

¹⁷² Vgl. Rice, Kelley, Peters & O'Connor 2001:418.

2.2.7 Technologie-Folgenabschätzung

In frühen Phasen der Entwicklung neuer Technologien ist die Einflussnahme auf diese Technologie relativ gut möglich, allerdings sind die negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen in der Regel nur eingeschränkt abzuschätzen. Ausgehend von diesem als Collingridge-Dilemma bekannten Zusammenhang wurden verschiedene Ansätze für die Bestimmung von Technikfolgen und die Beeinflussung neuer Technologiepfade entwickelt. In diesem Abschnitt werden die folgenden Ansätze vorgestellt und ihre Potenziale für die Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade diskutiert:

- Dewick, Grenn & Miozzo 2004,
- Fleischer, Decker & Fiedeler 2005,
- Mettler & Baumgartner 1998,
- van Merkerk & Smits 1990.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich wie oben nach ihrer thematischen Nähe. Die Besprechung aufeinander aufbauender Ansätze erfolgt zusammen.

Auf Basis der Theorie langer Wellen stellen Dewick, Green und Miozzo einen Ansatz auf, mit dem die langfristigen Umweltwirkungen von Basistechnologien („Pervasive Technologies“), wie beispielsweise der Nano-, Bio- und Informationstechnologie bestimmt werden können. Dabei nehmen die Autoren eine sektorspezifische Betrachtung der Technologiefolgen vor. Grundannahme ist, dass die Verbreitung einer Basistechnologie in einer bestimmten Industrie zu einer Veränderung der Inputs anderer Industrien in diese Industrie führt.¹⁷³ Für die Prognose der Emissionswirkungen der drei oben genannten Technologien legen die Autoren die Input-Output-Struktur des Cambridge Econometrics E3MG-Modells¹⁷⁴ zugrunde. Sie kommen zu dem Schluss, dass weltweite Emissionen durch die neuen Technologien reduziert werden können. Der Ansatz bringt eine wesentliche Perspektive in die Vorausschau und Planung ein: mit einer wachsenden Bedeutung von Umwelttechnologien wird eine frühzeitige Bewertung der Umweltwirkungen neu aufkommender Technologien zunehmend relevant. Aufgrund der möglichen Veränderungen innerhalb von Industriestrukturen ist eine Bewertung langfristiger Technologiewirkungen auf Basis starrer Input-Output-Modelle jedoch problematisch. Zudem können die Einflüsse einer Technologie auf weitere Branchen nur schwierig abgeschätzt werden.

¹⁷³ Vgl. Dewick, Grenn & Miozzo 2004:275.

¹⁷⁴ Das E3MG-Modell ist ein nach Sektoren gegliedertes ökonomisches Modell auf einer weltweiten Basis. Es wird beispielsweise genutzt, um die langfristigen Wirkungen klimapolitischer Maßnahmen zu bestimmen.

Am Beispiel der Nanotechnologie stellen Fleischer, Dekker und Fiedeler eine Erweiterung klassischer Ansätze der Technologie-Folgenabschätzung vor. Grundproblematik herkömmlicher Ansätze bei dem Aufkommen neuer Technologien ist das Fehlen von Produkten, an denen der Diskurs über mögliche Technikfolgen geführt werden kann. Die Autoren schlagen daher vor, Visionen aus öffentlich verfügbaren Roadmaps abzuleiten und die Implikationen einzelner Visionen gemeinsam mit zukünftigen Stakeholdern zu diskutieren.¹⁷⁵ Durch dieses Vorgehen gelingt der Transfer eines Diskurses über Produkte in einen Diskurs über Visionen. Dieser Wechsel des Bezugsobjekts eröffnet die Möglichkeit einer Kommunikation mit unterschiedlichen Stakeholdergruppen. Die Potenziale dieser Interaktion können Unternehmen für die Gestaltung neuer Technologien nutzen. Offen bleibt allerdings, inwiefern der Ansatz tatsächlich funktioniert und wie die Vielzahl potenziell zu beteiligender Stakeholder identifiziert und ihre Beteiligung koordiniert werden kann.

Im Rahmen des Projekts PARTIZIPP der Nordrhein-Westfälischen Landesregierung wurde die Möglichkeit einer Beeinflussung neu aufkommender Technologien durch „einfache Bürger“¹⁷⁶ geprüft. Zufällig ausgewählte Teilnehmer, die ausnahmslos keine Vorausschau-Experten waren, entwickelten Szenarien mit einem Zeithorizont von über 20 Jahren. Anschließend untersuchten die Beteiligten in mehreren Gruppen die Rolle der Mikroelektronik in diesen Szenarien. Ziel des Projekts war es, auf Basis der Analysen konkrete Schritte für politisches Handeln vorzuschlagen, um die Akzeptanz der Technologie zu steigern.¹⁷⁷ Allerdings stellte sich heraus, dass es den beteiligten Personen nur sehr eingeschränkt gelang, sich mögliche Wirkungen neuer Technologien vorzustellen. Aufgrund der Vorprägung durch Berichte aus den Medien fiel es den Teilnehmern insgesamt sehr schwer, sich alternative Zukünfte vorzustellen.¹⁷⁸ Durch die neue Technologie ausgelöste Veränderungen wurden außerdem überwiegend als negativ angesehen. Der Ansatz zeigt zum einen den Bedarf einer frühzeitigen Kommunikation mit Endnutzern, da in dieser Gruppe eine erhebliche Skepsis gegenüber neuen Technologien bestehen kann. Zum anderen verdeutlicht das Ergebnis die Bedeutung von durch die Medien kommunizierten Zukunftsvisionen.

Ein dreistufiger Ansatz für das Verbessern der sozialen Verankerung neuer Technologien wird von van Merkerk und Smits vorgestellt. In einem ersten Schritt erhalten die Projektteilnehmer, die Experten im Umfeld der Lap-on-a-chip-Technologie sind, Infor-

¹⁷⁵ Vgl. Fleischer, Decker & Fiedeler 2005:1113ff.

¹⁷⁶ Im Original wird die Bezeichnung „Ordinary People“ verwendet (vgl. Mettler & Baumeister 1998:536).

¹⁷⁷ Vgl. Mettler & Baumgartner 1998:538ff.

¹⁷⁸ Vgl. Mettler & Baumgartner 1998:545.

mationen über mögliche Technikfolgen. Anschließend erstellen die Teilnehmer Szenarien über die zukünftige Technologienutzung in Workshops und evaluieren diese in einem dritten Schritt vor dem Hintergrund möglicher negativer Auswirkungen.¹⁷⁹ Ein Fokus des Ansatzes ist das Vermitteln von Mustern sozio-technischer Entwicklungen, um den Teilnehmern die Konsequenzen von und Einflussmöglichkeiten auf neue Technologien zu verdeutlichen. Die Autoren machen den Erfolg ihres Vorgehens an der Entstehung neuen Wissens bei den Teilnehmern sowie an der Verbreiterung ihrer Perspektiven fest.¹⁸⁰ Die Potenziale des Ansatzes liegen in der sehr umfassenden Vorgehensweise, die eine ganzheitliche Vorausschau und Planung ermöglicht. Problematisch ist der hohe Zeitaufwand durch die Berücksichtigung einer Vielzahl von Akteuren und Einflussfaktoren sowie das „Vorgeben“ möglicher Technikfolgen im ersten Schritt. Letzteres kann gegebenenfalls eine kritische Auseinandersetzung der Teilnehmer mit weiteren negativen Konsequenzen der Technologienutzung erschweren. Das Vorgehen gibt Unternehmen die Chance, Technologiefolgen frühzeitig in ihre Forschungs- und Entwicklungsabteilungen zu transferieren.

2.2.8 Sonstige Ansätze

In diesem Abschnitt werden Ansätze diskutiert, die sich keiner der vorangegangenen Kategorien eindeutig zuordnen lassen. Dies trifft auf verschiedene Ansätze, die ausschließlich Elemente anderer Methoden kombinieren, oder auf Konzepte, die sich auf keine der zuvor diskutierten methodischen Richtungen beziehen, zu. Der Abschnitt umfasst die folgenden Publikationen:

- Slaughter 1990; Nanus 1982,
- Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004,
- Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003;
- Camillus & Datta 1991,
- de Neufville 2000;
- Schwery & Raurich 2004,
- Iansiti 1995,
- Seidel 2007;
- Schröder & Jetter 2003,
- Ortt, Langley & Pals 2007; Füller & Matzler 2007,
- Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003,
- Molani 1999,
- Hall & Martin 2005,
- Wolsterholme 2003,
- Kassicieh & Rahal 2007,
- Clark, Booth, Rowlinson, Procter & Delahaye 2007.

¹⁷⁹ Vgl. van Merkerk & Smits 2007:6.

¹⁸⁰ Vgl. van Merkerk & Smits 2007:19.

Die Reihenfolge richtet sich wie in den vorangegangenen Abschnitten nach der jeweiligen thematischen Nähe. Aufeinander aufbauende Ansätze werden zusammen diskutiert.

Der von Nanus vorgestellte und durch Slaughter erweiterte QUEST-Ansatz¹⁸¹ soll Organisationen eine effiziente und effektive Möglichkeit bieten, mit hoher Unsicherheit in ihrem Umfeld umzugehen. Er baut auf einem fünfstufigen Prozess auf, um ein transparentes und gut strukturiertes Vorgehen zu ermöglichen.¹⁸² Die einzelnen Schritte umfassen die Vorbereitung, einen Scanning-Workshop, einen Zwischenbericht, einen Strategic-Options-Workshop und weiterführende Arbeiten. In diesem Prozess wird eine Vielzahl von Einflussfaktoren innerhalb und außerhalb des Unternehmens analysiert. Ein Fokus liegt auf der Antizipation möglicher Entwicklungen dieser Faktoren.¹⁸³ Der Ansatz gibt verschiedene Hinweise für die Ausgestaltung von Vorausschau-Projekten. Eine optimale Teamstärke von ca. zehn Personen sollte nach Aussage der Autoren nicht überschritten werden. Des Weiteren wird vorgeschlagen, Entscheidungsträger möglichst frühzeitig einzubinden. Um eine kritische Reflexion der Ergebnisse zu ermöglichen, sollte das Projekt über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.¹⁸⁴ Problematisch sind die fehlende Verknüpfung zu quantitativen Methoden und Datenbankanalysen sowie die Einmaligkeit des Prozesses.

Ein ähnliches Vorgehen schlagen Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja und Ruff vor. Ziel ihres Ansatzes ist es, Handlungsleitlinien für Organisationen in Situationen mit hoher Umfelddynamik zu entwickeln. Zu diesem Zweck werden zuerst schwache Signale im Umfeld detektiert und Wilds Cards¹⁸⁵ in der Organisation debattiert. Um eine strukturierte Diskussion zu ermöglichen, schlagen die Autoren eine Matrix aus Wild-Card-Typen (z.B. Technologie, Politik) und Wahrscheinlichkeitsgraden (z.B. „undenkbar“, „wahrscheinlich“) vor. Zusätzlich nutzen sie ein Schema, mit dem die Wirkung der Wild Cards klassifiziert werden kann (z.B. „Dead End“, „Slow Dead End“).¹⁸⁶ Der zweite Schritt zielt auf den Aufbau organisationaler Fähigkeiten für das Improvisieren in sich schnell verändernden Situationen. Zu diesem Zweck sind vor allem Leitlinien zu formulieren, die in einer dynamischen und komplexen Situation Entwicklungsrichtungen vorgeben können und gleichzeitig Handlungsflexibilität ermöglichen.¹⁸⁷ Positiv ist an diesem Ansatz der Transfer von Kenntnissen über antizipierte Entwicklungen in konkrete

¹⁸¹ QUEST= Quick Environmental Scanning Technique.

¹⁸² Vgl. Slaughter 1990:155f.; Nanus 1982:40f.

¹⁸³ Vgl. Slaughter 1990:156ff.

¹⁸⁴ Vgl. Slaughter 2004:156.

¹⁸⁵ Wild Cards bezeichnen unerwartete Ereignisse.

¹⁸⁶ Vgl. Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:205ff.

Handlungsleitlinien. Allerdings treffen die Autoren keine Aussage darüber, ob der von ihnen entwickelte Ansatz in der Praxis erfolgreich angewendet wurde. Außerdem rekurriert das Konzept ausschließlich auf qualitative Informationen, ohne dass eine Verbindung zu in Datenbanken verfügbaren Informationen hergestellt wird.

An dem Institute for Prospective Technological Studies des Joint Research Centres der Europäischen Kommission (JRC-IPTS) wird ein Vorausschau- und Planungsansatz genutzt, der sämtliche Phasen des Innovationsprozesses abdeckt.¹⁸⁸ Das Vorgehen umfasst drei Schritte. Es beginnt mit der Identifikation und Bewertung von Technologien. Hierbei kommen neben Datenbank- und Trendanalysen auch Scoring-Modelle zum Einsatz. Der zweite Schritt setzt sich aus einer Herausarbeitung potenzieller Märkte, einer Bestimmung des Marktpotenzials und einer Zusammenarbeit mit Pilotunternehmen zusammen. Dabei wird auch das Funktionsspektrum der Technologie definiert und mit denen anderer Technologien verglichen. Der dritte Schritt besteht aus einem Transfermodul, in dem mit Unternehmen über Lizenzen und oder andere geeignete Transferinstrumente verhandelt wird.¹⁸⁹ Der Ansatz adressiert den gesamten Innovationsprozess, so dass ein kontinuierlicher Wissenstransfer zwischen den Beteiligten erfolgen kann. Positiv ist weiterhin, dass die Autoren einzelne Aussagen über die in den Phasen zu beteiligenden Personen treffen. Des Weiteren finden sich in der Veröffentlichung zahlreiche „Lessons Learned“, die für Unternehmen und öffentliche Organisationen relevant sein können. Problematisch ist der starke Fokus auf Marktanalysen, vor allem wenn es sich um Technologien in sehr frühen Entwicklungsstadien handelt.

Camillus und Datta entwickeln einen Management-Ansatz für sich schnell verändernde Umfelder auf Basis von Überlegungen aus der strategischen Planung und dem strategischen Issue-Management. Ziel ist es, den Mangel an Flexibilität in der strategischen Planung auf der einen und den Mangel bei der Motivation und Visionsbildung im Issue-Management auf der anderen Seite durch eine Kombination beider Ansätze auszugleichen.¹⁹⁰ Die Autoren schlagen einen parallelen Prozess von Issue-Management und strategischer Planung vor, um das Umfeld kontinuierlich zu überwachen und gegebenenfalls eine Anpassung strategischer Stoßrichtungen vorzunehmen. Beide „Äste“ dieses Prozesses sind durch intensive Interaktionen und Rückkopplungen verbunden. Um das Vorgehen an die technologische Situation anzupassen, definieren die Autoren zusätzlich drei verschiedene Arten von Issues, die sich in Bezug auf die durch sie ausgelösten Veränderungen unterscheiden. Je schwerwiegender die potenziellen Verände-

¹⁸⁷ Vgl. Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:210ff.

¹⁸⁸ Vgl. Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:656f.

¹⁸⁹ Vgl. Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:657ff

¹⁹⁰ Vgl. Camillus & Datta 1991:67f.

rungen sind, umso zeitintensiver und umfassender sollte das Issue-Management erfolgen.¹⁹¹ Durch die verschiedenen Varianten können die im Unternehmen verfügbaren Zeitressourcen effizient eingesetzt werden. Außerdem stellt der Ansatz eine ständige Interaktion zwischen der „normalen“ Planung und der Planung für neue Themen her, so dass beide Aktivitäten nicht isoliert voneinander erfolgen. Problematisch ist der Ansatz jedoch mit Sicht auf den Transfer der Ergebnisse der Planung in die Umsetzung. Diesen Aspekt lassen die Autoren weitgehend unberücksichtigt.

De Neufville stellt einen systemanalytischen Ansatz für die Planung neuer Technologien vor, um die Vielzahl benötigter Kompetenzen bei der Einführung großer technologischer Systeme zu integrieren. In seinem Ansatz kombiniert er verschiedene Methoden, wie beispielsweise Modellierungen, Entscheidungsanalysen, Sensitivitätsanalysen, Optimierungsrechnungen, Realloptionen oder Entscheidungsbäume,¹⁹² um technologische, wissenschaftliche, wirtschaftliche und politische Informationen aufzunehmen. Der Ansatz reicht von der Analyse über die Formulierung strategischer Programme bis zur Umsetzung von Projekten.¹⁹³ Dieses ganzheitliche Konzept stellt einen bestmöglichen Informationsfluss zwischen den einzelnen Phasen und Personen sicher. Des Weiteren wird eine Vielzahl von Faktoren bei der Vorausschau und Planung berücksichtigt. Allerdings ist dieses umfangreiche Vorgehen nur eingeschränkt für Unternehmen geeignet, da der Ansatz sehr zeitaufwendig erscheint und eine gute Kenntnis verschiedener Methoden erforderlich ist.

Einen Ansatz für die Implementierung einer radikalen technologischen Innovation in einer durch inkrementelle Fortschritte geprägten Industrie stellen Schwery und Raurich vor. Um Problemstellungen der Technologieumsetzung frühzeitig und systematisch zu erfassen, kombinieren die Autoren SWOT-Analysen mit Potenzialanalysen und Roadmaps.¹⁹⁴ Mit dem Ziel, zusätzlich die hohe Unsicherheit des Umfelds bei der Analyse zu berücksichtigen, bewerten sie die Technologie durch den Realloptionsansatz. Für das Finden alternativer technologischer Lösungsmöglichkeiten wenden sie außerdem die TRIZ-Methode an.¹⁹⁵ Positiv ist an diesem Ansatz, dass er bereits erfolgreich im Unternehmenskontext angewendet wurde und eine umfangreiche Dokumentation der Anwendung vorliegt. Allerdings ist fraglich, ob das Vorgehen tatsächlich der Dynamik neuer Felder gerecht wird, da beispielsweise nur klassische, starre Roadmaps entwickelt werden. Vor allem scheinen Schwery und Raurich die Bedeutung von Flexibilität

¹⁹¹ Vgl. Camillus & Datta 1991:70ff.

¹⁹² Vgl. de Neufville 2000:232ff.

¹⁹³ Vgl. de Neufville 2000:240.

¹⁹⁴ Vgl. Schwery & Raurich 2004:543ff.

¹⁹⁵ Vgl. Schwery & Raurich 2004:547.

in sich schnell wandelnden Umfeldern zu vernachlässigen. Unklar bleibt zudem, warum die Autoren genau diese Methodenkombination in der angegebenen Reihenfolge anwenden.

Auf Basis einer Untersuchung von 27 Produktentwicklungsprojekten in der Computer- und Hardwareindustrie stellt lansiti einen Prozess vor, um Produkte in sich schnell verändernden Umfeldern zu entwickeln. Obwohl dieser Ansatz stark auf das Projektmanagement ausgerichtet ist, behandelt er relevante Aspekte für die Vorausschau und Planung. Die Grundidee des Ansatzes besteht in der Gestaltung eines Prozesses, in dem sich die Phasen der Konzeptentwicklung und der Implementierung überschneiden. Diese Prozessauffassung steht im Gegensatz zum herkömmlichen „Concept Freeze“ vor der Umsetzung eines Produkts.¹⁹⁶ Den Bereich der Überlappung beider Phasen bezeichnet lansiti als „Window-of-Opportunity“, in dem das Unternehmen flexibel auf neue Entwicklungen des Umfelds und neue Erfahrungen reagieren kann.¹⁹⁷ Der Autor schlägt vor, eine systemische Sicht auf Produkte und Prozesse einzunehmen und signifikant höhere Ressourcen in die Phase vor dem Festsetzen eines Konzepts zu investieren.¹⁹⁸ Das Potenzial dieses Ansatzes liegt in einem neuen Verständnis der Vorausschau und Planung, die nicht mit dem Beginn der Implementierung von Entscheidungen abgeschlossen ist, sondern Projekte bis zum erfolgreichen Produktkonzept begleitet. Offen bleiben Kriterien, an denen ein Unternehmen erkennen kann, wann das endgültige Design fixiert werden sollte, ohne eine verspätete Produkteinführung zu riskieren.

Ein alternatives Vorgehen für die Produktentwicklung in sich schnell wandelnden Umfeldern leitet Seidel nach einer Analyse von mehreren Projekten in Unternehmen ab. Der Autor betont einerseits die Bedeutung von Produktkonzepten für die Richtungsgebung im Innovationsprozess, weist jedoch andererseits darauf hin, dass sich erfolgreiche Konzepte in der Regel erst in späteren Innovationsphasen ergeben.¹⁹⁹ Um dieses Dilemma aufzulösen, entwickelt er den Ansatz eines „Concept Shift“. Der Grundgedanke dieses Ansatzes liegt darin, dass sich ein Produktkonzept aus verschiedenen Komponenten zusammensetzt, die im Verlauf der Produktentwicklung einzeln getestet und gegebenenfalls ausgetauscht werden. Jede Komponente ist durch ein spezifisches Vokabular gekennzeichnet, ihm liegt eine „Story“ zugrunde und es existieren Komponenten-Prototypen. Durch den Wechsel der Komponenten bei einem konstanten Gesamtkonzept ist der Entwicklungsprozess durch Kontinuität geprägt und kann gerichtet

¹⁹⁶ Vgl. lansiti 1995:39f.

¹⁹⁷ Vgl. lansiti 1995:40f.

¹⁹⁸ Vgl. lansiti 1995:48f.

¹⁹⁹ Vgl. Seidel 2007:524.

erfolgen. Gleichzeitig kann so die benötigte Anpassung des Produktkonzepts im Prozess der Innovation stattfinden.²⁰⁰ Mit dem Ansatz lässt sich ein hohes Maß an Flexibilität im Umfeld neuer Technologien erzielen, ohne die beteiligten Mitarbeiter durch permanenten Wandel zu überfordern. Allerdings lassen die Autoren offen, wie – d.h. anhand welcher Kriterien – erkannt werden kann, ob einzelne Komponenten auszutauschen sind.

Ein modulares Vorgehen für die Konzeptentwicklung von neuen Produkten in frühen Innovationsphasen schlagen Schröder und Jetter vor. In dem ersten Modul werden die Rahmenbedingungen der Neuproduktentwicklung aus der Unternehmensstrategie abgeleitet. Das zweite Modul umfasst den Entwurf von „Fuzzy-Cognitive-Maps“, mit denen Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen Produktfunktionalitäten, Komponenten und Kundenbedürfnissen visualisiert werden.²⁰¹ Das dritte Modul besteht aus der Bewertung neuer Informationen. Es wird kontinuierlich durchgeführt und wirkt zurück auf das zweite Modul. Wenn neue relevante Informationen erkannt werden, sind die Beziehungen und Wechselwirkungen der „Fuzzy-Cognitive-Maps“ entsprechend anzupassen. Das vierte Modul umfasst sowohl Simulationen auf Basis der visualisierten Wechselwirkungen als auch die Entscheidungsfindung für ein Produktkonzept. Als fünftes Modul schließen sich die Produktentwicklung sowie die Erarbeitung von Alternativen an. Parallel zu diesen fünf Modulen findet im sechsten Modul die kontinuierliche Beobachtung des Umfelds statt.²⁰² Die Autoren betonen die Bedeutung der gemeinsamen Visualisierung der „Maps“, um Entwicklungen zu antizipieren und ein geteiltes Verständnis innerhalb des Unternehmens aufzubauen. Positiv sind außerdem die laufende Umfeldbeobachtung und die gegebenenfalls resultierende Anpassung der Zusammenhänge von Komponenten, Funktionen und Kundenbedürfnissen. Dieses Vorgehen erscheint mit Sicht auf die hohe Umfelddynamik sinnvoll. Allerdings ist eine Anwendung des Konzepts in Unternehmen nicht dokumentiert.

Ausgehend von Ansätzen der Marktforschung entwickeln Ortt, Langley und Pals einen Methodenbaukasten für die Gewinnung von Kunden- und Nutzerinformationen bei Durchbruchprodukten. Dabei erweitern sie einerseits bestehende Marktforschungsansätze um virtueller Produktkonzepte, virtueller Testumgebungen und Bedürfnisbewertungen. Andererseits kombinieren sie klassische Marktforschung mit Elementen der Vorausschau, wie beispielsweise Trend- und Szenario-Analysen oder Markt-Struktur-Analysen.²⁰³ Das entworfene Konzept ist insbesondere vor dem Hintergrund interes-

²⁰⁰ Vgl. Seidel 2007:530f.

²⁰¹ Vgl. Schröder & Jetter:2003:532f.

²⁰² Vgl. Schröder & Jetter:2003:531.

²⁰³ Vgl. Ortt, Langley & Pals 2007:5ff.

sant, dass über ein vorgegebenes Set prüfbarer Annahmen (z.B. über das mögliche Auftreten unbekannter Kundengruppen oder neuer Bedürfnisse) eine Methodenauswahl getroffen werden kann.²⁰⁴ Allerdings erscheint das Beurteilen dieser Annahmen in der Unternehmenspraxis vor dem Hintergrund hoher Unsicherheit im Umfeld technologischer Durchbrüche problematisch. So müssten Unternehmen etwa einschätzen können, ob das Auftreten unbekannter Kundengruppen möglich ist.

Für die Überprüfung der sozialen Robustheit radikaler technologischer Fortschritte hat das Energy Research Centre of the Netherlands ECN den Ansatz SOCROBUST entwickelt. Dieser basiert auf fünf Schritten, die eine Beschreibung der Ausgangssituation, eine Analyse strategischer Veränderungen, eine Bewertung dieser Veränderungen, eine Identifikation von Handlungslinien und eine Konzeption möglicher Entwicklungswege umfassen.²⁰⁵ Die Schwerpunkte des Ansatzes liegen auf der Identifikation benötigter Netzwerke für die Etablierung einer Technologie, auf dem Abgleich organisationsinterner und organisationsexterner Visionen und auf der Benennung kritischer Ereignisse der Technologieentwicklung.²⁰⁶ Die Autoren beschreiben den Ansatz als sehr zeitaufwendig in der Anwendung durch die Kombination einer Vielzahl von Methoden und Arbeitsschritten. Positiv ist die intensive Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Beeinflussung technologischer Entwicklungen aus dem Blickwinkel einer einzelnen Organisation.²⁰⁷ Die Ganzheitlichkeit des Ansatzes ermöglicht es, sowohl technologische Umfeldler als auch Faktoren in einer Organisation zu erfassen und diese beiden Ebenen zu verknüpfen.²⁰⁸ Allerdings fehlt eine Aussage über die Resultate der Anwendung von SOCROBUST, vor allem darüber, ob die Manager die Technologien nach Anwendung der Methode besser einschätzen konnten. Zudem stellt sich der Prozess als einmalige Aktivität dar, da keine Iterations- oder Wiederholungsschleifen vorgesehen sind. Insbesondere vor dem Hintergrund der Identifikation kritischer Ereignisse, die bereits am Anfang des Prozesses stattfindet, erscheint diese Linearität problematisch, da im Projektverlauf weitere Ereignisse erkannt werden könnten, die eine Anpassung der Handlungsstrategien erfordern.

²⁰⁴ Vgl. Ortt, Langley & Pals 2007:11. Für ein anderes Konzept virtueller Produkte zur Kundenintegration vgl. Füller & Matzler (2007:381ff.). Diese Autoren sehen die Vorteile vor allem darin, frühzeitig Kundenbedürfnisse richtig einzuschätzen, sehen jedoch ein Problem darin, dass nur Nischenkunden angesprochen werden können, deren Bedürfnisse nicht immer die eines Massenmarkts repräsentieren Füller & Matzler (2007:384f.).

²⁰⁵ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:9.

²⁰⁶ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:10ff.

²⁰⁷ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:15.

²⁰⁸ Der Ansatz greift unter anderem auf Elemente von Szenarien, Roadmaps, Technology Assessment, Datenbankanalysen und Netzwerkanalysen zurück.

Molina stellt am Beispiel der NewsPad-Technologie²⁰⁹ ein Konzept für das Sicherstellen von Informationsflüssen zwischen unterschiedlichen Anspruchsgruppen in der Produktentwicklung unter hoher Unsicherheit vor. Ziel ist es, ein neu zu entwickelndes Produkt bestmöglich an die Anforderungen der zukünftigen Nutzer anzupassen.²¹⁰ Hierfür werden verschiedene Methoden eingesetzt wie Szenarien, Delphi-Untersuchungen oder Trendanalysen. Die frühzeitige Kommunikation mit Kunden über Spezifikationen des angestrebten Produkts, der Test von Prototypen durch die Kunden und die Präsentation des Produkts auf Messen stellen die Interaktion mit den Nutzern sicher. Der Ansatz sieht weiterhin die Einbindung anderer Stakeholdergruppen wie in diesem Fall von Zeitungsverlagen sowie News- und Werbeagenturen vor.²¹¹ Diese findet hauptsächlich in gemeinsamen Workshops statt. Die Potenziale des Konzepts liegen darin, Stakeholdergruppen in einem sehr komplexen Umfeld zusammen zu bringen. Mit dem Ansatz gelingt es innerhalb des Projektes, Prototypen zu entwickeln, die auf eine hohe Akzeptanz und ausreichende Zahlungsbereitschaft bei den Nutzern stoßen. Allerdings wurde die öffentliche Finanzierung des Projekts aufgrund der unsicheren Kommerzialisierungslage abgelehnt, so dass die Partner das Projekt beendeten. Insbesondere fehlten Geschäftsmodelle für die Content-Provider und technische Voraussetzungen für die Übertragung der Inhalte.²¹²

Aufbauend auf dem Stakeholderansatz und Poppers evolutorischer Lerntheorie entwickeln Hall und Martin ein Konzept, um negative soziale und ökologische Wirkungen von technologischen Innovationen zu managen. Die Ausgangsthese der Autoren besteht darin, dass Unternehmen ein Methodenspektrum für die Handhabung von Disruptionen auf der Ebene von Industrien und Märkten zur Verfügung haben. Allerdings mangelt es nach ihrer Einschätzung an einem Konzept, um auf Brüche in den Beziehungen zu anderen gesellschaftlichen Stakeholdern zu reagieren.²¹³ Ziel des vorgestellten Ansatzes ist es daher, mögliche Stakeholder wie NGOs oder Endnutzer frühzeitig zu identifizieren und deren Interessen sowie Bedenken in emergenten Strategien aufzugreifen. Da diese sekundären Stakeholder den Unternehmen vor Einführung einer neuen Technologie häufig nicht bekannt sind, sollten Firmen einen „Piecemeal Social Engineering“-Ansatz verfolgen. Darunter verstehen Hall und Martin die Vorstellung offener Produktkonzepte, die gemeinsam mit möglichen Anspruchsgruppen verfeinert

²⁰⁹ Bei "NewsPad" handelte es sich um ein durch die EU gefördertes Projekt, bei dem ein Tablet Computer entwickelt wurde, der als "elektronisches Buch" für Zeitungsnachrichten genutzt werden sollte.

²¹⁰ Vgl. Molina 1999:294ff.

²¹¹ Vgl. Molina 1999:299ff.

²¹² Vgl. Molina 1999:330.

²¹³ Vgl. Hall & Martin 2005:273f.

und realisiert werden.²¹⁴ Auf diese Weise findet ein offener Innovationsprozess statt, der es ermöglicht, kulturelle, soziale, ethische und religiöse Faktoren in frühen Innovationsphasen zu berücksichtigen. Problematisch ist dieser Ansatz jedoch, da es gesellschaftlichen Gruppen schwerfallen könnte, neue Technologien ohne ein konkretes Produkt zu beurteilen sowie mögliche Wirkungen abzuschätzen. Wegen des hohen Zeitaufwands scheint der Prozess eher von öffentlichen Institutionen als von einzelnen Unternehmen durchführbar.

Wolstenholme entwickelt auf der Grundlage von „System-Dynamics“-Modellen einen mehrstufigen Ansatz für die Evaluation einzelner Technologien. Ziel seines Ansatzes ist es, die Bewertung sowohl auf Basis der rein technologischen Eigenschaften als auch auf Basis der potenziellen Anwendung vorzunehmen, da sich nach seiner Meinung bestehende Ansätze auf einen dieser Bereiche beschränken.²¹⁵ Den Ausgangspunkt bildet die systemdynamische Modellierung des zukünftigen Anwendungsumfelds der betrachteten Technologie. Dieses Modell berücksichtigt ausschließlich die in der Anwendung etablierten Technologien. Anschließend werden die Auswirkungen der Nutzung einer neuen Technologie in dem Modell abgebildet und untersucht. Aufbauend auf dieser Arbeit analysiert ein heterogenes Team, inwiefern Anpassungen des Modells zu einer Veränderung der Technologienutzung führen. Ziel dieses Schritts ist es, Implikationen für strukturelle Veränderungen des Umfelds abzuleiten, mit denen die Nutzung einer Technologie beeinflusst werden kann.²¹⁶ Entsprechende Veränderungen können für die Strategieentwicklung des Unternehmens genutzt werden. Wolstenholme betont die Möglichkeiten, durch die Modellierung ein gemeinsames Verständnis zwischen den Teilnehmern aufzubauen und Konsequenzen der Technologienutzung zu antizipieren. Allerdings ist fraglich, ob sich die komplexen und zum Teil unbekanntem Anwendungsumfelder neuer Technologien durch eine Modellierung ausreichend genau abbilden lassen. Zudem bleibt das Problem der Identifikation dieser Anwendungen unberücksichtigt.

Kassicieh und Rahal stellen ein Vorausschau-Konzept für die strategische Regionalentwicklung vor. Für die Bestimmung des Potenzials unterschiedlicher Technologien in mehreren Regionen untersuchen sie unter anderem vorhandene Forschungs- und Kommerzialisierungsfähigkeiten sowie infrastrukturelle Aspekte (z.B. verfügbare Humanressourcen).²¹⁷ Allerdings unterbleibt eine Prüfung der erzielten Erfolge des Ansatzes vor dem Hintergrund der Fragestellung, ob Technologien auf Basis der Analyse

²¹⁴ Vgl. Hall & Martin 2005:279f.

²¹⁵ Vgl. Wolstenholme 2003:193f.

²¹⁶ Vgl. Wolstenholme 2003:194f.

²¹⁷ Vgl. Kassicieh & Rahal 2007:3ff.

erfolgreich in einer Region etabliert werden konnten. Die intensive Nutzung klassischer Patentanalysen deutet außerdem darauf hin, dass es sich bereits um relativ weit entwickelte Technologiefelder handelt.

Die Methode der „Modal Narratives“ wird von Clark, Booth, Rowlinson, Procter und Delahaye entwickelt, um strategische Veränderungen innerhalb von Organisationen gezielt anzustoßen. Bei „Model Narratives“ handelt es sich um Vorstellungen möglicher Entwicklungen, die in einer bestimmten Weise strukturiert sind. Im Gegensatz zu herkömmlichen Szenarien werden keine Fragen nach dem „Was passiert wenn...?“ sondern nach dem „Was hätte (nicht) passieren können?“ gestellt.²¹⁸ Somit lassen sich auch historische Entwicklungen und deren Einflussfaktoren kritisch reflektieren. Nach Meinung der Autoren besteht der Unterschied zu konventionellen Szenarien vor allem darin, dass die Teilnehmer sich intensiver mit bestehenden Strukturen, Entscheidungen, Prozessen und Produktdesigns auseinandersetzen als dies bei einer „erdachten“ Zukunft der Fall wäre.²¹⁹ Positiv ist das Potenzial der Hinterfragung aktueller Zustände und der daraus resultierende Wahrnehmung von Barrieren und Widerständen innerhalb von Organisationen bei dem Aufkommen neuer Technologien. Darüber hinaus könnte sich das Vorgehen auch auf die Analyse organisatorischer Umfeldler übertragen lassen. Fraglich ist jedoch, ob die Beteiligten die gewonnenen Erfahrungen mit einer möglichen Vergangenheit auf Situationen in der Zukunft übertragen können und so bessere Strategien entwickeln können.

2.3 Hypothesen

In diesem Abschnitt wird das zugrunde liegende Hypothesenmodell der Arbeit entwickelt. Im ersten Schritt erfolgt eine Gegenüberstellung der zuvor diskutierten Ansätze und der in diesen Ansätzen aufgegriffenen Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Im zweiten Schritt findet auf Basis dieser Analyse die Identifikation von Forschungslücken statt. Zum Abschluss werden Forschungshypothesen gebildet, mit denen die beschriebenen Lücken adressiert werden können.

2.3.1 Adressierte Problembereiche vorhandener Ansätze

In diesem Abschnitt findet die Diskussion der adressierten Einzelproblemstellungen der oben besprochenen Ansätze statt. Insgesamt konnten über 100 Probleme der Voraus-

²¹⁸ Vgl. Clark, Booth, Rowlinson, Procter & Delahaye 2007:87.

²¹⁹ Vgl. Clark, Booth, Rowlinson, Procter & Delahaye 2007:86.

schau und Planung neuer Technologiepfade identifiziert werden. Diese wurden zu 32 Problembereichen verdichtet.²²⁰ Diese Problembereiche wurden wiederum den Perspektiven „Theoretische Fundierung“, „Aufgaben und Aktivitäten der Vorausschau und Planung“, „Merkmale der zu erarbeitenden Strategien“, „Einflussfaktoren im Umfeld“, „Einflussfaktoren im Unternehmen“, „Ablauforganisation“ und „Aufbauorganisation“ zugeordnet. Das Ergebnis dieser Aufarbeitung findet sich in Tabelle 1. Die folgende Diskussion der adressierten Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade orientiert sich an den genannten Perspektiven. Es wird versucht, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der oben gebildeten Gruppen von Ansätzen herauszuarbeiten.

Auffällig beim Vergleich der unterschiedlichen Ansätze aus Abschnitt 2.2 ist, dass sich nur bei relativ wenigen ein theoretischer Bezugsrahmen findet. Von den insgesamt 81 analysierten Methoden und Konzepten weisen lediglich 14 auf die Nutzung theoretischer Erkenntnisse für eine Durchführung der Vorausschau und Planung im Umfeld neu aufkommender Pfade hin.²²¹ Unter den verwendeten Theorien spielen insbesondere die – maßgeblich auf Dosi zurückgehende – Theorie technologischer Trajektorien²²² sowie die Theorie von Pfadabhängigkeiten in der Entwicklung von Technologien eine Rolle.²²³

Die betrachteten Ansätze betonen tendenziell sehr unterschiedliche Aufgabenstellungen, die die Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologiepfade erfüllen sollte. Auffällig ist, dass sich insbesondere Szenario-basierte Ansätze intensiv mit diesen Aktivitäten auseinandersetzen, während diese bei auf Entwicklungsmustern basierenden Konzepten und Methoden des Business Development weniger stark betrachtet werden. Ansätze aus dem Umfeld von Szenarien und Indikatoren scheinen ein besonderes Gewicht auf die kritische Reflexion und das Aufspüren schwacher Signale zu legen. Das Prägen von Erwartungen und die Kommunikation von Visionen der Technologienutzung spielen bei Szenarien sowie der Technologie-Folgenabschätzung eine große Rolle. Die Auslösung von Veränderungsprozessen in Unternehmen adressieren insgesamt sehr wenige Ansätze. In Bezug auf einzelne Gruppen von Ansätzen fällt auf, dass Roadmaps in der Regel weder eine kritische Reflexion noch eine Analyse

²²⁰ Eine Übersicht über die einzelnen Problembereiche und die einfließenden Faktoren findet sich in Anhang A.

²²¹ Vgl. hierzu auch Anhang B.

²²² Wie beispielsweise bei Dewick, Green & Miozzo 2004; Graff 2003; Kemp 1994.

²²³ Wie beispielsweise bei van Merkerk und Smits 2007; van Merkerk & van Lente 2006; Rip & Propp 2005; Kemp 1994.

Teil 1/4

	Art des Ansatzes*				Aufgaben / Aktivitäten								Merkmale der Strategien				Faktoren im Umfeld				Faktoren im Unternehmen				Aufbauorganisation				Ablauforganisation								
	l	k	j	v	Visionen / Erwartungen bilden	gemeinsames Verständnis aufbauen	Reflexion ermöglichen	Entwicklungen antizipieren	Kreativität / Lernen ermöglichen	schwache Signale identifizieren	Wechselwirkungen herausarbeiten	Veränderungen anstoßen	Flexible Strategien	konkrete Schritte / Wege	langfristige Strategie	Timing	Vielzahl Anwendungen / Offenheit	ganzheitlicher Ansatz	technologisches Umfeld	Technologietreiber	Netzwerke / Partner	Abhängigkeiten im Umfeld	Innovationskultur	technologische Basis	Ressourcen	Kompetenzen	Abhängigkeiten im Unternehmen	heterogenes Team	Stakeholder einbeziehen	kontinuierliches Mitwirken	Top-Management einbeziehen	Iterativer, flexibler Prozess	kontinuierlicher Prozess	Technologie- u. Unternehmensanalyse	Analyse- u. Entscheidungsprozesse	Methodenkombination	
Hinze 1994	l	k	j	n		x	x			x							x		x		x															x	
Porter & Detampel 1995	l	k	j	n		x	x			x							x		x		x											x	x				
Ehrnberg & Jacobsson 1997	l	k	j	n						x									x																		
Smalheiser 2001	l	k	j	n						x							x		x																		
Graff 2003	l	k	j	v			x			x	x						x																				
Patton 2005	l	k	n	n			x	x		x		x	x													x							x		x		
Daim et al. 2006	l	k	j	n							x							x																x	x		
Day & Schoemaker 2006 u. 2004	l	U	n	n	x		x	x		x		x						x					x				x	x		x						x	
Kostoff 2006	l	b	j	n						x							x		x																x		
de Miranda Santo et al. 2006	l	M	j	n			x	x		x	x													x								x				x	
Kajikawa et al. 2007	l	k	j	n			x			x														x												x	
Kemp 1994	M	M	j	v	x						x	x			x	x	x	x		x	x						x								x		
Linton 1997	M	k	n	n			x										x																				
Gartner 2002	M	k	j	n											x																						
Geels 2002	M	k	j	v	x	x		x	x						x	x	x	x		x																x	
Paap & Katz 2004	M	U	n	n				x		x									x		x																
Hüsig et al. 2005	M	U	j	j																																	
van Merkerk & van Lente 2005	M	k	j	v				x		x							x	x	x																		
Bengisu & Nekhili 2006	M	b	j	n																																	x

* l=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development,

T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** U=Unternehmen, M=Makro-Ebene, b=beide Ebenen, k=keine Angabe

*** j=ja, n=nein

**** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

Teil 2/4

	Art des Ansatzes*				Aufgaben / Aktivitäten								Merkmale der Strategien				Faktoren im Umfeld				Faktoren im Unternehmen				Aufbauorganisation				Ablauforganisation								
	U	n	j	v	Visionen / Erwartungen bilden	gemeinsames Verständnis aufbauen	Reflexion ermöglichen	Entwicklungen antizipieren	Kreativität / Lernen ermöglichen	schwache Signale identifizieren	Wechselwirkungen herausarbeiten	Veränderungen anstoßen	Flexible Strategien	konkrete Schritte / Wege	langfristige Strategie	Timing	Vielzahl Anwendungen / Offenheit	ganzheitlicher Ansatz	technologisches Umfeld	Technologie-treiber	Netzwerke / Partner	Abhängigkeiten im Umfeld	Innovationskultur	technologische Basis	Ressourcen	Kompetenzen	Abhängigkeiten im Unternehmen	heterogenes Team	Stakeholder einbeziehen	kontinuierliches Mitwirken	Top-Management einbeziehen	iterativer, flexibler Prozess	kontinuierlicher Prozess	Technologie- u. Unternehmensanalyse	Analyse- u. Entscheidungsprozesse	Methodenkombination	
Mercer 1997	S	U	n	n	x		x		x	x	x				x		x										x										x
Mirow 1998	S	U	n	n	x									x	x		x		x	x				x			x	x									
Bers et al. 1999	S	U	j	n			x	x			x		x	x	x		x	x					x												x	x	
Noori et al. 1999a u. 1999b	S	U	j	n	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x	x						x			x	x	x					x	x	x	
Bruun et al. 2002	S	M	j	n	x	x	x	x		x								x						x													
Raynor & Leroux 2004	S	U	j	n				x					x	x	x								x	x		x											
Dortmans 2005	S	k	j	n	x				x				x	x		x			x					x	x												x
Burt 2007	S	U	j	v		x	x		x	x	x								x		x																
van den Hende et al. 2007	S	U	j	n	x		x		x							x	x				x																
Benson et al. 1993	B	U	j	n													x	x					x	x												x	
Suh et al. 1994	B	U	j	n		x	x		x					x			x						x	x		x	x										
Mills & Weinstein	B	U	n	n			x	x						x			x						x														x
O'Brien & Fadem 1999	B	U	j	n					x		x			x		x	x	x	x					x			x										x
Perlitz et al. 1999	B	U	j	v											x	x	x																				
Danila 1989	R	U	j	n		x	x										x						x														
Holmes & Ferrill 2005	R	U	j	n										x	x	x		x	x				x	x			x	x								x	x
Kostoff 2004 et al.	R	k	j	n						x								x					x	x			x	x									
Strauss & Radnor 2004	R	U	n	n	x	x							x	x		x	x	x				x	x			x	x	x	x								
Walsh 2004	R	M	j	n		x		x	x	x					x	x		x					x				x	x									x
Rip & Propp 2005	R	M	j	v	x	x		x						x	x	x		x	x		x	x															x
Song et al. 2007	R	M	j	n	x	x								x	x												x	x									

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** U=Unternehmen, M=Makro-Ebene, b=beide Ebenen, k=keine Angabe

*** j=ja, n=nein

**** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

Teil 3/4

	Art des Ansatzes*				Aufgaben / Aktivitäten								Merkmale der Strategien				Faktoren im Umfeld				Faktoren im Unternehmen				Aufbauorganisation				Ablauforganisation										
	U	M	B	S	Visionen / Erwartungen bilden	gemeinsames Verständnis aufbauen	Reflexion ermöglichen	Entwicklungen antizipieren	Kreativität / Lernen ermöglichen	schwache Signale identifizieren	Wechselwirkungen herausarbeiten	Veränderungen anstoßen	Flexible Strategien	konkrete Schritte / Wege	langfristige Strategie	Timing	Vielzahl Anwendungen / Offenheit	ganzheitlicher Ansatz	technologisches Umfeld	Technologietreiber	Netzwerke / Partner	Abhängigkeiten im Umfeld	Innovationskultur	technologische Basis	Ressourcen	Kompetenzen	Abhängigkeiten im Unternehmen	heterogenes Team	Stakeholder einbeziehen	kontinuierliches Mitwirken	Top-Management einbeziehen	Iterativer, flexibler Prozess	kontinuierlicher Prozess	Technologie- u. Unternehmensanalyse	Analyse- u. Entscheidungsprozesse	Methodenkombination			
Chiesa & Manzini 1998	N	U	j	V	x							x						x	x				x	x	x														
Rice et al. 2001	N	U	j	n		x												x		x			x	x	x	x							x	x					
Christensen & Overdorf 2004	N	U	n	n																		x		x	x	x													
Sainio & Puumalainen 2007	N	U	j	n						x											x			x	x	x								x					
Mettler & Baumgartner 1998	T	M	j	n	x	x							x	x			x			x							x												
Dewick et al. 2004	T	M	j	v										x		x	x																						
Fleischer et al. 2005	T	M	j	n	x	x	x	x	x				x				x			x							x	x											
van Merkerk & Smits 2007	T	M	j	v	x	x	x	x	x				x				x	x			x						x												
Slaughter 1990	So	U	n	n	x	x	x	x								x	x											x	x	x				x	x	x			
Camillus & Datta 1991	So	U	n	n						x	x		x																				x	x			x		
Iansiti 1995	So	U	j	n		x							x	x				x									x		x	x									
Molina 1999	So	k	j	n	x	x		x	x		x			x			x	x		x	x							x	x	x									
de Neufville 2000	So	M	j	n		x							x	x			x	x		x							x	x	x										
Schröder & Jetter 2003	So	U	n	j		x		x	x		x	x	x				x										x												
Moncada et al. 2003	So	M	j	n		x				x						x		x		x							x	x	x	x									

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige
 ** U=Unternehmen, M=Makro-Ebene, b=beide Ebenen, k=keine Angabe
 *** j=ja, n=nein
 **** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

Teil 4/4

	Art des Ansatzes*				Aufgaben / Aktivitäten								Merkmale der Strategien				Faktoren im Umfeld				Faktoren im Unternehmen				Aufbauorganisation				Ablauforganisation								
	So	U	j	n	Visionen / Erwartungen bilden	gemeinsames Verständnis aufbauen	Reflexion ermöglichen	Entwicklungen antizipieren	Kreativität / Lernen ermöglichen	schwache Signale identifizieren	Wechselwirkungen herausarbeiten	Veränderungen anstoßen	Flexible Strategien	konkrete Schritte / Wege	langfristige Strategie	Timing	Vielzahl Anwendungen / Offenheit	ganzheitlicher Ansatz	technologisches Umfeld	Technologietreiber	Netzwerke / Partner	Abhängigkeiten im Umfeld	Innovationskultur	technologische Basis	Ressourcen	Kompetenzen	Abhängigkeiten im Unternehmen	heterogenes Team	Stakeholder einbeziehen	kontinuierliches Mitwirken	Top-Management einbeziehen	Iterativer, flexibler Prozess	kontinuierlicher Prozess	Technologie- u. Unternehmensanalyse	Analyse- u. Entscheidungsprozesse	Methodenkombination	
Wolsterholme 2003	So	U	j	n	x	x	x	x	x	x							x										x										
Kets et al. 2003	So	U	j	v	x		x	x			x			x	x			x	x		x	x			x		x							x		x	
Schwery & Raurich 2004	So	U	j	n		x						x		x		x		x	x						x		x									x	
Medonça et al. 2004	So	U	n	n		x	x	x		x			x	x				x							x		x										
Hall & Martin 2005	So	U	j	v									x					x			x				x												
Clark et al. 2007	So	M	n	n			x		x		x						x	x			x	x															
Seidel 2007	So	U	j	n		x							x	x																							
Ortt et al. 2007	So	U	j	n					x					x	x	x																					x

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** U=Unternehmen, M=Makro-Ebene, b=beide Ebenen, k=keine Angabe

*** j=ja, n=nein

**** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

Tabelle 1: Adressierte Problembereiche vorhandener Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade (Quelle: eigene Darstellung)

komplexer Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflüssen als Aufgabenstellung definieren. Im Vergleich zu den anderen Ansätzen vernachlässigt die Technikfolgenabschätzung tendenziell das Aufspüren schwacher Signale und die Identifikation von Wechselwirkungen. Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass die vorgestellten Ansätze der Vorausschau und Planung insgesamt ein breites Feld von Aufgaben abdecken. In Bezug auf die adressierten Problemfelder unterscheiden sich die Gruppen von Ansätzen jedoch zum Teil erheblich.

Grundsätzlich spiegeln die Merkmale der Strategien für neue Technologiepfade die hohe Unsicherheit der Technologieentwicklung wider. Vor allem Roadmaps und Szenarien greifen die in diesem Zusammenhang stehenden Problemstellungen intensiv auf. Bei Indikatoren, Entwicklungsmustern und Ansätzen aus dem Bereich des Business Development fällt auf, dass nur wenige Aussagen über die Charakteristika der entwickelten Strategien getroffen werden. In Bezug auf einzelne Merkmale scheinen vor allem die Langfristigkeit sowie die Berücksichtigung einer Vielzahl zukünftiger Anwendungsmöglichkeiten für neue Technologien von Bedeutung zu sein. Vor allem Szenarien, Roadmaps und die Technologie-Folgenabschätzung haben den Anspruch, konkrete Schritte abzuleiten oder mögliche Wege zu zukünftigen Zuständen aufzuzeigen. Auffällig ist weiterhin, dass Ansätze auf Basis der Technologie-Folgenabschätzung das Timing von Entscheidungen sowie die zukünftige Flexibilität einer Strategie nicht explizit adressieren. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Ansätze auf der einen Seite die Notwendigkeit von Flexibilität und Offenheit der Strategien herausstellen, während sie auf der anderen Seite das Entwickeln konkreter Handlungsmaßnahmen zu definierten Zeitpunkten vornehmen.

Die Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade berücksichtigen ein breites Set unterschiedlicher Einflussfaktoren. Dabei lassen sich Faktoren zum einen innerhalb eines Unternehmens oder einer Organisation und zum anderen aus dem Umfeld unterscheiden. Tendenziell werden Einflussfaktoren aus dem Umfeld einer Organisation insbesondere von Roadmapping- und Szenario-basierten Ansätzen sowie Entwicklungsmustern berücksichtigt, während sie bei Konzepten aus dem Bereich des Business Development sowie der Indikatorik eine geringere Rolle spielen. Demgegenüber adressieren Konzepte aus dem New Business Development vor allem Faktoren innerhalb des Unternehmens. Die übrigen analysierten Ansätze der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade, insbesondere wenn sie der Gruppe von Entwicklungsmustern oder der Technologie-Folgenabschätzung zuzurechnen sind, scheinen Faktoren innerhalb von Organisationen zu vernachlässigen. Insgesamt findet nur bei einer geringen Anzahl von Ansätzen eine Verknüpfung von Einflussfaktoren inner-

halb und außerhalb des Unternehmens statt. Die überwiegende Anzahl der Ansätze betont die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Vorausschau und Planung, die sich nicht nur auf technologische Aspekte, sondern auch auf Gesellschaft und Politik konzentriert. Die Treiber technologischer Entwicklungen spielen vor allem in Szenarien eine Rolle. Die in Abschnitt 2.2.7 beschriebenen sonstigen Ansätze beschäftigen sich auffällig oft mit der Netzwerkbildung sowie mit potenziellen Netzwerkpartnern.²²⁴ Zusammenfassend ist es nur schwer möglich, eine Tendenzaussage über die besondere Berücksichtigung von Einflussfaktoren durch spezifische Ansätze zu treffen, da diese wenig einheitlich über die Ansätze verteilt sind.

Verschiedene Ansätze adressieren Problembereiche in der Ablauf- und Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologiepfade. Ansätze aus dem Bereich technologischer Entwicklungsmuster sowie die Technologie-Folgenabschätzung bilden – mit Einschränkungen – eine Ausnahme. Szenarien scheinen sich verstärkt auf Probleme der Teamstruktur und der zu beteiligenden Personen zu konzentrieren, während Indikatoren und Data-Mining-Konzepte eher auf Probleme des Prozesses abzielen. Die Zusammensetzung des Teams aus heterogenen Bereichen sowie die Einbindung verschiedener Anspruchsgruppen adressieren vor allem Technologie-Roadmaps. Auffällig ist der generelle Anspruch einer Kombination von Methoden und Informationsquellen in der Vorausschau und Planung. Signifikant ist weiterhin, dass viele Autoren auf die Einbindung von Stakeholdern eingehen. Insgesamt ist das Treffen von Tendenzaussagen über das Berücksichtigen von Problembereichen der Ablauf- und Aufbauorganisation jedoch nur eingeschränkt möglich.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass das Feld der von den Ansätzen adressierten Problembereiche außerordentlich breit ist, so dass ein Vergleich der unterschiedlichen Gruppen von Ansätzen nur begrenzt erfolgen kann. Einzelne Ansätze decken jeweils nur einen kleinen Teil des Spektrums von Problembereichen ab. Zudem ist eine außerordentlich geringe Nutzung innovationstheoretischer Konzepte für die Vorausschau und Planung festzuhalten.

2.3.2 Forschungslücken

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die adressierten Problembereiche existierender Ansätze diskutiert wurden, findet im Folgenden die Identifikation von For-

²²⁴ Ein Erklärungsansatz hierfür könnte in dem relativ hohen Teil von Ansätzen der Neuproduktentwicklung liegen. Diese betonen eine starke Interaktion mit Kunden, Nutzern und sonstigen Stakeholdern.

schungslücken statt. Die Forschungslücken werden den Bereichen der theoretischen Fundierung, der inhaltlichen Leitlinien, der Einflussfaktoren sowie der Organisation der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zugeordnet. Aufbauend auf der Diskussion dieses Abschnitts erfolgt im Anschluss die Formulierung von Forschungshypothesen.

theoretische Fundierung

Die überwiegende Anzahl der Ansätze der Vorausschau und Planung im Umfeld neu aufkommender Technologiepfade verzichtet auf eine theoretische Fundierung.²²⁵ Wie oben diskutiert fehlt bei der Mehrheit selbst ein Bezugnehmen auf theoretische Konzepte. Das Beheben dieses Mangels an theoretischen Ausgangspunkten in der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade wird von verschiedenen Autoren direkt gefordert.²²⁶ Der Mangel erscheint insbesondere aus drei Gründen problematisch. Erstens erschwert er eine ganzheitliche Perspektive auf die Dynamik und Komplexität neu aufkommender Technologiepfade. Zweitens behindert er den Transfer von Forschungserkenntnissen über die Entstehung neuer Technologien in die Vorausschau und Planung. Drittens hemmen die nicht explizierten Annahmen über den Innovationsprozess die Anwendung der Ansätze. Diese Kritikpunkte werden im Folgenden vertiefend diskutiert.

Verschiedenen Autoren betonen die Notwendigkeit eines Verständnisses der Dynamik und Komplexität neu aufkommender Technologiepfade als Voraussetzung für die Durchführung der Vorausschau und Planung.²²⁷ Grundsätzlich sind zwei Quellen dieses Verständnisses denkbar. Zum einen könnten die bei Managern vorhandenen Erfahrungen über den Innovationsprozess in ihren Industrien und Branchen genutzt werden. Auffällig viele Autoren problematisieren allerdings die „mentalen Modelle“ von Managern als Hindernis für das Handeln in Situationen von Technologiesprüngen, da diese häufig zu „falschen“ Schlüssen führen.²²⁸ Ein „objektives“, auf Theorien und validierten Modellen des Innovationsprozesses basierendes Verständnis erscheint aus diesem Grund geeigneter, um eine Sinn gebende Struktur bereitzustellen. Diese An-

²²⁵ Ausnahmen finden sich bei Burt 2007; Hüsigg, Hipp & Dowling 2005, Hall & Martin 2005; Graff 2003; Geels 2002.

²²⁶ Vgl. insbesondere Ayres (2000:96) Plädoyer für eine Fundierung der Vorausschau von Diskontinuitäten. Vgl. hierzu auch Geels 2002:362.

²²⁷ Vgl. van Merkerk & Robinson 2006:411f.; van Merkerk & van Lente 2005:1095; Rip & Propp 2005; Paap & Katz 2004:22.

²²⁸ Vgl. hierzu Ilmola & Kuusi 2006:909; Schröder & Jetter 2003:522; Bruun, Hukkinen & Eklund 2002:123; Day & Schoemaker 2000:13f.; für eine andere Position vgl. Jones (2002:300f.), der herausfindet, dass Manager über ein "Meta-Wissen" verfügen, welches sie bei der Identifikation neuer Technologien unterstützt.

nahme wird durch die Erfahrung bestätigt, dass viele Manager Anzeichen von radikalem Wandel in ihren Industrien zwar frühzeitig erkennen, diese allerdings nicht in einen Gesamtzusammenhang einordnen können.²²⁹ Demgegenüber konnten Autoren, die „schwache Signale“ gemeinsam mit Managern in theoretischen Modellen verortet haben, neue Einsichten über den Wandel in Industrien gewinnen.²³⁰

Die Innovationsforschung hat in den vergangenen Jahren eine Vielzahl theoretischer Modelle und Konzepte hervorgebracht. Hierzu zählen beispielsweise Ansätze Nationaler, Sektoraler und Technologischer Innovationssysteme, Konzepte der Kreation technologischer Pfade oder Modelle der Systemevolution. Bis auf wenige Ausnahmen sind diese Konzepte in der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade nicht vertreten.²³¹ Eine wesentliche Ursache hierfür könnte in dem grundsätzlichen Fehlen einer Theorieorientierung der Vorausschau und Planung liegen. Augenscheinlich wird dieser Mangel bei dem dominanten linearen Innovationsverständnis, das auch verschiedene führende Forscher auf dem Gebiet der Technologievorausschau kritisieren. „Many models assume linear relationships among variables, ignoring multivariate interactions and resulting nonlinearities“.²³² Der Bedarf an einer theoretischen Grundlage für Ansätze der Vorausschau und Planung im Umfeld neu aufkommender Technologien als Antwort auf diesen Mangel wird von Geels wie folgt zusammengefasst:

„[...] we need a macro-theory of sociotechnical change, which is robust and broad enough to deal with a wide variety of situations. This conceptual framework needs to go beyond the linear model of innovation and meet the requirements articulated above (providing insights into the processes of radical and structural change, covering long-term processes, and sector-wide developments).“²³³

Gerade in Situationen, in denen sich technologischer Wandel schnell vollzieht und neue Technologiepfade entstehen, erscheint dieser Mangel einer theoretischen Fundierung problematisch.

Der Mangel an einer theoretischen Fundierung von Ansätzen der Vorausschau und Planung erschwert insgesamt ihre Anwendung. Auch wenn der Urheber eines Ansatz-

²²⁹ Vgl. Burt 2007:733f.; Patton 2005:1084f.; Christensen & Overdorf 2004:541; Slaughter 1990:155.

²³⁰ Vgl. van Merkerk & Smits 2007:17ff.; Burt 2007:733f.

²³¹ Ein Versuch, Erkenntnisse aus der Innovationsforschung systematisch in die Vorausschau und Planung zu übertragen findet sich bei Rip (1995).

²³² Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004:291. Für diese Kritik vgl. auch Geels 2002:360ff.

²³³ Geels 2002:364f. Vgl. hierzu auch die Aussagen von Gordon, Glenn & Jakil (2005:1066), die bei zunehmender Komplexität einen wesentlichen Forschungsbedarf in der Entwicklung von Ansätzen für nicht-lineare Prozesse sehen.

zes kein Innovationsmodell expliziert, ist davon auszugehen, dass er ein bestimmtes Verständnis des Innovationsprozesses als „mentales Modell“ besitzt und dieses dem jeweiligen Ansatz zugrunde legt.²³⁴ Dem potenziellen Anwender eines Ansatzes ist dieses implizite Modell jedoch in der Regel nicht bekannt. Ob ein Ansatz für eine bestimmte Situation geeignet ist, kann der Anwender daher nur eingeschränkt beurteilen. Es ist wenig überraschend, dass Autoren Probleme bei der korrekten Anwendung vorliegender Ansätze beklagen.²³⁵ Als Ursachen benennen sie vor allem die mangelnde Definition von Anwendungssituationen und Anwendungslevels durch die Urheber der Ansätze.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es an einer theoretischen Fundierung der Vorausschau und Planung mangelt. Für die Entwicklung des Feldes ist dieser Mangel aus den oben dargestellten Gründen hinderlich.

inhaltliche Leitlinien

Weiterer Forschungsbedarf findet sich in dem breiten Set von Aufgaben der Vorausschau und Planung sowie den Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien. Im Folgenden werden diese beiden Aspekte unter dem Begriff der „inhaltlichen Leitlinien“ zusammengefasst. Der Oberbegriff der Leitlinie wird gewählt, da die einzelnen zusammengefassten Teilaspekte Konsequenzen für die Ausgestaltung der Ansätze sowie die Ergebnisse der Ansätze besitzen. Forschungsbedarf im Zusammenhang mit diesen Leitlinien besteht insbesondere an drei Stellen.

Erstens erscheint es für das Entwickeln eines ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade grundsätzlich sinnvoll, eine Vielzahl dieser Leitlinien in der Vorausschau und Planung gleichzeitig zu berücksichtigen. Zudem benennen verschiedene Autoren den Bedarf, neue Ansätze für das Adressieren einzelner oder weniger Problembereiche zu erarbeiten.²³⁶ Allerdings mangelt es bisher an einer umfassenden und integrativen Berücksichtigung der verschiedenen Leitlinien. Zweitens machen Autoren immer wieder bestimmte Problembereiche zum Gegenstand ihrer Arbeiten, allerdings formulieren sie nur teilweise konkrete Vorgehensweisen, um diese anzugehen. Offen sind beispielsweise Fragen, wie eine flexible Strategie aussehen könnte. Des Weiteren bleibt häufig die Frage unbeantwortet, wie sich aus dieser Stra-

²³⁴ Vgl. hierzu Watts & Porter 1997:27.

²³⁵ Vgl. hierzu Gordon, Glenn & Jakil 2005:1098.

²³⁶ Zu verweisen ist insbesondere auf Rip & Propp (2005), Radnor & Strauss (2004:55f.), Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff (2004:208ff.), Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset (2003:7ff.) sowie Noori, Munro, Descza & McWilliams (1999a:559ff.), die bei der Berücksichtigung einer Vielzahl von Aspekten am weitesten gehen.

tegie konkrete Schritte ableiten lassen.²³⁷ Gleichzeitig berücksichtigen existierende Ansätze nur partiell, wie ein gemeinsames Verständnis der Teilnehmer herbeigeführt werden kann, wie sich gezielt Raum für Kreativität schaffen lässt oder wie gleichzeitig eine Reflexion von Ideen und Strategien ermöglicht werden kann.²³⁸ Diese Unklarheit in Bezug auf die Umsetzung der Leitlinien hindert den Transfer der Ansätze in die Praxis.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Forschungsbedarf sowohl bei der Integration unterschiedlicher inhaltlicher Leitlinien als auch bei einem konsistenten ganzheitlichen Ansatz, um diese Leitlinien umzusetzen, besteht.

Einflussfaktoren

Die in Abschnitt 2.2 untersuchten Ansätze beschreiben eine Vielzahl von Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Forschungsbedarf im Bereich der Einflussfaktoren besteht aus drei unterschiedlichen Richtungen, die im Folgenden erläutert werden.

Situationen, in denen neue technologische Pfade entstehen, sind unter anderem durch eine hohe Dynamik und eine extreme Komplexität gekennzeichnet.²³⁹ Von verschiedenen Autoren wird daher gefordert, einen systematischen Rahmen zu entwickeln, in den Umfeldentwicklungen und vor allem Wechselwirkungen zwischen ihnen eingeordnet werden können.²⁴⁰ Diese Problematik ist eng verknüpft mit dem Fehlen einer theoretischen Fundierung, die bei der Analyse und Bewertung von Einflussfaktoren handlungsleitend wirkt. Vor diesem Hintergrund ist nochmals der oben gegebene Verweis auf die mentalen Modelle der an der Vorausschau und Planung beteiligten Personen anzuführen. Diese impliziten Modelle können dazu führen, dass bestimmte Faktoren ausgeblendet, missinterpretiert oder übersehen werden. Eine Folge dieses Fehlens eines ganzheitlichen Rahmens für die Analyse neuer Felder sind die in verschiedenen Publikationen bereitgestellten Kataloge von Faktoren, die im Rahmen der Vorausschau und Planung zu betrachten sind.²⁴¹ Allerdings handelt es sich bei diesen Katalogen meist

²³⁷ Lösungsansätze für dieses Problem finden sich beispielsweise bei Dortmanns (2005:280), Radnor und Strauss (2004:55), Walsh (2004:177) und Kets, Burger und de Zoeten-Dartenset (2003:10f.).

²³⁸ Ausnahmen finden sich beispielsweise bei Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff (2004:209ff.); Day & Schoemaker (2000:21ff.) und Brown & Eisenhardt (1997:7ff.).

²³⁹ Vgl. hierzu Abschnitt 2.1.1.

²⁴⁰ Vgl. Clark, Booth, Rowlinson, Procter & Delahaye 2007:34; Ilmola & Kuusi 2006:911; van Merkerk & van Lente 2005:1095; Fleischer, Decker & Fiedeler 2005:1117; Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:14f.; Geels 2002:362.

²⁴¹ Vgl. Sainio & Puumalainen 2007:2ff; Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:14; DeTienne & Koberg 2002:361; Rice, Kelley, Peters & O'Connor 2001:414; Noori, Munro, Descza & McWilli-

um eine lose Zusammenstellung von Faktoren, der einerseits eine zugrunde liegende Systematik fehlt und bei der andererseits keine theoretische und empirische Fundierung erkennbar ist.

Daran anknüpfend bemängeln verschiedene Autoren, dass bestimmte Einflussfaktoren bei dem Durchführen der Vorausschau und Planung systematisch ausgeblendet werden. Zum einen fokussiert sich ein Großteil der Ansätze auf Faktoren, die außerhalb einzelner Organisationen – beispielsweise Unternehmen – liegen, während nur relativ wenige Ansätze auch interne Einflussfaktoren betrachten. Die Beseitigung dieses Mangels wird in vielen Publikationen als ausstehender Forschungsbedarf angeführt.²⁴² Zum anderen zeigt die breite Verteilung betrachteter Faktoren, dass jeder einzelne Ansatz nur Teilbereiche eines möglicherweise relevanten Sets herausgreift. Die vorhandenen Ansätze ermöglichen daher keine ganzheitliche Perspektive für die Analyse von Einflussfaktoren im Rahmen der Vorausschau und Planung.

Die überwiegende Anzahl der Ansätze vernachlässigt darüber hinaus eine Kategorisierung von Faktoren nach ihrer Beeinflussbarkeit durch die Organisation. Es unterbleibt eine Aufschlüsselung in Faktoren, die prinzipiell gestaltbar sind und Faktoren, auf die Organisationen ausschließlich reagieren können.²⁴³ In einem konkreten Vorausschau- und Planungs-Projekt könnte dies dazu führen, dass die Beeinflussbarkeit von Faktoren ohne ein kritisches Hinterfragen angenommen wird, sich aber in der Projektumsetzung als nicht realisierbar herausstellt. Mit Sicht auf das langfristige Festlegen von Strategien könnten ebenfalls Faktoren als beeinflussbar erkannt werden, die ohne eine systematische Evaluation als nicht beeinflussbar angesehen würden. Für eine Evaluation der Einflussmöglichkeiten sprechen daher zwei Gründe. Erstens sind die tatsächlichen Möglichkeiten strategischen Handelns auszuschöpfen und zweitens sind die verfügbaren Ressourcen auf die tatsächlich beeinflussbaren Faktoren zu konzentrieren.

Insgesamt besteht daher ein Bedarf an einer systematischen Aufstellung von Einflussfaktoren, die auch nach der Beeinflussbarkeit dieser Faktoren differenziert ist. Die Analyse und Evaluation dieser Einflussfaktoren ist in einen Ansatz für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu integrieren.

ams 1999a:555 und 1999b:567f.; Bers, Lynn & Spurling 1999:38; Suh, Suh & Baek 1994:269; Benson, Sage & Cook 1993:115ff.; Kemp 1994:1031; Slaughter 1990:155f.

²⁴² Vgl. Sainio & Puimalainen 2007:2; Radnor & Strauss 2004:54; Walsh 2004:162; DeTienne & Koberg 2002:352; Veryzer 1998:317.

²⁴³ Ausnahmen bilden Christensen & Overdorf 2004:542f.; Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:12; Geels 2002:365ff.

Organisation

Die ausgewerteten Ansätze für die Vorausschau und Technologieplanung adressieren verschiedene Problembereiche der Aufbau- und Ablauforganisation. Mit Sicht auf diejenigen Ansätze, die organisatorische Fragestellungen aufgreifen, fällt auf, dass ein Konsens in Bezug auf ausgewählte Problembereiche existiert. Hervorzuheben ist beispielsweise der wahrgenommene Bedarf an einem heterogenen Team, welches unterschiedliche Funktionsbereiche repräsentiert und Interessen und Ansprüche umfassend artikuliert.²⁴⁴ In Zusammenhang mit dem Vorausschau- und Planungsprozess findet sich bei vielen Autoren weiterhin ein Verweis auf die Notwendigkeit einer Methodenintegration, um ein breites Spektrum von Informationen über neue Technologien aufzunehmen. Schließlich betonen viele Ansätze die Verbindung von Analyse- und Entscheidungsprozessen und die kontinuierliche Durchführung des Prozesses. Ein Mangel besteht erstens bei Ansätzen für eine situationsspezifische Organisation der Vorausschau und Planung sowie zweitens bei Aussagen über eine Verknüpfung der Teamstruktur mit einzelnen Phasen des Vorausschau- und Planungsprozesses. Der Bedarf, diese Mängel zu beheben, wird im Folgenden erläutert.

Eine Forschungslücke besteht in der Variation von Vorausschau- und Planungsprozessen in Abhängigkeit der Spezifika einer neuen Technologie. In der Vorausschau und Planung findet in der Regel keine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Aufbau- und Ablauforganisationen in Abhängigkeit der Ausgangssituation statt.²⁴⁵ Ein Hinweis auf den Bedarf einer solchen Differenzierung könnte jedoch in der Forderung verschiedener Autoren nach möglichst flexiblen Prozessen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade gesehen werden,²⁴⁶ während gleichzeitig die Bedeutung eines strukturierten Vorgehens betont wird.²⁴⁷ Der Wunsch nach „strukturierter Flexibilität“ könnte als Ausdruck der Einsicht gewertet werden, dass spezifische Ausgangssituationen bestimmte Anforderungen an die Vorausschau und Planung stellen. Für die An-

²⁴⁴ Verweise auf weiteren Forschungsbedarf im Kontext dieses Problembereichs finden sich nur bei wenigen Autoren, beispielsweise bei Mackay und Metcalfe (2002:231).

²⁴⁵ Ausnahmen finden sich bei Hall und Martin (2005:273f.), die Durchbruchinnovationen nach ihren Wirkungen auf unterschiedliche Stakeholdergruppen unterscheiden und aufbauend darauf verschiedene Vorgehensweisen empfehlen. Ein anderes Beispiel ist der Ansatz von Ort, Langley und Pals (2007:11), die verschiedene Methodenkombinationen in Abhängigkeit spezifischer Ausgangssituationen vorschlagen. Suh, Suh und Baek (1994:266) definieren zuerst ein technologiespezifisches Set von Bewertungskriterien, das anschließend für die Bewertung einzelner Technologien genutzt wird. Camillus und Datta (1991:70ff.) schlagen ein differenziertes Vorgehen nach dem Umfang der potenziell ausgelösten Veränderungen vor.

²⁴⁶ Vgl. Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Radnor & Strauss 2004:53; Noori, Munro, Descza & McWilliams 1999b:556f.

²⁴⁷ Vgl. Ilmola & Kuusi 2006:914; Slaughter 1990:159; vgl. hierzu auch die Ergebnisse der Untersuchungen von Lichtenthaler 2007:19; Constanzo 2004:225.

wender der Ansätze in Unternehmen und sonstigen Organisationen ist jedoch nur schwer ersichtlich, wie die Flexibilität eines Vorgehens zu erreichen ist, ohne gleichzeitig die Strukturiertheit zu reduzieren.

Auffällig ist weiterhin, dass wenige Autoren auf die Verknüpfung von Ablauf- und Aufbauorganisation eingehen. Vor allem fehlt es an einer Zuordnung, welche Bereiche einer Organisation und welche Personen sich an welcher Phase der Vorausschau und Planung beteiligen sollten. In Bezug auf diese Problemstellung beschränken sich die Aussagen beispielsweise darauf, dass Entscheidungsträger oder Kundengruppen sehr früh in die Prozesse zu integrieren sind.²⁴⁸ Detaillierte Aussagen über eine phasen- oder aufgabenspezifische Teamzusammensetzung – sowohl mit Sicht auf Mitglieder innerhalb einer Organisation als auch mit Sicht auf möglicherweise zu beteiligende externe Personen und Institutionen – könnten jedoch aus unterschiedlichen Gründen sinnvoll sein. Eine Spezifizierung der konkreten Aufgabenverteilung könnte die Anwendung von Ansätzen im Unternehmens- und Organisationskontext erleichtern. Zudem besteht das Risiko einer Fehlleitung durch die in einzelnen Ansätzen ausgesprochenen Hinweise bezüglich der Teamzusammensetzung. Problematisch ist beispielsweise die Forderung, Stakeholder möglichst frühzeitig und umfassend in den Prozess zu integrieren.²⁴⁹ Wird unterstellt, dass diese Gruppen neue Technologien in den frühen Innovationsphasen nur schwer beurteilen können,²⁵⁰ besteht die Gefahr, dass Potenziale neuer Technologien nicht vollständig durch ein Unternehmen erkannt und ausgeschöpft werden. Schließlich erscheint es aus Gründen der effizienten Nutzung von Zeitressourcen sinnvoll, in den Situationen auf spezifische Kompetenzen zuzugreifen, in denen diese tatsächlich benötigt werden. Ein Effizienzgewinn – d.h. das Vorliegen der relevanten Informationen und Kompetenzen zur richtigen Zeit – sollte jedoch nicht durch einen Verlust notwendiger und gewünschter Kommunikation und Interaktion begleitet werden.

Zusammenfassend besteht der Bedarf, eine auf die Erfordernisse des Umfelds angepasste Vorgehensweise und Teamstruktur der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu realisieren.

²⁴⁸ Vgl. Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004:294f.; Porter & Detampel 1995:241; Iansiti 1995:49.

²⁴⁹ Vgl. hierzu unter anderem Holmes & Ferril 2005:353; Walsh 2004:178; Mackay & Metcalfe 2002:228; Bers, Lynn & Spurling 1999:39.

²⁵⁰ Vgl. hierzu unter anderem Day und Schoemaker (2000:21) sowie Veryzer (1998:318) für die Integration von Kunden in den frühen Phasen der Entstehung neuer Technologien.

2.3.3 Forschungsthesen

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt Forschungsbedarf im Umfeld der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade lokalisiert wurde, findet in diesem Abschnitt die Formulierung von Forschungsthesen statt. Die insgesamt vier Hypothesen adressieren die theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, ihre inhaltlichen Leitlinien, die Einflussfaktoren sowie die Organisation eines ganzheitlichen Ansatzes. Die einzelnen Hypothesen wurden aus der theoriegeleiteten Diskussion des vorangegangenen Abschnitts abgeleitet.²⁵¹ Sie fungieren als Rahmen für das Vorgehen in dieser Arbeit. Auf Basis der ersten These wird ein Konzept für die theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung erarbeitet. Die übrigen Hypothesen zwei, drei und vier adressieren die Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Dieser berücksichtigt ebenfalls die aus der ersten Hypothese erzielten Einsichten.

Eine stärkere theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologiepfade ist anzustreben. Die Gründe hierfür liegen in dem Bedarf eines objektiven Verständnisses der Dynamik und Komplexität dieser Situationen, in der Notwendigkeit eines stärkeren Erkenntnistransfers zwischen Innovationsforschung und Vorausschau sowie in der Erleichterung der Anwendung spezifischer Ansätze. Die Fundierung sollte auf einer möglichst breiten theoretischen Basis aufbauen, um eine ganzheitliche Perspektive auf den Innovationsprozess und das Innovationsumfeld zu ermöglichen. Zudem sollte die theoretische Perspektive durch empirische Studien validiert sein. Weiterhin sollte diese Fundierung bei der Ausgestaltung von Ansätzen genutzt werden können und in diesem Zusammenhang Grundlage einer Strukturierung und Reduzierung der Komplexität neuer Technologiepfade sein. Die erste Hypothese lautet wie folgt:

1. *Die Vorausschau und Planung basiert auf einem impliziten Verständnis technologischer Entwicklung, welches eine handlungsleitende Funktion ausübt. Ansätzen für Situationen, in denen neue technologische Pfade entstehen, liegt in der Regel ein Verständnis zu Grunde, welches wissenschaftliche Erkenntnisse über den Innovationsprozess in diesen Situationen nur unzureichend berücksichtigt. Wenn diese Situationen durch ein theoretisch und empirisch validiertes Modell beschrieben werden können, könnte dieses Modell als Fundierung für die Vorausschau und Planung genutzt werden.*

²⁵¹ Für die induktive Hypothesenbildung vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:49; vgl. hierzu auch Gerring 2007:72f.; Atteslander 2003:47ff.; Yin 2003:22f.; Diekmann 1997:107ff

Das Erkenntnisinteresse der ersten Hypothese liegt in zwei Bereichen. Erstens ist das Potenzial einer Integration von Innovationssystemen und technologischen Entwicklungspfaden als theoretische Grundlage der Vorausschau und Planung zu diskutieren. Zu diesem Zweck wird ein theoretisches Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen entwickelt. Die Diskussion dieser Hypothese findet entlang mehrerer Kriterien statt. Im Einzelnen spielen die Möglichkeiten der Erfassung der Komplexität und Dynamik neuer Technologiepfade, das grundsätzliche Verständnis für Entwickler von Vorausschau- und Planungsmethoden sowie die Akzeptanz bei potenziellen Anwendern eine Rolle. Zweitens ist das spezifische Potenzial dieser Verknüpfung als Basis für den in dieser Arbeit entwickelten Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu untersuchen. Eine Evaluation dieser Eignung erfolgt in Fallstudien mit Unternehmen, in denen der entwickelte Ansatz angewendet wird.

Ein ganzheitlicher Ansatz für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sollte die Integration unterschiedlicher Leitlinien anstreben. Dabei sind einerseits die Aufgaben des Vorausschau- und Planungsprozesses zu berücksichtigen. Diese Aufgaben umfassen unter anderem eine intensive Kommunikation und den Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Teilnehmern sowie die Antizipation und kritische Reflexion von Entwicklungen. Andererseits sind den spezifischen Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien Rechnung zu tragen. Grundsätzlich sollen diese Strategien Flexibilität ermöglichen und gleichzeitig konkrete Wege und Handlungsschritte aufzeigen. Ein besonderer Schwerpunkt ist auf die Konkretisierung aller inhaltlichen Leitlinien zu legen. Anwendern der Ansätze für die Vorausschau und Planung sind handlungsorientierte Konzepte bereitzustellen, um das Umsetzen der formulierten Leitlinien zu ermöglichen. Die zweite Hypothese lautet wie folgt:

- 2. Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade richten sich nach bestimmten inhaltlichen Leitlinien, die sich auf die zu erfüllenden Aufgaben und die Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien beziehen. Vorhandene Ansätze berücksichtigen diese Leitlinien nur partiell und konkretisieren diese nicht durchgehend. Wenn die in den vorhandenen Ansätzen verfolgten Leitlinien integriert und über geeignete Konzepte konsistent operationalisiert werden, kann ein ganzheitlicher Ansatz der Vorausschau und Planung entwickelt werden.*

Das Entwickeln eines ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade gründet sich auf diese Hypothese. Ziel ist es, einen Ansatz zu konzipieren, der verschiedene Aufgaben und Aktivitäten sowie Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien berücksichtigt und konkretisiert. Des Weiteren ist herauszu-

finden, ob weitere Aufgaben wahrzunehmen und zusätzliche Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien zu berücksichtigen sind. Zu diesem Zweck wird ein Konzeptentwurf des ganzheitlichen Ansatzes gemeinsam mit Unternehmen in Projekten angewendet und gegebenenfalls angepasst.

Neben der Integration unterschiedlicher Leitlinien solle ein ganzheitlicher Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ein Set von Einflussfaktoren berücksichtigen. Die potenziell relevanten Faktoren sollten in einen systematischen, theoretisch und empirisch fundierten Rahmen eingebettet sein. Dieser sollte es ermöglichen, Entwicklungen im Umfeld sowie innerhalb eines Unternehmens strukturiert und ganzheitlich aufzunehmen. Weiterhin sollte durch diesen Rahmen eine Evaluation der Beeinflussbarkeit unterschiedlicher Einflussfaktoren unterstützt werden. Die dritte Hypothese lautet wie folgt:

- 3. Die Vorausschau und Planung im Umfeld neuer technologischer Pfade wird in einem Spannungsfeld von Einflussfaktoren durchgeführt. Diese liegen sowohl im Unternehmensumfeld als auch innerhalb des Unternehmens. Vorhandene Ansätze berücksichtigen diese Einflussfaktoren nur unsystematisch und evaluieren die Beeinflussbarkeit durch ein Unternehmen nicht. Wenn der Vorausschau und Technologieplanung ein theoretisch und empirisch fundierter Rahmen zugrunde liegt, können Informationen systematisch aufgenommen und die Möglichkeiten der Beeinflussung ganzheitlich evaluiert werden.*

Das Erkenntnisinteresse dieser Hypothese liegt darin, einen konsistenten Rahmen von Einflussfaktoren zu entwickeln, der auf einer theoretischen Fundierung basiert. Ausgangspunkt ist ein Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen, das im Zusammenhang mit der ersten Hypothese vorbereitet wird und um Einflussfaktoren innerhalb von Unternehmen zu erweitern ist. Zu diskutieren ist die Möglichkeit einer systematischen Analyse und Evaluation von Einflussfaktoren auf Basis des entwickelten Rahmens. Zu diesem Zweck erfolgt im ersten Schritt die theoriegeleitete Konzeption eines ganzheitlichen Rahmens, der im zweiten Schritt in Pilotunternehmen angewendet und im dritten Schritt erweitert wird.

Die inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sind in einer Ablauf- und Aufbauorganisation zu konkretisieren. Der Prozess sollte flexibel sein, kontinuierlich erfolgen und eine Verknüpfung der systematischen Analyse von Einflussfaktoren mit Entscheidungsprozessen gewährleisten. Um den Anforderungen unterschiedlicher Situationen der Pfadentstehung gerecht zu werden, sollte der Ansatz spezifisch in Bezug auf die Ausprägung bestimmter Einflussfaktoren sein. Die Aufbauorganisation sollte die Integration unterschiedlicher Fachkompetenzen und Stakeholder

ermöglichen. Von besonderer Relevanz ist das Verknüpfen von Teamstruktur und Ablauf, um die Anwendbarkeit des Ansatzes durch Unternehmen zu steigern und Zeitressourcen effizient einzusetzen. Die vierte Hypothese lautet wie folgt:

4. *Verschiedene Aufgaben der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade sind in einem situationsspezifischen Ablauf zu erfüllen. Potenziell relevantes Wissen und benötigte Kompetenzen für jede Situation befinden sich an verteilten Stellen innerhalb und außerhalb des Unternehmens. Vorhandene Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sehen in der Regel keine situationsspezifischen Ansätze vor und verknüpfen nur selten Aspekte der Ablauf- und Aufbauorganisation. Wenn die relevanten und betroffenen Stellen für das Erfüllen situationsspezifischer Aufgaben in einem strukturierten Prozess eingebunden werden, sichert dies die Qualität und die Effizienz des Ansatzes.*

Das Erkenntnisinteresse dieser Hypothese liegt auf zwei Ebenen. Erstens ist zu identifizieren, an welche spezifischen Ausgangssituationen eine Anpassung der Ablauf- und Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung erfolgen sollte. Zweitens sind für jeden Typ Abläufe und Teamstrukturen zu konkretisieren, die ein effizientes Vorgehen ermöglichen und die Qualität der Ergebnisse sicherstellen. Um diese Hypothese zu evaluieren, wird ein ganzheitlicher Ansatz der Vorausschau und Planung konzipiert und in Zusammenarbeit mit Pilotunternehmen aus unterschiedlichen Technologiefeldern angewendet. Weiterhin wird versucht, Idealtypen möglicher Ausgangssituationen bei der Entstehung neuer Technologien zu identifizieren und darauf aufbauend Variationen des Ansatzes zu entwerfen.

3 DAS AUFKOMMEN TECHNOLOGISCHER PFADE IN INNOVATIONSSYSTEMEN

Ziel dieses Kapitels ist eine stärkere theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologiepfade. Zu diesem Zweck wird ein theoretisches Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen entwickelt. Es wird unterstellt, dass technologiebasierte Innovationssysteme sich entlang technologischer Pfade entwickeln. Das Aufkommen technologischer Pfade geht mit der Entstehung eines neuen technologiebasierten Innovationssystems einher. Mit der Actor-Network-Theorie und der Theorie technologischer Trajektorien baut das Modell auf einer theoretischen Basis auf, die eine ganzheitliche Perspektive auf den Innovationsprozess und das Innovationsumfeld ermöglicht. Sie wird durch das empirische Modell technologiebasierter Innovationssysteme ergänzt.

Die Vorgehensweise innerhalb des 3. Kapitels gliedert sich wie folgt. Zu Beginn werden mit der Actor-Network-Theorie sowie technologischen Trajektorien die innovationstheoretischen Grundlagen des Modells vorgestellt und in Beziehung zu der vornehmlich empirisch geführten Diskussion um technologiebasierte Innovationssysteme gesetzt. Nach der Einführung dieser Basis folgt die Darstellung von Elementen, Funktionen und Entwicklungsphasen neuer technologischer Pfade in Innovationssystemen. Die Eignung dieses Modells als theoretische Grundlage für die Vorausschau und Planung erfolgt zum Abschluss des Kapitels.

3.1 Grundlagen

Die Basis des in diesem Kapitel entwickelten Modells für die Beschreibung des Aufkommens neuer technologischer Pfade bilden erstens zwei Entwicklungslinien der Theoriediskussion in der Innovationsforschung und zweitens der in der empirischen Forschungstradition verwurzelte Ansatz von Innovationssystemen. Der Abschnitt 3.1 gliedert sich wie folgt. Zuerst wird die Actor-Network-Theorie als schwache Form des Sozialkonstruktivismus dargestellt. Sie legt einen Schwerpunkt auf die Erklärung des Entstehens von Verbindungen und Strukturen bei dem Aufkommen neuer Technologien. Anschließend stellt der Abschnitt die theoretische Diskussion um technologische Trajektorien vor. Diese Diskussion beschreibt die Stabilisierung neuer Strukturen durch Institutionen. Darauf folgt die Einführung der Forschung im Bereich technologiebasierter Innovationssysteme, die sich auf das Identifizieren von Regelmäßigkeiten und Wir-

kungszusammenhängen in Innovationssystemen konzentriert. Zum Abschluss des Abschnitts werden die theoretischen und empirischen Stränge integriert.

3.1.1 Actor-Network-Theorie

Dieser Abschnitt stellt die Grundbegriffe und Kernzusammenhänge der Actor-Network-Theorie vor. Danach wird das Entstehen neuer technologischer Pfade aus Sicht der Theorie beschrieben. Zum Abschluss zeigt der Abschnitt Vor- und Nachteile der Theorie für die Erklärung des Aufkommens neuer Technologiepfade auf.

Eine grundlegende Debatte in der Technikphilosophie konzentriert sich auf die Ursache für technischen Fortschritt. Vertreter des technologischen Determinismus charakterisieren Technik als selbst-referenzielles System, auf dessen Entwicklung Mensch und Gesellschaft ihren Einfluss zunehmend verlieren. Die Konsequenz dieser Entwicklung besteht nach Ellul darin, dass der Mensch für die Kontrolle technischer Systeme in Zukunft nicht mehr benötigt wird.²⁵² Den Gegenpol dieser Diskussion bildet der soziale Konstruktivismus, der die Technik als vom Menschen gestaltet begreift.²⁵³ Brey unterscheidet drei verschiedene Spielarten dieser „Social Construction of Technology“.²⁵⁴ Der starke Sozialkonstruktivismus führt die Gestalt einer Technologie ausschließlich auf menschliche Elemente zurück und schreibt ihr keine genuin eigenen Eigenschaften, Machtwirkungen oder Effekte zu („sozialer Determinismus“). Der abgemilderte Sozialkonstruktivismus akzeptiert den Einfluss von nicht gesellschaftlichen Faktoren auf Technologien, allerdings nur insoweit als dass eine Technologie Träger der sozialen Eigenschaften ist, die ihr im Entstehungsprozess, beispielsweise durch Ingenieure, zugeschrieben wurden. Die im Folgenden diskutierte Actor-Network-Theorie billigt menschlichen ebenso wie nicht menschlichen materiellen Akteuren gleichermaßen einen Einfluss auf die Entstehung und Entwicklung von Technologien zu. Damit bildet sie eine Balance zwischen dem technologischen und dem sozialen Determinismus und eröffnet eine breite Perspektive auf technologischen Wandel.²⁵⁵

Der Actor-Network-Ansatz begreift eine soziale Sphäre – beispielsweise eine neue Technologie – als Netzwerk von heterogenen, menschlichen und nicht-menschlichen Elementen. Auf analytischer Ebene sind diese Elemente, wie z.B. Maschinen, Anlagen,

²⁵² Vgl. Ellul 1962:394ff.

²⁵³ Vgl. Feenberg 1999:10ff.; Williams & Edge 1996:866; Winner 1980:126f.; Hughes 1987:62ff.; Pinch & Bijker 1987:28ff.; Bijker 1987:160ff.

²⁵⁴ Vgl. hierzu Brey 1997:5f.

²⁵⁵ Vgl. hierzu Law & Bijker 1992:290. Latour bezeichnet die Actor-Netzwerk-Theorie als Form des Konstruktivismus, ohne die Ergänzung „sozial“ zu gebrauchen.

Arbeiter oder Wissenschaftler, gleichgestellt.²⁵⁶ Auf Basis dieser Annahme geht die Actor-Network-Theorie Fragen der Entstehung, Entwicklung, Stabilisierung und dem Zerfall sozialer Strukturen nach.²⁵⁷ Der theoretische Fokus liegt insbesondere auf entstehenden Strukturen im Umfeld von Wissenschaft und Technik, wie bei Latour deutlich wird:

„... our entry into science and technology will be through the back door of science in the making, not through that more grandiose entrance of ready made science.“²⁵⁸

Für die Untersuchung des Entstehungsprozesses neuer Technologien stellt die Actor-Network-Theorie eine elementare Meta-Sprache bereit.²⁵⁹ Die im Folgenden verdeutlichte Einfachheit der entwickelten Nomenklatur ist auf das hohe Abstraktionsniveau der Theorie zurückzuführen,²⁶⁰ die menschliche und nicht-menschliche Akteure zulässt, die keine festgelegte Analyseebene besitzt und ohne die Festlegung auf eine räumliche Dimension auskommt.²⁶¹

Ein wesentlicher Grundbegriff der Actor-Network-Theorie ist der Akteur, der die Quelle einer Handlung darstellt oder dem zugesprochen wird, die Quelle einer Handlung zu sein. Dabei kann es sich um einen Menschen oder einen beliebigen Gegenstand handeln.²⁶² Ein Akteur kann auch ein ungestört, d.h. einwandfrei interagierendes Akteur-Netzwerk sein.²⁶³ Zwischen zwei in einem Netzwerk verbundenen Akteuren befinden

²⁵⁶ Vgl. Latour 1987:180; Latour 1991:110; Latour 1996:8. Grundlage dieser Überlegung ist die Beobachtung, dass ein großer Teil menschlicher und zwischenmenschlicher Interaktion unter Einbeziehung nicht-menschlicher Objekte erfolgt. Beispielsweise werden Nachrichten per E-Mail versendet, Sprache wird über Telefonleitungen übertragen oder menschliche Fortbewegung findet mit Hilfe von Autos, Fahrrädern oder Straßenbahnen statt. Würden diese materiellen Objekte plötzlich wegfallen, so könnte die bestehende soziale Ordnung nicht mehr aufrecht gehalten werden (vgl. Law 2003a:3).

²⁵⁷ Vgl. Law 2003a:1f.; Law 1986:68ff.

²⁵⁸ Vgl. Latour 1987:4; vgl. hierzu auch Callon, Larédo & Mustar 1997:386f.; Callon, Law & Rip 1986:9f.

²⁵⁹ Vgl. Latour 1996:10. Für eine Einführung und Übersicht dieser Nomenklatur vgl. Akrich & Latour 1992; Callon 1991.

²⁶⁰ Vgl. Latour 2005:23.

²⁶¹ Zur Dimensionslosigkeit der Actor-Network-Theorie vgl. Latour 1996:2ff.; Latour 1991:119.

²⁶² Vgl. Latour 1996:5; Latour 1992:254. Die Handlungsmacht eines Akteurs, ob menschlich oder nicht-menschlich, ist am einfachsten vorstellbar, wenn dieser ausfällt. Erleidet eine Maschine einen technischen Defekt, ist dies Ursache verschiedener Handlungen von Menschen (beispielsweise die Reparatur durch einen Mitarbeiter der Instandhaltung) und Nicht-Menschen (beispielsweise der Stillstand anderer Maschinen). Ebenso kann der Unfall eines Mitarbeiters den Stillstand einer Maschine bedeuten.

²⁶³ Die Actor-Network-Theorie sieht funktionierende Netzwerke als „Black-Box“, die einen Input zuverlässig in einen Output umwandeln. Sie spricht in diesem Zusammenhang von einer „Punktualisierung“. Beispielsweise erscheint eine funktionierende Produktionsanlage punktualisiert als einzelner Akteur, der bestimmte Ausgangsmaterialien in ein Produkt umwandelt, auch wenn diese aus einer Vielzahl von Komponenten zusammengesetzt ist (vgl. Callon 1986:23). „The answer is that if a network acts as a single block, then it disappears, to be replaced by the action it-

sich ein oder mehrere Intermediäre. Akteure handeln, indem sie Intermediäre in Umlauf bringen.²⁶⁴ Ein Intermediär könnte ein Produkt, ein wissenschaftliches Paper, Geld, eine Telefonleitung oder auch eine andere Person sein. Charakteristisch für Intermediäre ist es, dass sie die Intention der Akteure unverfälscht weitergeben,²⁶⁵ es findet lediglich ein Transport, aber keine Veränderung („Translation“) der Intention statt. Jeder Intermediär trägt die Intentionen über ein Skript, das die Beziehungen der Akteure zueinander definiert.²⁶⁶ Der Prozess, in dem dieses Skript in einen Intermediär übertragen wird – beispielsweise durch den Ingenieur, Designer oder Manager bei der Planung und Entwicklung eines neuen Produkts – wird als Inskription bezeichnet.²⁶⁷ Bei der Inskription spielen die Akteursbeziehungen, Verhaltensweisen oder Kompetenzen eine Rolle, die der Ingenieur bei der Verwendung des Intermediärs voraussetzt.²⁶⁸ Zusätzlich existieren z.B. Präskriptionen, die von Akteuren grundsätzlich in einer Handlungssituation erwartet werden können, Re-Inskriptionen, die nach einer Feedbackschleife erfolgen und Circumskriptionen, die das Umfeld der auszuführenden Handlung umschreiben.²⁶⁹

Die Translation ist die kennzeichnende Operation innerhalb von Akteur-Netzwerken.²⁷⁰ Eine Translation von Akteur A auf Akteur B bedeutet, dass A über Intermediäre bestimmte Interessen, Wünsche oder Strategien auf B überträgt und B hierdurch in ein Netzwerk einbindet. B kann diese Interessen, Wünsche und Strategien verändern und an einen Akteur C weitergeben.²⁷¹ Durch die Prozesse der Translation definieren Akteure sich sowohl gegenseitig als auch die Struktur des Netzwerkes insgesamt. Jede Translation bringt die Konsequenz einer Veränderung des Netzwerkes mit sich.²⁷² Ein

self and the seemingly simple author of that action. At the same time, the way in which the effect is generated is also effaced.” (Law 2003a:5).

²⁶⁴ Vgl. Callon 1991:141; Law 1986:40; Rip 1986:88f.

²⁶⁵ Vgl. Latour 2005:39.

²⁶⁶ Vgl. Akrich 1992:208; Latour & Bastide 1986:54.

²⁶⁷ Vgl. Akrich 1992:208; Akrich & Latour 1992:259; Callon, Law & Rip 1986:11.

²⁶⁸ Bei zahlreichen modernen Kraftfahrzeugen ist es nicht mehr möglich, die Batterie selbständig, ohne den Besuch einer Werkstatt, zu wechseln. Der Defekt der Batterie (Akteur) wird über eine Kontrollleuchte (Intermediär) an den Fahrer (Akteur) übertragen, der seine Werkstatt in Person eines Mechanikers (Akteur) über das Telefon (Intermediär) benachrichtigt. Der Mechaniker (Akteur) lässt das defekte Fahrzeug durch einen Mitarbeiter (in der Regel Akteur) abschleppen und führt anschließend den Wechsel der Batterie durch. Der Konstrukteur des Fahrzeugs hat durch die Anordnung der Batterie festgelegt, dass die Werkstatt zu benachrichtigen ist, das Fahrzeug abzuschleppen und die Batterie durch einen ausgebildeten Mechaniker auszutauschen ist. Das Skript mit den notwendigen Handlungsanweisungen ist im Handbuch des Fahrzeugs sowie in den Schulungsunterlagen des Mechanikers niedergeschrieben.

²⁶⁹ Vgl. Akrich & Latour 1992:261.

²⁷⁰ Vgl. Latour 1991:124.

²⁷¹ Vgl. Latour 2005:106ff.; Callon 1991:143f.; Latour 1987:108; Callon 1986:24f.

²⁷² Vgl. Law 2003a:5; Law & Bijker 1992:293; Callon 1986:25.

Akteur-Netzwerk besteht aus mindestens drei Akteuren, die durch Intermediäre verbunden sind.²⁷³

Die Entstehung einer neuen Technologie ist aus Sicht der Actor-Network-Theorie ein Prozess, in dem sich neue Netzwerke von Akteuren herausbilden. Diese können aus bestehenden Netzwerken hervorgehen oder sich vollständig neu konstituieren.²⁷⁴ Voraussetzung ist das aktive Erweitern des Netzwerkes um neue Akteure durch Translationen.²⁷⁵ Neue Akteure werden unter anderem mit Versprechungen („Claims“) über die Perspektiven des Netzwerkes eingebunden.²⁷⁶ Insbesondere in den frühen Phasen der Netzwerkentstehung sind die Translationen mit Konflikten verbunden, da die Akteure unterschiedliche Interessen verfolgen.²⁷⁷ Während eines Verhandlungsprozesses zwischen den Akteuren konvergieren die Interessen innerhalb des Netzwerks und die Kontroversen werden gelöst. Die akzeptierten Translationen werden durch das Festschreiben in materiellen Objekten und technischen Artefakten, d.h. durch Inskriptionen, beständig gemacht.²⁷⁸ Bei vollständig konvergenten Netzwerken, in denen alle Akteure die Strukturen unterstützen, tritt der Effekt der Punktualisierung auf.

²⁷³ Vgl. Callon 1992:84. Es hängt von der Position des Betrachters ab, ob einem Element innerhalb dieses heterogenen Netzwerks der Status eines Intermediärs oder der eines Akteurs zugesprochen wird. Beispielsweise veranlasst der geplatze Reifen den Fahrer eines Kraftfahrzeugs, seine Werkstatt anzurufen. Der Reifen könnte demzufolge als Akteur bezeichnet werden. Der geplatze Reifen ist jedoch durch den Fehler eines bestimmten Mitarbeiters während der Produktion des Reifens entstanden. Als Quelle der Handlung könnte in diesem Fall der Produktionsmitarbeiter gelten. Das perspektivische Verständnis des Akteur-Intermediär-Begriffs verdeutlicht eine weitere Eigenschaft des Actor-Network-Ansatzes: das betrachtete Netzwerk entsteht in dieser Form aus der Beschreibung durch eine Person. Andere Personen würden das Akteur-Netzwerk in einer anderen Form wiedergeben. Letztendlich wird der Beschreibende durch seine Tätigkeit selbst Teil des Netzwerks (Law 2003b:10 [im Original 1999]; Latour 1996:9f.). Die Größe eines beschriebenen Netzwerks ist nach Latour (2005:148) ebenfalls durch den Beschreibenden bestimmt, der die aus seiner Perspektive relevanten Elemente hinzufügt.

²⁷⁴ Der Actor-Network-Ansatz ermöglicht die Analyse neuer Netzwerke ohne die Annahme, dass schon zuvor Netzwerke bestanden. Die Analyse des Entstehungsprozesses kann ausgehend von einem „White-Spot“ begonnen werden (vgl. hierzu Latour 1996:10ff.).

²⁷⁵ Vgl. Latour 1987:141ff. Findet ein bei einem Unternehmen angestellter Forscher ein neues Material mit außergewöhnlichen Eigenschaften, so sind zuerst unterschiedliche Personen innerhalb und außerhalb des Unternehmens von dem Potenzial dieses Materials zu überzeugen (unter anderem der Abteilungsleiter, Manager, Vorstände, Investoren, Zulieferer, Kunden, usw.). Die Mobilisierung dieser Personen erfolgt über Translationen (vgl. hierzu auch Law 2003a:6; Latour & Bastide 1986:64ff.; Law 1986:68ff.). Diese Auffassung der Akteur-Netzwerk-Theorie unterscheidet sich fundamental von einem passiven Verständnis der Technologiediffusion.

²⁷⁶ Vgl. Latour 1987:130ff.

²⁷⁷ Vgl. Callon 1992:81f.; Callon 1991:146f. Für die Einbindung der Akteure können verschiedene Strategien unterschieden werden, je nachdem welche Akteure einbezogen werden sollen und wie stark die eigenen Interessen der einzubindenden Akteure den Interessen innerhalb des Netzwerkes widersprechen (vgl. Latour 1987:108ff.). Interessen, die denen des Netzwerkes entgegenlaufen, werden als Anti-Programme bezeichnet (vgl. Latour 1991:120f.; Latour 1992:247ff.). Akteure, die eine Ausweitung des Netzwerkes verfolgen, haben geeignete Strategien (Programme) zu entwerfen, um diese Antiprogramme mit zu überwinden. Nach Law (2003a:6f.) antizipieren die Akteure dabei die Reaktion des Adressaten der Translation, um deren Erfolgswahrscheinlichkeit zu erhöhen.

²⁷⁸ Vgl. Law 2003a:6; Latour 1991; Latour 1987:132. Für Beispiele aus dem Bereich der Medizintechnik vgl. Law 2003b:10 sowie Singleton 1996:447ff.

Die Actor-Network-Theorie gibt einen Rahmen vor, mit dem insbesondere fünf Fragen im Entstehungsprozess neuer Technologien beantwortet werden können.²⁷⁹

- Wie sind Ursachen und Wirkungen innerhalb eines entstehenden Netzwerks verteilt?
- Welche „Punkte“ (d.h. Akteure und Intermediäre) stehen miteinander in Verbindung?
- Welche Größe und welche Stärke haben diese Verbindungen?
- Wo liegen die Zentren und wer sind die Treiber eines entstehenden Netzwerks?
- Wie verändern sich die Elemente eines Netzwerks im Entstehungsprozess?

Der Actor-Network-Ansatz bietet durch den Fokus auf das Aufkommen neuer Netzwerke im Innovationsprozess sowie durch die Erfassung sehr unterschiedlicher Kategorien von Akteuren eine breite theoretische Grundlage für die Analyse der Dynamik neu entstehender Technologien. In diesem Zusammenhang lassen sich jedoch zwei Hauptkritikpunkte an der Actor-Network-Theorie formulieren. Erstens wird institutionellen Regelungen nur eine untergeordnete Bedeutung zuteil. Ihre Berücksichtigung beschränkt sich auf Prozesse der Inskription, Transkription oder Circumskription. Es mangelt jedoch an einem analytischen Rahmen und an einer Nomenklatur, die den Einfluss des institutionellen Umfeldes auf den Entstehungsprozess neuer Technologien erfassbar machen.²⁸⁰ Eine Ergänzung des Actor-Network-Ansatzes um eine Theorie mit einem institutionellen Fokus, wie sie beispielsweise im Rahmen technologischer Trajektorien diskutiert wird, erscheint daher sinnvoll.²⁸¹ Zweitens erschweren die sehr breit definierten Akteurskategorien eine differenzierte Analyse und Konzeptionalisierung von Einflussfaktoren auf den technologischen Innovationsprozess. Eine weitere Präzisierung dieser Begriffe der Akteur-Netzwerk-Theorie erscheint für die Analyse des Entstehungsprozesses neuer Technologien im Unternehmenskontext notwendig.

3.1.2 Trajektorien und institutionelle Regime

Eine funktionierende Interaktion zwischen Akteuren setzt einen Grad an Berechenbarkeit voraus. Handlungen werden berechenbar, wenn Akteure an bestimmte Regeln

²⁷⁹ Vgl. Latour 1987:202.

²⁸⁰ Vorstellbar wäre es, Regelungen als durch einen bestimmten Akteurkreis gestützte Netzwerke zu begreifen. Allerdings ist so nur eine eingeschränkte Untersuchung der Wirkung dieser Regelungen auf den Prozess und die Dynamik der Entstehung und Stabilisierung eines Netzwerks möglich.

²⁸¹ Vgl. in Ansätzen die Ausführungen von Green, Hull, McMeekin & Walsh (1999:778ff.) oder Kumaresan & Miyazaki (2001:436f.), die jedoch keine Integration der theoretischen Fundamente vornehmen.

gebunden sind, die als Institutionen bezeichnet werden.²⁸² Diese Regeln menschlicher Interaktion schränken die Möglichkeit opportunistischen oder potenziell falschen Verhaltens durch die Implikation von Sanktionen ein.²⁸³ Sie basieren auf einem Geflecht kognitiver, normativer und regulativer Strukturen und Aktivitäten²⁸⁴ und gewährleisten letztendlich die soziale Ordnung in einer Gruppe.²⁸⁵ Institutionen sind daher sowohl in Perioden des Wandels als auch in Phasen der Stabilität von Bedeutung.²⁸⁶ In der Innovationstheorie greifen unter anderem Ansätze, die technologischen Wandel als Fortschritt entlang technologischer Trajektorien begreifen, die Funktion und Wirkung dieser institutionellen Regelungen und die aus ihnen resultierende Dynamik technologischer Entwicklung auf.

Den Ausgangspunkt dieser Ansätze bilden die Untersuchungen von Kuhn über wissenschaftlichen Fortschritt, der sich in prä-paradigmatischen Phasen hin zu normalen paradigmatischen Phasen vollzieht. Paradigmen oder institutionelle Regime²⁸⁷ definieren Untersuchungsbereiche und Forschungsfragen, zeichnen Untersuchungsgänge vor und schränken das Methodenspektrum für bestimmte Forschungsfragen ein.²⁸⁸ Sie stellen Regelwerke dar, die zulässige Wege der Problemlösung festlegen. Halten diese Regeln neuen Erkenntnissen nicht stand, entstehen neue Ansätze, die um den Status eines Paradigmas konkurrieren.²⁸⁹ Dosi überträgt dieses Konzept auf technischen Fortschritt.²⁹⁰ Nach seinem Verständnis umfassen technologische Paradigmen Lösungsmodelle und -muster für abgegrenzte technische Problemstellungen und die hierfür grundlegenden aus der Naturwissenschaft abgeleiteten Prinzipien.²⁹¹ Technologische Regime geben eine Entwicklungsrichtung vor, indem sie über positives und nega-

²⁸² Vgl. Kasper & Streit 1999:1.

²⁸³ Vgl. Burr 2004:99f.; Kasper & Streit 1999:30; North 2005:25 [im Original 1990]. Verschiedene Autoren folgen einem weiteren Institutionenverständnis, bei dem insbesondere Organisationen eingeschlossen werden (vgl. hierzu Coriat & Weinstein 2004:327ff).

²⁸⁴ Vgl. Scott 1995:33.

²⁸⁵ Vgl. Kasper & Streit 1999:28.

²⁸⁶ "Institutions are the rules of the game in a society [...]" North 2005:3.

²⁸⁷ Im Folgenden wird die von Nelson und Winter vorgeschlagene Bezeichnung technologischer Regime und die Bezeichnung technologisches Paradigma synonym verwendet. Vgl. hierzu auch Rip & van den Belt 1987:139; Nelson & Winter 1977:57.

²⁸⁸ Vgl. Kuhn 1996:15 [im Original 1967].

²⁸⁹ Vgl. Kuhn 1996:52ff.

²⁹⁰ Vgl. Dosi 1982:153. Im Gegensatz zu wissenschaftlichem Fortschritt basiert technischer Fortschritt nach Auffassung von Dosi stärker auf implizitem Wissen und Erfahrungen.

²⁹¹ Vgl. Dosi 1988:224 und 1982:152. Malerba & Orsenigo (1997:94ff.) erweitern diese Definition um die Wissensbasis einer Technologie. In dieser Arbeit wird die Auffassung vertreten, dass die Wissensbasis sich direkt in den Lösungsmodellen, Lösungsmustern und Prinzipien widerspiegelt, was eine explizite Erwähnung der Wissensbasis in der Definition redundant macht.

tives Feedback Ausschlusseffekte bewirken.²⁹² Der Zusammenhang von Paradigmen und einer Richtung technischen Fortschritts lässt sich wie folgt beschreiben:

„[...] a technological paradigm can be defined as a ‘pattern’ for solution of selected techno-economic problems based on highly selected principles [...]. Putting it another way, technological paradigms define the technological opportunities for further innovations and some basic procedures on how to exploit them. Thus, they also channel the efforts in certain directions rather than others: a technological trajectory is the activity of technological progress along the economic and technological trade-offs defined by a paradigm.“²⁹³

Demzufolge führen technologische Regime dazu, dass sich technischer Fortschritt kumulativ entlang spezifischer technologischer Trajektorien vollzieht. Dieser Fortschritt weist für jede Technologie ein charakteristisches „Momentum“ auf.²⁹⁴ Dabei betonen Nelson und Winter die Bedeutung von Routinen als Träger dieser Paradigmen.²⁹⁵ Durch die fortlaufende Reproduktion der Paradigmen in den Handlungen der Akteure festigen sich diese und erlangen Akzeptanz und Verbreitung. Erfolgreichen Kombinationen von Institutionen schließen sich weitere Akteure an, was zu einer Ausbreitung von Regimen führt.²⁹⁶ Während ihrer Verbreitung differenzieren sich Regime zunehmend aus.²⁹⁷

Im Folgenden werden institutionelle Regime und die dazugehörigen Trajektorien auf der Ebene einzelner Technologien betrachtet.²⁹⁸ Um diese Verringerung des Aggrega-

²⁹² Nelson & Winter (1977:57) betonen den starken kognitiven Charakter dieser Paradigmen oder Regime, der sich wiederum durch die Bedeutung impliziten Wissens für technologischen Fortschritt erklären lässt.

²⁹³ Dosi 1988:224f.

²⁹⁴ Vgl. Dosi 1982:152ff.; Nelson & Winter 1977:76. Vgl. hierzu auch North (2005:78) für die Bedeutung des institutionellen Rahmens auf einer gesamtgesellschaftlichen Ebene: „(1) the institutional framework will shape the direction of the acquisition of knowledge and skills and (2) that direction will be the decisive factor for the long-run development of that society.“

²⁹⁵ Vgl. Nelson & Winter 1982:197ff.

²⁹⁶ Vgl. Scott 1995:56.

²⁹⁷ Vgl. Kasper & Streit 1999:122f. Carlsson & Stankiewicz (1995:45) bezeichnen dies als institutionelle Infrastruktur.

²⁹⁸ Die Theorie technologischer Trajektorien entstand in dem klassischen Fortschrittsverständnis der 60er- und 70er-Jahre des 19. Jahrhunderts. Nach dieser Auffassung führte „Big Science“ (z.B. die Atomenergie) zu bahnbrechenden technologischen Fortschritten, die sämtliche Wirtschaftssektoren und Gesellschaftsbereiche durchdrangen. Radikale institutionelle Veränderungen innerhalb der Produktionssysteme lösten nach diesem Verständnis Veränderungen der Normen und Werte der gesamten Gesellschaft aus, wurden aber auch durch Normen und Werte aus der Gesellschaft geprägt (vgl. unter anderem Freeman & Perez 1988:58ff sowie Perez 1983:360 und 370ff.). Neben der erfolgreichen Anwendung auf der ursprünglich vorgesehenen Makro-Ebene (vgl. hierzu unter anderem die Studien von Pavitt 1990 und 1984) lässt sich der Ansatz von institutionellen Regimen und begleitenden Trajektorien sowohl auf die Mikroebene (beispielsweise einzelne Unternehmen, einzelne Technologiebereiche (vgl. Chiesa & Manzini 1998:115)) als auch auf die Meso-Ebene (beispielsweise neue Technologien oder Technologiefelder (vgl. Green, Hull, McMeekin & Walsh 1999:778ff.; Metcalfe & Boden 1992:61f.)) übertragen.

tionsniveaus – im Vergleich zur klassischen Interpretation – zu verdeutlichen, wird im weiteren Verlauf der Begriff eines technologischen Pfades verwendet, der durch das technologische Regime eine spezifische Entwicklungsrichtung erhält. Technologische Regime manifestieren sich auf der Unternehmens- bzw. Netzwerkebene wiederum in technologischen Konfigurationen.²⁹⁹ Sowohl durch die frühe Einbindung von Kunden in den Entwicklungsprozess als auch durch die zunehmende öffentliche Förderung von betrieblicher Forschung und Entwicklung interagieren technologische Regime und Konfigurationen intensiv mit Institutionen auf der Ebene von Märkten und der gesamten Gesellschaft. Neue Regelwerke entstehen in unterschiedlichen technologischen Regimen und Konfigurationen parallel und werden jeweils durch die bestehenden gesamtgesellschaftlichen Institutionen beeinflusst.

Die Theorie institutioneller Regime bietet in Ergänzung zu der Actor-Network-Theorie eine Möglichkeit, die Stabilisierung von Beziehungen in neu aufkommenden Technologien zu analysieren. Für eine Untersuchung neuer Technologien weisen beide Ansätze jedoch Mängel auf. Institutionelle Ansätze bieten zwar einen spezifischeren Rahmen als die Actor-Network-Theorie, mit Sicht auf die praktische Anwendbarkeit in der Vorausschau und Planung sind beide Ansätze jedoch zu wenig konkret. Daher ist einerseits eine weitere Konkretisierung der Nomenklatur anzustreben. Andererseits sind Kategorien (z.B. Akteursgruppen, Gruppen von Artefakten, Arten von Institutionen) für die Analyse neuer Technologien präzise zu definieren und auszudifferenzieren, um eine Anwendbarkeit in der Vorausschau und Planung zu ermöglichen. Es mangelt insbesondere an einem Leitkonzept, um Akteure und Institutionen im Kontext einer neuen Technologie systematisch zu erfassen und in Beziehung zueinander zu setzen. Des Weiteren spielt in beiden Theorien der Faktor Wissen eine zentrale Rolle, spiegelt sich jedoch nicht in der Nomenklatur wider. In der Vorausschau und Planung könnte dies dazu führen, dass der Faktor Wissen systematisch ausgeblendet wird. Um die genannten Mängel auszugleichen und eine ganzheitliche Fundierung zu erarbeiten, wird im folgenden Abschnitt der empirische Ansatz technologiebasierter Innovationssysteme vorgestellt. Ziel ist es, durch das Verschmelzen der drei Konzepte eine umfassende Perspektive auf die Entstehung neuer Technologien zu erhalten.

²⁹⁹ Vgl. zu dieser Sichtweise Metcalfe & Boden 1992:61f. Nach diesem Verständnis setzen Unternehmen neue Technologien in unterschiedlichen Konfigurationen, die durch spezifische Vor- und Nachteile gekennzeichnet sind, um. Innerhalb eines Regimes können Unternehmen mit unterschiedlichen Umsetzungsstrategien der Technologie konkurrieren. Zusätzlich kann ein Wettbewerb auf der Ebene von Regimen unterschiedlicher Technologien stattfinden, wie häufig in Modellen technologischer Substitution unterstellt (vgl. Christensen 2002:16ff.). Mitentscheidend für die Wahl der Konfigurationen auf der Unternehmensebene sind Transaktionskosten. „I submit that several alternative modes commonly qualify, whence technology is more usefully regarded as a factor that delimits the set of feasible modes - the final choice thereafter turning on a transaction cost assignment.“ (Williamson 1985:89).

3.1.3 Technologiebasierte Innovationssysteme

Die theoretischen Ansätze der Akteur-Netzwerk-Theorie sowie institutioneller Regime erfassen auf einer abstrakten Ebene allgemeine Merkmale der Struktur einer neuen Technologie. Der Einfluss spezifischer Faktoren auf den Prozess technologischer Innovation sowie deren Wechselwirkungen sind Gegenstand der zu Beginn der 90er-Jahre aufgekommenen Diskussion um Nationale Innovationssysteme. Den Ausgangspunkt dieser Ansätze bildete die Beobachtung, dass sich die Entstehung und Ausbreitung von Innovationen zwischen verschiedenen Ländern unterscheidet, obwohl technisches Wissen prinzipiell gleichermaßen verfügbar ist. Diese Differenzen erklärten Wissenschaftler mit der spezifischen Forschungslandschaft (Universitäten, staatliche und nicht staatliche Forschungsinstitute), der Ausstattung mit Humanressourcen (Bildungsstand und Bildungssystem), dem Finanzsystem (Bereitstellung von Wagniskapital, Möglichkeiten des Kapitalmarktzugangs, Stabilität), dem Vorhandensein von Netzwerken (Firmen, Forschungsinstituten und Staat) aber auch mit der nationalen Kultur.³⁰⁰ Für die Analyse von Innovationssystemen unterhalb der nationalen Ebene wurden Ansätze mit einem niedrigeren Aggregationsgrad entwickelt und angewendet. Beispiele finden sich in Regionalen Innovationssystemen,³⁰¹ Räumlichen Innovationssystemen,³⁰² Technologischen Innovationssystemen³⁰³ oder Sektoralen Innovationssystemen.³⁰⁴ Um die Entstehung und Dynamik einer einzelnen Technologie zu analysieren, bieten sich die Ansätze Technologischer und Sektoraler Innovationssysteme an,³⁰⁵ deren wesentliche Charakteristika im Folgenden kurz dargestellt werden. Dabei wird in dieser Arbeit Edquist gefolgt, der technologische den sektoralen Konzepten zuordnet.³⁰⁶

Grundsätzlich werden unter dem Begriff des Innovationssystems sämtliche Determinanten des Innovationsprozesses zusammengefasst. Demzufolge sind alle wichtigen wirtschaftlichen, sozialen, politischen, organisationalen, institutionellen sowie sonstige

³⁰⁰ vgl. hierzu Edquist 1997. Für eine Übersicht über die Entwicklung des Konzepts Nationaler Innovationssysteme vgl. Sharif 2006; Balzat & Hanusch 2004; Edquist 1997. Für eine Übersicht und Abgrenzung unterschiedlicher Innovationssystem-Ansätze vgl. Edquist 2005 und 1997. Vgl. hierzu auch Weissenberger-Eibl 2005.

³⁰¹ Vgl. hierzu unter anderem Cooke, Braczyk & Heidenreich 2004; Cooke, Gomez Uranga & Etxebarria 1997.

³⁰² Vgl. Oinas & Malecki 2002.

³⁰³ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006; Carlsson & Stankiewicz 1995; Carlsson 1995.

³⁰⁴ Vgl. Malerba 2004a und 2004b; Breschi & Malerba 1997.

³⁰⁵ Für eine Anwendung der Konzepte vgl. Malerba 2004a; Guerrieri & Tylecote 1997; Malerba & Orsenigo 1997. Für eine Anwendung im Kontext der Entstehung neuer Innovationssysteme vgl. Carlsson & Jacobsson 1997.

Faktoren Teil dieses Systems, wenn sie die Entwicklung, Diffusion oder Nutzung von Innovationen beeinflussen.³⁰⁷

„[...] a technological innovation system may be described as a network of agents interacting in the economic/industrial area under a particular institutional infrastructure and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology”.³⁰⁸

Der zentrale Fokus des Konzepts liegt auf der Dynamik und Transformation von Innovationssystemen.³⁰⁹ Technologische und Sektorale Innovationssysteme sind gekennzeichnet durch miteinander verbundene Produktgruppen, die eine bestehende oder entstehende Nachfrage adressieren und auf eine gemeinsame Wissensbasis zurückgreifen.³¹⁰ Ein Sektor („Industrial Area“) kann beispielsweise als ein Industriezweig (Maschinen- und Anlagenbau, Fahrzeugbau), ein Teil eines Industriezweiges (z.B. CNC-Maschinen, Nutzfahrzeugbau) oder eine Produktgruppe (punktgesteuerte CNC-Maschinen, Landmaschinen) abgegrenzt werden.³¹¹ Technologische bzw. Sektorale Innovationssysteme können in unterschiedliche geographische Kontexte (national und regional) eingebettet sein.³¹² Als wesentliche „Bausteine“ eines Sektors unterscheidet Malerba:

- Wissen und Technologien,
- Akteure und Netzwerke sowie
- Institutionen.³¹³

Die spezifische Kombination dieser Elemente macht die Struktur eines Sektors aus.³¹⁴ Innovationssysteme befinden sich in einem offenen Veränderungsprozess, der durch

³⁰⁶ Vgl. Edquist 1997:3. Das von Geels (2005 und 2004) vorgestellte Konzept sozio-technischer Systeme kann aufgrund seiner starken Ähnlichkeit den Ansätzen Technologischer und Sektoraler Innovationssysteme zugeordnet werden.

³⁰⁷ Vgl. Edquist (2005:182 und 1997:14). Die Gefahr, durch eine Definition ex ante wesentliche Einflussfaktoren systematisch auszuschließen, spricht für die Verwendung einer derart breit angelegten Definition (vgl. Edquist 2005:183). Die aus dieser Definition erwachsenden Schwierigkeiten einer exakten Abgrenzung von systeminternen und -externen Faktoren werden in Kauf genommen. Für eine stärker an Technologien orientierte Definition des Innovationssystems vgl. Carlsson & Stankiewicz (1995:23).

³⁰⁸ Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne (2006:3). Vgl. hierzu die Ähnlichkeit der Definition Sektoraler Innovationssysteme: "A sectoral innovation system can be defined as that group of firms active in developing and making a sector's artefacts and in generating and utilizing a sector's technologies - activities that may be accomplished in two ways: through processes of interaction and co-operation in artefact-technology development, and through processes of competition and selection in innovative and market activities." (Malerba & Orsenigo 1997:111).

³⁰⁹ Vgl. Malerba 2004a:13.

³¹⁰ Vgl. Malerba 2004a:16.

³¹¹ Vgl. Malerba 2005:68ff; Malerba 2004a:17.

³¹² vgl. Oinas & Malecki 2002:106.

³¹³ Vgl. Malerba 2004a:17ff.

³¹⁴ Vgl. Malerba 2004a:16.

eine Co-Evolution dieser Elemente gekennzeichnet ist,³¹⁵ in dem Lernen eine zentrale Rolle spielt³¹⁶ und in dem an unterschiedlichen Stellen Pfadabhängigkeiten auftreten.³¹⁷ Durch die inhärente Komplexität kann dieser Prozess von keinem Akteur kontrolliert, sondern höchstens beeinflusst werden. Bewusstes Design von Strukturen und ihr zufälliges Entstehen spielen gleichermaßen eine Rolle.³¹⁸

Das Konzept Technologischer bzw. Sektoraler Innovationssysteme wurde erfolgreich für die Analyse unterschiedlicher Sektoren, Industriezweige und Produktgruppen angewendet. Beispiele umfassen die Pharmabranche³¹⁹, die chemische Industrie,³²⁰ das Internet und die mobile Kommunikation,³²¹ die Softwarebranche,³²² den Maschinen- und Anlagenbau,³²³ den Service-Sektor,³²⁴ die Automobilbranche³²⁵ oder die Schifffahrt.³²⁶ Den möglichen Anwendungsrahmen zieht Malerba jedoch weiter:

“In general, sectoral systems may prove a useful tool for descriptive analyses of the innovation process in sectors; for the recognition of the factors affecting innovation; for studies of the relationship between innovation and the changing boundaries of sectors; for a full understanding of the short-term and long-term dynamics and transformation of sectors; for the identification of the factors affecting the international performance of firms and countries in the different sectors and for the development of new public policy indicators.”³²⁷

Auf Basis der Konzepte Technologischer bzw. Sektoraler Innovationssysteme werden in dieser Arbeit einzelne Technologien betrachtet. Damit verschiebt sich das Aggregationsniveau des Innovationssystems auf die Ebene einzelner Technologien. Diese Aggregationsstufe findet sich in den bisher durchgeführten Studien nicht, da in der Regel sehr technologische Systeme auf einer Makro-Ebene betrachtet wurden. Um aus diesem Grund auch eine begriffliche Abgrenzung von Technologischen sowie Sektoralen Innovationssystemen zu erreichen, wird im Folgenden die Bezeichnung des technolo-

³¹⁵ Vgl. Malerba 2004a:16.

³¹⁶ Aufgrund der fundamentalen Bedeutung des Lernens schlägt Edquist (2005:203) vor, den Begriff „Systems of Learning“ anstelle von „Systems of Innovation“ zu verwenden.

³¹⁷ Vgl. Edquist 1997:6.

³¹⁸ Vgl. Edquist 2005:191; Malerba 2004a:35; Edquist 1997:14.

³¹⁹ Vgl. McKelvey, Orsenigo & Pammolli 2004.

³²⁰ Vgl. Cesaroni, Gambardella, Garcia-Fontes & Mariani 2004.

³²¹ Vgl. Edquist 2005.

³²² Vgl. Steinmueller 2004.

³²³ Vgl. Wengel & Shapira 2004.

³²⁴ Vgl. Tether & Metcalfe 2004.

³²⁵ Vgl. Geels 2005.

³²⁶ Vgl. Geels 2002.

³²⁷ Malerba 2005:69.

giebasierten Innovationssystems verwendet.³²⁸ Technologiebasierte Innovationssysteme umfassen alle wirtschaftlichen, sozialen, politischen, organisationalen, institutionellen sowie sonstige Faktoren, wenn sie die Entwicklung, Diffusion oder Nutzung einer Technologie beeinflussen.

Zusammenfassend bieten die Innovationssystemansätze eine Konzeptionalisierung der Struktur sowie der Einflussfaktoren der Technologieentwicklung. Zudem wurden die Ansätze in zahlreichen Fällen angewendet, so dass eine hohe empirische Validität und eine grundsätzliche Anwendbarkeit für die Analyse in der Vorausschau und Planung gegeben sind. Problematisch ist, dass die Modelle bislang nur sehr eingeschränkt für die Beschreibung der Entstehung von Innovationssystemen genutzt werden.³²⁹ Der Entstehungsprozess ist jedoch besonders für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade von Relevanz. Aus diesem Grund ist eine Erweiterung der Modelle für die Anwendung in der Vorausschau und Planung notwendig.

3.1.4 Zwischenfazit: Integration der theoretischen und empirischen Grundlagen

Die diskutierten theoretischen Ansätze beschreiben die Kernkomponenten – Akteure und Institutionen – die die Struktur von Technologien ausmachen. In der Actor-Network-Theorie werden neben Individuen und Organisationen materielle Artefakte (z.B. Prototypen, Maschinen und Anlagen) berücksichtigt. Das Aufkommen einer Entwicklungsrichtung für eine neue Technologie wird durch das Stabilisieren von Beziehungen über Institutionen erklärt. Durch die Dimensionslosigkeit der Actor-Network-Theorie wird die simultane Betrachtung von Individuen (z.B. einzelne Wissenschaftler oder „Business Angels“), Organisationen auf der Mikro-Ebene (z.B. Unternehmen, Abteilungen von Unternehmen oder Forschungsinstitute) und Organisationen auf der Makro-Ebene (z.B. Regierungen, Regulierungsbehörden und Verbände) möglich. Akteure auf unterschiedlichen Ebenen schaffen und erhalten Institutionen aufrecht und werden bei ihren Handlungen von Regelwerken beeinflusst. Die Integration dieser bei-

³²⁸ Der Begriff des Technologischen Innovationssystems wird insgesamt sehr unterschiedlich verwendet. Hughes (1987) diskutiert in diesem Zusammenhang die Integration unterschiedlicher Technologien zu einem technologischen System. Die um Carlsson entstandenen Ansätze Technologischer Innovationssysteme legen ihren Fokus auf generische Technologien (vgl. Carlsson, Jacobsson, Holmen & Rickne 2002:235). Sektorale Konzepte orientieren sich stark an Branchenbezeichnungen. Dies ist bei der Technologieanalyse problematisch, da Technologien zum Teil in verschiedenen Industrien eingesetzt werden.

³²⁹ Die einzigen Ausnahmen bilden Carlsson & Jacobsson 1997 und Oinas & Malecki 2002.

den innovationstheoretischen Ansätze bietet einen breiten Theorierahmen, der sich auf die Entstehung neuer Technologien fokussiert.³³⁰

In Ergänzung dazu bietet das Konzept technologiebasierter Innovationssysteme unterschiedliche Potenziale für die Vorausschau und Planung neu aufkommender Technologien. Einerseits konzentriert sich der Ansatz auf eine Handhabung von Komplexität durch die Bildung differenzierter Kategorien (z.B. Akteure, Institutionen, Wissen, technologische Artefakte) sowie durch eine Fokussierung auf zentrale Prozesse innerhalb des Systems (z.B. Lernen, Entstehen von Pfadabhängigkeiten). Damit werden die in der Actor-Network-Theorie und in der Theorie technologischer Trajektorien verwendeten Kategorien präzisiert. Andererseits verfolgen Innovationssystem-Ansätze das Anliegen, sämtliche Einflussfaktoren auf den Innovationsprozess zu erfassen. Dies stellt eine wesentliche Voraussetzung für ein ganzheitliches Modell der Entstehung neuer Technologien dar, wie es für die Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade benötigt wird. Im Gegensatz zu einer traditionellen ceteris-paribus-Sichtweise können mit Hilfe dieses Konzeptes co-evolutorische Prozesse in Netzwerken, institutionellen Strukturen, technologischen Artefakten und Wissen abgebildet werden. Modelle Technologischer Innovationssysteme wurden bereits erfolgreich für die Analyse des Innovationsprozesses in unterschiedlichen Kontexten angewendet, so dass auch von einer Anwendbarkeit in der Vorausschau und Planung auszugehen ist.

Problematisch bei der Integration dieser drei Konzepte ist, dass bisher nur in Ausnahmefällen das Entstehen neuer Innovationssysteme analysiert wurde.³³¹ Für ein Modell des Aufkommens neuer technologischer Pfade ist daher eine Dynamisierung des Innovationssystem-Ansatzes erforderlich. Das erweiterte Innovationssystem-Modell soll den Prozess, in dem technologische Pfade zusammen mit technologiebasierten Innovationssystemen entstehen, abbilden. In Abschnitt 3.4 wird dieses Modell konzipiert. Davor findet eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus von Innovationssystemen statt. Dieser Aufbau umfasst sowohl die Strukturelemente (Akteure, Institutionen, Wissen, Artefakte) als auch die Funktionen des Systems.

³³⁰ Eine ähnliche Kombination der Actor-Network-Theorie und der Theorie technologischer Trajektorien findet sich bei Kumaresan und Miyazaki (2001). Die Autoren betonen die Bedeutung des Entstehens neuer Strukturen, allerdings ohne die Verknüpfung mit dem Ansatz Technologischer Innovationssysteme herzustellen (vgl. Kumaresan & Miyazaki 2001:436f.)

³³¹ Ausnahmen finden sich bei Oinas und Malecki (2002) und Carlsson und Jacobsson (1997), die sich allerdings auf eine sehr grobe Einteilung unterschiedlicher Phasen beschränken (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.4). Geels (2002) beschreibt den Wechsel zwischen zwei konkurrierenden sozio-technischen Systemen.

3.2 Strukturelemente

Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, die wesentlichen Elemente eines technologiebasierten Innovationssystems zu definieren und eine Kategorisierung für die Anwendung dieses Konzepts in der Vorausschau und Planung zu entwickeln. Den Ausgangspunkt bilden die vier unterschiedlichen Element-Typen. Handlungstragende Akteure innerhalb eines Technologiefeldes können Individuen und Organisationen sein. Die Akteure greifen auf einen Stock von spezifischem Wissen zurück und erweitern, vertiefen und rekombinieren diesen. Ein institutionelles Regelwerk stabilisiert die Beziehungen der Akteure zueinander. Des Weiteren manifestieren sich Handlungen, technologisches Wissen und Institutionen in den technologischen Artefakten eines Innovationssystems.³³² Elemente werden einem technologiebasierten Innovationssystem zugeordnet, wenn sie einen Einfluss auf den Innovationsprozess in diesem Feld ausüben.

3.2.1 Akteure: Individuen und Organisationen

Akteure sind definiert als Träger einer Handlung.³³³ Akteure innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems sind sowohl Individuen als formal strukturierte Organisationen.³³⁴ Bei Individuen kann es sich beispielsweise um einzelne Personen Forscher, Manager, Ingenieure oder Designer handeln. Organisationen können unter anderem Firmen, einzelne Abteilungen, Forschungsinstitutionen, Regierungen oder Behörden sein. Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung von Technologien in einem marktwirtschaftlichen Umfeld sind Unternehmen. Diese stellen einen wesentlichen „Lokus“ der Innovation dar, wie das Zitat von Constant belegt.

“Purchase or use of almost any modern technology is mediated by the complex organizations that are required to integrate the knowledge and resources necessary to produce and distribute the artefact or service.”³³⁵

Mit dem Aufkommen einer neuen Technologie entstehen neue Akteur-Netzwerke, die einem technologiebasierten Innovationssystem zugeordnet werden können.³³⁶ Jeder einzelne Akteur ist gekennzeichnet durch spezifische Ziele, Erwartungen und Kompe-

³³² Diese Teilung in vier Elemente unterscheidet sich von anderen Ansätzen auf dem Feld der Innovationssysteme. Malerba (2005:66f.) unterscheidet Wissen und Technologie, Akteure und Netzwerke sowie Institutionen. Ehrnberg und Jacobsson (1997:330ff.) grenzen wirtschaftliche Kompetenzen, Netzwerke und Institutionen voneinander ab.

³³³ Vgl. Callon 1992:4; Callon 1991:80.

³³⁴ Vgl. Edquist 2005:188.

³³⁵ Constant 1987:231.

³³⁶ Vgl. Callon, Larédo & Mustar 1997:389.

tenzen. Diese Merkmale beeinflussen sein Handeln ebenso wie Faktoren aus seinem Umfeld (vgl. Abbildung 4).³³⁷ Die Akteure in einem Technologiefeld sind durch Heterogenität dieser Merkmale gekennzeichnet.

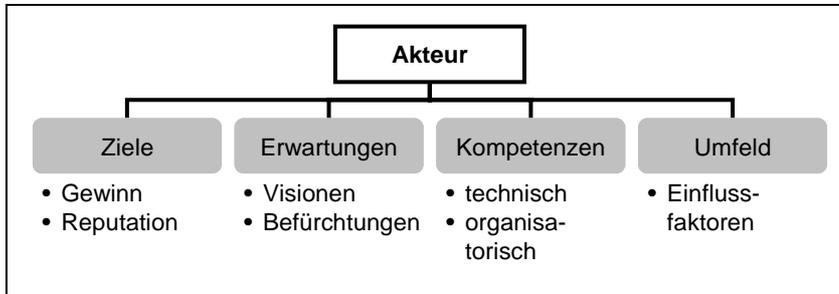


Abbildung 4: Handlungsbestimmende Faktoren eines Akteurs
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Akteure innerhalb eines Technologiefeldes stehen in Beziehung zueinander und formen hierdurch ein für ein technologiebasiertes Innovationssystem charakteristisches Netzwerk.³³⁸ Bei diesen Beziehungen kann es sich unter anderem um Kooperationsvereinbarungen, strategische Allianzen, Entwicklungsverträge, Freundschaften, gemeinsame Mitgliedschaften in Forschergruppen, Patentstreitigkeiten, wissenschaftliche Zitationen, gemeinsame Doktorväter oder den Austausch von Gütern und Dienstleistungen handeln. Entscheidend für das Vorhandensein eines Netzwerks ist es, dass Beziehungen zwischen mindestens drei Akteuren vorliegen, unabhängig von dem Charakter dieser Relationen.³³⁹ Die Verbindung heterogener Akteure erfolgt bei neuen Technologien häufig mit dem Ziel, unterschiedliche Kompetenzen zu integrieren, die beispielsweise für die Forschung und Entwicklung benötigt werden. Ebenso wie in der Actor-Network-Theorie können auch Netzwerke als Akteur definiert sein. Dabei hängt die Wahl der untersuchten Einheit von dem Ziel der Modellanwendung ab. Für die Analyse von Wettbewerbern kann es sinnvoll sein, das Unternehmen als Einheit zu untersuchen, für die Identifikation von profilierten Forschern oder Forschergruppen sollte eine auf Individuen bzw. Abteilungen gerichtete Analyse erfolgen. Ein Akteur-Netzwerk ist wiederum von anderen Netzwerken umgeben, die sich im Umfeld dieses Netzwerks befinden.

³³⁷ Vgl. hierzu Malerba 2004a:24; Callon 1991:142f.; Burns & Flam 1987:3f.

³³⁸ Diese Netzwerke unterschieden sich beispielsweise durch ihre Länge, die Breite oder den Grad der Polarisierung (Callon, Larédo. & Mustar 1997:389ff.).

³³⁹ Damit folgt das vorgestellte Modell Technologischer Innovationssysteme dem Netzwerkverständnis der Actor-Network-Theorie. Grundsätzlich führt dies weg von einer ausschließlichen Fokussierung auf Unternehmensnetzwerke. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Ziele der Analyse

Innerhalb eines Innovationssystems können die Akteure den vier Netzwerkpolen

- Technologie & Produktion,
- Markt & Anwendung,
- Staat und
- Wissenschaft

zugeordnet werden.³⁴⁰ Die Verteilung spezifischer Akteure auf unterschiedliche Pole ist jeweils für ein technologiebasiertes Innovationssystem charakteristisch. Eine beispielhafte Darstellung von Akteuren und deren Beziehungen innerhalb und zwischen den Netzwerkpolen findet sich in Abbildung 5.

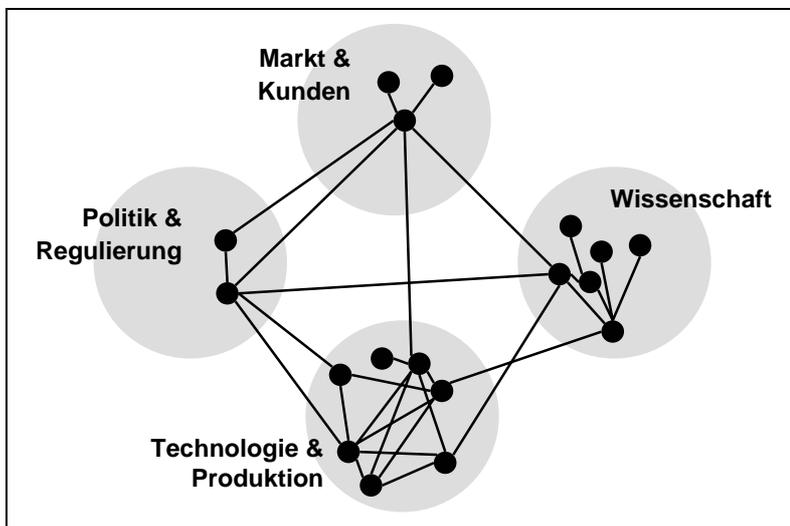


Abbildung 5: Akteur-Netzwerke an unterschiedlichen Polen eines technologiebasierten Innovationssystems
[Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an de Laet 2000:9]

Unabhängig von der Zuordnung zu einem Netzwerkpol können die Akteure unterschiedliche Rollen einnehmen. Beispielsweise lassen sich „Gatekeeper“, die Informationen aus einem Cluster³⁴¹ innerhalb des Netzwerks an andere Cluster oder an andere Akteur-Netzwerke weitergeben, „Hubs“, die zahlreiche Akteure verbinden, oder „Infor-

(beispielsweise der Identifikation profilierter Forscher vs. der Analyse von Wettbewerbern) ist diese Erweiterung angebracht.

³⁴⁰ Vgl. hierzu de Laet 2000:9ff.; Callon 1992:73f. sowie die Untersuchung von van Merkerk & Robinson 2006:418. Diese Zuordnung ist nicht immer trennscharf möglich. Beispielsweise könnten Lead-User aufgrund ihrer in manchen Branchen zentralen Rolle für den Entwicklungsprozess dem Pol „Technologie & Produktion“ zugeordnet werden (vgl. von Hippel 1979:90f. und 1978:40) während ebenso eine Zuordnung zu dem Pol „Markt & Anwendung“ vorstellbar ist.

³⁴¹ Cluster bezeichnen Gruppen von Akteuren innerhalb des Netzwerks, die besonders intensive oder enge Verbindungen zueinander aufweisen.

mation Brokers", die Informationen von außerhalb des Netzwerks einbringen, unterscheiden.³⁴²

Die Verbindungen der Akteur-Netzwerk-Perspektive mit weiteren Strukturelementen des Innovationssystems können sich wie folgt gestalten. Das Herausbilden von Netzwerken innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems ist das Ergebnis der Handlungen von Akteuren. Ebenso sind die Hervorbringung, Verdrängung und Aufrechterhaltung von Institutionen, die Herstellung technologischer Artefakte sowie die Veränderung der Wissensbasis innerhalb des Technologiefeldes Resultat individueller und organisatorischer Handlungen.³⁴³ Umgekehrt haben diese Strukturelemente einen Einfluss auf die Akteurs- und Netzwerklandschaft, wie in den folgenden Abschnitten diskutiert wird.

3.2.2 Institutionen

In dieser Arbeit werden Institutionen als Regeln menschlicher Interaktion definiert. Da der Innovationsprozess auf interaktiven Lernprozessen basiert, liegt ein erheblicher Einfluss des institutionellen Umfelds auf die Entwicklung neuer Technologien vor.³⁴⁴ Die institutionellen Regelungen innerhalb eines Innovationssystems führen über drei Funktionen zu einem gerichteten Innovationsprozess:

- die Reduktion von Unsicherheit,
- die Regelung von Interaktion und
- das Setzen von Anreizen.³⁴⁵

Insbesondere im Kontext der Entstehung technologiebasierter Innovationssysteme haben diese Funktionen eine wesentliche Bedeutung. Beispielsweise reduzieren Haftungs- und Qualitätsgesetze die Unsicherheit im Zusammenhang mit neuen Produkten und schaffen so die Voraussetzung für die Akzeptanz dieser Produkte. Gleichzeitig regeln diese Normen Verfahrensweisen, um mit Konflikten zwischen den Interaktionspartnern umzugehen, wie beispielsweise Nachweispflichten bei Gewährleistungsfällen. Durch Suchheuristiken sowie akzeptierte Problemlösungen werden zudem Anreize gesetzt, eine neue Technologie in eine bestimmte Richtung zu entwickeln. Ebenso können Standards, an denen sich die Akteure innerhalb eines Innovationssystems orientieren, eine koordinierende Wirkung entfalten. Neben der Förderung von Innovatio-

³⁴² Vgl. Spencer 2003:432; Stephenson 1998:41.

³⁴³ Vgl. hierzu auch Burns & Flam 1987:3f.

³⁴⁴ Vgl. Edquist & Johnson 1997:51.

³⁴⁵ Vgl. Edquist & Johnson 1997:51.

nen hat das institutionelle Regelwerk aber auch die Wirkung einer Barriere, wenn etablierte Standards Innovationen hemmen. Sind Materialien oder Bearbeitungsverfahren standardisiert, verhindert dies möglicherweise den Einsatz technologisch überlegener Verfahren oder Werkstoffe. Des Weiteren bieten neue Technologien insbesondere in der frühen Entwicklungsphase häufig nicht die gleiche Zuverlässigkeit wie etablierte Verfahren. Gewährleistungspflichten können in solchen Fällen zu einem Hindernis der Etablierung neuer Produkte werden.³⁴⁶

Institutionen können nach verschiedenen Kriterien klassifiziert werden. Unterscheiden lassen sich formelle und informelle Institutionen,³⁴⁷ harte und weiche Institutionen³⁴⁸ oder formale, normative und kognitive Institutionen.³⁴⁹ Aufgrund ihrer Verbreitung in Wissenschaft und Unternehmen wird für die Vorausschau und Planung in der vorliegenden Arbeit auf eine Unterscheidung von formellen und informellen Institutionen zurückgegriffen. Es wird unterstellt, dass die Regelungen auf einem Kontinuum zwischen einem formellen und einem informellen Ende liegen. Beispielsweise kann eine Institution rein formell (z.B. in Form eines Gesetzes, das bestimmte technologische Ansätze untersagt und Sanktionen definiert) oder ausschließlich informell (z.B. ein erwartetes Einsatzgebiet einer Technologie) sein. Häufig ist eine eindeutige Zuordnung jedoch nicht möglich,³⁵⁰ vor allem da formelle und informelle Regelungen in der Regel ineinander greifen.³⁵¹

Neben einer Trennung von formellen und informellen Institutionen können die ein Netzwerk betreffenden Regelungen nach vier Netzwerkpolen unterschieden werden.³⁵² Geels geht davon aus, dass jede dieser Sphären über ein spezifisches institutionelles Geflecht verfügt. Im Folgenden wird unterstellt, dass spezifische Regelungen am Politik- und Regierungspol, am Pol „Technologie & Produktion“, am Markt- und Anwendungspol sowie am Wissenschaftspol vorzufinden sind. Beispiele für solche Rege-

³⁴⁶ Zu der Uneindeutigkeit der Wirkung von Institutionen in Innovationssystemen vgl. Edquist & Johnson 1997:54f. Dies gilt unter anderem auch für Routinen in Unternehmen, die auf der einen Seite den Umgang mit neuen Technologien ermöglichen, auf der anderen Seite aber spezifisch für etablierte Technologien sein können (vgl. Pavitt & Steinmueller 2002:354ff.).

³⁴⁷ Vgl. Kasper & Streit 1999:31; Edquist & Johnson 1997:54.

³⁴⁸ Unter „harten“ Institutionen werden bindende Regelungen, unter „weichen“ Institutionen eher grundsätzliche Empfehlungen verstanden (vgl. Edquist & Johnson 1997:50).

³⁴⁹ Vgl. Coriat & Weinstein 2004:329f.; Scott 1995:33.

³⁵⁰ Beispielsweise sind Kriterien für wissenschaftliches Arbeiten teilweise schriftlich fixiert, deren Inhalt ist jedoch nicht abschließend definiert, es sind wenige Sanktionen festgelegt und die Regelung ist nicht für die Akteure bindend.

³⁵¹ Vgl. Geels 2004:905; Coriat & Weinstein 2004:329. Z.B. wird die Umsetzung von gesetzlichen Regelungen zum Umweltschutz in Standards konkretisiert, die eine bestimmte Nutzungsweise des Endproduktes unterstellen. In diesem Fall sorgt ein Geflecht von formellen (gesetzlichen und normativen) und informellen Regelungen für die Berücksichtigung von Umweltschutzaspekten bei der Umsetzung einer neuen Technologie.

³⁵² Vgl. Geels 2004:906.

lungen sind in Abbildung 6 entlang des Kontinuums von formellen zu informellen Institutionen dargestellt. Ergänzt werden diese Regelungen innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems durch Regelungen, die sich im Umfeld befinden.

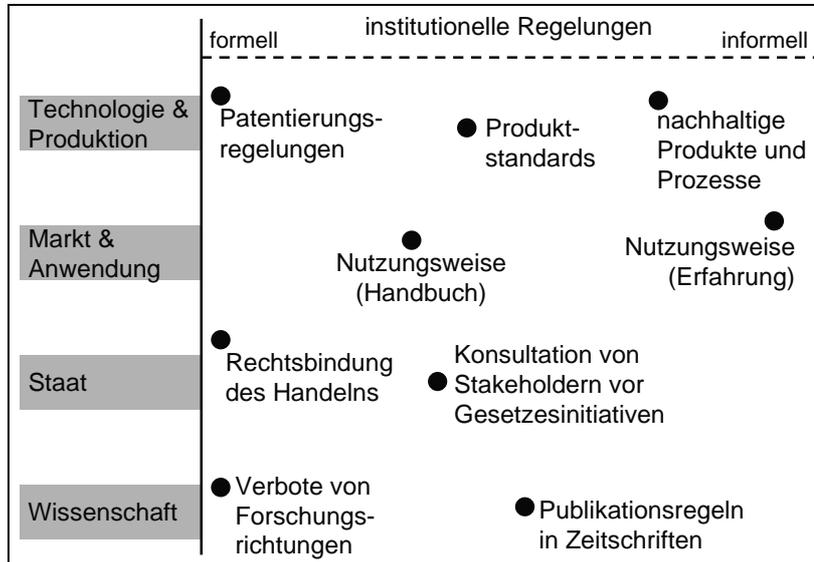


Abbildung 6: Institutionelle Regelungen an unterschiedlichen Polen eines technologiebasierten Innovationssystems [Quelle: eigene Darstellung]

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Institutionen durch Akteure entstehen und die Handlungen dieser Akteure wiederum beeinflussen. Weiterhin wird unterstellt, dass sich Institutionen in dem Design der Artefakte eines Netzwerks niederschlagen, z.B. im Fall von Produktstandards. Da Institutionen einen richtungsweisen Charakter besitzen, beeinflussen sie die in einem Technologiefeld akkumulierte Wissensbasis und die zulässigen Lernmodi. Umgekehrt können Veränderungen in der Wissensbasis neue Regelungsbemühungen, etwa das Aufstellen neuer Standards, auslösen.

3.2.3 Wissensbasis

Jedes technologiebasierte Innovationssystem verfügt über eine charakteristische Wissensbasis.³⁵³ In Anlehnung an Davenport und Prusak wird Wissen im Rahmen dieser Arbeit wie folgt definiert als:

“[...] fluid mix of framed experience, values, contextual information, and expert insight that provides a framework for evaluating and incorporating of

³⁵³ Vgl. Malerba 2005:66; Carlsson & Jacobson 1997:268.

new experiences and information. It originates and is applied in the mind of knowers. In organizations it often becomes embedded not only in documents or repositories, but also in organizational routines, process practices, and norms."³⁵⁴

Der Wissensbegriff umfasst somit die Komponenten Kenntnisse und Fähigkeiten, die in einem Kontext mit Personen, Normen, Werten und Handlungen stehen.³⁵⁵ Dieser Kontext ist die Voraussetzung dafür, dass „reine“ Informationen, die aus Daten und Zeichen aufgebaut sind, zu Wissen werden.³⁵⁶ Wissen lässt sich in die Kategorien implizites und explizites Wissen einteilen.³⁵⁷ Ersteres umfasst nach Weissenberger-Eibl themenabhängiges Kontextwissen, situationsbezogenes Horizontwissen sowie lebensweltliches Hintergrundwissen.³⁵⁸ Es lässt sich durch Sprache und Zeichen nur schwierig vermitteln. Formales, explizites Wissen liegt beispielsweise in Dokumenten vor und kann über Sprache und Zeichen eindeutig kommuniziert werden.³⁵⁹

Das in einem technologiebasierten Innovationssystem vorhandene Wissen lässt sich den Polen „Wissenschaft“, „Technologie & Produktion“, „Markt & Anwendung“ sowie „Politik“ zuordnen.³⁶⁰ Bei Wissen im Bereich des wissenschaftlichen Pols handelt es sich vor allem um Grundlagenwissen in den Bereichen der Naturwissenschaften und der Medizin, das durch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten generiert wurde. Der Pol von Technologie und Produktion umfasst sowohl Wissen über die Produkt- und Prozessgestaltung (z.B. Designs und Konstruktionsprinzipien) als auch Wissen über die Integration unterschiedlicher Technologien, Komponenten und Ausgangsmaterialien.³⁶¹ Wissen im Bereich von Märkten und Anwendungen setzt sich auf der Anbieterseite aus Kenntnissen von Kundenbedürfnissen, Kaufverhalten, Vertrieb und Marketing und auf der Nachfragerseite aus Kenntnissen über die Anwendung, alternative Anbieter und Qualität zusammen.³⁶² Im Regierungsbereich handelt es sich vorwiegend um Wissen über Technikfolgen in Gesellschaft und Umwelt sowie um nationale Standortwirkungen. Das Wissen im politischen Bereich wird vor allem für die Regulierung einer Technologie genutzt.

³⁵⁴ Davenport & Prusak 2000:24.

³⁵⁵ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:26f.

³⁵⁶ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:27; Rehäuser & Krcmar 1996:6.

³⁵⁷ Vgl. hierzu Weissenberger-Eibl 2006:3; Für eine Übersicht über verschiedene Wissensbegriffe und Vertreter vgl. Weissenberger-Eibl 2006:249ff.

³⁵⁸ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:27.

³⁵⁹ Vgl. Polanyi 1985:10.

³⁶⁰ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:12 für eine Einteilung nach den Wissenstypen Wissenschaft, Produktion, Technologie, Markt, Logistik, Anwendung und Design.

³⁶¹ Vgl. Danneels 2002:1103; vgl. hierzu auch Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:666.

³⁶² Vgl. Danneels 2002:1102f.

Im Zeitablauf wird der Wissensbasis eines technologiebasierten Innovationssystems neues Wissen hinzugefügt, Wissen wird verändert und weiterentwickelt sowie verteilt und gespeichert.³⁶³ Die vorherrschenden Arten des Wissens sowie die Wissensverteilung an den unterschiedlichen Polen können sich im Verlauf des Innovationsprozesses wandeln.³⁶⁴ Gerade in der frühen Entwicklungsphase eines Innovationssystems rekurriert die Wissensbasis auf Wissen aus anderen Systemen, bevor sich eine eigene, charakteristische Wissensbasis herausbildet.

Im Folgenden werden die Zusammenhänge mit anderen Elementen technologiebasierter Innovationssysteme diskutiert. Akteure können als wesentliche Träger des Wissens definiert werden. Individuen sind die bedeutendsten Träger impliziten Wissens, während sich explizites Wissen vor allem in Organisationen in Form von Routinen manifestiert. Die Akteure beeinflussen durch ihre Handlungen die Wissensbasis eines Innovationssystems, indem z.B. neues Wissen hervorgebracht und genutzt wird. Wissen über eine Technologie beeinflusst das institutionelle Umfeld, da es teilweise neue gesetzliche Regelungen (z.B. im Fall der Gentechnik) oder eine Veränderung der Nutzungsgewohnheiten (z.B. im Fall der Einführung des Mobilfunks) erfordert. Wissen bildet außerdem die Voraussetzung für die Gestaltung und für die Anwendung technologischer Artefakte.

3.2.4 Technologische Artefakte

Eine weitere Klasse von Strukturelementen innerhalb von Innovationssystemen sind technologische Artefakte. Als technologische Artefakte werden einzelne Gegenstände oder Gruppen von Gegenständen bezeichnet, die durch menschliche Handlungen entstehen und die zusammen oder alleine eine bestimmte Funktion erfüllen.³⁶⁵ Es kann sich beispielsweise um Produktionsstätten, Maschinen, Anlagen, Roboter, wissenschaftliche Instrumente, Zwischen- oder Endprodukte handeln. Ein technologiebasiertes Innovationssystem umfasst eine Vielzahl technologischer Artefakte, die einzeln oder mit mehreren Artefakten und Personen zusammenwirken. Technologische Artefakte und die Verbindungen zwischen ihnen sind wesentliche Charakteristika eines technologiebasierten Innovationssystems.³⁶⁶

³⁶³ Vgl. Foray 1997:64; Smith 1997:95. Die Prozesse, die im Zusammenhang mit der Erweiterung und Verbreitung der Wissensbasis stehen, werden in Abschnitt 3.3.2 vertiefend diskutiert.

³⁶⁴ Vgl. Malerba & Orsenigo 1997:97.

³⁶⁵ Vgl. Callon 1991:135

³⁶⁶ Vgl. Malerba 2005:66. Bestimmte Produktionsverfahren und die zugehörige Produktionsinfrastruktur können spezifisch für Technologien, wie beispielsweise Anlagen für das Spritzgießen in der Herstellung von Kunststoffbauteilen, sein.

Im Entstehungsprozess eines Innovationssystems bildet sich eine spezifische Struktur technologischer Artefakte heraus. Zum einen werden vorhandene Artefakte neu kombiniert oder verändert, beispielsweise wenn auf vorhandenen Produktionsstraßen neue Produktionsprozesse realisiert werden. Zum anderen kann für die Herstellung oder Anwendung neuer Technologien das Schaffen neuer Artefakte erforderlich sein. Dies gilt z.B. für neue Zwischen- und Endprodukte oder hochspezialisierte Fertigungsmaschinen.

Grundsätzliche Beziehungen technologischer Artefakte zu anderen Elemente technologiebasierter Innovationssysteme werden im Folgenden dargestellt. Technologische Artefakte werden durch die Handlungen der Akteure erstellt oder kombiniert. Dabei manifestieren sich bestimmte Verhaltenserwartungen der Ingenieure und formelle Regeln im Design der Artefakte. Fertigungsmaschinen werden entsprechend gesetzlich definierter Sicherheitsanforderungen konstruiert und Endprodukte implizieren durch ihre Gestaltung eine bestimmte Art der Anwendung. Artefakte beeinflussen daher das Zusammenwirken und Handeln der Akteure in einem Innovationssystem maßgeblich. In der Art und Weise der Integration von Artefakten innerhalb eines Innovationssystems spiegelt sich außerdem die verfügbare Wissensbasis innerhalb des Systems wider. Beispielsweise kann für den Entwurf eines Produktionsablaufs der Erwerb von neuem Wissen erforderlich sein oder neue Kenntnisse können eine Anpassung der Produktionsstruktur nahelegen. Ebenso ist das Design eines Endprodukts das Ergebnis des Wissens über Kundenanforderungen, Produktionsmöglichkeiten, Anwendungen oder Faktorpreise.

3.3 Funktionen

Im Folgenden werden – anknüpfend an die vorangegangene Diskussion der Elemente – unterschiedliche Funktionen technologiebasierter Innovationssysteme vorgestellt. Die Berücksichtigung einer Funktionsperspektive bietet mehrere Potenziale bei der Analyse dieser Systeme.³⁶⁷

- Die statische Betrachtung von Systemelementen wird um eine Prozessperspektive erweitert.³⁶⁸
- Es können diejenigen Funktionen identifiziert werden, die von den Akteuren eines Systems nur unzureichend erfüllt werden.

³⁶⁷ Auf den Forschungsbedarf im Zusammenhang mit dem Verständnis von Funktionen von Innovationssystemen und deren Potenzial weisen unter anderem Edquist (2005:201) sowie Balzat & Hanusch (2004:201) hin.

³⁶⁸ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:11; Edquist 2005:201; Liu & White 2001:1092.

- Konkurrierende Technologien innerhalb eines Innovationssystems lassen sich nach dem Grad der Erfüllung unterschiedlicher Funktionen beurteilen.

Die Kernthese der Betrachtung von Funktionen eines Innovationssystems lautet, dass in vollständig entwickelten Innovationssystemen ein charakteristisches Set an Funktionen erfüllt wird.³⁶⁹ In Anlehnung an Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne werden Funktionen im Folgenden als die zentralen Prozesse innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems verstanden.³⁷⁰

Diese dienen der Erfüllung der „übergreifenden Zielsetzung“³⁷¹ beziehungsweise der „Hauptfunktion“³⁷² eines Innovationssystems, und zwar „dem Aufrechterhalten von Innovationsprozessen, das heißt der Entwicklung, Verbreitung und Nutzung von Innovationen.“³⁷³ Zum Umfang und zu der Bezeichnung einzelner Funktionen existieren verschiedene Ansätze,³⁷⁴ die in Tabelle 2 gegenübergestellt sind. Alle Autoren weisen darauf hin, dass die Funktionen eines Innovationssystems eng miteinander verknüpft sind.³⁷⁵ Ein Vergleich der von unterschiedlichen Autoren definierten Funktionen zeigt, dass die neueren Beiträge jeweils einen Kern von sechs bis sieben Funktionen identifizieren. Dagegen differieren die Anzahl und die Bezeichnungen der Funktionen bei den früheren Beiträgen sehr stark. Insbesondere die Konzepte von Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann und Smits³⁷⁶ sowie von Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne³⁷⁷ sind nahezu deckungsgleich in Bezug auf die Funktionsbezeichnung und die Inhalte.

In dieser Arbeit wird eine Klassifikation von sechs Funktionen als Grundlage der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade vorgeschlagen. Diese lehnt sich aus den im Folgenden diskutierten Gründen an die Arbeiten von Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann und Smits sowie Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne an.

³⁶⁹ Vgl. hierzu Bergek & Jacobsson 2003:198.

³⁷⁰ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:11.

³⁷¹ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:11.

³⁷² Vgl. Edquist 2005:182.

³⁷³ Edquist 2005:182. „The main function in SIs [Systems of Innovation, d.V.] is to pursue innovation processes, i.e. to develop, diffuse and use innovations.“

³⁷⁴ Innerhalb dieser Debatten werden sowohl die Bezeichnungen „Funktion“ (Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006; Bergek & Jacobsson 2003, Rickne 2000) und „Aktivität“ (Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006; Edquist 2005; Liu & White 2001), synonym verwendet. Nach Edquist (2005:182) werden Aktivitäten innerhalb eines Innovationssystems als diejenigen Faktoren definiert, die die Entwicklung, Diffusion und Nutzung von Innovationen beeinflussen. In dieser Arbeit wird ausschließlich der Begriff der Funktion verwendet.

³⁷⁵ Vgl. hierzu unter anderem Bergek & Jacobsson 2003:199.

³⁷⁶ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann und Smits 2006:9ff.

³⁷⁷ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:11ff.

Rickne 2000	Bergek & Jacobsson 2003	Liu & White 2001	Edquist 2005	Hekkert et al. 2006	Bergek et al. 2006
<ul style="list-style-type: none"> • Schaffen von Humankapital • Schaffen und Verbreiten technologischer Chancen • Inkubatoren (Gebäude, Ausrüstung, administrative Unterstützung) • Fördern von Regulierungen • Legitimierung von Technologie und Unternehmen • Schaffen von Märkten und Marktwissen • Unterstützen von Networking • Führen von Markt- und Partnersuche • Fördern von Finanzierungen • Schaffen eines Arbeitsmarktes 	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffen neuen Wissens • Richtungsgebung für den Suchprozess • Bereitstellen von Ressourcen • Schaffen positiver externer Effekte • Fördern der Entstehung von Märkten 	<ul style="list-style-type: none"> • Bildung • Forschung und Entwicklung • Implementierung • Endanwendung • Verbindung 	<ul style="list-style-type: none"> • Forschung und Entwicklung • Kompetenzaufbau • Formation neuer Produktmärkte • Kommunikation von Qualitätsanforderungen • Schaffen und Verändern von Organisationen • Networking durch Märkte und andere Mechanismen • Schaffen und Verändern von Institutionen • Inkubation • Finanzierung • Consulting 	<ul style="list-style-type: none"> • Gründertätigkeiten • Wissensentwicklung • Wissensverbreitung • Richtungsgebung für den Suchprozess • Marktbildung • Schaffen von Legitimität, Überwinden von Hindernissen • Mobilisierung von Ressourcen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensentwicklung und -verbreitung • Richtungsgebung für den Suchprozess • Gründungsbemühungen • Marktbildung • Legitimierung • Mobilisierung von Ressourcen • Schaffen positiver externer Effekte

Tabelle 2: Funktionen von Innovationssystemen
 [Quelle: Liu & White 2001:1093; Bergek & Jacobsson 2003:198f.; Rickne 2000:175; Edquist 2005:190f.; Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:9ff.; Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:11ff.]

Erstens berufen sich diese Autorengruppen bei der Zusammenstellung des Funktionssets auf empirische Arbeiten sowie eine Synthese der vorangegangenen theoretischen

Beiträge,³⁷⁸ während sich die übrigen Autoren vornehmlich auf empirische Arbeiten in bestimmten Industrien oder Ländern stützen.³⁷⁹ Der Geltungsbereich des theoretisch und empirisch begründeten Funktionssets ist potenziell höher. Zweitens ist die Abgrenzung der Funktionen untereinander in diesen Konzepten besser möglich als bei den Autoren, die besonders viele Funktionen unterscheiden.³⁸⁰ Dies vereinfacht eine Operationalisierung im Rahmen der Vorausschau und Planung. Drittens beziehen sich die beiden oben genannten Autorengruppen auf das Konzept Technologischer Innovationssysteme.³⁸¹ Es wird unterstellt, dass das für Technologische Innovationssysteme spezifische Set für die Anwendung auf technologiebasierte Innovationssysteme im Sinne dieser Arbeit besser geeignet ist als die übrigen Funktionsunterscheidungen. Viertens erscheint dieses Funktionsset für die Vorausschau und Planung am besten geeignet, da sich die hier bezeichneten Funktionen weitgehend komplementär zu den Strukturelementen technologiebasierter Innovationssysteme verhalten. Somit wird eine zusätzliche Sichtweise auf den Innovationsprozess ermöglicht, die Redundanzen mit der Element-Perspektive vermeidet. Fünftens weisen die späteren Anätze eine Konvergenz in der Funktionsbeschreibung auf. Dies könnte auf einen beginnenden Konsens im Bereich der Funktionsdefinition hindeuten.

Zu den Funktionen technologiebasierter Innovationssysteme in dieser Arbeit werden daher die Schaffung und Verbreitung von Wissen, das Beeinflussung der Richtung des Forschungsprozesses, Gründungsaktivitäten, die Bildung von Märkten, die politische Legitimierung und die Mobilisierung von Ressourcen gezählt. Die bei Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne beschriebene Funktion der „Erzeugung von Externalitäten“ wird als kollektives Ergebnis der übrigen Aktivitäten verstanden und daher nicht vertiefend betrachtet.³⁸² Die folgenden Abschnitte stellen diese Funktionen ein-

³⁷⁸ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:12; Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann und Smits 2006:9.

³⁷⁹ Vgl. Bergek & Jacobsson 2003; Liu & White 2001; Rickne 2000.

³⁸⁰ Beispielsweise könnte bei Edquist (2005:190f.) die „Kommunikation von Qualitätsanforderungen“ dem „Schaffen und Verändern von Institutionen“ zugeordnet werden. Die Funktionen „Inkubation“ und „Finanzierung“ liegen ebenso wie die Funktionen „Formation neuer Produktmärkte“ und „Networking durch Märkte und andere Mechanismen“ sehr dicht beieinander. Ähnlich verhält es sich bei dem „Führen von Markt und Partnersuche“ und dem „Schaffen und Verbreiten technologischer Chancen“, dem „Schaffen von Humankapital“ und dem „Schaffen eines Arbeitsmarktes“ oder dem „Fördern von Finanzierungen“ und der „Inkubation“ bei Rickne (2000:175).

³⁸¹ Liu & White (2001:1092) betrachten das nationale chinesische Innovationssystem. Edquist (2005:201) nimmt eine übergreifende Perspektive ein.

³⁸² Vgl. hierzu auch die Darstellung von Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne (2006:20ff.) bei der deutlich wird, dass positive Externalitäten durch eine Erfüllung der übrigen Funktionen entstehen. Verstärkte Gründungstätigkeiten führen zu einem insgesamt gesteigerten Ressourcenzufluss sowie zu der Bildung neuer Märkte und zur Herausbildung einer Entwicklungsrichtung. Somit lässt sich die Funktion der „Entstehung von Externalitäten“ als Ergebnis der einzelnen Funktionen verstehen und unter diese Funktionen subsumieren.

schließlich ihrer Verbindung zu den Strukturelementen technologiebasierter Innovationssysteme dar.

3.3.1 Mobilisierung von Ressourcen

Der Input von Ressourcen ist eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines technologiebasierten Innovationssystems. Es handelt sich um unterschiedliche zu mobilisierende Ressourcen, wie Humanressourcen, finanzielle Ressourcen oder physikalische Ressourcen.³⁸³ Innerhalb der Kategorie der Humanressourcen kann es sich beispielsweise um qualifizierte Arbeitskräfte handeln, die durch spezielle Lehr- und Studiengänge, innerbetriebliche Weiterbildungsangebote, Diplom- oder Doktorarbeiten sowie sonstige universitäre Veranstaltungen mobilisiert werden; um Manager, Unternehmensgründer und Finanziers, die durch die Erwartung von Renditen, Verdienstmöglichkeiten, von strategischen Wettbewerbsvorteilen oder attraktiven Zukunftsmärkten angezogen werden oder um Wissenschaftler, die durch neue Forschungsprogramme, das Vergeben von Forschungsstipendien oder Forschungspreise angezogen werden. In der Kategorie des intellektuellen Kapitals können Rechte wie Lizenzen oder Patente zu mobilisieren sein, um innovative Tätigkeiten, wie die Neuproduktentwicklung oder die Konzeption von Produktionsprozessen zu ermöglichen.³⁸⁴ Zu der Kategorie der finanziellen Ressourcen zählt insbesondere Kapital, um Unternehmensgründungen, Forschungsvorhaben oder Entwicklungsprojekte durchzuführen. Bei physikalischen Ressourcen handelt es sich beispielsweise um Rohstoffe, Zwischenprodukte oder technologische Infrastrukturen wie z.B. Produktionsanlagen.³⁸⁵

Ohne diese erste Funktion ist die Existenz eines technologiebasierten Innovationssystems nicht vorstellbar. Wie in den folgenden Abschnitten deutlich wird, handelt es sich bei der Mobilisierung von Ressourcen um eine Voraussetzung, damit andere Funktionen erfüllt werden können. Die Funktionserfüllung lässt sich in den Strukturelementen des Innovationssystems ablesen. Zum Beispiel indizieren die Anzahl und die Zuwachsrate der Akteure in einem Netzwerk das Erfüllen der Mobilisierung von Humankapital. Die verfügbare Produktionsinfrastruktur sowie die Input-Output-Beziehungen des Sys-

³⁸³ Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne (2006:19) unterscheiden Humankapital, Finanzkapital und komplementäre Güter, allerdings mangelt es an einer theoretischen oder empirischen Begründung dieser Unterscheidung. Diese könnten insbesondere Ansätze der ressourcenbasierten Theorie des Unternehmens liefern. Zusätzlich zu Human- und Finanzkapital unterscheiden diese Ansätze häufig die Kategorie physikalischer Ressourcen (vgl. hierzu unter anderen Eisenhardt & Martin 2000:1106f.; Prahalad & Hamel 1990:82).

³⁸⁴ Beispielsweise hängt der Fortschritt in der Lab-on-a-Chip-Technologie von dem Zugang zu zentralen Patenten der Unternehmen Affymetrix und Oxford Gene Technology Ltd. ab (vgl. hierzu Deutscher Bundestag 2004:117).

³⁸⁵ vgl. hierzu Teece, Pisano & Shuen 1997:516.

tems signalisieren die Bewegungen physikalischer Ressourcen. Die bei den Akteuren verfügbaren finanziellen Mittel zeigen die Mobilisierung von Finanzkapital an. In der Vorausschau und Planung erfolgt daher eine Analyse der Strukturelemente, um Rückschlüsse auf die Mobilisierung von Ressourcen zu ziehen.

3.3.2 Schaffung und Verbreitung von Wissen

Die Wissensbasis einer Technologie verändert sich im Entwicklungsprozess von Innovationssystemen.³⁸⁶ Der Wissensbasis wird neues Wissen hinzugefügt, bestehendes Wissen wird verändert, weiterentwickelt und innerhalb des Innovationssystems verbreitet.³⁸⁷ Die Erfüllung dieser Teilfunktionen im Kontext eines technologiebasierten Innovationssystems wird im Folgenden diskutiert.

Es können zwei Arten der Wissensgenerierung unterschieden werden. Es besteht die Möglichkeit, vorhandene Routinen weiter zu verfeinern und vorhandenes Wissen zu vertiefen („Exploitation“) oder neues Wissen hervorzubringen („Exploration“).³⁸⁸ Ein technologiebasiertes Innovationssystem ist in den frühen Phasen vornehmlich durch Prozesse der Exploration gekennzeichnet, während in etablierten Innovationssystemen die Exploitation des vorhandenen Wissens überwiegt. Zusätzlich sind verschiedene Arten der Wissensgenerierung an den Netzwerkpolen zu unterscheiden. Im Bereich des Wissenschaftspols werden neue Kenntnisse vornehmlich durch Forschungsprojekte im Bereich der Grundlagenforschung und durch wissenschaftliche Diskurse erlangt. Technologisches Wissen entsteht sowohl durch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als auch durch „Learning-by-Doing“.³⁸⁹ Wissen über Märkte und Anwendungen wird in der Interaktion von Unternehmen und Anwendern sowie durch die Nutzer selbst („Learning-by-Using“) generiert.³⁹⁰ Im Bereich der Regierung ist Wissen über die Folgen und Risiken neuer Technologien sowie über geeignete Förderpolitiken relevant. Es wird über Studien und Gutachten, in Fachausschüssen oder durch die Tätigkeit von Arbeitsgruppen erlangt.

Die Verteilung des Wissens innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems ist von den vorhandenen Wissensarten abhängig. Patente, Publikationen und Lizenzen erhalten mit steigendem Formalisierungsgrad des Wissens einen höheren Stellenwert,

³⁸⁶ Vgl. Malerba & Orsenigo 1997:97.

³⁸⁷ Vgl. Foray 1997:64; Smith 1997:95. Die Untersuchungen von Weissenberger-Eibl (2006:119ff.) über das Wissensmanagement in Netzwerken bestätigen die Zentralität des Generierens, Verteilens und Transferierens von Wissen.

³⁸⁸ Vgl. Cohendet & Lerena 1997:228ff; March 1991:72f.

³⁸⁹ Vgl. Arthur 1994:84.

³⁹⁰ Vgl. hierzu Danneels 2002:1102f.; Geroski 2003:61f.

während individuelle Kommunikation, Arbeitsgruppen und Trainings oder individuelle Mobilität vor allem im Kontext einer wenig formalisierten Wissensbasis von Relevanz sind.³⁹¹ Die Diffusionsgeschwindigkeit von Wissen ist unter anderem determiniert durch die Offenheit der Wissensbasis, das heißt den Zugang zu relevantem Wissen.³⁹² Sie hängt weiterhin von dem gemeinsamen Wissen der Individuen innerhalb des Systems ab.³⁹³ Grant zählt hierzu insbesondere ein gemeinsames Set an hochspezifischem Wissen, eine gemeinsame (Fach-)Sprache sowie andere geteilte Formen symbolischer Kommunikation.³⁹⁴ Neben der systemspezifischen gemeinsamen Wissensbasis ist die wechselseitige Anerkennung individueller Wissensbereiche eine zentrale Voraussetzung für den Wissenstransfer innerhalb eines Innovationssystems.³⁹⁵ Das Speichern von Wissen erfolgt neben der Ablage in Datenbanken unter anderem über Routinen innerhalb der Unternehmen.

Das Erfüllen dieser Funktion spiegelt sich insbesondere in der verfügbaren Wissensbasis eines technologiebasierten Innovationssystems wider. Das Wissen manifestiert sich jedoch auch in den vorhandenen technologischen Artefakten (z.B. in innovativen Fertigungskonzepten, neuen Materialien oder Produktdesigns), in dem institutionellen Geflecht (z.B. in spezifischen Interaktionsstandards, gesetzlichen Regelungen zum Umwelt- und Verbraucherschutz, Nutzungsgewohnheiten der Anwender) oder in den Akteursbeziehungen (z.B. in F&E-Kooperationen) innerhalb des Systems. Die Evaluation der Funktion der Schaffung und Verbreitung von Wissen erfolgt in der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade daher über die detaillierte Betrachtung der Strukturelemente.

3.3.3 Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses

In der Konstruktivismus-Diskussion von Technologie lautete eine Kernthese, dass sich Technologien nicht nach einer internen Logik entwickeln, sondern dass die Entwicklungsrichtung aus der Summe von Entscheidungen einzelner Akteure resultiert.³⁹⁶ Diese These impliziert, dass in sämtlichen Innovationsphasen Entscheidungen über unterschiedliche Entwicklungsoptionen beispielsweise von Design und Funktionalität zu treffen sind, die das Erscheinungsbild einer Technologie prägen. Das Zustandekommen

³⁹¹ Vgl. Malerba & Orsenigo 1997:97.

³⁹² Vgl. Foray 1997:64. Die Offenheit der Wissensbasis lässt sich in vier Dimensionen definieren: Formale Kodifizierung vs. Informalität, Öffentlichkeit vs. Privatheit, Ausweis- vs. Geheimhaltungspflicht sowie allgemeinem Verständnis vs. Spezifität der Codes.

³⁹³ Vgl. Grant 1996:115.

³⁹⁴ Vgl. hierzu auch Weissenberger-Eibl 2006:4f.

³⁹⁵ Vgl. Grant 1996:116.

³⁹⁶ Vgl. hierzu insbesondere Bijker, Hughes & Pinch 1987.

dieser Entscheidungen wird in der Funktion „Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses“ zusammengefasst.³⁹⁷

Aufgrund der Vielzahl der am Innovationsprozess beteiligten Akteure, der Masse konkurrierender Konzepte und der Breite von Optionen, ist der technologische Innovationsprozess gerade in den frühen Phasen als nicht zentral steuerbar anzusehen. Die Richtung des Suchprozesses wird daher durch unterschiedliche Aktivitäten vorgegeben. Dazu zählen etwa die Ausgestaltung von Forschungsprogrammen und einzelnen Förderbekanntmachungen, die gesetzliche Regulierung einer neuen Technologie, die Artikulation spezifischer Bedürfnisse durch die Anwender oder die Erstellung von Technologieroadmaps und von Strategiepapieren auf der Branchenebene. Die Funktion der Fokussierung und Koordination von Aktivitäten übernehmen insbesondere in den frühen Phasen des Innovationsprozesses zusätzlich Zukunftserwartungen.³⁹⁸ Grundsätzlich kann unterstellt werden, dass mit einer eindeutigen Ausgestaltung der Forschungsprogramme, mit einer von allen Akteuren unterstützten Technologieroadmap sowie mit einer höheren Konvergenz positiver oder negativer Zukunftserwartungen die Orientierung des Suchprozesses besser funktioniert.

Die Erfüllung der Funktion der Richtungsgebung im Suchprozess lässt sich in der Vorausschau und Planung durch die Analyse der Strukturelemente erfassen. Beispielsweise zeigen sich Einigkeiten oder Differenzen innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems an dem Vorhandensein konkurrierender Institutionen. Dabei kann es sich um alternative Erwartungen der Akteure, verschiedene Standards oder unterschiedliche Förderpolitiken öffentlicher Geldgeber handeln. Die Existenz einer Vielzahl von Anwendern in den Akteur-Netzwerken lässt auf eine gute Artikulation ihrer Bedürfnisse schließen. Liegen übergeordnete Akteure (z.B. Verbände) vor, die von sämtlichen anderen Akteuren unterstützt werden, so lässt dies ebenfalls den Rückschluss auf eine abgestimmte Strategie und eine gute Funktionserfüllung zu.

3.3.4 Gründungstätigkeiten

Die zentrale Bedeutung von Gründern im Prozess der technologischen Innovation wurde bereits durch Schumpeter herausgestellt, der diese als Auslöser von Prozessen der kreativen Zerstörung ausmachte.³⁹⁹ Gründungstätigkeiten in technologiebasierten Innovationssystemen umfassen den Aufbau neuer Unternehmen durch Entrepreneur

³⁹⁷ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:11.

³⁹⁸ Vgl. Brown, Rappert & Webster 2000; van Lente 1993:67ff.

³⁹⁹ Vgl. Schumpeter 1934:110f.

oder die Diversifikation etablierter Unternehmen in dieses System.⁴⁰⁰ Gründer erfüllen die Funktion, Geschäftsmöglichkeiten, die sich in einem neuen Innovationssystem ergeben, auszunutzen.⁴⁰¹ Sie entdecken neue Chancen, tragen Risiken und koordinieren die Aktivitäten verschiedener Handlungsträger. Durch Gründer werden eine Vielzahl von Anwendungen, Technologien und technologischen Konfigurationen experimentell entwickelt.⁴⁰² Die Gründungstätigkeit ist nicht nur auf den Bereich von Unternehmen beschränkt, sondern erfasst darüber hinaus den Aufbau von neuen Verbänden, Bildungs- und Forschungseinrichtungen, Regulierungsinstitutionen oder Unternehmensnetzwerken. Rip diskutiert die Möglichkeit, neue „Makro-Akteure“ zu schaffen, um öffentliche Güter (z.B. Integration, Koordination) bereitzustellen.⁴⁰³ Diese Makro-Akteure haben sich insbesondere bei dem Setzen von Standards oder Normen bewährt, wie das Beispiel der ITRS verdeutlicht.⁴⁰⁴ In verschiedenen Staaten wird die Gründungstätigkeit durch öffentliche Förderaktivitäten aktiv unterstützt. Beispielsweise wird die Bereitstellung von Risikokapital für Unternehmensgründungen durch staatliche Agenturen vorgenommen. Zusätzlich unterstützen staatliche Organisationen Entrepreneure durch die Vermittlung von Managementwissen, die Herstellung von Kooperationen mit Universitäten oder die Bereitstellung von Markt- und Technologieinformationen.⁴⁰⁵ Die Gründungstätigkeit ist insbesondere in der frühen Entstehungsphase neuer Technologien von Bedeutung. Mit zunehmendem Reifegrad einer Technologie geht diese tendenziell zurück.⁴⁰⁶

Die Gründungstätigkeit innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems hängt von der Erfüllung der übrigen Funktionen ab. Nur wenn Ressourcen mobilisiert, Unsicherheiten durch einen gerichteten Innovationsprozess reduziert und gesellschaftliche Legitimation vorhanden ist, entsteht ein Klima, in dem Unternehmensgründungen realisiert werden.⁴⁰⁷ In der Vorausschau und Planung lässt sich die Erfüllung dieser Funktion durch die Beobachtung der Akteure prüfen. Verändert sich die Struktur des Innovationssystems durch zahlreiche neue Akteure, so ist auf umfangreiche Gründungstätigkeiten zu schließen.

⁴⁰⁰ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:9.

⁴⁰¹ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:15.

⁴⁰² Vgl. hierzu Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:15.

⁴⁰³ Vgl. Rip 1995:426f.

⁴⁰⁴ Dieses Forum wurde 1997 mit dem Ziel des Schaffens einheitlicher Standards und der Promotion dieses Standards gegründet. Mittlerweile engagieren sich mehr als 220 Firmen (2006) in unterschiedlichen Arbeitsgruppen (vgl. ITRS 2006).

⁴⁰⁵ Vgl. die Darstellung von Salmenkiata & Salo (2002:186) für Finnland und die USA.

⁴⁰⁶ Vgl. Anderson & Tushman 1990:606ff.; Tushman & Anderson 1986:446.

⁴⁰⁷ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:10.

3.3.5 Bildung von Märkten

In der Entwicklung neuer technologiebasierter Innovationssysteme entstehen neue Märkte oder bestehende Märkte werden verändert.⁴⁰⁸ Ein Markt ist über die Dimensionen Kundengruppe („Customer Groups“), Funktionsumfang („Customer Function“) und alternative technologische Lösungen („Alternative Technologies“) definiert.⁴⁰⁹ Neue Märkte liegen vor, wenn neue Funktionen ermöglicht, angeboten und nachgefragt werden.⁴¹⁰ Die Marktbildung kann sowohl durch die Initiative von Herstellern neuer Produkte und Dienstleistungen („Manufacturer-active-Paradigm“), die neue Funktionen anbieten, als auch durch neue Bedarfe von Kundengruppen („Customer-active-Paradigm“),⁴¹¹ die neue Funktionen nachfragen, ausgelöst werden.⁴¹²

Das Funktionieren der Marktbildung hängt von unterschiedlichen marktinternen und marktexternen Faktoren ab.⁴¹³ Wichtige interne Einflussfaktoren der Marktbildung sind:

- der relative Vorteil eines neuen Produkts (beispielsweise größere Profitmöglichkeiten, verbesserte Zuverlässigkeit, einfachere Anwendung, Zeitersparnisse sowie Ersparnisse sonstiger Ressourcen),⁴¹⁴
- die Unsicherheit im Zusammenhang mit der Qualität neuer Produkte (beispielsweise durch das Risiko weniger ausgereifter technologischer Lösungen oder Moral-Hazard-Probleme),⁴¹⁵
- die Erstmaligkeit neuer Lösungen,⁴¹⁶
- die Signale der Marktpartner (beispielsweise Garantien, Reputation, Werbung und Zertifikate)⁴¹⁷ sowie

⁴⁰⁸ Vgl. hierzu Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:16; vgl. hierzu auch das Beispiel von Green (1992:170ff.), der die Kreation neuer Märkte am Beispiel biotechnologischer Produkte nachvollzieht.

⁴⁰⁹ Vgl. Abell 1980:169ff.

⁴¹⁰ Vgl. hierzu Speith 2004:20. Die minimale Voraussetzung für einen Markt ist die Kombination eines Anbieters, der eine Technologie nutzt, um mindestens ein Produkt anzubieten, das eine Funktion erfüllt. Weiterhin besteht ein Markt aus mindestens einem Kunden, der ein Produkt oder eine Dienstleistung zur Befriedigung eines Bedürfnisses nachfragt (vgl. Schobert 1979:177ff.; Bauer 1989:19f.; Stackelberg 1951:240ff.).

⁴¹¹ Vgl. von Hippel 1979:83ff.; von Hippel:1978:40ff.

⁴¹² Vgl. hierzu Speith 2004:21ff.; Wieandt 1994:56f.; Schneider 1991:354. Komplementär zu diesen beiden Entstehungsarten unterscheidet Geroski (2003:61f.) das Entstehen von Märkten durch „Technology-push“ sowie durch „Market-pull“-Prozesse.

⁴¹³ Für eine ausführliche Diskussion unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Bildung und Entwicklung von Märkten vgl. Speith (2004:23ff.).

⁴¹⁴ Vgl. hierzu Day 1986:66.

⁴¹⁵ Vgl. hierzu Stiglitz 1989:822; Day 1986:66.

⁴¹⁶ Wenn Individuen oder Unternehmen mit Informationen hohen Erstmaligkeitsgrades konfrontiert sind, haben diese keinen Nutzen für sie. Zuerst ist eine Information zu bestätigen, damit Unternehmen ihren Wert erkennen, einordnen und bewerten können. Diese Bestätigung kann zum Beispiel durch Signale oder Produktdemonstrationen erfolgen. Je schneller eine Bestätigung stattfindet, umso eher kommt es zu einer Transaktion (vgl. hierzu unter anderem Schneider 1991: 351 und von Weizsäcker 1974:95ff.).

⁴¹⁷ Vgl. hierzu unter anderem Spreemann 2002:618ff. und Wieandt 1994:61.

- die Verfügbarkeit von Produkttests und Demonstrationen.⁴¹⁸

Wichtige marktexterne Einflussfaktoren sind beispielsweise:

- das Wettbewerbsumfeld (insbesondere in Form potenzieller technologischer Alternativen, die das Risiko von „Sunk Investments“ für Anbieter und Nachfrager mit sich bringen)⁴¹⁹ oder
- das rechtliche und politische Umfeld (beispielsweise in Form staatlicher Nachfrage oder durch Anreize für private Nachfrage).⁴²⁰

Märkte für neue Technologien sind häufig zuerst Nischenmärkte, da neue Lösungsmöglichkeiten meist nicht mit etablierten Ansätzen auf Massenmärkten konkurrieren können.⁴²¹ Diese Nischenmärkte sind durch Kundengruppen mit besonderen Bedürfnissen gekennzeichnet, die bereit sind, für eine Problemlösung Nachteile in bestimmten Leistungsmerkmalen (z.B. Preis) in Kauf zu nehmen.⁴²² Unternehmen haben in diesen Marktnischen die Chance, Lerneffekte über technische Spezifikationen, Kundenbedürfnisse und Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Technologien zu erzielen.⁴²³ Die Lerneffekte ermöglichen wiederum über schnelle Performanceverbesserungen eine Ausweitung des Marktes.

In der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade spielt neben der Analyse vor allem die Identifikation neuer Märkte eine Rolle. Diese setzt bei den Strukturelementen des technologiebasierten Innovationssystems an. Über die Betrachtung der Akteure innerhalb des Netzwerkpols „Markt & Anwendung“ können Rückschlüsse auf die Ausbildung von Märkten gezogen werden. Die Analyse technologischer Artefakte (z.B. Produktkonzepte, Demonstratoren, Prototypen) ermöglicht die Erfassung des abgedeckten Funktionsspektrums. Vergleichbare Artefakte in anderen Innovationssystemen geben Hinweise auf weitere Anwendungspotenziale der Technologie.

3.3.6 Gesellschaftliche Legitimierung

Legitimität bezeichnet die soziale Akzeptanz bei den Stakeholdern einer neuen Technologie.⁴²⁴ Sie ist gegeben, wenn die Institutionen des technologischen Regimes mit den Institutionen des Umfeldes und denen der einzubindenden gesellschaftlichen

⁴¹⁸ Vgl. Rogers 1995:243f.

⁴¹⁹ Vgl. hierzu Speith 2004:28f.

⁴²⁰ Vgl. Rogers 1995:219f.

⁴²¹ Vgl. Kemp, Rip & Schott 2001:275.

⁴²² Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:12; Danneels 2004:256; Christensen 2002:45f.; Adner & Levinthal 2002:51f.

⁴²³ Vgl. Geels 2004:912.

⁴²⁴ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark und Rickne 2006:17. Die Legitimierungsfunktion ist der Funktion "Schaffen und Verändern von Institutionen" nach Edquist (2005:181) ähnlich.

Gruppen im Einklang stehen. Das Verständnis dieser Funktionen geht demzufolge über die reine politische und gesetzliche Legitimierung, die bedeutende Teilaspekte darstellen, hinaus, indem auch gesellschaftliche Normen und Werte berücksichtigt werden.

In technologiebasierten Innovationssystemen lassen sich drei Strategien für die Herstellung von Legitimität unterscheiden. Erstens können die vorhandenen institutionellen Regelungen, beispielsweise über Gesetzesänderungen oder leicht anzupassende Nutzungsgewohnheiten, verändert werden. Zweitens besteht die Möglichkeit, die Institutionen etablierter Innovationssysteme zu übernehmen. Drittens können Akteure völlig neue Regelungen schaffen.⁴²⁵ Bei der Einführung neuer Technologien werden diese unterschiedlichen Strategien häufig kombiniert. Die Legitimität eines Innovationssystems hat direkte Auswirkungen auf den Zufluss von Ressourcen.⁴²⁶ Insbesondere für die Überwindung von Widerständen aus etablierten Innovationssystemen ist Legitimität erforderlich, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen. Im Bereich der Solarenergie in Deutschland erfolgte eine politische Legitimierung durch die Aktivitäten von Umweltschutzgruppen, Interessenverbänden und Landesregierungen gegen den Widerstand der nationalen Regierung.⁴²⁷ Bei Biokraftstoffen fand die gesellschaftliche Legitimierung durch das gemeinsame Lobbying von Bauernverbänden und weiteren Gruppen gegen die Interessen der Automobilindustrie statt.⁴²⁸

Die Erfüllung der Legitimierungsfunktion spiegelt sich vor allem in dem Institutionengeflecht des technologiebasierten Innovationssystems wider. In der Vorausschau und Planung kann unter anderem die Abweichung der Regelungen innerhalb des Systems von den Institutionen außerhalb untersucht werden, um Rückschlüsse auf die Funktionserfüllung zu ziehen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Analyse der Akteure innerhalb des Innovationssystems. Unterstützen sowohl Verbände als auch Regierungen und Nicht-Regierungsorganisationen das Netzwerk, so ist von einer hohen Legitimation auszugehen.

3.4 Entstehungsphasen im Prozess der Pfadkonstitution

Nachdem die vorangegangenen Abschnitte die Strukturelemente und Funktionen technologiebasierter Innovationssysteme behandelt haben, wird im Folgenden die Entstehung und Entwicklung eines Innovationssystems als pfadabhängiger Prozess darge-

⁴²⁵ Vgl. hierzu Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:17f.

⁴²⁶ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:13.

⁴²⁷ Vgl. Bergek, Jacobsson, Carlsson, Lindmark & Rickne 2006:19.

stellt. Zu diesem Zweck wird ein Modell der Pfadkonstitution entworfen, das die Phasen der Präformation, der Pfadkreation und der Pfadabhängigkeit umfasst.

Die Entstehung neuer Innovationssysteme thematisierten bisher nur wenige Autoren. Carlsson und Jacobsson unterscheiden drei Entwicklungsphasen: „Embryo“, „Infant“ und „Adolescent“.⁴²⁹ Sie machen diese Phasen an dem Zufluss von Ressourcen von außerhalb des Systems fest. Erst in der letzten Phase kann sich nach ihrer Meinung ein neues Innovationssystem selbst aufrechterhalten.⁴³⁰ Oinas und Malecki verknüpfen die Diskussion Regionaler Innovationssysteme mit den Lebenszyklus-Ansätzen von Tushman und Anderson und unterscheiden Phasen der Variation, der Konsolidation und des inkrementellen Fortschritts.⁴³¹ Von beiden Konzepten wird nicht problematisiert, welche Einflussfaktoren auf die Entstehungsdynamik wirken, welche Prozesse innerhalb des Innovationssystems ablaufen und wie die Entwicklungsrichtung eines neuen Innovationssystems bestimmt wird. Für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist die Beantwortung dieser Fragen jedoch zentral.

Mögliche Anknüpfungspunkte für ein Modell der Entstehung von Innovationssystemen könnten in Konzepten liegen, die die Entwicklung einzelner Technologien beschreiben. Weit verbreitet ist das Modell des „Technology Cycle“ von Tushman und Anderson,⁴³² das auch Oinas und Malecki variiert haben. Der Technology Cycle verläuft in vier Phasen. Auf eine technologische Diskontinuität („Variation“) folgt eine Phase des Wachstums („Era of Ferment“), in der eine Substitution und ein intensiver Wettbewerb stattfinden. Anschließend wird ein Dominantes Design gewählt, auf dessen Basis ein inkrementeller Verbesserungsprozess erfolgt.⁴³³ Ein alternatives, zunehmend populäres Modell baut auf Davids Untersuchungen über die Verbreitung der QWERTY-Tastatur auf. In diesem Verständnis entwickeln sich Technologien entlang charakteristischer Pfade, die ab dem Punkt eines „Lock-in“ nur schwierig zu verlassen sind.⁴³⁴ Kern die-

⁴²⁸ Vgl. Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits 2006:13.

⁴²⁹ Vgl. Carlsson & Jacobsson 1997:272f.

⁴³⁰ Vgl. Carlsson & Jacobsson 1997:273.

⁴³¹ Vgl. Oinas & Malecki 2002:107ff.

⁴³² Vgl. Anderson & Tushman 1990; Tushman & Anderson 1986; vgl. hierzu auch die grundlegenden Überlegungen von Abernathy & Utterback 1978:641f. sowie die Arbeiten von Utterback 1994:17f.

⁴³³ Vgl. Tushman & Anderson 1986:440ff.; Vgl. hierzu auch Nelson 1998:323f.; Rosenkopf & Tushman 1994:406ff.; Anderson & Tushman 1990:604ff. Nelson (1998:325) bezeichnet diese Phase als „Period of Experimentation and Flux“.

⁴³⁴ Vgl. David 1985; vgl. hierzu im Folgenden auch Weissenberger-Eibl 2007:1396ff. Zu unterscheiden ist die einfache Historizität als Abhängigkeit von historischen Ereignissen („Past Dependency“) von der in diesem Abschnitt betrachteten Pfadabhängigkeit („Path Dependency“). Lässt sich der Zustand eines Systems zum Zeitpunkt t allein auf Basis des Zustandes in $t-1$ prognostizieren, unabhängig davon, wie das System zu $t-1$ gelangt ist, so liegt „Past Dependency“ vor. Ist der Zustand eines Systems in t von dem Zustand in $t-1$ und von den Übergängen zwischen vo-

ser Ansätze ist, dass frühe Entscheidungen im Innovationsprozess das spätere Erscheinungsbild einer neuen Technologie prägen.

„In der Pfadabhängigkeitstheorie werden Entscheidungsprozesse zwar in der Anfangsphase als offen beschrieben, d.h. es sind unterschiedliche Wege möglich. Ab einem bestimmten Zeitpunkt prägen jedoch die vorangegangenen Entscheidungen die wahrgenommenen Möglichkeiten. Dieser Sachverhalt konstituiert das Basismerkmal von pfadabhängigen Prozessen: die Historizität von Entscheidungen.“⁴³⁵

Der Grundgedanke der „Path Dependency“ wurde insbesondere durch Garud und Karnøe um das Schaffen neuer Pfade („Path Creation“) erweitert.⁴³⁶ Schreyögg, Sydow und Koch unterscheiden aufbauend auf diesen Überlegungen die Phasen der Präformation, in der verschiedene unverbundene Ereignisse auftreten, der Pfadkreation, in der sich ein neuer Pfad herausbildet und der Pfadabhängigkeit, in der eine stabile gerichtete Entwicklung erfolgt. Dabei werden die ersten beiden Phasen durch ein kritisches konstituierendes Ereignis getrennt. Die letzte Phase wird durch den Lock-in eingeleitet. Im Zeitverlauf schränkt sich der wahrgenommene Entscheidungsspielraum der Akteure stetig ein.⁴³⁷ Dieser Phaseneinteilung sehr ähnlich ist der Vorschlag von Rycroft und Kash. Auf Basis von Fallstudien in sechs Technologiefeldern unterscheiden die Autoren drei für die Pfadabhängigkeit charakteristische Innovationsmuster. An ein Muster der Veränderung, in dem eine neue Technologie aufkommt, schließt sich eine Transformation, in der erhebliche Veränderungen dieser Technologie stattfinden und ein normales Muster der Innovation, in dem inkrementelle Fortschritte erfolgen, an.⁴³⁸

Obgleich die Ansätze des „Technology Cycle“, der Pfadkonstitution und der Innovationsmuster starke Gemeinsamkeiten aufweisen, hat das Konzept der Pfadabhängigkeit verschiedene Vorteile. Da es unabhängig von der Durchsetzung eines Dominanten Designs ist, kann das Auftreten konkurrierender und nebeneinander existierender Pfade mit spezifischen Designs erfasst werden. Für den Ansatz spricht ferner, dass Phasen und einzelne Ereignisse eindeutig voneinander getrennt sind. In dem Konzept des „Technology Cycle“ stehen die Ereignisse der Diskontinuität sowie der Selektion eines Dominanten Design auf einer Stufe mit den Phasen des Wachstums und der inkrementellen Verbesserung. Rycroft und Kash wiederum definieren keine Ereignisse zwischen den auftretenden Innovationsmustern, was eine Abgrenzung der einzelnen Phasen

rangegangenen Zuständen (t-2, ..., t-n) abhängig, so liegt eine pfadabhängige Entwicklung vor (vgl. Araujo & Harrison 2002:6).

⁴³⁵ Schreyögg, Sydow & Koch 2003:262.

⁴³⁶ Vgl. Garud. & Karnøe 2003 und 2001.

⁴³⁷ Vgl. Sydow, Schreyögg & Koch 2005:15ff.; Schreyögg, Sydow & Koch 2003:285ff. Ein ähnliches Verständnis findet sich bei Greener 2004:13.

erschwert. Daher wird im Folgenden auf den von Schreyögg, Sydow und Koch vorgestellten Prozess der Pfadkonstitution als Ausgangspunkt der Entwicklung eines Modells der Entstehung von Technologiepfaden und Innovationssystemen zurückgegriffen.

Das in den nächsten Abschnitten entwickelte Modell unterscheidet die Phasen der Präformation, der Pfadkreation und der Pfadabhängigkeit (vgl. Abbildung 7). Es wird angenommen, dass die potenziellen Entwicklungsmöglichkeiten eines technologiebasierten Innovationssystems zu Beginn offen sind. Mit der Festigung der Elemente in einer bestimmten Struktur und der Erfüllung der Funktionen werden die potenziellen Entwicklungsrichtungen eingeschränkt. Je mehr bewusste und unbewusste Entscheidungen – im Sinne von Festlegungen – über die Struktur und die Erfüllung der Funktionen getroffen werden, umso weiter reduziert sich der Raum zukünftiger Möglichkeiten. Schlussendlich erfolgen nur noch kleine, inkrementelle Veränderungen – die Entwicklung folgt einem Pfad. Die Phasen der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen sind durch ein „konstituierendes Ereignis“ und den „Lock-in“ voneinander getrennt.

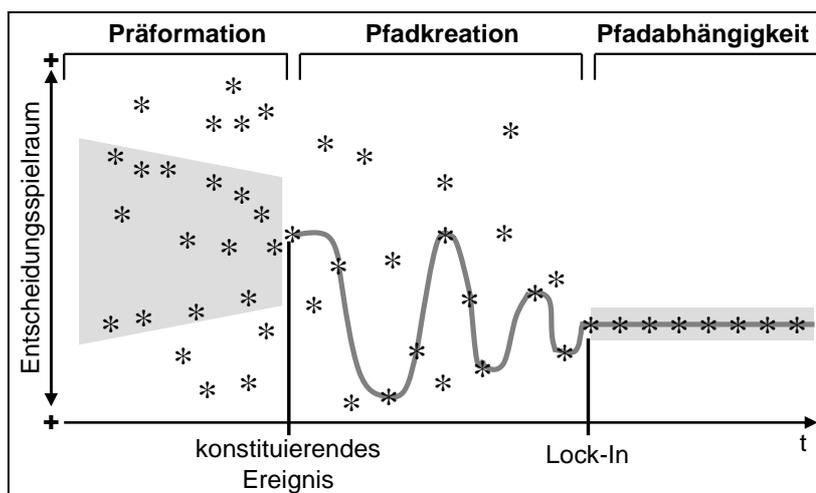


Abbildung 7: Prozess der Pfadkonstitution in technologiebasierten Innovationssystemen
[Quelle: in Anlehnung an Schreyögg, Sydow & Koch 2003:287]

Das Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen zielt auf das Beantworten von drei, für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zentrale Fragestellungen ab:

- Wie entstehen technologiebasierte Innovationssysteme und durch welche Prozesse sind die einzelnen Phasen ihrer Entwicklung gekennzeichnet?
- Welche Einflussfaktoren bestimmen das Aufkommen von technologischen Pfaden und wie festigt sich eine Entwicklungsrichtung?

⁴³⁸ Vgl. Rycroft & Kash 2002:22.

- Welche Möglichkeiten haben einzelne Akteure, den Prozess der Pfadkonstitution zu beeinflussen?

Für das Beantworten dieser Fragen werden im Folgenden die Phasen der Pfadkonstitution vertiefend diskutiert. Die nächsten Abschnitte gehen dabei insbesondere auf die Strukturelemente und die Funktionen technologiebasierter Innovationssysteme in jeder Entstehungsphase ein.

3.4.1 Präformation

In dem folgenden Abschnitt wird die Präformationsphase im Prozess der Pfadkonstitution dargestellt. Zu Beginn werden mögliche Entstehungsursachen des Aufkommens neuer technologischer Pfade identifiziert. Anschließend findet die Beschreibung der Strukturelemente sowie der Funktionen innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems in der Präformationsphase statt. Mit Sicht auf den gesamten Prozess der Pfadkonstitution verfügen die Akteure in dieser Phase über den größten Spielraum an Entscheidungsmöglichkeiten. Dieser Spielraum ist jedoch nicht unbegrenzt, sondern wird durch die umgebenden Systeme eingeschränkt.⁴³⁹

In der Präformationsphase treten einzelne, unverbundene Ereignisse auf,⁴⁴⁰ deren Bedeutung für einen neuen technologischen Pfad sich erst im historischen Rückblick beurteilen lässt.⁴⁴¹ Die Ereignisse bewegen sich innerhalb eines Rahmens, der sich im Zeitablauf verkleinert.⁴⁴² Die Auslöser für das Auftreten einzelner Ereignisse können in einem weitgehend ungerichteten Suchprozess liegen⁴⁴³ oder rein zufällig erfolgen. Ein Beispiel für einen ungerichteten Suchprozess liegt in der „Mindful Deviation“, d.h. dem bewussten Abweichen von Bestehendem, um neue technologische Chancen zu identifizieren.⁴⁴⁴ Alternativ zu einem gerichteten Suchprozess können Ereignisse auch zufäl-

⁴³⁹ Vgl. Sydow, Schreyögg & Koch 2005:10f. Eine Einschränkung der möglichen Entscheidungspotenziale erfolgt durch die Umssysteme, die das Verhalten innerhalb des entstehenden Innovationssystems restringieren, beispielsweise durch gesetzliche Regelungen, Moralvorstellungen, bestimmte Konstruktionsprinzipien oder technische Interdependenzen (vgl. unter anderem Windeler 2003:318).

⁴⁴⁰ Bei diesen Ereignissen kann es sich beispielsweise um neue gesetzliche Regelungen, um durchgeführte Forschungsprojekte, um Publikationen von Forschungsergebnissen oder theoretischen Konzepten, um den Bau von Demonstratoren oder Prototypen, um Konferenzen oder Workshops, um Vereinbarungen über Kooperationen oder um sonstige Vorgänge mit Relevanz für einen neuen technologischen Pfad handeln.

⁴⁴¹ Vgl. Garud. & Karnøe 2001:7f.; vgl. hierzu auch Rosenkopf & Tushman 1994:404.

⁴⁴² Vgl. das sich verjüngende Viereck in Abbildung 7.

⁴⁴³ Vgl. Schreyögg, Sydow & Koch 2003:263.

⁴⁴⁴ Vgl. Garud & Karnøe 2003:281; Garud & Karnøe 2001:2. March (1991:71f.) sowie McNamara & Baden-Fuller (1999:292) sprechen in diesem Zusammenhang von einer "Exploration". Rammert (1983:185) bezeichnet diesen Prozess vor einem strukturationstheoretischen Hintergrund als produktive Variation („Productive Variation“). Weichen die Ansätze zu stark von vorhandenen

lig in einen bestimmten Rahmen fallen. Dabei kann es sich etwa um unbeabsichtigte Entdeckungen von Forschern oder Anwendern handeln. Es ist davon auszugehen, dass die Präformation eines Pfades gleichzeitig durch gerichtete sowie zufällige Aspekte gekennzeichnet ist, wie das Beispiel der Post-it®-Notes verdeutlicht.⁴⁴⁵

Am Ende der Präformationsphase tritt ein konstituierendes Ereignis auf, das die Entstehung eines neuen technologiebasierten Innovationssystems maßgeblich beeinflusst. Dieser „Trigger“ markiert den Übergang zu der Phase der Pfadkreation. In der Innovationsforschung konnten unterschiedliche „Trigger“, wie ein erfolgreiches wissenschaftliches Experiment,⁴⁴⁶ eine im Labor erfolgreich angewandte neue Technologie,⁴⁴⁷ die Demonstration eines funktionierenden Konzepts,⁴⁴⁸ die Formation eines neuen F&E-

Strukturelemente und ihre Bedeutung der Präformation	Akteure	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Kreation neuer Akteure als auslösendes Ereignis (z.B. Forschungsinstitut)
	Institutionen	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. neue Regulierung als auslösendes Ereignis • „Test“ neuer Verhaltensmuster
	Wissensbasis	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. neues Wissen als auslösendes Ereignis (z.B. wissenschaftlicher Durchbruch)
	Artefakte	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Demonstrator / Prototyp als auslösendes Ereignis
Funktionen und ihre Bedeutung in der Präformation	Mobilisierung von Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> • keine systematische Mobilisierung (ggf. Finanzierung von Einzelprojekten)
	Schaffung und Verbreitung von Wissen	<ul style="list-style-type: none"> • ungerichtet, einzelne unverbundene Ereignisse (z.B. Forschungsprojekte)
	Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses	<ul style="list-style-type: none"> • findet nicht statt, kann als auslösendes Ereignis erfolgen (z.B. Roadmapping-Workshop)
	Gründungstätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • einzelne Gründungen möglich, kann auslösendes Ereignis darstellen
	Bildung und Entwicklung von Märkten	<ul style="list-style-type: none"> • keine Märkte vorhanden, auf denen Technologie angeboten wird
	gesellschaftliche Legitimierung	<ul style="list-style-type: none"> • erfolgt nicht

Tabelle 3: Strukturelemente und Funktionen in der Präformationsphase [Quelle: eigene Darstellung]

Strukturen ab, treten Widerstände auf, die eine Weiterverfolgung verhindern (vgl. Garud. & Karnøe 2003:281).

⁴⁴⁵ Garud. & Karnøe (2001:13ff.) beschreiben, wie ein Wissenschaftler im Rahmen einer Reihe von Experimenten einen Klebstoff mit einer sehr schwachen Klebewirkung entwickelt. Die Kommerzialisierung dieses Klebstoffs in Post-It®-Notes ist geprägt durch zufällige Entdeckungen und gezielte Weiterentwicklung durch den Wissenschaftler.

⁴⁴⁶ Vgl. Brown 2000:98ff.; Latour 1987; Dosi 1982.

⁴⁴⁷ Vgl. Dussauge, Hart & Ramanantsoa 1992:33.

⁴⁴⁸ Vgl. die Erfahrung aus den Scania Laboratories bei Myers, Sumpter, Walsh & Kirchhoff 2002:322.

Konsortiums,⁴⁴⁹ ein neues Programm für die Forschungsförderung,⁴⁵⁰ ein Roadmapping-Workshop,⁴⁵¹ die Nachfrage neuer Funktionsmerkmale durch eine Kundengruppe⁴⁵² oder veränderte gesetzliche Regulierungen⁴⁵³ identifiziert werden.

Abschließend ist der Status der Strukturelemente sowie der Funktionen in der Phase der Präformation zu diskutieren. Diese erste Phase der Entstehung technologiebasierter Innovationssysteme ist durch das weitgehende Fehlen einer Struktur gekennzeichnet (vgl. Tabelle 3). Das Auftreten eines neuen Strukturelements kann als auslösendes Ereignis für das Aufkommen eines neuen Entwicklungspfades fungieren und in der Folge eine Co-Evolution der Strukturelemente auslösen. Die einzelnen Funktionen des Innovationssystems sind nicht erfüllt.

Nachdem in diesem Abschnitt die erste Phase der Entstehung eines neuen technologiebasierten Innovationssystems beschrieben wurde, gehen die folgenden Abschnitte auf weitere Entwicklungsphasen im Prozess der Pfadkonstitution ein.

3.4.2 Pfadkreation

In diesem Abschnitt wird die Phase der Pfadkreation diskutiert, die durch das Aufkommen einer gerichteten Entwicklung des technologiebasierten Innovationssystems gekennzeichnet ist. Dieser Abschnitt der Pfadkonstitution beginnt mit einem konstituierenden Ereignis, das selbstverstärkende Effekte auslöst und endet mit dem Lock-in. In der Pfadkreation kommt es zu einer zunehmenden Einschränkung der Akteure in Bezug auf ihre wahrgenommenen und tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten. Der Abschnitt geht zuerst auf die zentralen Merkmale dieser Phase ein. Dabei handelt es sich insbesondere um den Prozess der Erwartungsbildung und um das Auftreten technologischer Nischen. Anschließend werden Ursachen des in dieser Phase zu beobachtenden „mäanderns“ des entstehenden Pfades diskutiert. Der Abschnitt endet mit einer Beschreibung von Strukturelementen und Funktionen des Innovationssystems während der zweiten Phase der Pfadkonstitution.

Ausgangspunkt des Aufkommens gerichteter Entwicklung in der Phase der Pfadkreation ist das nachhaltige Auftreten selbstverstärkender Effekte. Diese werden zuerst durch das „konstituierende Ereignis“, das den Übergangspunkt zwischen den beiden

⁴⁴⁹ Vgl. Sydow, Windeler & Möllering 2004:4.

⁴⁵⁰ Wie Talbot (2001:45) unter anderem am Beispiel von Förderprogrammen der DARPA im Bereich von Kommunikationsnetzwerken oder Time-Sharing-Anwendungen zeigt, die die Grundlage des heutigen Internet bilden.

⁴⁵¹ Vgl. Sydow, Windeler, Möllering & Schubert 2005:24.

⁴⁵² Beispielsweise die Nachfrage nach neuen Bearbeitungsverfahren in der Halbleiterindustrie.

⁴⁵³ Vgl. Rao & Singh 2001:244.

ersten Phasen markiert, hervorgerufen.⁴⁵⁴ Um den Prozess der Richtungsentstehung gegen vorhandene Widerstände oder gegen eine Nichtbeachtung in Gang zu setzen und ein sich verstärkendes Momentum zu generieren,⁴⁵⁵ nutzen die Akteure das Formulieren von Erwartungen.⁴⁵⁶ Durch Versprechungen über die Nutzungs- und Anwendungsmöglichkeiten einer neuen Technologie mobilisieren sie andere Akteure und zusätzliche Ressourcen für die Technologieentwicklung. Zudem begründen und legitimieren diese Erwartungen die Handlungen der Akteure und reduzieren Unsicherheiten über die Entwicklungsperspektiven einer Technologie.⁴⁵⁷ Durch den Prozess der Erwartungsbildung werden im Ergebnis die wahrgenommenen Entscheidungsmöglichkeiten der Akteure kanalisiert und es treten kognitive Abhängigkeiten („Dependencies“) auf.⁴⁵⁸ Aufgrund der zentralen Bedeutung für das Entstehen selbstverstärkender Effekte und damit für das Aufkommen technologischer Pfade wird die Erwartungsbildung im Folgenden detailliert beschrieben.

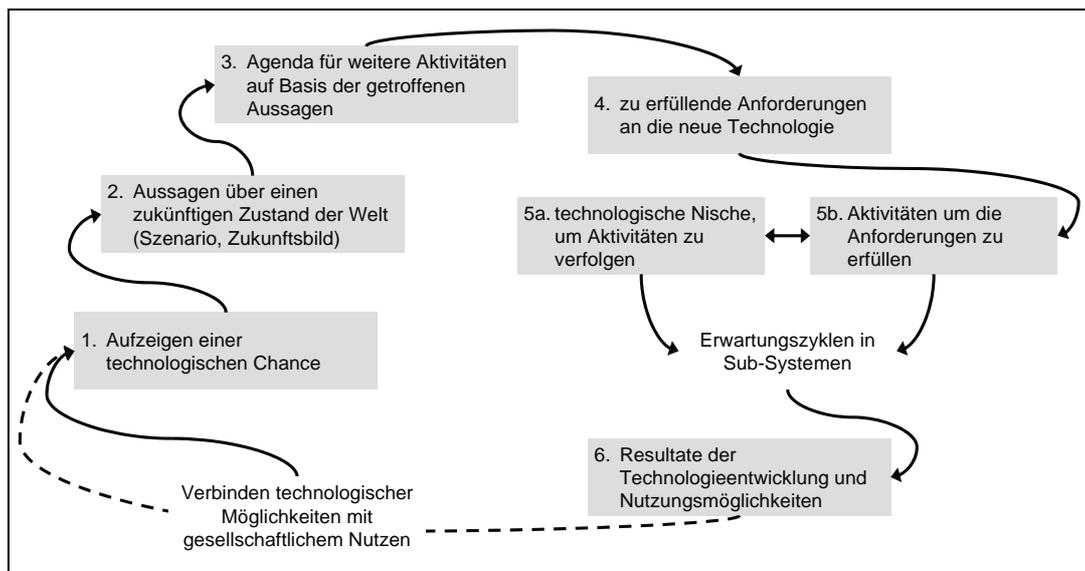


Abbildung 8: Erwartungsdynamik in neuen technologischen Pfaden
[Quelle: in Anlehnung an Geels & Smit 2000:881]

⁴⁵⁴ Vgl. Schreyögg, Sydow & Koch 2003:263. Welches Ereignis innerhalb der Entwicklung als auslösend bezeichnet werden kann, lässt sich erst ex-post bestimmen.

⁴⁵⁵ Vgl. Garud & Karnøe 2003:278f.; vgl. hierzu auch Rammert 1983:185f.; Nelson & Winter 1977:76.

⁴⁵⁶ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1096; Brown, Douglas, Eriksson, Rodrigues, Yearley & Webster 2005:7; Brown, Rip & van Lente 2003:3f.; Martin 2000:40; van Lente 1993:177. Latour (1987:108) spricht in diesem Zusammenhang von "Promises", durch die Akteure gezielt mobilisiert werden können.

⁴⁵⁷ Vgl. van Lente 1993:187; Berkhout 2006:300.

⁴⁵⁸ Vgl. van Merkerk & Robinson 2006:414ff.

Ausgangspunkt der Erwartungsbildung ist das In-Beziehung-Setzen technologischer Möglichkeiten mit einem spezifischen gesellschaftlichen Problem durch Wissenschaftler oder Unternehmen (vgl. Abbildung 8).⁴⁵⁹ Dabei wird die technologische Option einerseits als sehr bedeutend herausgestellt,⁴⁶⁰ indem beispielsweise Analogien zu erheblichen historischen Fortschritten gezogen werden.⁴⁶¹ Andererseits erfolgt die Darstellung und Kommunikation eines Zukunftszustandes,⁴⁶² in dem die Technologie ein definiertes gesellschaftliches Problem löst oder eine zentrale Funktion erfüllt. Die Lücke zwischen dem zukünftigen technologischen Umfeld und dem Status quo wird durch die Beschreibung von Zwischenzuständen ergänzt, so dass der Eindruck entsteht, dass diese lediglich wie Punkte zu verbinden seien. Im Ergebnis wird so ein technologischer Pfad in ein attraktives zukünftiges Umfeld aufgezeigt.⁴⁶³ Aus diesem Pfadentwurf wird anschließend eine Agenda abgeleitet, die zentrale Problemstellungen und aussichtsreiche Lösungswege benennt und so die Koordination der Aktivitäten vieler unterschiedlicher Akteure ermöglicht.⁴⁶⁴ Der beschriebene Zukunftszustand („Vision“) wird von den Akteuren des entstehenden Innovationssystems auch dafür genutzt, Marktpotenziale zu identifizieren, den Zufluss von Ressourcen für die Technologieentwicklung zu reklamieren⁴⁶⁵ und Ineffizienzen zu Beginn der Technologieentwicklung zu rechtfertigen.⁴⁶⁶ Die aus der Agenda abgeleiteten Aktivitäten laufen maßgeblich in technologischen Nischen ab.

Bei Nischen handelt es sich um abgegrenzte Felder, in denen sich neue Technologien bis zu einem bestimmten Reifegrad entwickeln, bevor sie in einem breiteren Kontext

⁴⁵⁹ Vgl. Brown 2000:93ff.; Lampel 2001:305.

⁴⁶⁰ Vgl. Brown (2000:89ff.). Martin (2000:50) weist nach, dass die ersten Biotechnologieunternehmen gezielt auf Möglichkeiten zur Bekämpfung von Krebs und HIV hingewiesen haben, um eine größtmögliche Aufmerksamkeit und Akzeptanz für ihre Aktivitäten zu erhalten. Ebenso wird die Brennstoffzelle von ihren Befürwortern als Kernelement einer ökologischen Energiewirtschaft im Jahr 2020 definiert (vgl. Initiative Brennstoffzelle 2007).

⁴⁶¹ Vgl. hierzu Brown 2000:97f.; Martin 2000:49.

⁴⁶² Die Möglichkeiten, eine Vision weiter zu kommunizieren, um einen möglichst großen Kreis an Personen (beispielsweise Investoren, Wissenschaftler, Politiker) zu erreichen, umfassen unter anderem Metaphern, Erzählungen oder Modelle (vgl. Berkhout 2006:308). Lampel (2001:318) spricht in diesem Zusammenhang bildlich von „technologischen Dramen“, die von Befürwortern einer neuen Technologie erzählt werden. „Technological dramas have two advantages in this regard. First, they reduce the time needed to communicate with the relevant constituencies. Second, when effective, they transform a loose aggregation of potential supporters into a cohesive group of backers.“

⁴⁶³ vgl. Lampel 2001:322.

⁴⁶⁴ Vgl. hierzu unter anderem Konrad 2006:430; Berkhout 2006:305; van Lente 1993:67.

⁴⁶⁵ Vgl. hierzu unter anderem Berkhout 2006:302; Brown, Rip & van Lente 2003:3; Martin 2000:50. Martin (2000:49ff.) zeigt dies am Beispiel der Gentherapie, van Merkerk und van Lente (2005:1099ff.) für Nanotubes und van Merkerk & Robinson (2006:414) für die Lab-on-a-Chip-Technologie.

⁴⁶⁶ Vgl. Michael 2000:25. Es besteht außerdem die Möglichkeit, negative Erwartungen („Befürchtungen“) zu formulieren, um einem Innovationssystem Support zu entziehen und eine bestimmte technologische Entwicklung zu verhindern (vgl. hierzu Micheal 2000:30f; Brown, Rip & van Lente 2003:3).

diffundieren.⁴⁶⁷ Sie stellen Orte dar, an denen Akteure über neue Technologien lernen können.⁴⁶⁸

“These spaces, in the form of technological niches, function as local breeding spaces for new technologies, in which they get a chance to develop and grow. Once the technology is sufficiently developed, and broader use is achieved through learning processes and adaptations in the selection environment, initial protection may be withdrawn in a controlled way.⁴⁶⁹

Die Resultate der Aktivitäten in technologischen Nischen, d.h. das Ausloten von Anwendungsmöglichkeiten, Leistungsparametern und möglichen Technologiekombinationen, führen zu einer Bestätigung oder einer Enttäuschung der Erwartungen. Charakteristisch für die Erwartungsdynamik innerhalb eines neuen technologiebasierten Innovationssystems ist der Wechsel von hohen Erwartungen („Hype“) und ihrem Verfehlen („Disappointment“).⁴⁷⁰ Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Erwartungen zu Beginn des Prozesses durch die Medien oder durch Wissenschaftler zu überschwänglich formuliert werden, um die benötigte öffentliche Aufmerksamkeit und Unterstützung zu erhalten.⁴⁷¹ Als Reaktion auf eine verfehlte Visionen ist im Extremfall der Verzicht auf eine weitere Unterstützung der Aktivitäten denkbar.⁴⁷² In einem abgemilderten Fall können die Akteure Erwartungen umformulieren⁴⁷³ oder neu interpretieren, um nochmals Unterstützung zu mobilisieren.⁴⁷⁴

In Abbildung 7 ist die Phase des Aufkommens gerichteter Entwicklung durch ein „Mäandern“ des entstehenden Pfades gekennzeichnet. Der technologische Pfad kann sich noch innerhalb einer relativ großen Entscheidungsbreite hin und her bewegen. Für diese Bewegungen können unterschiedliche Ereignisse verantwortlich sein. Im Folgenden werden verschiedene Beispiele skizziert.

⁴⁶⁷ Vgl. Geels 2004:912f.; Kemp, Rip & Schot 2001:289; Kemp, Schot & Hoogma 1998:178ff.; van Lente 1993:211f. Technologische Nischen unterscheiden sich somit von Marktnischen. Allerdings gehen Sie diesen häufig voraus (vgl. Kemp, Rip & Schot 2001:275).

⁴⁶⁸ Vgl. Garud & Karnøe 2001:12ff. Vgl. hierzu auch das Beispiel der Brennstoffzellen-Busse von Harborne, Hendry & Brown 2007:172ff.

⁴⁶⁹ Kemp, Rip & Schot 2001:280.

⁴⁷⁰ Vgl. Martin 2000:54; Brown 2003:11; Brown, Douglas, Eriksson, Rodrigues, Yearly & Webster 2005:3f.

⁴⁷¹ Vgl. Brown 2003:6; Brown & Micheal 2003:6ff. Zu diesen Hypes kommt es insbesondere, wenn die Akteure Technologien nur schwer einschätzen oder konkurrierende Technologien nur schlecht vergleichen können (vgl. Rosenkopf & Tushman 1994:414; Garud & Karnøe 2001:7f.). Beispielsweise beschreibt Lösch (2006:395ff.) die Entwicklung der Vision von Nanorobotern, die sich durch die menschliche Blutbahn bewegen. Diese ermöglichte erst die Kommunikation über die Nanotechnologie in den Massenmedien.

⁴⁷² Vgl. die Ausführungen von Konrad (2006:441) zu dem Beispiel von Time Warners „Full Service Network“ und dem Projekt „Interactive TV“ der Deutschen Telekom.

⁴⁷³ Vgl. Martin (2000:59), der nachvollzieht, wie Biotechnologieunternehmen neue Anwendungsmöglichkeiten aufzeigen, nachdem sich die alten Erwartungen als nicht realisierbar erwiesen hatten.

- Die Entwicklung und Anpassung von Komponenten und Baugruppen innerhalb von Prototypen oder ersten Produkten kann zu Veränderungen der Technologie führen.⁴⁷⁵ Wenn sich unter mehreren konkurrierenden Komponenten nur eine bewährt, so lenkt dies den Pfad in eine bestimmte Richtung.
- Eine weitere Möglichkeit für eine Richtungsänderung besteht in der Veränderung des Akteur-Netzwerks. Insbesondere in den frühen Phasen eines technologischen Innovationssystems kann durch den Input neuer Akteure das Momentum verändert werden, z.B. wenn neue Kundengruppen attraktive Marktpotenziale eröffnen.⁴⁷⁶
- Fort- und Rückschritte von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten beeinflussen die Entwicklungsrichtung einer neuen Technologie. So findet etwa bei der Suche nach Alternativen infolge gescheiterter F&E-Tätigkeiten und enttäuschter Erwartungen gegebenenfalls eine Neuorientierung innerhalb von Forschergruppen, Firmen oder Netzwerken statt.⁴⁷⁷
- Durch Entrepreneure, die einen neuen Pfad hervorgebracht haben und diesen gezielt fördern, kann eine Richtungsänderung ausgelöst werden, wenn diese die von ihnen verfolgten Konzepte verändern oder fallenlassen.⁴⁷⁸ Hierin liegt ein Beispiel für ein „Strategic Manoeuvring“, bei dem Akteure Handlungen vornehmen, um Einfluss auf die Strategien anderer Akteure zu nehmen.⁴⁷⁹
- Durch eine unterschiedlich schnelle Co-Evolution von Strukturelementen kann es zu Richtungsänderungen kommen. Beispielsweise kann es sein, dass eine notwendige Anpassung des institutionellen Umfelds langsamer erfolgt, als sie von den Akteuren gefordert wird. Dies zieht möglicherweise eine Veränderung von Aktivitäten und Artefakten nach sich, so dass sich das technologiebasierte Innovationssystem in eine andere Richtung bewegt.⁴⁸⁰
- Änderungen in den Erwartungen können Wechsel der Entwicklungsrichtung verursachen. Dies kann der Fall sein, wenn die in der Erwartungsbildung gewonnene Dynamik gerichtet ist und selbstverstärkende Effekte aufweist, allerdings noch nicht fixiert ist. Erwarten die Teilnehmer, dass sich eine Technologie in einer anderen Anwendung durchsetzen wird, kann zu Richtungsänderungen in der Technologieentwicklung kommen.⁴⁸¹

Es ist ebenfalls vorstellbar, dass nicht alle Teile des technologiebasierten Innovationssystems einen Richtungswechsel vollziehen. Infolgedessen können in der Phase der Pfadkreation mehrere unterschiedliche technologische Pfade und mehrere Innovationssysteme entstehen. Grundsätzlich kommt es in der Phase der Pfadkreation zu einer zunehmenden Einschränkung der Akteure in Bezug auf ihre wahrgenommenen und tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten. Diese Einschränkung resultiert sowohl aus der

⁴⁷⁴ Vgl. Konrad 2006:439.

⁴⁷⁵ Vgl. Sydow, Windeler & Möllering 2004:4.

⁴⁷⁶ Vgl. Garud & Karnøe 2003:278.

⁴⁷⁷ Vgl. van Merkerk und van Lente (2005:1106) für das Beispiel der Nanotubes.

⁴⁷⁸ Vgl. Garud & Karnøe 2001:19.

⁴⁷⁹ Vgl. Sydow, Schreyögg & Koch 2005:17.

⁴⁸⁰ Vgl. hierzu unter anderem Garud & Karnøe 2001:11 und 2001:27; Nelson 1998:330; Green 1992:170.

⁴⁸¹ Vgl. Rammert 1983:185f.

Strukturelemente und ihre Bedeutung in der Pfadkreation	Akteure	<ul style="list-style-type: none"> • Kreation neuer Akteure und Bilden von Netzwerken • sukzessives Besetzen der einzelnen Netzwerkpole • „Test“ von Ressourcenkombinationen in Unternehmen
	Institutionen	<ul style="list-style-type: none"> • institutionelle Struktur bildet sich heraus • „Test“ neuer Regelungen • öffentliche Regulierung erfolgt
	Wissensbasis	<ul style="list-style-type: none"> • extrem schnelle Verbreiterung der Wissensbasis • Herausbilden einer spezifischen Wissensbasis
	Artefakte	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Konkurrenz um Designs und Standards • marktfähige Produkte entstehen (z.B. Kleinserien) • Schnittstellen zu anderen Produkten und zwischen Komponenten werden zunehmend standardisiert
Funktionen und ihre Bedeutung in der Pfadkreation	Mobilisierung von Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> • erheblicher Zustrom von Ressourcen aus anderen Innovationssystemen • zunehmender Input von Ressourcen aus dem entstehenden technologiebasierten Innovationssystem
	Schaffung und Verbreitung von Wissen	<ul style="list-style-type: none"> • neues Wissen wird schnell aufgebaut • Wissen aus anderen Feldern wird integriert • systematische Wissensverbreitung (z.B. Ausbildung) beginnt
	Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses	<ul style="list-style-type: none"> • Richtungsgebung durch das Bilden von Erwartungen • verschiedene Gruppen versuchen Einfluss auszuüben • Möglichkeit des Auftretens mehrerer Pfade
	Gründungstätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • umfangreiche Gründungen erfolgen • zahlreiche Ein- und Austritte in das Innovationssystem
	Bildung und Entwicklung von Märkten	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie ist aufgrund spezialisierter Bedürfnisse in Nischenmärkten etabliert • Versuche der Etablierung auf Massenmärkten werden unternommen
	gesellschaftliche Legitimierung	<ul style="list-style-type: none"> • gesellschaftliche Diskurse über neue Technologie erfolgen • Gruppen treten als Befürworter und Gegner des neuen technologiebasierten Innovationssystems auf

Tabelle 4: Strukturelemente und Funktionen während der Pfadkreation
[Quelle: eigene Darstellung]

Konvergenz von Erwartungen⁴⁸² als auch aus der sich herausbildenden Struktur des technologiebasierten Innovationssystems.⁴⁸³ Diese Entwicklung setzt sich fort, bis es zu dem für die Pfadabhängigkeit charakteristischen „Lock-in“ kommt. Zusammenfassend ist für die Phase des Aufkommens gerichteter Entwicklung festzuhalten, dass sich das Erscheinungsbild des technologiebasierten Innovationssystems stabilisiert.⁴⁸⁴ Einzelne Strukturelemente und Funktionen sowie ihre Bedeutung im Prozess der Pfadkreation sind in Tabelle 4 dargestellt.

Ausgehend von der Erwartungsbildung werden die einzelnen Funktionen des aufkommenden Innovationssystems in der zweiten Phase der Pfadkonstitution zunehmend erfüllt. Durch die erwarteten Möglichkeiten werden Akteure angezogen, die in die aufkommende Struktur integriert werden.⁴⁸⁵ Nischen fungieren als Ort, an dem diese Akteure Handlungsweisen und Institutionen testen und neue Kompetenzen aufbauen, bis sich spezifische Konfigurationen aus Ressourcen und Routinen herausbilden.⁴⁸⁶ Durch Lernprozesse wird eine Verbreiterung der Wissensbasis erzielt, die von dem Aufkommen technologischer Artefakte, die über reine Prototypen hinausgehen, begleitet wird. Des Weiteren bildet sich ein spezifisches institutionelles Regelungsgeflecht heraus, das mit den Regelungen der Umssysteme weitestgehend konform ist.⁴⁸⁷ Die Akteure sind in der Phase der Pfadkreation in ihren Handlungsmöglichkeiten bereits eingeschränkt, allerdings konstatiert sich erst am Ende der Phase eine beständige Entwicklungsrichtung. Die Phase der Pfadkreation endet mit dem Lock-in.

3.4.3 Pfadabhängigkeit und Pfadbrechung

Dieser Abschnitt stellt die Phase der Pfadabhängigkeit im Entstehungsprozess technologiebasierter Innovationssysteme dar. Zu Beginn geht er auf unternehmensexterne und unternehmensinterne Ursachen für das Auftreten pfadabhängiger Innovationsprozesse ein. Anschließend findet eine Betrachtung von Strukturelementen und Funktionen innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems nach dem Lock-in statt.

⁴⁸² Vgl. Brown, Douglas, Eriksson, Rodrigues, Yearly & Webster 2005:7.

⁴⁸³ „As it gains momentum, the emerging path begins enabling and constraining the activities of involved actors.“ (Garud & Karnøe 2003:278). Vgl. hierzu auch Greener 2004:16.

⁴⁸⁴ Vgl. Berkhout 2006:302. Dabei kann die Reihenfolge unterschiedlicher Ereignisse für die später eingeschlagene Entwicklungsrichtung eine bedeutende Rolle spielen (vgl. David 1985:335). Zu diesem Phänomen findet sich eine Aussage bei Baum und Silverman (2001:169) „...historical accidents may tip outcomes strongly in a particular direction.“ und bei Arthur (1994:86) „... and these small ‚random‘ events can accumulate and become magnified by positive feedbacks so as to determine the eventual outcome.“

⁴⁸⁵ Vgl. Garud & Karnøe 2003:279f.; Kemp, Schot & Hoogma 1998:178.

⁴⁸⁶ Vgl. Danneels 2004:247f.; Schreyögg, Sydow & Koch 2003:270; Rycott & Kash 2002:27; Teece, Pisano & Shuen 1997:515; Metcalfe & Boden 1996:61f.; vgl. Abernathy & Clarke 1985:7.

⁴⁸⁷ Vgl. Rao & Singh 2001:264; Nelson 1998:327ff.

Der Abschnitt endet mit einer Diskussion der Möglichkeiten, etablierte technologische Pfade aufzubrechen und Raum für neue Pfade und das Entstehen neuer technologiebasierter Innovationssysteme zu schaffen.

Ausgangspunkt der Phase der Pfadabhängigkeit in der Technologieentwicklung ist das Auftreten eines Lock-ins⁴⁸⁸ beispielsweise durch ein von den Kunden akzeptiertes Produktkonzept, durch die Investition in Produktionsanlagen, durch einen gesetzlichen Produktstandard oder durch ein Dominantes Design.⁴⁸⁹ Ab diesem Ereignis finden nur noch inkrementelle Veränderungen des Innovationssystems, die die grundsätzliche Entwicklungsrichtung nicht verändern, statt.⁴⁹⁰ Ursachen für das Auftreten dieser Abhängigkeiten sind selbstverstärkende Effekte,⁴⁹¹ die sowohl positiv als auch negativ wirken.⁴⁹² Selbstverstärkende Effekte führen im Ergebnis dazu, dass Organisationen und Individuen ihren Entscheidungsspielraum als eingeschränkt wahrnehmen.⁴⁹³ In der Technologieentwicklung macht sich diese „Alternativlosigkeit“ dadurch bemerkbar, dass ein Wechsel zu einer anderen Technologie nach dem Lock-in extrem kostspielig für die Akteure ist.⁴⁹⁴ Die Gründe für diese Abhängigkeiten und die mit ihnen verbundenen hohen Wechselkosten werden im Folgenden vertiefend beschrieben.

David sieht die Ursachen für Abhängigkeiten in technischer Verbundenheit, steigenden Skalenerträgen sowie einer Quasi-Irreversibilität von Investitionen.⁴⁹⁵ Da technologische Systeme auf mehreren Technologien aufbauen, bedingt der Wechsel einer Technologie Anpassungen bei den Übrigen. Zudem erfordern Technologien teilweise hohe Anfangsinvestitionen in Produktionsinfrastrukturen, die durch Technologiewechsel obsolet werden können. Arthur sieht steigende Skalenerträge durch Kostendegression

⁴⁸⁸ Vgl. Arthur 1994:92f.

⁴⁸⁹ Vgl. hierzu Rycott & Kash 2002:30; Nelson 1998:324f; Rosenkopf & Tushman 1994:419; Tushman & Anderson 1986:441.

⁴⁹⁰ Vgl. hierzu Nelson 1998:324f.; Anderson & Tushman 1990:613ff.; Tushman & Anderson 1986:441ff. Dieser Prozess lässt sich als "Normal Science" (vgl. Kuhn 1996:10), "Era of Incremental Change" (vgl. Rosenkopf & Tushman 1994:417ff.) oder „Exploitation-Phase“ (vgl. March 2001:73ff.) bezeichnen.

⁴⁹¹ Vgl. Schreyögg, Sydow & Koch 2003:262; vgl. hierzu auch Weissenberger-Eibl 2007:1394ff.

⁴⁹² Vgl. Greener 2004:8. Sie wirken positiv, indem sie bestimmte Handlungsweisen aufzeigen und negativ durch das faktische Ausschließen von Handlungen.

⁴⁹³ Vgl. North 1990:101f.; Araujo & Harrison 2002:7; Sydow, Schreyögg & Koch 2005:11.

⁴⁹⁴ Vgl. Sydow, Schreyögg & Koch 2005:10f. Greener (2004:11) spricht in diesem Zusammenhang von einer „absence of awareness of choice“, die allerdings nach Meinung von Windeler (2003:320f.) durch ein ausreichendes Maß an Reflexion überwunden werden kann. Vgl. hierzu auch die Ausführungen zu der „Mindful Deviation“ nach Garud & Karnøe (2003 und 2001) sowie von Kemp, Rip & Schot (2001).

⁴⁹⁵ Vgl. hierzu David 1985:334f. Bei dem Beispiel der QWERTY-Tastatur liegt eine technische Verbundenheit vor, da der Wert eines Firmencomputers (bzw. einer Schreibmaschine) entscheidend von der Verfügbarkeit qualifizierter Bediener abhängt. Positive Skalenerträge entstehen nicht nur auf Seiten der Investoren, die in eine neue Schreibmaschine investieren, sondern auch auf Seiten der Bediener, die eine Schreibtechnik erlernen müssen. Mit einer höheren Verbreitung von Arbeitsmöglichkeiten steigt ihre Chance auf Beschäftigung und Einstellung.

und Erfahrungskurveneffekte als zentrale Ursachen für die Dominanz einer technologischen Lösung.⁴⁹⁶ Skaleneffekte entstehen sowohl in der Produktion als auch auf der institutionellen Ebene,⁴⁹⁷ da z.B. eine Neugestaltung von Institutionen erhebliche Investitionen erfordert⁴⁹⁸ und Koordinationsschwierigkeiten hervorruft.⁴⁹⁹ Eine weitere Rolle spielen die von Katz und Shapiro identifizierten Netzwerkeffekte. Dabei hängt der Nutzen einer neuen Technologie von der Anzahl komplementärer Produkte und Services sowie von der Anzahl der Akteure ab, die die gleiche Technologie verwenden.⁵⁰⁰ Schließlich beeinflussen Lern- und Gewöhnungseffekte der Anwender und Nutzer einer Technologie deren Kaufentscheidungen zu Ungunsten alternativer technologischer Lösungen.⁵⁰¹

Insbesondere unternehmensinterne Ressourcenkonfigurationen stellen eine weitere Ursache pfadabhängiger Entwicklungen von Innovationssystemen dar. Dabei entfalten verschiedene Arten von Ressourcen unterschiedliche Wirkungen. Auf der untersten Ebene einer Ressourcenpyramide werden „Assets“ – finanzielles Kapital, Humankapital und physisches Kapital – für das Beherrschen einer Technologie benötigt.⁵⁰² Auf einer Ebene darüber sind „Zero-Level Capabilities“ – d.h. grundlegende Routinen für Geschäftsprozesse – auf dem Gebiet des Managements von Organisation und Technologie erforderlich.⁵⁰³ Für diese beiden Ressourcenkategorien eines Unternehmens gilt, dass sie für den Einsatz in spezifischen Technologien kombiniert werden. Da der Transfer der Kombinationen in andere technologische Bereiche in der Regel schwierig ist, stellen sie starke Quellen von Pfadabhängigkeiten dar. Die Wirkung von „Higher-Level-Capabilities“ – d.h. Fähigkeiten, die unabhängig von einzelnen Geschäftsfeldern und Technologien sind – auf die Entstehung von Abhängigkeiten ist hingegen nicht eindeutig zu beschreiben.⁵⁰⁴ In dieser Arbeit wird daher unterstellt, dass sie sowohl Ursachen für Abhängigkeiten als auch Auslöser eines Pfadwechsels sein können.

⁴⁹⁶ Vgl. Arrow 2000:178; Arthur 1994:84.

⁴⁹⁷ Vgl. hierzu Greener 2004:6; Wilsford 1994:251.

⁴⁹⁸ Vgl. hierzu North 2005:95. Beispielsweise sind Akteure zu mobilisieren, um die vorhandenen Regelwerke zu verändern und diese Veränderungen durchzusetzen.

⁴⁹⁹ Vgl. Schreyögg, Sydow & Koch 2003:262.

⁵⁰⁰ Vgl. Katz & Shapiro 1985:424; Arthur 1989:117ff.

⁵⁰¹ Vgl. Rosenberg 1982:122f.; Rycroft & Kash 2002:27.

⁵⁰² Vgl. Teece, Pisano & Shuen, 1997:516; Hall 1993:608f.

⁵⁰³ Vgl. Burr 2004:123ff.; Winter 2003:992f.; Amit & Schoemaker 1993:35f.; Hall 1993:609ff.

⁵⁰⁴ Zum einen lassen sich diese Fähigkeiten als Quelle von Dependenz interpretieren. Teece, Pisano und Shuen (1997:523f.) unterstellen, dass die Fähigkeit, neue technologische Optionen zu identifizieren und zu nutzen, von den früheren Erfahrungen des Unternehmens beeinflusst wird (vgl. hierzu auch Leonard-Barton 1992:118ff.). Diese Argumentationslinie stützen verschiedene empirische Untersuchungen (vgl. Christensen 2002; Kleppner & Simons 2003; Tushman & Anderson 1986). Auf der anderen Seite lassen sich dynamische Wettbewerbsfähigkeiten gerade als unabhängig von Geschäftsfeldern charakterisieren (Burr 2004:133f.).

Diese Effekte führen dazu, dass sich ein etabliertes Innovationssystem in einer konstanten Richtung entlang eines technologischen Pfades entwickelt.

Strukturelemente ihre Bedeutung in der Pfadabhängigkeit	Akteure	<ul style="list-style-type: none"> • stabiles Akteur-Netzwerk, an allen Netzwerkpolen besetzt
	Institutionen	<ul style="list-style-type: none"> • vollständiges Regelungsumfeld, das die Netzwerke stabilisiert
	Wissensbasis	<ul style="list-style-type: none"> • Wissensbasis wird inkrementell erweitert
	Artefakte	<ul style="list-style-type: none"> • Dominante Designs und Standards liegen vor • Produkte weisen standardisierte Schnittstellen auf
Funktionen und ihre Bedeutung in der Pfadabhängigkeit	Mobilisierung von Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilisierung von Ressourcen erfolgt routiniert • Innovationssystem "trägt" sich selbst
	Schaffung und Verbreitung von Wissen	<ul style="list-style-type: none"> • neues Wissen wird auf Basis der vorhandenen Erkenntnisse gewonnen • Wissen wird sehr effizient verbreitet
	Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses	<ul style="list-style-type: none"> • Forschungsprobleme sind kollektiv definiert • Einigkeit über wesentliche Forschungsschwerpunkte • neue Lösungen werden auf Basis der vorhandenen Ansätze konzipiert
	Gründungstätigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Gründungstätigkeit ist rückläufig und nimmt im Zeitablauf weiter ab • Konsolidierung setzt sich fort
	Bildung und Entwicklung von Märkten	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie ist als Schlüsseltechnologie auf Massenmärkten etabliert
	gesellschaftliche Legitimierung	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie ist weitestgehend legitimiert

Tabelle 5: Strukturelemente und Funktionen in der Pfadabhängigkeit [Quelle: eigene Darstellung]

Zusammenfassend kann für die Phase der Pfadabhängigkeit die Aussage getroffen werden, dass sich ein Akteur-Netzwerk herausgebildet hat und dieses durch ein institutionelles Netzwerk stabilisiert wird.⁵⁰⁵ Des Weiteren existiert eine Wissensbasis, die dem technologischen Innovationssystem zuzuordnen ist, und es besteht ein spezifischer Pool technologischer Artefakte (vgl. Tabelle 5). Sämtliche Funktionen des technologiebasierten Innovationssystems werden erfüllt. Hinsichtlich der Erwartungsdynamik herrscht auf kollektiver wie individueller Ebene ein Konsens über die zukünftigen

⁵⁰⁵ Vgl. Geels 2004:124f.

Anwendungsmöglichkeiten der Technologie, über ihre Vorteile und auch über die mit ihr zusammenhängenden Forschungsfragen.⁵⁰⁶

In der Phase der Pfadabhängigkeit kann es zu der Herausbildung unterschiedlicher „Äste“ – im Sinne von Abspaltungen – eines technologischen Pfades kommen. Ein Beispiel für die Entstehung einer solchen Verzweigung liegt in dem Transfer einer Technologie in einen völlig neuen Anwendungskontext.⁵⁰⁷ Dieser Transfer erfordert in der Regel Anpassungen der Produktionsanlagen, die Interaktion mit neuen Kunden- und Anwendergruppen, die Beachtung anderer gesetzlicher Regelungen oder den Aufbau neuen Wissens über das Einsatzverhalten einer Technologie. Von einem technologischen Pfad, auf dem sich ein Innovationssystem bewegt, können mehrere solcher Verzweigungen ausgehen. Diese führen dazu, dass sich innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems Sub-Systeme entwickeln, die eine spezifische Struktur, d.h. Zusammensetzung der Strukturelemente und eine spezifische Funktionserfüllung aufweisen.

Neben der Entstehung von Verzweigungen kann die Pfadabhängigkeit durch eine gezielte Pfadbrechung aufgehoben werden.⁵⁰⁸ Die Auslöser für das Brechen eines Pfades können in einem bewussten Abweichen von Bestehendem, beispielsweise in Form der „Mindful Deviation“,⁵⁰⁹ liegen oder rein zufällig erfolgen, z.B. durch neue wissenschaftliche Entdeckungen, die Innovationspotenziale oder Kostenvorteile versprechen.⁵¹⁰ Es ist ebenfalls denkbar, dass etablierte Pfade durch neue gesetzliche Regelungen (z.B. im Bereich des Umweltschutzes) zu verlassen sind.⁵¹¹ In der Folge beginnt der Prozess der Pfadkonstitution erneut. Das Besetzen eines neuen technologischen Pfades geht mit der Entstehung eines neuen technologiebasierten Innovationssystems, das durch eine spezifische Elementstruktur gekennzeichnet ist, einher.

⁵⁰⁶ Vgl. hierzu van Merkerk & van Lente 2005:1097; Rycraft & Kash 2002:31; Nelson & Winter 1977:258f.

⁵⁰⁷ Vgl. Spinardi & Williams 2005a:95; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:142; Adner & Levinthal 2002:53ff.; Rao & Singh 2001:243.

⁵⁰⁸ Vgl. Garud & Karnøe 2001.

⁵⁰⁹ Vgl. Garud & Karnøe 2003:281; Garud & Karnøe 2001:2; March 1991:71f. Andere Autoren weisen in der Tradition des sozialen Konstruktivismus auf die Flexibilität der Interpretation bestehender Pfade ("Interpretative Flexibility") hin (vgl. Feenberg 1999:78ff.).

⁵¹⁰ Vgl. Cowan & Hultén 1996:63.

⁵¹¹ Vgl. hierzu das von Perez & Soete (1988:460ff.) beschriebene Konzept des "Window of Opportunity". Vgl. hierzu auch Zundel, Nill & Sartorius 2004:11.

3.5 Zwischenfazit: theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Das Ziel dieses Kapitels bestand in der Entwicklung einer Grundlage für einen stärkeren Theoriebezug der Vorausschau und Planung im Umfeld neuer Technologiepfade. Zu diesem Zweck wurde ein theoretisches Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen entwickelt. Dieses Modell beschreibt das Aufkommen technologiebasierter Innovationssysteme als Prozess der Pfadkonstitution, der über die Phasen der Präformation und der Pfadkreation in eine Phase der Pfadabhängigkeit mündet. In den Phasen der Pfadkreation und der Pfadabhängigkeit können sich Verzweigungen herausbilden, die mit der Entstehung von Sub-Systemen innerhalb des Innovationssystems einhergehen. Technologiebasierte Innovationssysteme sind durch eine charakteristische Zusammensetzung der strukturbildenden Elemente – Akteure, Institutionen, Wissen, Artefakte – gekennzeichnet. Innerhalb eines Systems werden zentrale Funktionen – die Mobilisierung von Ressourcen, die Schaffung und Verbreitung von Wissen, die Beeinflussung der Richtung des Suchprozesses, Gründungstätigkeiten, die Bildung von Märkten und die gesellschaftliche Legitimierung – erfüllt. Technologiebasierte Innovationssysteme bezeichnen alle wirtschaftlichen, sozialen, politischen, organisationalen, institutionellen sowie sonstige Faktoren, wenn sie die Entwicklung, Diffusion oder Nutzung einer Technologie beeinflussen.

Mit dem entwickelten Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen lassen sich unter anderem folgende Fragestellungen beantworten, die für die Durchführung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in Unternehmen von zentraler Bedeutung sind:

- Wie entstehen technologiebasierte Innovationssysteme und durch welche Prozesse sind die einzelnen Phasen ihrer Entwicklung gekennzeichnet?
- Welche Einflussfaktoren bestimmen das Aufkommen von technologischen Pfaden und wie festigt sich eine Entwicklungsrichtung?
- Welche Möglichkeiten haben einzelne Akteure, um den Prozess der Pfadkonstitution zu beeinflussen?

Das Verständnis der Prozesse, die bei der Entstehung neuer Pfade ablaufen, ist die Voraussetzung für eine Analyse und eine Interpretation dieser Situationen. In der Analyse ermöglicht das entwickelte Modell die Handhabung der Komplexität durch das Aufzeigen zentraler Prozesse (z.B. Erwartungsbildung, technologische Nischen, Wechsel der Entwicklungsrichtung, Verstärken von Abhängigkeiten). Die Kenntnis von Ursachen und Verläufen der Pfadkonstitution liefert die Basis für zielorientiertes Handeln in Unternehmen. Dieses Handeln kann sich z.B. in der frühzeitigen Positionierung

auf einem aussichtsreichen Technologiepfad oder in einer gezielten Beeinflussung der Entwicklungsrichtung ausdrücken. Die Kenntnis der Einflussfaktoren, die das Aufkommen neuer Technologiepfade bestimmen sowie ihrer Wechselwirkungen ist ebenfalls für die Analyse eines neuen Feldes relevant. Noch größere Bedeutung erlangt diese Kenntnis in der Vorausschau, um potenzielle Entwicklungsrichtungen und Entwicklungsbarrieren einer neuen Technologie auf Basis der Analyse von Einflussfaktoren (z.B. Regulierungsbemühungen, existierende Kompetenzen, etablierte Produktionsinfrastrukturen, vorhandene Wissensbasen) zu antizipieren. Zusammenfassend gestattet die Nutzung des Modells in der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sowohl die frühzeitige Entwicklung von Handlungsstrategien als auch die Besetzung strategischer Positionen. Unternehmen können dadurch Vorteile im Prozess der Technologieentwicklung gegenüber ihren Konkurrenten erzielen.

Auf Basis der in Abschnitt 2.3.3 aufgestellten Forschungsthese ist die Eignung des Modells als theoretische Fundierung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu evaluieren. Die These lautete wie folgt:

- 1. Die Vorausschau und Planung basiert auf einem impliziten Verständnis technologischer Entwicklung, welches eine handlungsleitende Funktion ausübt. Ansätzen für Situationen, in denen neue technologische Pfade entstehen, liegt in der Regel ein Verständnis zu Grunde, welches wissenschaftliche Erkenntnisse über den Innovationsprozess in diesen Situationen nur unzureichend berücksichtigt. Wenn diese Situationen durch ein theoretisch und empirisch validiertes Modell beschrieben werden können, könnte dieses Modell als Fundierung für die Vorausschau und Planung genutzt werden.*

Das Erkenntnisinteresse der ersten Hypothese lag darin, das Potenzial einer Integration von Innovationssystemen und technologischen Pfaden als theoretische Grundlage der Vorausschau und Planung zu bestimmen. Das in diesem Kapitel entwickelte Modell verknüpft die beiden Konzepte, indem es die Entstehung technologischer Pfade als einen Prozess beschreibt, der mit der Entstehung technologiebasierter Innovationssysteme einhergeht. Die theoretische Grundlage sollte die Erfassung der Komplexität neuer Technologiepfade unterstützen. Das vorgeschlagene Modell bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Perspektiven – Strukturelemente, Funktionen, Entstehungsphasen – einzunehmen und hierdurch Situationen, in denen neue Pfade entstehen, ganzheitlich zu erfassen. Die Bildung von Kategorien innerhalb der einzelnen Perspektiven lässt gleichzeitig die angestrebte Komplexitätsreduktion zu.

Weiterhin sollte diese theoretische Grundlage sowohl für Entwickler von Vorausschau- und Planungsmethoden als auch für potenzielle Anwender nachvollziehbar sein. Der

Gedanke der Technologieentwicklung entlang charakteristischer Pfade ist in der Wissenschaft und in der Unternehmenspraxis weit verbreitet. Daher kann ein Verständnis des vorgestellten Modells bei Methodenentwicklern und Anwendern vorausgesetzt werden. Problematisch erscheint jedoch die Integration des Innovationssystem-Konzepts, da dieses bislang noch nicht für die Vorausschau und Planung genutzt wird. Daher werden in den folgenden Kapiteln dieser Arbeit Anwendungsmöglichkeiten des Modells aufgezeigt, um Aussagen über eine praktische Nutzung treffen zu können. Die Anwendung des entwickelten Ansatzes zusammen mit Pilotunternehmen wird weitere Rückschlüsse auf das Verständnis und die Akzeptanz des Modells in der Unternehmenspraxis zulassen.

Das in diesem Kapitel vorgestellte Modell bildet die Grundlage eines ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Es wird insbesondere genutzt, um einen Rahmen für die Analyse von Einflussfaktoren der Technologieentwicklung zu definieren. Aussagen über die Anwendung dieses Rahmens für die Vorausschau und Planung in Unternehmen werden in der Diskussion der weiteren Forschungsthemen in Abschnitt 5.6.3 getroffen.

4 EIN GANZHEITLICHER ANSATZ FÜR DIE VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFAD E

In diesem Kapitel wird ein Referenzmodell für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade entwickelt. Zuerst werden Konkretisierungsmöglichkeiten für die inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung diskutiert. Anschließend findet auf Basis des zuvor entwickelten theoretischen Modells der Pfadentstehung eine Segmentierung von Einflussfaktoren in die Dimensionen Landscape, technologiebasiertes Innovationssystem und Unternehmen statt. Diese Faktoren bilden die Basis der im dritten Abschnitt dargestellten Ablauf- und Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung.

4.1 Inhaltliche Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Grundlage der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sind verschiedene inhaltliche Leitlinien. Diese formulieren zum einen durchzuführende Aktivitäten und Aufgaben. Zum anderen spezifizieren sie Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien im Umfeld neuer technologischer Pfade. Die inhaltlichen Leitlinien umfassen:

- die Erstellung von Visionen und Erwartungen,
- das Aufbauen eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Teilnehmern,
- die Antizipation möglicher Entwicklungen,
- das Ermöglichen von Kreativität und Lernen,
- die Identifikation schwacher Signale,
- die Herausarbeitung von Wechselwirkungen zwischen Einflussfaktoren,
- das Reflektieren von Strategien,
- das Anstoßen von Veränderungen,
- die Formulierung flexibler Strategien,
- die Ableitung konkreter Schritte und Handlungsoptionen und
- die Erarbeitung langfristiger Strategien.

Den Kern der Diskussion dieses Abschnitts bildet die Konkretisierung dieser Leitlinien über geeignete Konzepte, die in den ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade einfließen.

Verschiedene Publikationen betonen die Erarbeitung von Visionen und Erwartungen für eine neue Technologie. Diese Aufgabe drückt sich in der ersten inhaltlichen Leitlinie der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade aus. Visionen sind einerseits normative Zielpunkte der technologischen Entwicklung und andererseits Bilder möglicher Zukünfte. Verknüpft mit dem Erstellen von Visionen ist das Erzeugen von Erwar-

tungen über mögliche Entwicklungen. Diese sind nicht nur statische Bilder, sondern besitzen zusätzlich einen dynamischen Charakter. Die erste Leitlinie umfasst ebenfalls die Kommunikation der Visionen und Erwartungen innerhalb des Unternehmens. Diese Verbreitung ist Voraussetzung für einen ausgedehnten Diskurs, der wiederum in einer Anpassung der Visionen und Erwartungen resultieren kann. Die lange Frist, die hohe Dynamik und die Komplexität des Umfelds erschweren die Formulierung von Visionen und Erwartungen beim Entstehen neuer Technologiepfade. Zur Unterstützung stehen Unternehmen in diesen Situationen unterschiedliche methodische Vorgehensweisen zur Verfügung. Eine relativ einfache Möglichkeit liegt in der Übernahme von Visionen aus öffentlich verfügbaren Quellen.⁵¹² Dies spart einen zeitaufwendigen Erstellungsprozess und bündelt die Position des Unternehmens in öffentlich geteilte Erwartungen ein. Die Erstellung von Visionen über die zukünftige Nutzung der Technologie kann außerdem aus dem Unternehmen selbst erfolgen. Als Methode bieten sich Workshops oder Fokusgruppen mit einem möglichst heterogenen Team an. Neben Personen unterschiedlicher hierarchischer Ebenen sollten verschiedene Funktionsbereiche eingebunden und bei Bedarf zusätzlich Personen von außerhalb des Unternehmens integriert werden. Zudem sollten sich die Teilnehmer in Bezug auf ihre fachlichen Kompetenzen und ihre kulturellen Hintergründe unterscheiden.⁵¹³ Die Bildung eines möglichst vielschichtigen Teams sichert die Zusammenführung einer großen Anzahl von Perspektiven, Interessen und Erfahrungen. Vor allem in Feldern, die sich schnell verändern, ist diese Heterogenität der Perspektiven wichtig, um möglichst differenzierte Zukunftsbilder zu entwerfen.⁵¹⁴ Ankerpunkte dieser Szenarien sollten zukünftige Anwendungsfelder der Technologie sein, da in der Regel noch keine Produktkonzepte existieren, die im Zentrum einer Vision stehen können.⁵¹⁵ Für die Visionsbildung in dieser Arbeit wird der Begriff des Anwendungskontexts verwendet, um neben der reinen Technologienutzung die Bedeutung der Umfeld der Anwendung zu betonen. Im Zentrum des Anwendungskontexts stehen langfristig relativ stabile Kundenbedürfnisse und technologische Funktionen. Neben der Erstellung von Visionen und Erwartungen liegt eine wesentliche Aufgabe der Vorausschau und Planung darüber hinaus in ihrer Interpretation. In diesem Zusammenhang sind mögliche Konsequenzen für das Unterneh-

⁵¹² Vgl. Kets, Burger & De Zoeten-Dartenset 2003:13f.

⁵¹³ Vgl. Stacey 1993:16. Der Autor betont, dass heterogene Kulturen Auslöser von Konflikten sind und hierdurch die Teamfindung und die Selbstorganisation des Teams vorantreiben.

⁵¹⁴ Vgl. hierzu den breiten Konsens in der Methodenforschung über den Bedarf an heterogenen Teams, der sich in Tabelle 1 zeigt.

⁵¹⁵ Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen, & de Boevere 2007:3; Day & Schoemaker 2000:21; Veryzer 1998:317; Chiesa & Manzini 1998:115.

men abzuleiten und mit den Szenarien innerhalb des Unternehmens zu kommunizieren.⁵¹⁶

Der Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses über die Möglichkeiten einer neuen Technologie – als eine weitere inhaltliche Leitlinie – hängt mit der Bildung von Visionen und Erwartungen zusammen. Ziel ist es, einen von allen Beteiligten getragenen Konsens (z.B. über eine Vision oder eine Strategie) zu erzielen, um ein Commitment der Beteiligten aufzubauen und eine Koordination von Aktivitäten zu ermöglichen. Zudem kann im Rahmen der Konsensfindung Vertrauen zwischen den Teilnehmern aufgebaut⁵¹⁷ und eine gemeinsame Sprache gefunden werden.⁵¹⁸ Beides beeinflusst die weitere Zusammenarbeit des Teams positiv. Insbesondere in sich schnell wandelnden Feldern ist das gemeinsame Verständnis jedoch schwer aufzubauen, da eine Vielzahl von Interpretationsmöglichkeiten und Entwicklungsrichtungen vorstellbar sind.⁵¹⁹ Aus dem gleichen Grund ist eine geteilte Perspektive jedoch besonders wichtig, um die Abstimmung zwischen verschiedenen Organisationen, Funktionsbereichen und Personen zu ermöglichen. Die gemeinsame Visualisierung von Entwicklungen oder Visionen ist ein Mittel, um den Aufbau eines „shared understanding“ in komplexen Situationen zu beschleunigen. In diesem Zusammenhang bildet das physische „Aufzeichnen“ von Entwicklungen und Zielpunkten den Auslöser einer konstruktiven Diskussion zwischen den Beteiligten. Verschiedene Forscher sehen Roadmaps als eine besonders gute Möglichkeit der gemeinsamen Visualisierung, Konsensfindung und Koordination von Aufgaben in neuen Technologiefeldern an.⁵²⁰ Diese Roadmaps sollten unterschiedliche Einflussgrößen, wie beispielsweise Anwendungskontexte, alternative Technologien, Kompetenzen oder Umfeldentwicklungen, gegenüber der Zeit abbilden.

Eine weitere zentrale Aufgabe der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist die Antizipation möglicher Entwicklungen und der mit ihnen verbundenen Chancen und Risiken. In komplexen, hochdynamischen Feldern ist diese Antizipation zentral, da keine zuverlässige Prognose von Entwicklungen erfolgen kann. Diese Bedeutung unterstreicht eine Fallstudienuntersuchung von Brown und Eisenhardt.

“One reason that probing the future is associated with successful product portfolios may be that probes give managers options for the future. In high-velocity industries, new futures arrive quickly, making it particularly challenging to predict which of the possible futures will arrive and when. Given

⁵¹⁶ Vgl. Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:208f.

⁵¹⁷ Vgl. Slaughter 1990:157.

⁵¹⁸ Vgl. Walsh 2004:175.

⁵¹⁹ Vgl. hierzu die Ausführungen von Walsh 2004:170ff.

⁵²⁰ Vgl. Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004:300; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:157; Walsh 2004:175.

this uncertainty, options give managers more possible responses. When the future does arrive, managers are more likely to have something readily available to do and can more quickly adjust."⁵²¹

Die Antizipation umfasst das „Vorausdenken“ von Entwicklungen des Umfelds und das „Erdenken“ von Strategien, um auf diese Entwicklungen zu reagieren. Sie hat zwei Effekte. Erstens schafft sie bei den Teilnehmern das Bewusstsein, dass der Entwicklungsprozess des Technologiepfades nicht linear verläuft sondern unterschiedliche Richtungen einschlagen kann. Zweitens sensibilisiert sie die Teilnehmer dafür, dass die Zukunft „anders eintreten wird“ als von ihnen erwartet. Beide Effekte unterstützen das Herausbilden von „innerer Flexibilität“: treten unvorhergesehene Ereignisse auf, fällt es den Teilnehmer leichter, die „alten“, obsoleten Strategien zu verwerfen, neue Optionen zu identifizieren und sich auf diese einzulassen. Möglichkeiten, die Antizipation zu forcieren, bestehen in dem Entwurf unterschiedlicher Strategien und Zielpunkte. Außerdem können Ereignisse definiert werden, die den Erfolg von Strategien gefährden würden, wie beispielsweise das Aufkommen technologischer Alternativen oder neuer Bedürfnisse. Des Weiteren können Teilnehmer Analogien aus Entwicklungsbrüchen in anderen Industrien oder Technologiefeldern ziehen und deren Auswirkungen auf den neuen technologischen Pfad übertragen.⁵²²

Eine weitere inhaltliche Leitlinie der Vorausschau und Planung liegt darin, durch ständige Reflexionen möglichst objektive Resultate zu erlangen. Da im Umfeld neuer Technologiepfade ist keine vollständige Objektivität vorstellbar ist, ist es lediglich möglich, Positionen und Entwicklungen aus verschiedenen Perspektiven zu analysieren und systematisch neu zu interpretieren. Das Ziel dieser Leitlinie besteht demzufolge vornehmlich darin, den Teilnehmern die Subjektivität und Unsicherheit ihrer Einschätzungen bewusst zu machen. Zu diesem Zweck können beispielsweise die den Strategien zugrunde liegenden Annahmen expliziert und wiederholt kritisch hinterfragt werden.⁵²³ Eine andere Möglichkeit liegt in dem Hinzuziehen von Externen, die nicht an der Erarbeitung einer Strategie beteiligt waren. Dies bietet das Potenzial, den Bias innerhalb einer Teilnehmergruppe aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auf die Gefahr des „Group Think“ hinzuweisen.⁵²⁴ Denkbar wäre weiterhin der Abgleich mit alternativen Visionen, die in öffentlich verfügbaren Dokumenten vorliegen können oder in Erwartungen anderer Akteure zum Ausdruck kommen können.⁵²⁵ Ein

⁵²¹ Brown & Eisenhardt 1997:20. Zu der Bedeutung der Antizipation vgl. auch Slaughter 1990:156ff.

⁵²² Vgl. Day & Schoemaker 2006:9f.

⁵²³ Vgl. Schnaars & Berenson 1986:71f.

⁵²⁴ Vgl. Day & Schoemaker 2006:10.

⁵²⁵ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:13f.

anderer Ansatzpunkt könnte im Abgleich mit Ergebnissen von Datenbankanalysen⁵²⁶ oder von Analysen technologischer Entwicklungsmuster liegen.⁵²⁷ Das Einsetzen mehrerer redundanter Gruppen mit Teilnehmern aus dem Unternehmen, die simultan die gleiche Aufgabenstellung bearbeiten, kann ebenfalls die Konfrontation mit abweichenden Positionen ermöglichen.⁵²⁸ Vor dem Hintergrund einer vielschichtigen Reflexion sollte der beteiligte Personenkreis ein hohes Maß an Heterogenität aufweisen. Das Vorgehen der Vorausschau und Planung sollte konkrete Zeitpunkte für die Hinterfragung von Ergebnissen vorsehen.

Verschiedene Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade betonen das Erreichen von Kreativität und Lernen. Kreativität ist unter anderem bei der Analyse von Umfeld und Unternehmen, bei der Antizipation möglicher Entwicklungen und bei der Konzeption von Strategien von Relevanz. Alternative Kombinationsmöglichkeiten von Faktoren sowie unkonventionelle Wege bieten Unternehmen das Potenzial, Zeit- und Wettbewerbsvorteile gegenüber Konkurrenten zu erlangen. Die systematische Anwendung von Kreativitätstechniken ist eine Möglichkeit, Projektteilnehmern neue Perspektiven zu eröffnen.⁵²⁹ Die Integration von weiteren kreativen Elementen, wie unter anderem von Spielen oder Gruppenarbeiten sowie das Erzeugen einer positiven Grundstimmung in Workshops unterstützen ebenfalls das Aufkommen neuer Ideen. Voraussetzung für das Formulieren erfolgversprechender Strategien in der Vorausschau und Planung ist des Weiteren das schnelle und umfassende Lernen über neue Technologien sowie über die Gegebenheiten im Unternehmen. Im Umfeld neuer Technologiepfade wird dieses Lernen zum einen durch eine Vielzahl von Informationen und zum anderen durch mögliche Widersprüche zwischen diesen Informationen erschwert. Ansätze, um mit dieser Problematik umzugehen, liegen beispielsweise in einer heterogenen Teambzusammensetzung, die eine umfassende Aufnahme und vielschichtige Interpretation von Informationen ermöglicht. Potenziale bei der Aufnahme und Analyse einer Masse von Informationen bieten zusätzlich automatisierte Auswertungen von Datenbanken.⁵³⁰ Ein weiterer Ansatzpunkt besteht in der Integration der durch den neuen Technologiepfad voraussichtlich betroffenen Stellen innerhalb des Unternehmens. Hierdurch können die Wirkungen auf das Unternehmen optimal erfasst und ein bestmöglicher Transfer der generierten Erkenntnisse in die spätere Entscheidungsumsetzung erreicht werden.

⁵²⁶ Vgl. Porter & Detampel 1995:249.

⁵²⁷ Vgl. Rinne 2004:76.

⁵²⁸ Vgl. Mercer 1997:158ff.

⁵²⁹ Vgl. Stern & Jaberger 2007:116ff.

⁵³⁰ Vgl. Kajikawa, Yoshikawa, Takeda & Matsushima 2007:3ff.; Porter & Detampel 1995:241ff.; Dror 1993:53ff.

Die frühzeitige Identifikation schwacher Signale im Umfeld des Unternehmens ist insbesondere in Situationen mit schnellen Veränderungen von Bedeutung, da hierdurch die verfügbare Reaktionszeit des Unternehmens verlängert wird.⁵³¹ Schwache Signale werden in diesem Zusammenhang als erste Anzeichen von Veränderungsprozessen verstanden. Für ihr Aufspüren sind unterschiedliche Vorgehensweisen denkbar. Potenzial liegt in der Nutzung von Informationen aus Datenbanken, beispielsweise bei der Identifikation neuer Technologien, die aus neuen Erkenntnissen, die an den Schnittstellen von Disziplinen liegen, entstehen. Schnittstellen von Technologiefeldern können identifiziert werden, indem zwei Wissenschaftsbereiche voneinander abgegrenzt und anschließend über Schlagwörter potenzielle Verbindungen zwischen diesen Feldern hergestellt werden.⁵³² Schwankende S-Kurven in der Reifephase von Technologien können ebenfalls als schwache Signale des Auftretens neuer Technologien interpretiert werden.⁵³³ Eine weitere Möglichkeit kann im Hinzuziehen führender Wissenschaftler bestehen, die einen guten Überblick über die jeweiligen Forschungsfelder besitzen und neue Entwicklungen frühzeitig erkennen. Die Suche nach schwachen Signalen sollte kontinuierlich erfolgen.

Die Entwicklung neuer Technologiepfade ist durch komplexe Interaktionen bestimmt. Um ein Verständnis dieser nicht-linearen Dynamik aufzubauen, ist das Herausarbeiten von Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Einflussfaktoren von Bedeutung. Ein Ansatzpunkt, um mögliche Wechselwirkungen zu identifizieren, besteht in der Modellierung des Umfelds, beispielsweise auf Basis chaostheoretischer Modelle.⁵³⁴ Das Durchlaufen mehrerer aufeinanderfolgender Simulationsvorgänge erlaubt das Herausfiltern von charakteristischen Entwicklungsmustern, die in der Vorausschau und Planung genutzt werden können. Eine andere Möglichkeit liegt in der Visualisierung von Entwicklungen in Roadmaps, die unterschiedliche Ebenen und Einflussfaktoren einschließlich möglicher Rückkopplungen berücksichtigen. Für das Unternehmen sind vor allem Wechselwirkungen zwischen Handlungen des Unternehmens und dem Umfeld relevant. Die Ableitung möglicher Auswirkungen von externen Entwicklungen kann in bereichsübergreifenden Workshops erfolgen. Besondere Bedeutung kommt der Beteiligung von unternehmensexternen Teilnehmern zu, da diese auf Trends hinweisen können, die innerhalb des Unternehmens nicht gesehen werden. Schließlich führen Wechselwirkungen in der Technologieentwicklung zur Herausbildung oder Verstärkung von Abhängigkeiten. Das Aufspüren von Lock-ins vor Konkurrenten ermöglicht es Fir-

⁵³¹ Vgl. Gerybadze 2004:46.

⁵³² Vgl. Kostoff 2006:929ff.; Smalheiser 2001:691f.; Hinze 1994:357ff.

⁵³³ Vgl. Pistorius & Utterback 1995:223.

⁵³⁴ Vgl. Baum & Silverman 2001:171.

men, aussichtsreiche, stabile technologische Lösungen frühzeitig zu identifizieren und zu verfolgen. Frühindikationen von Abhängigkeiten sind beispielsweise konvergente Erwartungen und Agenden der Akteure innerhalb eines Technologiefelds.⁵³⁵

Schließlich bietet die Vorausschau und Planung die Möglichkeit, auch innerhalb von Organisationen einen entsprechenden Wandel zu initiieren oder zu forcieren. Neue Technologiepfade erfordern häufig Anpassungen innerhalb von Unternehmen, indem sie technologische Kompetenzen oder bestehende Produktionsinfrastrukturen obsolet machen. Um Veränderungen in der Vorausschau und Planung zu initiieren, sollten sowohl Entwicklungen im Umfeld als auch Strukturen innerhalb des Unternehmens kritisch hinterfragt werden. Beides bietet das Potenzial, Anpassungsbedarf frühzeitig zu definieren und entsprechende Maßnahmen auszulösen. Durch die Einbeziehung der betroffenen Unternehmensbereiche bereits in die Analyse einer neuen Technologie können diese Prozesse besonders effizient gestaltet werden.

Ein weiterer Aspekt der inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade betrifft die Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien. Da neue Technologien durch nicht-lineare Dynamik gekennzeichnet sind, die sich einer zuverlässigen Prognose entziehen, sind flexible Strategien bereitzustellen, die die prinzipielle Offenheit der Technologieentwicklung berücksichtigen. Strategien für neue Technologiepfade sollten sicherstellen, dass in Zukunft Handlungsfreiheit besteht, um auf bestimmte unvorhergesehene Entwicklungen zu reagieren. Zudem sollten sie einem zu frühen Lock-in der Technologieentwicklung vorbeugen, um das technologische Entwicklungspotenzial bestmöglich auszuschöpfen.⁵³⁶ Für die Herstellung strategischer Flexibilität lassen sich unterschiedliche Ansatzpunkte identifizieren. Zum einen kann sich eine Strategie auf die Formulierung von abstrakten Handlungsleitlinien beschränken, die emergente Strategien in hochdynamischen Feldern ermöglichen.⁵³⁷

„Consequently, the essence of strategy [...] is to build a posture that is strong (and potentially flexible) in selecting the ways that the organization can achieve its goals despite the unforeseeable ways external forces may actually interact when the time comes.“⁵³⁸

Eine Alternative in der Formulierung grober Leitlinien liegt in der Erarbeitung von vereinheitlichenden Strategien, die in sämtlichen vorstellbaren Zukunftsszenarien funktionieren. Diese erfordern jedoch in der Regel bereits zum Entscheidungszeitpunkt einen

⁵³⁵ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1097.

⁵³⁶ Vgl. Rip & Propp 2005.

⁵³⁷ Vgl. Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:211.

⁵³⁸ Quinn 2003:15.

hohen Kapitaleinsatz⁵³⁹ und bergen das Risiko, bei völlig unvorhergesehenen Entwicklungen zu versagen. Andererseits ist das möglicherweise geringere Commitment der Teilnehmer beim Formulieren abstrakter „Guidelines“ problematisch.⁵⁴⁰ Zudem steht diese inhaltliche Leitlinie der im Folgenden diskutierten Forderung nach möglichst konkreten Strategien entgegen.

Die Formulierung von konkreten Schritten und Maßnahmen, die Wege zu angestrebten zukünftigen Zuständen aufzeigen, ist ein Ziel der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Die Definition konkreter Vorgehensweisen widerspricht jedoch möglicherweise der zuvor angesprochenen Konzeption offener, flexibler Strategien. Um diesem Dilemma der Strategiebildung für neue Technologiepfade zu entgehen, sind verschiedene Ansatzpunkte vorstellbar. Eine Option besteht im Entwerfen unterschiedlicher Wege zu einem angestrebten Zukunftszustand.⁵⁴¹ Eine Alternative liegt im Entwerfen mehrerer Pfade zu verschiedenen Zukünften.⁵⁴² Beispielsweise kann ein Unternehmen konkurrierende Technologiepfade gleichzeitig besetzen, mit der ein zukünftiger Bedarf adressiert werden kann.⁵⁴³ Weitere Möglichkeiten, flexible und gleichzeitig konkrete Strategien zu vereinbaren, sind die Definition zukünftiger Entscheidungspunkte. Eine Strategie kann beispielsweise „Flexibilitätspunkte“, bei denen Anpassungen der Entwicklungsrichtung vorzunehmen sind, „Windows“, bei denen bisherige Strategien weiter zu verfolgen sind oder „Gabelungen“, bei denen auf eine andere Strategie zu wechseln ist, beinhalten.⁵⁴⁴ Zudem kann das Durchführen einer Strategiereflexion bei dem Auftreten bestimmter kritischer Ereignisse im Umfeld oder innerhalb des Unternehmens festgelegt werden.⁵⁴⁵ Da in diesen Fällen konkrete Handlungsweisen definiert sind, ist von einem höheren Commitment der Teilnehmer auszugehen als bei der Nutzung offen formulierter Leitlinien.

Eine weitere inhaltliche Leitlinie betrifft die Fristigkeiten der erarbeiteten Strategien für neue Technologiepfade. Neue Technologien sind in der Regel in verschiedenen Kontexten zu erproben, bevor eine erfolgreiche Anwendung gefunden wird. Das Risiko, dass sich die Technologie in den ersten Anwendungsfeldern als nicht erfolgreich erweist, ist relativ hoch. Um einen verfrühten Rückzug aus einer Technologie zu vermeiden, sind langfristig ausgelegte Strategien anzustreben, die ein potenzielles Scheitern

⁵³⁹ Vgl. Bers, Lynn & Spurling 1999:37ff.

⁵⁴⁰ Vgl. Day & Schoemaker 2000:24f.

⁵⁴¹ Dortmundmanns (2005:280f.) spricht in diesem Zusammenhang von Migrationslandschaften. Diese stellen die Gesamtheit von Wegen dar, die zwischen einem Ist-Status und einem strategischen Zielpunkt liegen.

⁵⁴² Vgl. Rip & Propp 2005; Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:9.

⁵⁴³ Vgl. Kostoff, Boylan & Simmons 2004:146; Walsh 2004:177.

⁵⁴⁴ Vgl. Radnor & Strauss 2004:55. Vgl. hierzu auch Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:10.

einkalkulieren. Der Zeithorizont, für den zu planen ist, hängt dabei von den Innovationszyklen der jeweiligen Industrie ab; mit tendenziell längeren Zyklen in den Bereichen Materialien, Pharmatechnologie oder Luft- und Raumfahrt und kürzeren Zyklen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Zusätzlich sollte ein mögliches Vorgehen darauf ausgerichtet sein, ein schnelles Lernen über ein Anwendungsfeld und damit auch ein schnelles Scheitern zu ermöglichen.⁵⁴⁶

Unabhängig von der Frist sollten die jeweiligen Strategien das Timing von Entscheidungen definieren, um gemeinsame Zielpunkte zu dokumentieren und eine Koordination von Aktivitäten zu ermöglichen. Im Umfeld neuer technologischer Pfade erschweren die hohe Veränderungsrate und das Auftreten von Ereignissen, die zum Zeitpunkt der Planung nicht absehbar sind, jedoch die zeitliche Fixierung von Entscheidungen. Starre Deadlines für einzelne Teilaktivitäten sollten vor dem Hintergrund eines sich schnell entwickelnden Umfelds ebenfalls vermieden werden, da möglicherweise die Anpassung oder der Abbruch von Aktivitäten erforderlich sind.⁵⁴⁷ Daher sollten sich Unternehmen beispielsweise auf die Festlegung von Ziel-Zeitpunkten für langfristige Strategien sowie auf Zeitpunkte für Strategie-Reviews beschränken. Eine weitere Möglichkeit besteht in der gemeinsamen Definition von „Indikator-Ereignissen“, bei denen bestimmte Entscheidungen zu treffen sind, unabhängig vom Zeitpunkt, an dem sie auftreten. Geeignete Indikatoren können beispielsweise die Verfügbarkeit komplementärer Technologien, das Aufkommen technologischer Alternativen sowie Veränderungen in der Gesetzgebung oder in den Bedürfnissen von Kundengruppen sein. Eine langfristig ausgerichtete Planung, in der auch einzelne Ereignisse abgebildet werden, können Unternehmen in einer Roadmap erarbeiten.

In diesem Abschnitt erfolgte die Diskussion und Konkretisierung der verschiedenen inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Die folgenden Abschnitte ergänzen diese Diskussion um die systematische Analyse von Einflussfaktoren sowie die Organisation eines ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung.

⁵⁴⁵ Vgl. Dortmans 2005:280.

⁵⁴⁶ Vgl. Bessant, Lamming, Hannah & Phillips 2005:1373; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Day & Schoemaker 2000:21.

⁵⁴⁷ Vgl. Noori, Munro, Descza & McWilliams 1999a:559; Calori & Atamer 1990:46.

4.2 Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Ausgangspunkt der Definition eines Rahmens für das Aufnehmen von Einflussfaktoren ist die theoretische Fundierung der Arbeit. Das entwickelte Modell des Aufkommens von Technologiepfaden in Innovationssystemen wird in diesem Abschnitt für die Vorausschau und Planung auf den drei Ebenen „Umfeld/Landscape“, „Technologiefeld“ und „Unternehmen/Unternehmensbereich“, konkretisiert (vgl. Abbildung 9). Das Umfeld bezeichnet unter anderem gesellschaftliche, politische und rechtliche Rahmenbedingungen, langfristige globale Trends sowie andere technologiebasierte Innovationssysteme. Das technologiebasierte Innovationssystem enthält Einflussfaktoren aus dem Bereich von Akteuren, die sich mit der Technologie befassen. Die dritte Ebene betrifft die Einflussfaktoren innerhalb des Unternehmens. Aufgrund der schnellen Veränderungen in Situationen der Pfadentstehung ist teilweise keine eindeutige Zuordnung von Einflussfaktoren zu einer Ebene möglich. Zudem kann im Zeitablauf auch eine Bewegung der Einflussfaktoren zwischen einzelnen Ebenen erfolgen. Beispielsweise geht eine Expansion des technologiebasierten Innovationssystems im Prozess der Pfadentstehung mit der Integration von Faktoren aus dem Umfeld einher.

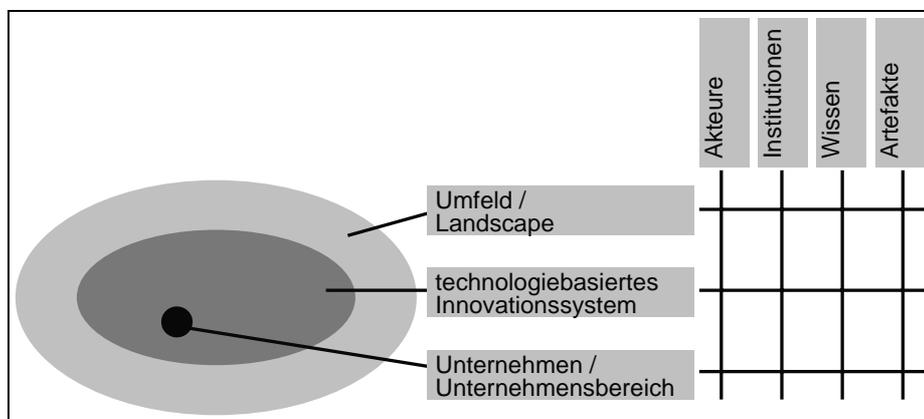


Abbildung 9: Landscape, technologiebasiertes Innovationssystem und Unternehmen [Quelle: eigene Darstellung]

Der im Folgenden diskutierte Rahmen unterscheidet Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte auf den drei betrachteten Ebenen. Die einzelnen Funktionen technologiebasierter Innovationssysteme fließen in diese Strukturelemente ein. Dies erscheint aus zwei Gründen gerechtfertigt. Zum einen bildet sich die Funktionserfüllung wie zuvor diskutiert in den Strukturelementen des Innovationssystems ab.⁵⁴⁸ Zum anderen liefert

⁵⁴⁸ Vgl. hierzu die Diskussion in Abschnitt 3.3.

das Aufspannen einer Zwölf-Felder-Matrix aus drei Ebenen und vier Strukturelementen einen handhabbaren Rahmen für die Vorausschau und Planung in Unternehmen. Ein Cubus mit drei Ebenen, vier Strukturelementen und sechs Funktionen ist für die Anwendung als Analyse- und Beschreibungsrahmen in Unternehmen zu komplex.

In den nächsten drei Abschnitten findet eine Konkretisierung der betrachteten Ebenen „Umfeld“, „technologiebasiertes Innovationssystem“ und „Unternehmen“ statt. Auf jeder Ebene werden relevante Einflussfaktoren benannt und Einflussmöglichkeiten eines Unternehmens auf diese Faktoren diskutiert.

4.2.1 Ebene des gesellschaftlichen Umfelds

Die Ebene des gesellschaftlichen Umfelds bzw. der Landscape umfasst Faktoren aus dem gesellschaftlichen, rechtlichen, politischen, wirtschaftlichen und technologischen Bereich, die weder dem technologiebasierten Innovationssystem noch dem Unternehmen zuzuordnen sind. Die Landscape bildet den Kontext, in dem sich einzelne technologische Pfade entwickeln. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich relativ langsam verändert und die Beeinflussungsmöglichkeiten durch ein Unternehmen im Vergleich zu den anderen Ebenen tendenziell gering sind.⁵⁴⁹ Umgekehrt ist der Einfluss der Landscape auf die Entwicklung eines technologischen Pfades indirekt. Auf die generelle Bedeutung der Aufnahme von Informationen und Entwicklungen aus dem Umfeld weist die von vielen Ansätzen angestrebte Ganzheitlichkeit der Vorausschau und Planung hin (vgl. Tabelle 1).

In der Vorausschau und Planung ist das frühzeitige und strukturierte Analysieren der Landscape aus mehreren Gründen von Bedeutung. Technologische Pfade dehnen ihren Einflussbereich von abgegrenzten Nischen her aus. Im Zeitablauf werden Faktoren aus dem Umfeld aufgenommen und in das technologiebasierte Innovationssystem integriert. Die Analyse des Umfelds in den frühen Phasen der Pfadentwicklung gestattet daher die Identifikation von Anknüpfungspunkten für die Weiterentwicklung technologischer Pfade. Das gezielte Steuern der Entwicklung in die so identifizierten Regionen ermöglicht es, Potenziale des technologischen Pfades schneller und effizienter zu erschließen. Ferner können möglichen Barrieren der Technologieentwicklung im Umfeld des Pfades frühzeitig erkannt werden. Auf Basis dieses Wissens kann eine entsprechende Anpassung oder ein Abbruch der unternehmerischen Aktivitäten in dem Feld erfolgen. Die frühzeitige Analyse reduziert somit die Gefahr von potenziell hohen

⁵⁴⁹ Vgl. Geels 2004:913.

Anpassungskosten einer Technologie in späteren Entwicklungsstadien sowie das Risiko von „Sunk Investments“.

Die Tabelle 6 dokumentiert eine Auswahl von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten aus dem Umfeld des technologiebasierten Innovationssystems. Charakteristisch für diese Elemente ist, dass sie nicht in direkter Verbindung mit dem neu entstehenden technologischen Pfad stehen.

	Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
Landscape	<ul style="list-style-type: none"> • Regierungen, Ministerien, Regierungsorganisationen (vgl. Slaughter 1990:155) • sonstige politische Akteure • Gewerkschaften • Stiftungen • Verbände • Umweltorganisationen • Gremien und Arbeitskreise • Akteure aus anderen technologiebasierten Systemen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfassungsregeln • Steuergesetze • verfügbare Schutzrechte • Patentgesetze und Appropriierungssysteme (vgl. Kemp 1994:1041) • Umweltschutz-Gesetzgebung • Forschungs- und Wissenschaftsgesetze • Sicherheitsstandards • Prioritäten der Forschungsförderung • Struktur von Bildung und Ausbildung • Lebensweisen (vgl. Kemp 1994:1031) • Innovationskultur • Offenheit • Regime anderer Technologiepfade 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstock wissenschaftlicher Erkenntnisse und Theorien • Kenntnisse und Fähigkeiten • Wissensbasen anderer technologischer Pfade 	<ul style="list-style-type: none"> • Ver- und Entsorgungsstruktur • Produkte und Prozesse anderer Technologiepfade (vgl. Kemp 1994:1031) • Schnittstellen zur Infrastruktur anderer Technologiepfade • natürliche Umwelt • sonstige Infrastrukturen

Tabelle 6: Einflussfaktoren auf der Ebene der Landscape (Quelle: eigene Darstellung)

Akteure umfassen einzelne Personen, informelle Gruppen oder formalisierte Organisationen. Bei der Kategorie der Institutionen handelt es sich sowohl um Gesetze als auch um Normen, Werte und Verhaltensgewohnheiten, die den Rahmen für das Institutionengeflecht innerhalb eines technologiebasierten Innovationssystems darstellen. Die Kategorie des Wissens enthält allgemein verfügbares theoretisches Grundlagenwissen, generelles tätigkeitsbezogenes Know-how oder Wissensbasen anderer technolo-

gischer Pfade. Im Bereich der Artefakte spielen vor allem verfügbare Infrastrukturen, die natürliche Umwelt oder die Artefaktstruktur anderer Technologiepfade eine Rolle. Für die Analyse kann es sinnvoll sein, einzelne Strukturelemente differenziert zu betrachten. Beispielsweise können im Bereich der Akteure unterschiedliche Personen innerhalb einer Regierung verschiedene Position beziehen, die für den neu aufkommenden Pfad unterschiedliche Konsequenzen haben könnten. Dementsprechend könnte eine Analyse einzelner Regierungsstellen oder Ministerien erfolgen. Gleiches gilt für das institutionelle Geflecht des Umfelds, für die Wissensbasis und die vorhandenen Artefakte. Die Wahl der betrachteten Aggregationsstufe hängt stets von dem Ziel der Analyse ab.

Aufgrund der großen Anzahl von Elementen im Bereich der Landscape zeigt die Tabelle 6 lediglich einen Ausschnitt der Gesamtmenge. Aus drei Gründen erscheint das erschöpfende Vorgeben eines zu analysierenden Sets von Einflussfaktoren nicht möglich. Erstens verschieben sich durch die hohe Dynamik die Systemgrenzen zwischen Innovationssystem und Umfeld kontinuierlich, so dass keine klare Zuordnung möglich ist. Zweitens unterscheiden sich die potenziell relevanten Faktoren aus dem Umfeld in Abhängigkeit unterschiedlicher Technologiepfade. Drittens ist eine Vorgabe aufgrund der großen Anzahl potenziell relevanter Einflussfaktoren im Umfeld nicht möglich. Grundsätzlich sollte sich die Auswahl an betrachteten Faktoren daher ebenso wie das Aggregationsniveau am Einzelfall der untersuchten Technologie orientieren. Das wesentliche Kriterium für die Inklusion von Elementen liegt dann im Ziel der jeweiligen Analyse, in der subjektiven Einschätzung der Projektteilnehmer sowie ggf. im Vorhandensein von Daten.

Neben einer statischen Ist-Analyse der Strukturelemente sollten im Rahmen der Vorausschau und Planung auch Veränderungen der Einflussfaktoren des Umfelds entsprechende Berücksichtigung finden. Eine Möglichkeit für dieses Dynamisieren der Perspektive wäre beispielsweise die Nutzung langfristiger Megatrends. Megatrends bezeichnen gesellschaftliche, politische oder wirtschaftliche Entwicklungen, die über einen längeren Zeitraum hinweg bestehen und globale Auswirkungen haben.⁵⁵⁰ Zu den langfristigen Trends lassen sich unter anderem die zunehmende Alterung der europäischen Gesellschaften, die Tertiarisierung der Wirtschaftsstruktur, die Globalisierung und gleichzeitige Regionalisierung oder die zunehmende Bedeutung von Fragen des Umweltschutzes oder der Ernährung zählen.⁵⁵¹

⁵⁵⁰ Vgl. Cuhls, Blind & Grupp 1998:12 und Naisbitt 1982:5.

⁵⁵¹ Zusammenfassungen dieser Trends finden sich beispielsweise bei O'Brien & Fadem 1999:16f.

Die Erhebung der Einflussfaktoren in einem Projekt der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade kann durch unterschiedliche Methoden erfolgen. Zur Verfügung stehen dabei Analysen von Datenbanken mit populärwissenschaftlichen Quellen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen oder Patenten sowie Interviews mit Experten außerhalb oder innerhalb von Unternehmen. Weiterhin können öffentlich verfügbare Roadmaps, Strategiepapiere und Studien, unternehmensinterne Dokumente, Analysen und Reports genutzt werden. Schließlich können Diskussionen mit mehreren internen und ggf. externen Teilnehmern in thematischen Workshops stattfinden. Für eine Dynamisierung der Perspektive stehen unterschiedliche Methoden der Vorausschau zur Verfügung.⁵⁵² Die Methodenauswahl hängt ebenso wie die Abgrenzung des Umfelds vom Ziel der Vorausschau und Planung, von der verfügbaren Datenlage sowie den zur Verfügung stehenden zeitlichen und finanziellen Ressourcen ab. Vorschläge für den Einsatz spezifischer Methoden finden sich im Abschnitt über die Organisation des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.

4.2.2 Ebene des technologiebasierten Innovationssystems

Die Ebene des technologiebasierten Innovationssystems umfasst sämtliche Faktoren, die die Technologieentwicklung direkt beeinflussen. Zu ihnen zählen alle wirtschaftlichen, sozialen, politischen, organisationalen, institutionellen und sonstigen Faktoren, wenn sie unmittelbar auf die Entwicklung, Diffusion oder Nutzung wirken.⁵⁵³ Im Prozess der Pfadentstehung verläuft die Grenze zwischen dem Innovationssystem und dem Umfeld fließend. Es werden kontinuierlich neue Faktoren aus der Landscape integriert, beispielsweise wenn neue Nutzergruppen die Anwendung der Technologie erproben. Andere Faktoren verlassen das System, beispielsweise im Fall von Nutzern, die auf eine andere technologische Lösung wechseln. Das Innovationssystem setzt sich aus Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten zusammen. Im Gegensatz zum Umfeld ist innerhalb dieses Systems ein höherer Grad der Beeinflussung durch ein Unternehmen gegeben.

Die Beobachtung und Analyse der Faktoren innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems steht im Zentrum der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Informationen über Einflussfaktoren innerhalb des Systems ermöglichen die Identifikation von Partnern, Kompetenzträgern und Wettbewerbern, die im Verlauf der Technologieentwicklung zu berücksichtigen sind. Die Beachtung gesetzlicher und in-

⁵⁵² Übersichten zum verfügbaren Methodenspektrum finden sich beispielsweise bei Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004; Lichtenthaler 2002; Geschka 1995; Porter, Roper, Mason, Rossini & Banks 1991.

⁵⁵³ Vgl. Edquist 1997:14.

formeller Regelungen ist Voraussetzung für eine spätere Anwendung der Technologie. Des Weiteren findet die Erfassung von konkurrierenden technologischen Ansätzen, relevanten wissenschaftlichen und technologischen Erkenntnissen oder komplementären Technologien statt. Schließlich ist die Analyse von Komponenten, Produkten oder Prozessen, mit denen die neue Technologie abzustimmen ist, die Basis für die Anpassung und Erweiterung der Technologie. Die Tabelle 7 beinhaltet eine Übersicht über die zu berücksichtigenden Einflussfaktoren innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems.

	Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
technologiebasiertes Innovationssystem	<ul style="list-style-type: none"> • Netzwerke • etablierte Unternehmen • Start-ups • Forschungsinstitute • Forschergruppen • Universitäten • Kunden (vgl. Bers et al. 1999:34) • Anwender und Nutzer • Branchenverbände • Venture Capital sowie andere Investoren • Business Angels • indirekte Stakeholder (vgl. Hall & Martin 2005:281) • Wettbewerber (vgl. Bers et al. 1999:34) • Regulierungsinstitutionen 	<ul style="list-style-type: none"> • technologiespezifische Regulierungen (vgl. Noori et al. 1999a:547) • Standards • Such-Heuristiken • öffentliche Förderprogramme (vgl. Kassicieh & Rahal 2007:9) • Erfahrungen und Nutzungsgewohnheiten von Kunden, Marktstrukturen (vgl. Noori et al. 1999a:547; Kemp 1994:1031) 	<ul style="list-style-type: none"> • wissenschaftliche Grundlagen des Pfades • Know-how, Fähigkeiten und Anwendungswissen • Design-Know-how 	<ul style="list-style-type: none"> • Produkt- und Technologiezyklen • vorhandene Patente • Produktionsstätten • verfügbare Maschinen und Anlagen • komplementäre Technologien (vgl. Rice et al. 2001:414; Bers et al. 1999:44) • komplementäre Produkte und Prozesse • konkurrierende technologische Ansätze (vgl. McDermott & O'Connor 2002:427) • Komponenten- und Subtechnologien (vgl. Kostoff et al. 2004:152; Bers et al. 1999:34) • Schnittstellen

Tabelle 7: Einflussfaktoren auf der Ebene des technologiebasierten Innovationssystems
(Quelle: eigene Darstellung)

Diese Übersicht erfasst nur einen Ausschnitt der möglicherweise zu berücksichtigenden Einflussfaktoren. Ebenso wie im Bereich des Umfelds liegt auch auf der Ebene des Innovationssystems – vor allem in den frühen Entstehungsphasen – eine Problematik der Abgrenzung von System und Umfeld vor. Es gilt daher die oben getroffene Aussage: die Zuordnung von Elementen hängt vom Ziel der Analyse, von der subjektiven

Einschätzung der Projektteilnehmer sowie vom Vorhandensein entsprechender Daten ab und ist projektspezifisch vorzunehmen.

Die Funktionen des Innovationssystems sind aus Gründen der Redundanz sowie der Übersichtlichkeit in diesen Strukturelementen abgebildet.⁵⁵⁴ Die Erfüllung der Funktion der Gründungstätigkeiten zeigt sich beispielsweise im Vorhandensein von Start-ups oder neuen Tochterunternehmen etablierter Firmen. Aussagen über die Wissensgenerierung finden sich bei der Analyse des vorhandenen Wissens in Publikationen oder Patenten sowie in der Veränderung des Wissensstandes im Zeitablauf. Die Untersuchung von Förderprogrammen oder Investorverhalten lässt Rückschlüsse auf den Ressourcenzufluss zu. Die Analyse von Institutionen, wie beispielsweise Kundenverhalten oder Such-Heuristiken, ermöglicht Aussagen über die Richtungsgebung des Entwicklungsprozesses.

Dabei sollte die Analyse der Einflussfaktoren des Innovationssystems aufgrund der hohen Dynamik nicht nur statisch erfolgen, sondern mögliche Veränderungen und Erweiterungen aller Einflussfaktoren einbeziehen. Zu diesem Zweck kann auch auf Trends oder zentrale Treiber der Technologieentwicklung innerhalb des Systems zurückgegriffen werden.⁵⁵⁵ Bei diesen Treibern kann es sich beispielsweise um dominante Bedürfnisse, Gesetze, Qualität oder Kosten handeln.⁵⁵⁶ Für die Erhebung der Einflussfaktoren innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems sind grundsätzlich die gleichen Methoden – d.h. verschiedene Konzepte aus dem Methodenspektrum der Vorausschau und Planung – anwendbar wie im Bereich des Umfelds. Eine Diskussion einzelner Methoden für spezifische Zwecke erfolgt im Rahmen der Vorstellung der Organisation des ganzheitlichen Ansatzes.

4.2.3 Ebene des Unternehmens

Die Ebene des Unternehmens umfasst ein Unternehmen, einen einzelnen Unternehmensbereich oder eine Tochtergesellschaft, die in das technologiebasierte Innovationssystem eingebettet sind. Für die Grenzen zwischen dem Unternehmen, dem technologiebasierten Innovationssystem und dem Umfeld gilt, dass diese im Prozess der Pfadentstehung fließend verlaufen. Beispiele hierfür liegen im Abwerben von Forschergruppen anderer Unternehmen, im Kauf von anderen Unternehmen und Produktionsstandorten oder im Erwerb von Forschungsergebnissen. Innerhalb des Unterneh-

⁵⁵⁴ Eine ausführliche Diskussion der Interaktion von Strukturelementen und Funktionen erfolgt in Kapitel 3.

⁵⁵⁵ Vgl. Holmes & Ferrill 2005:350; Mercer 1997:157.

⁵⁵⁶ Vgl. Paap & Katz 2004:16; Mercer 1997:158ff.

mens sind Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte zu unterscheiden. Dabei ist die Einflussmöglichkeit eines Unternehmens auf interne Faktoren höher als auf Faktoren der anderen Betrachtungsebenen.

Die Analyse des Unternehmens als Bestandteil der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist aus mehreren Gründen wichtig. Erstens stellen die Veränderungsmöglichkeiten einer Organisation – wie beispielsweise das bestehende Geschäftsmodell – eine potenzielle Barriere der erfolgreichen Umsetzung neuer Technologien dar.⁵⁵⁷ Werden diese Innovationshemmnisse nicht rechtzeitig identifiziert und

	Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
Unternehmen / Unternehmensbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Kapitaleigner • Top-Management • Forschung und Entwicklung • Marketing • Vertrieb • Fachkräfte und Spezialisten (vgl. de Miranda Santo et al. 2006:1020) • soziale Netzwerke im Unternehmen (vgl. Kassicieh & Rahal 2007:10; DeTienne & Koberg 2002:361) • Netzwerke mit Partnern (vgl. DeTienne & Koberg 2002:361) • sonstige Akteure 	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmens- und Bereichsstrategien (vgl. Costanzo 2004:230; Rice et al. 2001:414) • Innovationsstrategie und Selbstverständnis (vgl. Christensen & Overdorf 2004:542) • Unternehmenskultur (vgl. Slaughter 1990:156; Day & Schoemaker 2006:21) • Geschäftsmodell (vgl. Sainio & Puumalainen 2007:4) • Anreizsysteme (vgl. Radnor & Strauss 2004:54) und Performanzindikatoren (Slaughter 1990:155) • Allokationssysteme (vgl. Lichtenthaler 2007:17; Paap & Katz 2004:22) • Entscheidungs- und Machtstrukturen (vgl. Slaughter 1990:156) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzen (vgl. Christensen & Overdorf 2004:542; Hall & Martin 2005:274) • Fähigkeiten zur Rekonfiguration von Ressourcen und Kompetenzen • Markt- und Branchenwissen • Wissen über Kunden • Projektmanagement-Fähigkeiten (vgl. McDermott & O'Connor 2002:431) • Erfahrungen mit Prozessen und Verfahren • Kenntnisse über Materialien 	<ul style="list-style-type: none"> • andere Projekte des Unternehmens (vgl. Raynor & Leroix 2004:29; DeTienne & Koberg 2002:361) • bestehendes Produktportfolio (vgl. Paap & Katz 2004:22; McDermott & O'Connor 2002:427; Rice et al. 2001:414) • vorhandene Produktionsprozesse • vorhandene Maschinen und Anlagen • vorhandene Geschäftsbereiche des Unternehmens (vgl. O'Brien & Fadem 1999:18) • finanzielle Ressourcen (vgl. Christensen & Overdorf 2004:542; Iansiti 1995:49) • Slack-Resources (vgl. Lichtenthaler 2007:16; Stacey 1993:17)

Tabelle 8: Einflussfaktoren auf der Ebene des Unternehmens (Quelle: eigene Darstellung)

⁵⁵⁷ Vgl. Day & Schoemaker 2006:21; Christensen & Overdorf 2004:542.

adressiert, so kann dies zum Scheitern der Technologiekommerzialisierung führen. Zweitens bietet die Unternehmensanalyse die Möglichkeit, proaktiv Entscheidungen über eine entsprechende Ausrichtung der Strukturen vorzubereiten. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über potenziell relevante Einflussfaktoren bei der Analyse der Unternehmensebene.

Auch auf der Ebene des Unternehmens ist eine dynamische Perspektive anzustreben. Um mögliche Entwicklungsrichtungen des Unternehmens zu erfassen, kann beispielsweise eine Analyse existierender Strategieprozesse oder geplanter Ziele der Organisationsentwicklung erfolgen. Dabei umfassen die Methoden für die Analyse eines Unternehmens zum einen die Untersuchung wissenschaftlicher Veröffentlichungen oder möglicher Patente der Firma. Ferner können unternehmensinterne Planungsdokumente genutzt werden. Weitere Möglichkeiten, die Einflussfaktoren innerhalb einer Firma zu erfassen, liegen in der Durchführung von Workshops oder Interviews mit Personen aus unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens.

4.3 Organisation der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Auf Basis der formulierten inhaltlichen Leitlinien sowie des Rahmens von Einflussfaktoren wird im Folgenden die Konzeption eines Vorgehens für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade vorgestellt. Gegenstand sind einzelne Technologien oder Gruppen von Technologien, die neue Technologiepfade begründen. Neben der Ablauf- richtet sich dieser Abschnitt auf die Aufbauorganisation und damit auf die phasenspezifische Struktur des zu beteiligenden Personenkreises. Die Diskussion orientiert sich an sechs Prozessphasen. Das im Folgenden besprochene Konzept eines ganzheitlichen Ansatzes wird mit vier Pilotunternehmen angewendet und weiterentwickelt.

Die Aufspaltung in sechs aufeinander aufbauende Schritte erfolgt mit dem Ziel, ein klar strukturiertes und transparentes Vorgehen bei der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sicherzustellen. Diese Herangehensweise stellt einen kritischen Erfolgsfaktor sowohl hinsichtlich der Handlebarkeit des Prozesses als auch hinsichtlich des Commitments der Teilnehmer dar.⁵⁵⁸ Eine transparente Struktur erleichtert außerdem die Implementierung dieses Ansatzes in Unternehmen. Der Prozess sollte kontinuierlich erfolgen und Möglichkeiten der Iteration nach der Erzielung neuer Erkenntnis-

⁵⁵⁸ Lichtenthaler (2006:3) stellte fest, dass Vorausschau- und Planungsprozesse in erfolgreichen Organisationen sehr stark formalisiert sind. Vgl. hierzu auch Ilmola & Kuusi 2006:914; Constanzo 2004:219; Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003: 664; Slaughter 1990:159.

se bereitstellen.⁵⁵⁹ Der ganzheitliche Ansatz für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade umfasst die folgenden Phasen: „Ist-Analyse“, „Identifikation möglicher Anwendungskontexte“, „Gap-Analyse“, „Identifikation alternativer Technologiepfade“, „Strategieentscheidung“ sowie „Evaluation und Wiederholung“ (vgl. Abbildung 10).

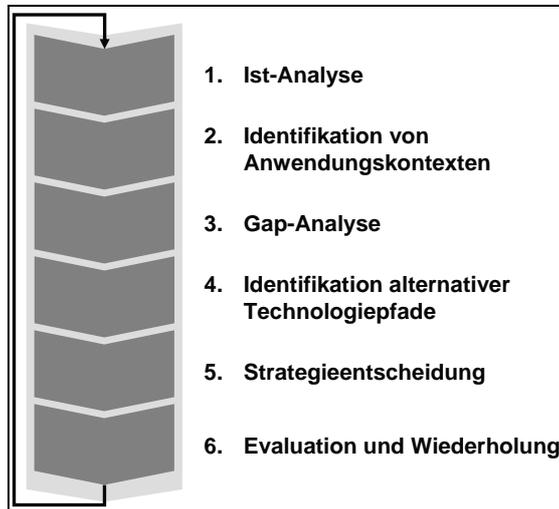


Abbildung 10: Phasen des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade
[Quelle: eigene Darstellung]

Zusätzlich zu den spezifizierten Phasen wird dem Ansatz eine Projektvorbereitung vorangestellt, in der die untersuchte Technologie definiert wird. Der hier vorgestellte Ansatz ist für technologischen Fortschritt konzipiert, der Entwicklungssprünge auslöst und neue technologische Pfade begründet. Im Rahmen der Vorbereitung wird außerdem ein Prozessverantwortlicher innerhalb des Unternehmens bestimmt,⁵⁶⁰ dessen Aufgabe in der Vorbereitung darin besteht, relevante Ansprechpartner innerhalb der Organisation zu identifizieren und diese frühzeitig in den Prozess einzubinden. Insgesamt ist eine möglichst heterogene Teamzusammensetzung mit Sicht auf die fachlichen Kompetenzen, Hierarchieebenen, Funktionen und kulturellen Hintergründe anzustreben. In Anhängigkeit der Projektausrichtung ist das Einbeziehen von Kundengruppen vorzubereiten.⁵⁶¹ Der Prozessverantwortliche führt im Projektverlauf das Projektmanagement

⁵⁵⁹ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1104; Rip & Propp 2005; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Constanzo 2004:225; Noori, Munro, Descza & McWilliams 1999a:550; Iansiti 1995:40.

⁵⁶⁰ Vgl. Day & Schoemaker 2000:13; Calori & Atamer 1990:46.

⁵⁶¹ Das Einbeziehen von Kundengruppen bereits in der frühen Phase wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Verschiedene Studien betonen die Bedeutung früher Kundenkontakte, wie beispielsweise Callahan & Lasry (2004:112ff.); während andere, wie beispielsweise Herstatt & Lettl (2004:160ff.) und Martin (1995:83ff.) die Einbindung von Kunden als wenig hilfreich ansehen, da diese die Potenziale einer neuen Technologie nicht erkennen können. In dieser Arbeit wird die

durch und kommuniziert die Ergebnisse innerhalb des Unternehmens. Er sollte ein erfahrener Manager sein, der die Strukturen und Kompetenzträger sowohl innerhalb des Unternehmens als auch in einer Branche gut kennt.⁵⁶² Um einen optimalen Transfer der Ergebnisse der Vorausschau und Planung in die Umsetzung von Entscheidungen zu gewährleisten, sollte er auch für die Implementierung der Technologie im Unternehmen verantwortlich sein.

Nachfolgend werden die Ziele, die Ergebnisse, die zu beteiligten Personen sowie die angewandten Methoden jeder Phase vorgestellt.

4.3.1 Ist-Analyse

In der ersten Phase finden die Projektdefinition und die Analyse des Ausgangszustandes statt. In diesem Prozessschritt sind die Inhalte und Ziele des Vorausschau- und Planungsprojekts zu definieren. Diese Ziele können beispielsweise in dem Formulieren einer Strategie für einen neuen Technologiepfad, in dem Vorschlagen von strukturellen Veränderungen oder in der Identifikation von Partnern und Konkurrenten der Technologieentwicklung liegen. An der Zieldefinition sind Vertreter des Top-Managements zu beteiligen, um deren Commitment zu gewinnen. Zentraler Gegenstand der ersten Phase ist die Beantwortung folgender Leitfrage: „In welchem Entwicklungsstadium befindet sich die untersuchte Technologie und über welches mit ihr verbundenes Technologie-Know-how verfügt das Unternehmen?“ Die Aufarbeitung des Kenntnisstands der Firma kann beispielsweise über Interviews mit Experten innerhalb des Unternehmens erfolgen. Alternativ können verfügbare Dokumente, wie beispielsweise Patente, Publikationen oder interne Reports analysiert werden, um vorhandene Aktivitäten, Projekte und Kompetenzen in unterschiedlichen Unternehmensbereichen zu ermitteln. Die Interviews innerhalb der Firma sind mit Mitarbeitern zu führen, die bereits längere Zeit im Unternehmen beschäftigt sind oder über die besten Kenntnisse in dem untersuchten Technologiefeld verfügen. Dies ermöglicht die schnelle Bestimmung weiterer relevanter Akteure und Vorarbeiten. In Ergänzung zu dieser internen Perspektive erfolgt das Aufarbeiten des externen Entwicklungsstadiums der Technologie, beispielsweise durch Literatur- und Patentanalysen oder Interviews mit Experten außerhalb des Unternehmens. Die Analyse in Datenbanken kann Forschungsschwerpunkte, alternative technologische Lösungen, besonders aktive Akteure sowie historische Entwicklungen bisheri-

Auffassung verfolgt, dass eine Kundeneinbindung in jedem Fall nutzbringend ist, allerdings sollte diese in den späteren Phasen der Vorausschau und Planung erfolgen.

⁵⁶² Zu der zentralen Bedeutung dieses Prozess-Champions vgl. Song, Lee, Lee & Chung 2007:246; Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:664. Stevens & Burley (2003:18) weisen nach, dass dieser insbesondere den Ertrag der Projekte maßgeblich beeinflusst.

ger Aktivitäten ergeben. Wie oben dargestellt, sind Aussagen über den Umfang der Analyse des Unternehmensumfelds projektspezifisch. Je größer der Untersuchungsbe- reich angesetzt wird, umso mehr potenziell relevante Informationen sind aufzunehmen und umso mehr Zeit ist für die Analyse erforderlich.

Um eine Unterscheidung nach Akteuren, Institutionen, Wissen sowie Artefakten im Sinne des vorgestellten Modells der Entwicklung neuer Technologiepfade vorzuneh- men, dienen folgende Leitfragen als Orientierung:

- Welche Akteure und Netzwerke beteiligen sich an der Technologie?
- Welche Gesetze, gesellschaftliche Normen und sonstigen Institutionen beein- flussen die Technologie?
- Welches Wissen und welche Kenntnisse sind über die Technologie vorhanden?
- Welche Prototypen, Fertigungsverfahren und Infrastrukturen existieren für die Technologie?

Eine Übersicht der zu beantwortenden Leitfrage sowie der Aufgaben und Methoden für die erste Phase findet sich in Abbildung 11.

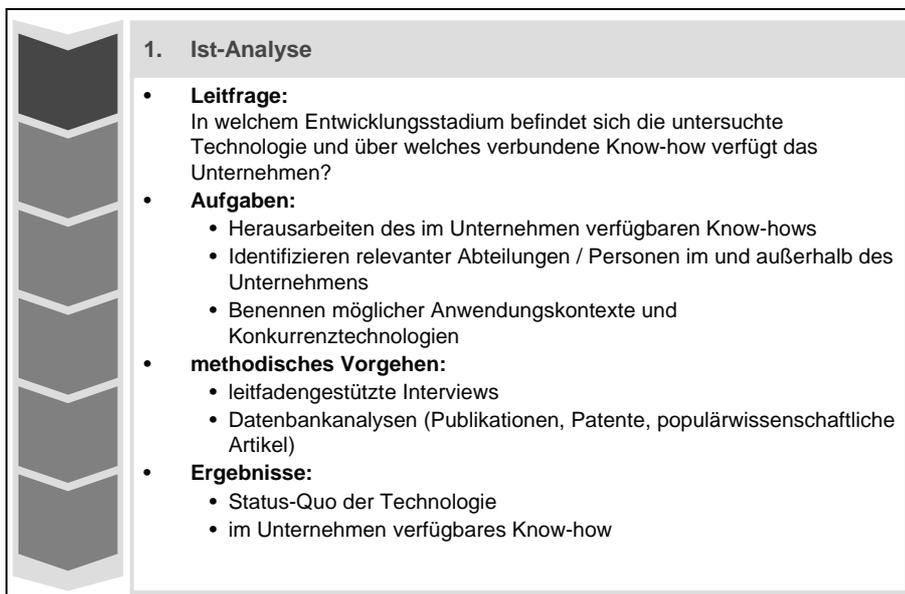


Abbildung 11: Konzeption des Vorgehens bei der Ist-Analyse
[Quelle: eigene Darstellung]

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in der Ist-Analyse eine Abgrenzung des Un- tersuchungsbereichs, eine Identifikation der relevanten Stellen im Unternehmen und das Aufnehmen externer Einflussfaktoren aus dem Innovationssystem und dem Umfeld erfolgen.

4.3.2 Identifikation von Anwendungskontexten

Im zweiten Schritt sind die Anwendungsmöglichkeiten einer Technologie zu bestimmen. Da die Definition konkreter Produkte in der frühen Phase der Technologieentwicklung nur eingeschränkt möglich ist, werden Anwendungen auf Basis der Funktionalität der Technologie sowie abstrakter Bedürfnisse potenzieller Nutzer abgegrenzt. Um die Funktionalitäten einer Technologie zu ermitteln, sind Interviews mit den Trägern des technologischen Know-hows zu führen, die sich sowohl außerhalb als auch innerhalb des Unternehmens befinden können. Darüber hinaus sind die Bereiche abzugrenzen, in denen die technologische Funktionalität einsetzbar ist. Neben den Aussagen von Forschern und Wissenschaftlern in Unternehmen können hier auch entsprechende Datenbankanalysen zugrunde gelegt werden. Beispielsweise kann die Untersuchung von Patenten für ähnliche Technologien Rückschlüsse auf Anwendungsmöglichkeiten zulassen.⁵⁶³ Für eine weiterführende Analyse können Interviews mit potenziellen Nachfragern der technologischen Funktionalität geführt werden.

Nach der Eingrenzung möglicher Anwendungen findet die detaillierte Beschreibung dieser Kontexte entlang der Strukturelemente technologiebasierter Innovationssysteme, d.h. unterschieden nach den Dimensionen Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte, statt. Das Vorgehen folgt dem Prinzip des Backcasting, bei dem zuerst ein zukünftiges Bild der Anwendung zu formulieren ist. Beispielsweise ist ein zukünftiger Anwendungskontext durch ein spezifisches Netzwerk gekennzeichnet, das die Gesamtheit der Akteure umfasst, die an dieser Anwendung beteiligt sind (z.B. produzierende Unternehmen, Serviceanbieter, Kunden, Regulierungsorganisationen). Um ein mögliches künftiges Akteur-Netzwerk zu konkretisieren, können folgende Leitfragen genutzt werden:

- Welche Netzwerke bestehen bei einer zukünftigen Anwendung der Technologie?
- Welche Funktion erfüllen einzelne Akteure im zukünftigen Anwendungskontext?
- Wer ist Hersteller von Produkten und Vorprodukten?
- Welche Kundengruppen fragen die Anwendung nach?
- Welche Organisation ist für die Regulierung verantwortlich?

Gleichzeitig stabilisiert ein institutionelles Regelungsumfeld den Anwendungskontext. Es handelt sich sowohl um gesetzliche Regelungen, Normen und Standards als auch

⁵⁶³ Bei diesem Verfahren werden alternative Technologien durch die Suche nach spezifischen Funktionalitäten in Patentdatenbanken identifiziert. Die zitierenden Patente liefern Hinweise auf mögliche Anwendungen der untersuchten Technologien.

um informelle Verhaltensnormen und wahrgenommene Regeln. Die folgenden Fragen unterstützen den Prozess der Identifikation eines möglichen Regelungsgeflechts:

- Welche gesetzlichen Regelungen sind für das Funktionieren einer Anwendung notwendig?
- Welche gesetzlichen Regelungen begünstigen die Anwendung?
- Welche Normen/Standards sind etabliert (z.B. für die Anwendung, Produktion)?
- Welche Gewohnheiten von Nutzern und Konsumenten werden vorausgesetzt?

Die Etablierung einer Technologie in dem zukünftigen Anwendungskontext erfordert ferner eine spezifische Wissensbasis. Das benötigte Wissen, d.h. spezifische Kompetenzen, Kenntnisse und Fähigkeiten, kann durch unterschiedliche Fragestellungen expliziert werden:

- Welches Wissen ist notwendig, um die potenzielle Anwendung zu realisieren?
- Welche Kenntnisse und Fähigkeiten erfordern die Erstellung von Vorprodukten und die Produktion?
- Welches Wissen ist für die Technologienutzung (z.B. Prozessstabilisierung) notwendig?

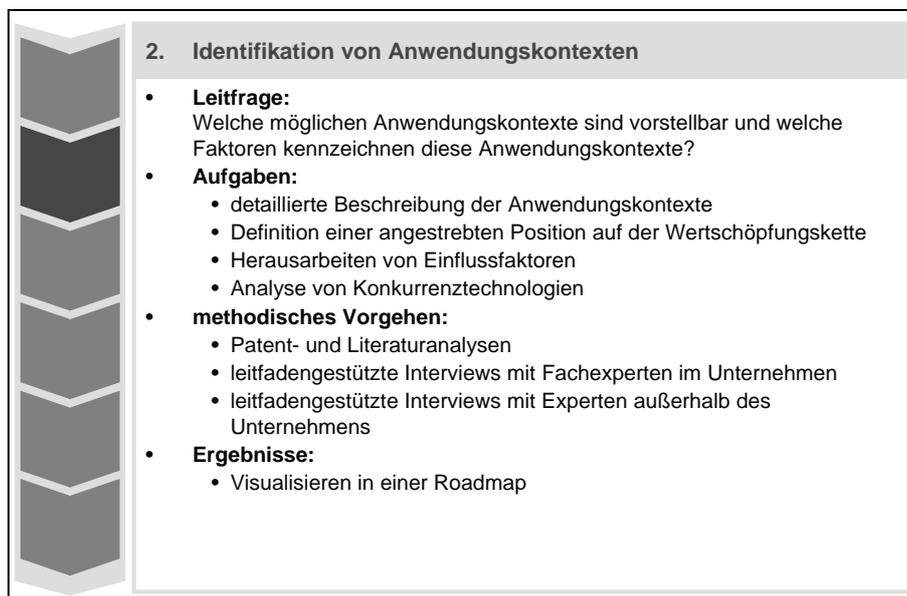


Abbildung 12: Konzeption des Vorgehens bei der Identifikation von Anwendungskontexten
[Quelle: eigene Darstellung]

Schließlich ist eine technologische Infrastruktur, die sich in Artefakten konkretisiert, erforderlich. Folgende Leitfragen unterstützen die Identifikation von potenziell benötigten materiellen Gegenständen oder von Software:

- Welche Maschinen und Anlagen werden für die Herstellung und Nutzung benötigt?
- Mit welchen Produkten oder Komponenten wirkt ein Produkt in dem Anwendungskontext zusammen?
- Mit welchen Produktionsinfrastrukturen wirken die Maschinen und Anlagen zusammen?

Da diese Leitfragen ein sehr breites Bild möglicher Anwendungskontexte aufspannen, können Unternehmen spezifische Einschränkungen vornehmen. Eine Möglichkeit bietet beispielsweise der Abgleich mit Vorgaben der Unternehmens- oder Innovationsstrategie. Alternativ können auch Einschränkungen auf geographische Bereiche vorgenommen werden.

Ergebnis der Identifikation von Anwendungskontexten ist, wie die Abbildung 12 verdeutlicht, die Visualisierung in einer Roadmap. Diese umfasst Technologien und Anwendungskontexte. Nach dem zweiten Schritt liegt eine detaillierte Beschreibung des zukünftigen Anwendungskontextes einschließlich der Voraussetzungen der Technologieanwendung vor. Im Zuge der durchgeführten Recherchen können zudem mögliche alternative technologische Lösungen identifiziert werden.

4.3.3 Gap-Analyse

Auf Basis der identifizierten Anwendungskontexte und der Ausgangssituation des Unternehmens wird im dritten Schritt eine Gap-Analyse durchgeführt. Das Ziel dieser Phase besteht darin, den Standort des Unternehmens mit der antizipierten Technologienutzung zu vergleichen (vgl. Abbildung 13). Die Gegenüberstellung zwischen Ist-Status und zukünftigem Anwendungskontext erfolgt entlang der Dimensionen Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte. Ausgehend vom Ist-Status sind zum einen fehlende Elemente zu identifizieren, wie beispielsweise fehlendes Grundlagenwissen, fehlende Produktionsinfrastrukturen oder fehlende gesetzliche Vorschriften. Zum anderen sind Barrieren einer möglichen Entwicklung zu dem Anwendungskontext herauszuarbeiten. Bei solchen Barrieren kann es sich unter anderem um bestimmte Akteure handeln, die eine Entwicklung blockieren könnten, um Trends im Bereich der Regulierung oder um etablierte Produktionsinfrastrukturen. Weitere Hindernisse könnten in vorhandenen Patenten liegen, die das Verfolgen eines Evolutionspfades verhindern.

Neben dem Analysieren von Lücken und Barrieren erfolgt ein Vergleich ihrer Wirkungen auf die untersuchte Technologie und auf technologische Alternativen, um Aussagen über die Realisierungspotenziale konkurrierender technologischer Lösungen treffen zu können. Die Gap-Analyse wird durch detaillierte Interviews mit Experten vorbe-

reitet. Danach analysieren Fachexperten und Entscheidungsträger die Gaps in gemeinsamen Workshops. Zusätzlich ist eine kritische Reflexion anzustreben, beispielsweise durch das Hinzuziehen externer Teilnehmer.

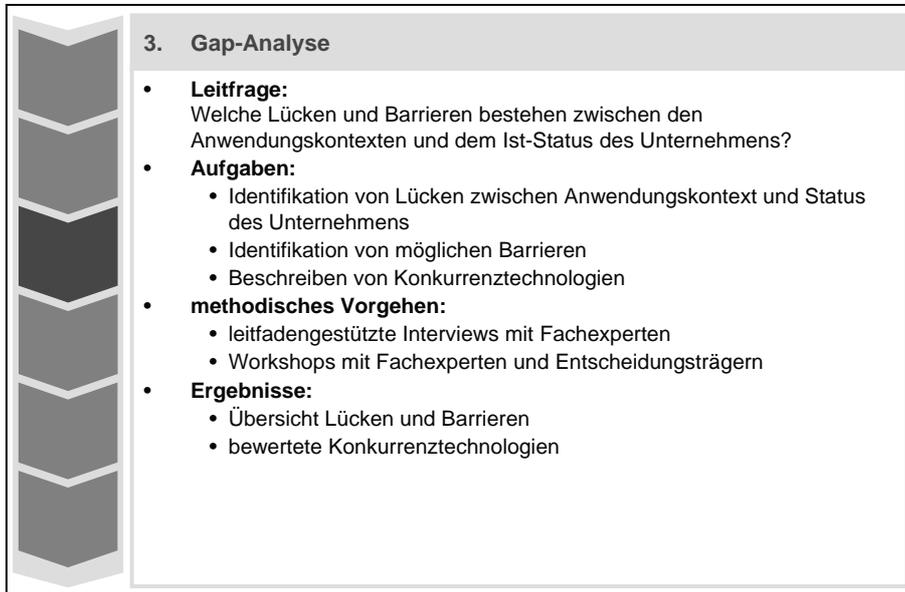


Abbildung 13: Konzeption des Vorgehens bei der Gap-Analyse
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Gap-Analyse zeigt die Lücken und Barrieren auf, die durch die zukünftige Unternehmensstrategie zu schließen bzw. zu überwinden sind. Die erarbeitete Übersicht dieser Lücken und Barrieren kann sich mit weiteren Kenntnissen über den technologischen Pfad verändern und sollte daher in anschließenden Phasen überarbeitet werden.

4.3.4 Identifikation alternativer Technologiepfade

Im vierten Schritt sind Technologiepfade zu skizzieren, die den Ist-Stand des Unternehmens mit den identifizierten Anwendungskontexten verbinden. Diese strategischen Übergänge adressieren die der dritten Phase beschriebenen Lücken und Hindernisse. Um mehrere mögliche Entwicklungspfade des Unternehmens zu erhalten, erfolgt eine von Dortmans vorgeschlagene Vorgehensweise der Kombination von Forecasting und Backcasting.⁵⁶⁴ Ausgehend von den zukünftigen Anwendungskontexten werden zuerst notwendige Entwicklungsschritte, die sich beispielsweise in unterschiedlichen Produktgenerationen manifestieren können, retrospektiv abgeleitet („Backcasting“). Mit jedem Schritt findet eine Annäherung an den Status quo statt. Die dabei erhaltenen „Zwi-

schenzustände" machen die Verbindung zwischen Visionen zukünftiger Anwendungen und dem Ist-Stand besser vorstellbar und vermittelbar. Die Bilder der Zwischenzustände sind ebenfalls nach Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten zu strukturieren. Analog erfolgt ein Forecasting auf Basis der Ist-Analyse. Gegenstand dieser Prognose ist das Fortschreiben bereits sichtbarer Entwicklungen. Die beiden Ansätze des Forecasting und des Backcasting treffen sich in mehreren Zwischenstadien und spannen so eine „Landschaft" alternativer Technologiepfade auf, entlang derer sich das Unternehmen bewegen kann. Nach der Definition dieser Migrationslandschaft erfolgt das Festhalten kritischer Ereignisse, die einen Transfer entlang einzelner Pfade gefährden können. Die Analyse greift auf die zuvor definierten Barrieren und Hindernisse zurück und geht über diese hinaus. Weitere Impulse für die kritischen Ereignisse können aus öffentlich verfügbaren Strategiepapieren, aus Wild Cards, aus dem Input externer Teilnehmer oder aus den Annahmen der Teilnehmer gewonnen werden. Abschließend sind die verschiedenen Technologiepfade in Bezug auf die identifizierten Barrieren und Hindernisse sowie hinsichtlich ihrer Konsistenz zu bewerten. Bei der Entwicklung alternativer Technologiepfade sollten insbesondere Entscheidungsträger innerhalb des Unternehmens einbezogen werden, um eine Sensibilisierung für unterschiedliche Strategieoptionen zu erreichen. Zusätzlich ist das Know-how dezentraler Abteilungen und Fachexperten zu integrieren.

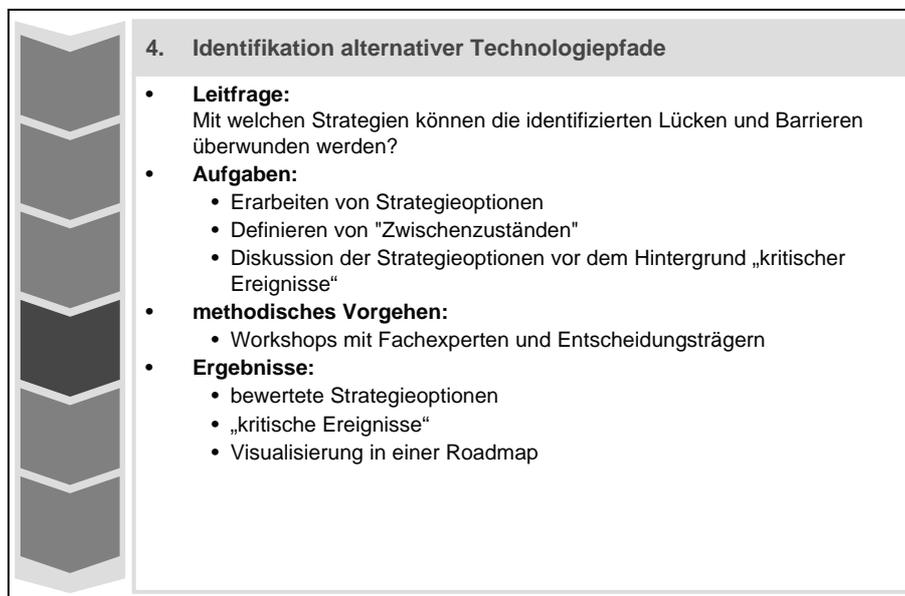


Abbildung 14: Konzeption des Vorgehens bei der Identifikation alternativer Technologiepfade
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Ergebnisse dieses Prozessschrittes werden gemeinsam in einer Roadmap visualisiert, um den Austausch und die Diskussion zwischen den Teilnehmern zu intensivieren. Diese Roadmap umfasst in jedem Fall Technologien, Produktkonzepte und Anwendungen. Eine Übersicht über die Inhalte der vierten Phase ist in Abbildung 14 dargestellt.

4.3.5 Strategieentscheidung

In der fünften Phase ist eine Entscheidung für eine oder mehrere Strategieoptionen zu treffen. Grundlage dieser Entscheidung sind die zuvor bewerteten Optionen. Optionen, die vom Unternehmen als zentral angesehen werden, sind in Abhängigkeit der verfügbaren Ressourcen mit größtmöglicher Intensität voranzutreiben. Für andere Technologiepfade kann eine geringere Stärke des Commitments gewählt werden, bei der das Unternehmen lediglich ein Minimum an Ressourcen bereitstellt. Im Rahmen der Strategieentscheidung erfolgt weiterhin die Definition zukünftiger Entscheidungspunkte.⁵⁶⁵ Dabei werden zum einen die im vierten Schritt genutzten kritischen Ereignisse mit geeigneten Reaktionsstrategien hinterlegt. Zum anderen definieren die Projektteilnehmer, dass beim Auftreten bestimmter Ereignisse (z.B. dem Eintritt anderer Unternehmen, dem Aufkommen einer konkurrierenden Technologie oder dem Scheitern eines Teilprojekts) ein Review der Strategie stattfindet. Schließlich bestimmen sie Kriterien für Ereignisse, bei denen ein verfolgter Technologiepfad zu verlassen ist oder die bisherigen Aktivitäten abubrechen sind.

Ein weiterer Aspekt der Strategieentscheidung ist die Evaluation möglicher Abhängigkeiten, die im Unternehmen und im technologiebasierten Innovationssystem mit der Festlegung auf eine bestimmte Strategie entstehen. Das Auftreten von Abhängigkeiten ist zentrales Merkmal des Entstehens von Innovationssystemen. Es ist jedoch zu beachten, dass keine zu frühe Fixierung auf einen Technologiepfad erfolgen sollte, da die Gefahr besteht, dass nach einem frühzeitigen Lock-in nur noch eine eingeschränkte Ausbeutung des technologischen Potenzials möglich ist.⁵⁶⁶ Beispielsweise werden mit der Auslegung von Produktionsprozessen auf einen bestimmten Werkstoff, der die Anforderungen der späteren Anwendung nur unzureichend erfüllt, die Möglichkeiten einer neuen Technologie nicht vollständig genutzt. An dieser Phase sind sowohl Entscheidungsträger als auch Fachexperten des Unternehmens beteiligt.

⁵⁶⁵ Vgl. Strauss & Radnor 2004:55ff.

⁵⁶⁶ Vgl. Rip & Propp 2005.

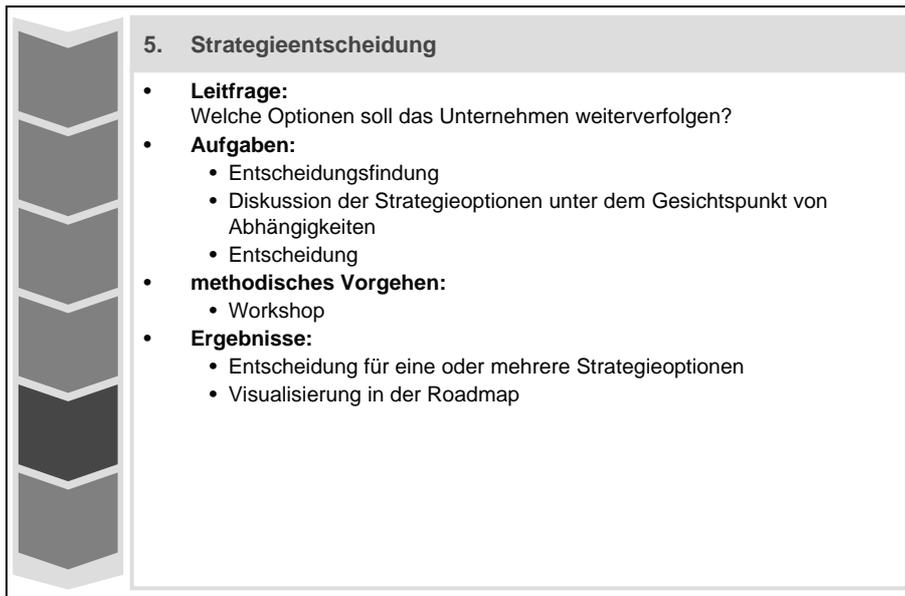


Abbildung 15: Konzeption des Vorgehens bei der Strategieentscheidung
[Quelle: eigene Darstellung]

Abbildung 15 verdeutlicht die Inhalte des fünften Prozessschritts. Das Ergebnis ist die Entscheidung für eine oder mehrere Strategieoptionen. Dieses Ergebnis wird in einer gemeinsam entworfenen Roadmap visualisiert und von den Teilnehmern verabschiedet.

4.3.6 Evaluation und Wiederholung

Zum Abschluss des Ansatzes findet die Evaluation und Wiederholung des gesamten Prozesses statt. Die Ziele dieser Phase bestehen im Reflektieren des Vorgehens und der erzielten Ergebnisse, der kontinuierlichen Aufnahme neuer Informationen und dem erneuten Anstoßen des Prozesses. Zudem ist der Eintritt bestimmter Ereignisse zu prüfen und in Bezug auf die Wirkungen auf den technologischen Pfad zu bewerten. Das kontinuierliche Aufnehmen neuer Informationen erfolgt über Recherchen in Datenbanken sowie über Interviews mit Experten innerhalb und außerhalb des Unternehmens (vgl. Abbildung 16).

Gegenstand dieser Phase ist weiterhin das Kommunizieren der Prozessergebnisse innerhalb des Unternehmens. Ziel dieser Verbreitung von Informationen ist es, möglichst viele Personen zu erreichen, die wiederum Umfeldentwicklungen beobachten und vor dem Hintergrund der Projektergebnisse interpretieren.⁵⁶⁷ Die Verbreitung des

⁵⁶⁷ Die Untersuchung von Reid und de Brentani (2004:167ff.) hat gezeigt, dass neue Geschäftsfelder durch Personen innerhalb des Unternehmens identifiziert werden. Diese Personen beobachten unstrukturierte Umfeldentwicklungen, kombinieren diese und erdenken mögliche neue Produkte. Dieser Zusammenhang kann für die kontinuierliche Beobachtung des Umfelds in der Vor-

Beteiligtenkreises fördert außerdem das kritische Hinterfragen der entwickelten Strategien. In Abhängigkeit von der Stärke der beobachteten Veränderungen im Umfeld und innerhalb der Firma wird der vorgestellte Prozess erneut durchlaufen. Diese Wiederholung ist vor allem dann notwendig, wenn die erstellten Strategien im veränderten Umfeld nicht mehr wirksam sind.

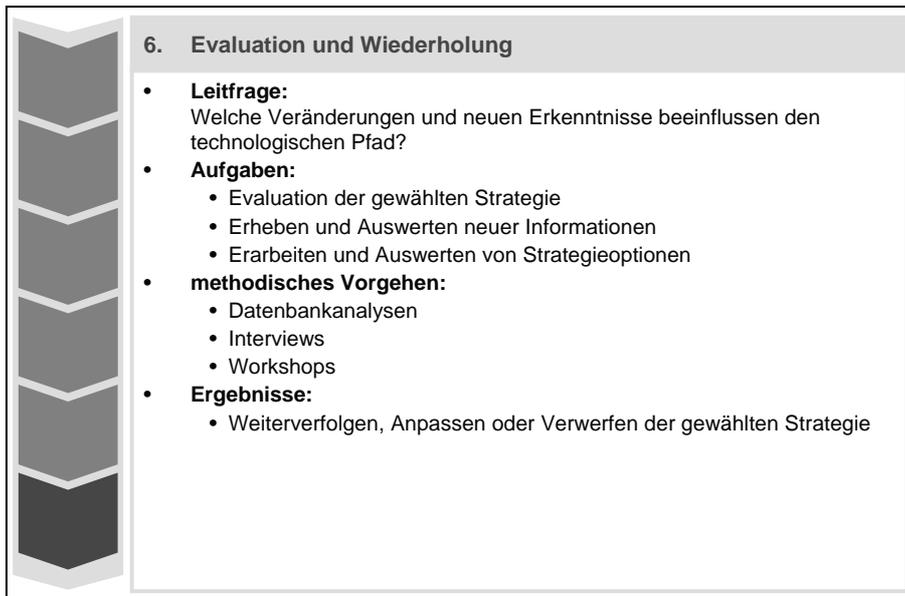


Abbildung 16: Konzeption des Vorgehens bei der Evaluation und Wiederholung
[Quelle: eigene Darstellung]

Der letzte Schritt des Ansatzes findet kontinuierlich, d.h. auch bei der Umsetzung der Strategien, statt. Für das Durchführen ist der Prozess-Owner verantwortlich.

ausschau und Planung neuer Technologiepfade genutzt werden. Zu diesem Zweck ist eine möglichst große Anzahl von Wissensträgern für die untersuchte Technologie zu sensibilisieren. Diese können anschließend die beobachteten Entwicklungen im Umfeld vor dem Hintergrund des Vorausschau- und Planungsprojekts interpretieren und der erarbeiteten Strategie neue Richtungen geben.

5 FALLSTUDIEN ZUR VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFAD

Im diesem Kapitel erfolgt die empirische Überprüfung des entwickelten Ansatzes für die Strategiebildung im Umfeld neuer Technologiepfade. Zu Beginn wird das gewählte Untersuchungsdesign dargestellt und begründet. Anschließend werden die in Zusammenarbeit mit vier ausgewählten Pilotunternehmen erzielten Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.⁵⁶⁸ Der Diskussion dieser Resultate ist jeweils eine Beschreibung des Unternehmens und der Technologien vorangestellt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse schließt die einzelnen Abschnitte ab.

Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines geförderten Forschungsprojekts im Zeitraum November 2006 bis Oktober 2007 erzielt. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Hessenagentur GmbH mit dem Ziel durchgeführt, einen Leitfaden für die Vorausschau und Planung in Feldern mit erheblichen technischen Fortschritten insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen zu entwickeln. Die Hessenagentur GmbH unterstützt im Rahmen der hessischen Wirtschaftsförderungspolitik insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei forschungs- und entwicklungsintensiven Verbundprojekten. Schwerpunkte dieser Förderung liegen auf neu aufkommenden Technologiefeldern, beispielsweise im Bereich der Umwelttechnologien, materialbasierter Technologien, der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, der Biotechnologie, neuer Medien oder der Telekommunikation.⁵⁶⁹ Bei der Erarbeitung des Leitfadens sollte eine Zusammenarbeit mit hessischen Unternehmen erfolgen.

5.1 Untersuchungsdesign

In diesem Abschnitt wird das Untersuchungsdesign der Arbeit vorgestellt, wobei das gewählte Forschungsdesign zunächst diskutiert und begründet wird. Anschließend erfolgt die Vorstellung des Auswahlprozesses der beteiligten Pilotunternehmen. Der Abschnitt endet mit einer Beschreibung und einer kritischen Reflexion der genutzten Erhebungs- und Auswertungsmethoden.

⁵⁶⁸ Die Hessenagentur GmbH förderte die Forschungsarbeit unter der Projektnummer 120/06-01.

⁵⁶⁹ Vgl. Hessenagentur 2007.

5.1.1 Forschungsmethode

In diesem Abschnitt erfolgt die Diskussion des gewählten Fallstudienansatzes. Zudem findet eine Gegenüberstellung und Evaluation der Potenziale alternativer Forschungsansätze statt.

Unter Anwendung des im vorangegangenen Kapitel entwickelten Ansatzes wurde in jedem Unternehmen die Vorausschau und Planung für einen spezifischen technologischen Pfad, den das Unternehmen besetzen wollte, durchgeführt. Das Ziel dieses Vorgehens bestand darin, mit einer kleinen Gruppe von Unternehmen die Anwendbarkeit und den Nutzen des konzipierten Ansatzes in entsprechenden Fallstudien zu überprüfen.⁵⁷⁰ Die Interviews und Datenbankrecherchen sowie die Moderation und Durchführung der Workshops wurden durch ein Team von bis zu drei Personen realisiert.⁵⁷¹ Darüber hinaus war von Seiten des Unternehmens zumeist ein zentraler Ansprechpartner an der Vorbereitung und Durchführung dieser Aktivitäten direkt beteiligt. Insgesamt wurden in den Unternehmen 26 Experteninterviews (davon zehn telefonisch, 16 persönlich), elf Workshops sowie ein unternehmensübergreifendes Symposium durchgeführt. Zudem wurden gemeinsam, in der Regel mit dem zentralen Ansprechpartner aus dem Pilotunternehmen, Analysen in Patent- und Publikationsdatenbanken sowie in Datenbanken mit populärwissenschaftlicher Literatur vorgenommen. Innerhalb der Unternehmen wertete ein möglichst breiter Teilnehmerkreis die Ergebnisse der Recherchen aus. Zum Abschluss der Untersuchung beantworteten die Prozess-Owner aus den Unternehmen einen Fragebogen zu den Erfahrungen mit der Anwendung des Ansatzes. Die beteiligten Unternehmen sind den Bereichen der Biotechnologie, der optischen Beschichtungen, der Automobil-Zulieferindustrie sowie der Messtechnik zuzuordnen. Die Mitarbeiterzahl der Firmen lag während des Projektzeitraums zwischen fünf und ca. 900 Mitarbeitern. Die untersuchten Technologiefelder umfassten die Biotechnologie, die Nanotechnologie, Umwelttechnologien sowie die Opto-Elektronik.

Die Potenziale der Anwendung des Ansatzes in der direkten Zusammenarbeit mit Pilotunternehmen liegen vor allem in den Möglichkeiten für die Anpassung und Erweiterung des Ansatzes.⁵⁷² Die unterschiedlichen technologischen Hintergründe und Branchenzugehörigkeiten der beteiligten Firmen ermöglichen eine Vielzahl von Erkenntnis-

⁵⁷⁰ Für ausführliche Darstellungen von Multiple-Case-Studies vgl. Gerring 2007:37ff.; Hancock & Algozzine 2006:7ff.; Gorman & Clayton 2005:51; Yin 2003:46ff.

⁵⁷¹ Bei diesen Personen handelte es sich um wissenschaftliche Mitarbeiter des Fachgebiets Innovations- und TechnologieManagement der Universität Kassel.

⁵⁷² Die Anwendung dieser Methode wurde bereits erfolgreich von Holmes und Ferrill (2005) demonstriert, die einen angepassten Roadmapping-Ansatz in 30 kleinen und mittleren Unternehmen in Singapur implementierten und daraus Rückschlüsse auf den Anpassungsbedarf ihres Ansatzes zogen.

sen über Probleme und Anforderungen an die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in unterschiedlichen Kontexten.⁵⁷³ Die spezifischen internen Voraussetzungen der Unternehmen lassen Tendenzaussagen über die Anwendbarkeit des Ansatzes in verschiedenen Firmen zu. Die Ähnlichkeit der Entwicklungsstadien der ausgewählten Technologien sichert die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf ähnliche Projektsituationen in anderen Unternehmen.⁵⁷⁴ Durch den Rückgriff auf reale zu erschließende, Technologien kann zudem ein hohes Interesse der Teilnehmer an der Projektdurchführung vorausgesetzt werden. Darüber hinaus wirkt sich der Bezug auf tatsächlich relevante Technologien auch positiv auf die Übertragbarkeit des getesteten Ansatzes auf andere Unternehmen aus. Die Komplexität der Vorausschau und Planung – z.B. mit Sicht auf die Vielzahl an Einflussfaktoren und möglichen Problemstellungen – spricht ebenfalls für eine Untersuchung im Rahmen von Fallstudien.⁵⁷⁵ Um die externe Validität der Ergebnisse zu steigern,⁵⁷⁶ bietet sich in diesem Zusammenhang die Nutzung mehrerer Cases an.⁵⁷⁷ Die für die Fallstudie ausgewählte kleine Anzahl von nur vier Firmen ermöglicht eine tiefgreifende Analyse der Einzelfälle, die mit einer größeren Stichprobe schwierig zu verwirklichen wäre.⁵⁷⁸ Gleichzeitig erlaubt sie einen echten Vergleich und das Finden von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den einzelnen Fällen.⁵⁷⁹ Dennoch wirft das Untersuchungsdesign verschiedene Probleme auf. Fraglich ist insbesondere die Repräsentativität der erzielten Aussagen vor dem Hintergrund der kleinen Stichprobe von lediglich vier Firmen.⁵⁸⁰ Verzerrend wirkt in dem gewählten Design die Moderation, die einen tatsächlich objektiven Test des Ansatzes verhindert.⁵⁸¹ Insbesondere bleibt unklar, ob die Ergebnisse durch die Moderation des Forscherteams oder durch den Ansatz an sich erzielt wurden.⁵⁸² Offen bleibt weiterhin die Frage, ob die Pilotunternehmen die in dieser Arbeit entwickelte Methode ohne externe Unterstützung hätten erfolgreich anwenden können. Abschließend ist die Bestimmung des „Erfolgs“ der Vorausschau und Planung schwierig, da die Projektlaufzeit von einem Jahr nur eingeschränkt Rückschlüsse über die Qualität des Projektoutputs, d.h. auf den Erfolg der langfristigen Strategien, zulässt.

⁵⁷³ Vgl. Yin 2003:5ff.

⁵⁷⁴ Vgl. hierzu die „Auswahl typischer Fälle“ bei Schnell, Hill & Esser 2005:299; vgl. hierzu auch Gerring 2007:37ff.

⁵⁷⁵ Vgl. Hancock & Algozzine 2006:10; Yin 2003:15.

⁵⁷⁶ Vgl. Gerring 2007:43.

⁵⁷⁷ Vgl. Gerring 2007:61f.

⁵⁷⁸ Vgl. Yin 2003:3.

⁵⁷⁹ Vgl. Yin 2003:47.

⁵⁸⁰ Vgl. Atteslander 2003:74; Kromrey 2002:268f. Vgl. zu dieser grundsätzlichen Problematik von Fallstudienarbeit Gerring 2007:20.

⁵⁸¹ Vgl. hierzu Kromreys (2002:531ff.) Beschreibung der „Aktionsforschung“ als wissenschaftliches Paradigma, die eine Subjekt-Subjekt-Interaktion von Forscher und Untersuchungsgegenstand propagiert.

Alternativ zum Test des entwickelten Ansatzes in Zusammenarbeit mit Pilotunternehmen hätte eine Befragung von Innovationsmanagern, strategischen Planern, Vorausschau-Experten und Forschungs- und Entwicklungsleitern erfolgen können. Diese hätte über Fragebögen oder leitfadengestützte Interviews eine Validierung der theoriegeleiteten Konzeption des Ansatzes ermöglicht. Durch die Reflexion des Ansatzes in einem größeren Beteiligtenkreis aus unterschiedlichen Firmen hätte der Ansatz so möglicherweise auf ein breiteres empirisches Fundament gestellt werden können. Im Vergleich zur Zusammenarbeit mit vier Pilotunternehmen wären insbesondere weitere Erkenntnisse über die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf andere Branchen, Technologiefelder und Unternehmen zu erzielen gewesen. Zudem hätte die Problematik der Definition einer „erfolgreichen“ Anwendung umgangen werden können, da in diesem Zusammenhang die breite Erfahrungsbasis der Befragten eine objektive Beurteilung der Potenziale des Ansatzes ermöglicht hätte. Eine ausschließlich auf Interviews bzw. Fragebögen gestützte Untersuchung hätte allerdings vorausgesetzt, dass Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in vielen Unternehmen bekannt sind und Manager die Probleme dieser Ansätze kennen. Tatsächlich existieren jedoch nur wenige Erfahrungsberichte über die Vorausschau und Planung wirklich neuer Technologien in Unternehmen, was auf eine geringe Verbreitung dieser Konzepte schließen lässt. Aufgrund der Anwendung des Ansatzes und dem Bedarf der Problemfindung und Exploration ist demzufolge die Nutzung von Fallstudien wünschenswert.⁵⁸³

Vorstellbar wäre ebenfalls ein Methodentest über ein quasi-experimentelles Design,⁵⁸⁴ bei dem mehrere unabhängige Expertengruppen Entscheidungen in Feldern mit Technologiesprüngen treffen würden. Dabei könnte eine Gruppe auf eine methodische Unterstützung verzichten, während eine andere Gruppe auf den entwickelten Ansatz zurückgreifen könnte. Gegebenenfalls könnten weitere Vergleichsgruppen andere Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade nutzen. Eine solche Anordnung hätte das Potenzial, objektiv zu determinieren, welche der vorgestellten Methoden für die Strategiebildung geeignet sind und ob diese tatsächlich einem nicht methodisch begleiteten „muddling-through“ überlegen wären. Aufgrund der konkurrierenden Verwendung verschiedener Ansätze würde dieses Design zusätzlich die Chance einer breiteren Problemexploration mit sich bringen, da tatsächliche Verhaltensweisen der Entscheidungsträger ohne externe Beeinflussung analysiert werden könnten. Verzerrend würde auf dieses Vorgehen jedoch das unterschiedliche Vorwissen der Teil-

⁵⁸² Vgl. hierzu die Diskussion von Hancock & Algozzine (2006:66).

⁵⁸³ Vgl. Gerring 2007:38ff.; Hancock & Algozzine 2006:10; Yin 2003:5ff.

⁵⁸⁴ Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:228ff.; Kromrey 2002:98.

nehmer wirken.⁵⁸⁵ Ferner wäre die Vergleichbarkeit der Ergebnisse jeder Gruppe durch die unterschiedlichen technologischen Situationen eingeschränkt. Darüber hinaus könnte die Anwendung des entwickelten Ansatzes wahrscheinlich nicht ohne den, die Ergebnisse möglicherweise verfälschenden, Eingriff eines Moderators sichergestellt werden. Außerdem ist fraglich, inwiefern ein Commitment der Teilnehmer – gerade wenn es sich um erfahrende Manager handeln soll – zu dem zeitaufwendigen Durchführen des Quasi-Experiments erreicht werden könnte. Ein ähnliches Vorgehen könnte beispielsweise in einem Planspiel oder einer Simulation bestehen, bei der die verschiedenen Gruppen identischen Entwicklungen gegenüberstehen würden.⁵⁸⁶ Dieses Design hätte zwar den Grad der Objektivität der Ergebnisse möglicherweise gesteigert,⁵⁸⁷ aber Nachteile auf dem Gebiet der Exploration mit sich gebracht. Die simulierten Umfeldentwicklungen könnten die Komplexität realer Phänomene nur unzureichend abdecken. Vor dem Hintergrund eines beschränkten Simulationsumfeldes könnte aus diesem Grund auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Unternehmenspraxis in Frage gestellt werden.

5.1.2 Sampling

Die Auswahl des Samplings erfolgte mit der Maßgabe, dass in diesem Projekt vor allem mit regionalen, hessischen Unternehmen zusammengearbeitet werden sollte. Zudem sollten die Pilotunternehmen verschiedene Technologiefelder und Branchen abdecken und sich in Bezug auf die Unternehmensgröße unterscheiden, um möglichst breite Erkenntnisse über die Anwendbarkeit des Ansatzes zu erhalten. Die angestrebte Anzahl von drei bis fünf Pilotunternehmen sollte die Durchführbarkeit des Projekts im Zeitraum von ca. 12 Monaten gewährleisten.

Für die Auswahl der Unternehmen erfolgte im ersten Schritt eine Recherche nach Firmen, die in regionalen Netzwerken verankert sind. Dabei wurde auf die an spezifischen Technologien ausgerichteten Plattformen „Hessen-Nanotech“, „Hessen-Biotech“, „Hessen-Umwelttech“, „Brennstoffzellen-Initiative Hessen“ sowie das „Optence“-Netzwerk zurückgegriffen. Zusätzlich wurden regionale Netzwerke, wie beispielsweise das Technologie-Transfer-Netzwerk Hessen, „Materials Valley e.V.“, „mst-Netzwerk Rhein-Main“ (Kompetenznetzwerk Mikrosystemtechnik), „Gründernetz Route A 66“ oder das „FiDT Technologie- und Gründerzentrum Kassel“ für die Recherche nach entsprechenden Unternehmen genutzt. Um bereits vorab eine entsprechende Selektion zu ermöglichen, wurden als potenzielle Teilnehmergruppe des Projekts nur solche

⁵⁸⁵ Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:224f.

⁵⁸⁶ Vgl. Atteslander 2003:201ff.

Unternehmen definiert, die auf ihren Websites eigene Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten oder das Streben nach Produkt- bzw. Prozessinnovationen bekundeten.

In einem zweiten Schritt erfolgte ein Telefonkontakt mit 48 Unternehmen, vornehmlich mit Leitern der Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, mit Personen auf der Ebene der Geschäftsleitung sowie in einigen Unternehmen mit Verantwortlichen aus dem Marketing- oder Vertriebsbereich. In diesem Gespräch fanden die Erläuterung des Projektziels, der Projektinhalte und des angestrebten Projektzeitraums statt. Dabei konzentrierten sich die Fragen an die Gesprächspartner darauf, ob sie in einem potenziellen oder bereits verfolgten Projekt technologischem Fortschritt gegenüberstanden, der potenziell völlig neue Produkte ermöglichen konnte. Eine weitere Dimension war die Unsicherheit der Situation, die über den Charakter des Projekts („starker technologischer Wandel“) bzw. über das subjektiv vorhandene Know-how des Unternehmens im Bereich einer Technologie definiert wurde. In diesem ersten Telefongespräch wurde den Unternehmen Anonymität und Nicht-Weitergabe in Bezug auf die Veröffentlichung technologischer sowie strategischer Informationen zugesichert.

In einem dritten Schritt wurden an die 19 an einer Zusammenarbeit interessierten Firmen detaillierte Projektinformationen per e-Mail versandt. Von diesen konnten sich fünf Unternehmen eine Teilnahme aufgrund der Sensibilität der tangierten Informationen nicht vorstellen. Vier interessierte Firmen gaben fehlende personelle Kapazitäten als Hinderungsgrund einer möglichen Zusammenarbeit an. Drei Unternehmen verwiesen auf einen momentanen Mangel an entsprechenden Projekten. Diese ersten drei Schritte der Samplingbildung dauerten ca. 12 Wochen im Zeitraum Mai bis August 2006.

Nach weiteren Koordinationsgesprächen über eine mögliche Projektzusammenarbeit mit sieben Firmen (insbesondere über die personelle Beteiligung und die betrachteten Technologien), wurde im Zeitraum von August bis September 2006 mit insgesamt fünf Firmen eine Projektskizze bei der Hessenagentur GmbH vorbereitet und anschließend eingereicht. Nach einem positiven Förderbescheid erfolgte im Oktober und November 2006 die Formulierung eines Projektantrags gemeinsam mit vier Unternehmen. Eine der zuvor beteiligten Firmen entschied sich aufgrund personeller Engpässe gegen ein weiteres Mitwirken am Projekt. Der Projektstart wurde mit einer Projektlaufzeit von 12 Monaten auf November 2006 terminiert.

⁵⁸⁷ Vgl. Diekmann 1997:216f.

5.1.3 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

In diesem Abschnitt werden die Erhebungs- und Auswertungsmethoden der Untersuchung vorgestellt. Dabei wird zunächst das Gesamtkonzept diskutiert und daran anschließend die Auswahl einzelner Erhebungsinstrumente begründet. Zudem erfolgt ein Vergleich mit alternativen Instrumenten.

Die Auswahl der Erhebungsmethoden für die Durchführung des entwickelten Ansatzes erfolgte vor dem Hintergrund, die spätere Anwendbarkeit im Unternehmen zu gewährleisten und eine umfassende Dokumentation und Analyse der einzelnen Fallstudien zu ermöglichen. Die Datenerhebung basierte daher auf einer Kombination leitfadengestützter Interviews und Workshops. Für die Auswertung der Daten wurden Einzelfallanalysen und Cross-Case-Analysen eingesetzt. Innerhalb der Zusammenarbeit mit den Unternehmen erfolgten zudem Datenbankanalysen für das Aufnehmen technologischer Informationen. Die Auswertung der in diesem Kontext erhobenen Daten fand zum einen mit Hilfe spezifischer Softwarelösungen, zum anderen gemeinsam in Workshops mit den Experten aus den beteiligten Unternehmen statt. In Zusammenarbeit mit den Unternehmen wurde jeder Einzelschritt der Ablauforganisation durchlaufen. Aspekte der Aufbauorganisation, der Segmentierung von Einflussfaktoren sowie der inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung wurden im Rahmen der Durchführung der einzelnen Prozessschritte sowie der Projektvorbereitung berücksichtigt. Bestimmte Problembereiche aus den Fallstudien waren außerdem Schwerpunkt eines Abschluss-symposiums mit allen beteiligten Projektpartnern. Zum Abschluss des Projekts beantworteten die Teilnehmer einen Fragebogen zu den Potenzialen des Ansatzes. Die Potenziale der einzelnen Erhebungs- und Auswertungsmethoden werden im Folgenden skizziert.

Die Datenerhebung erfolgte unter anderem mit leitfadengestützten Interviews. Die Leitfragen wurden phasenspezifisch für jeden Projektschritt formuliert und zusammengefasst. Eine Übersicht über die Fragen, die bei der Zusammenstellung der einzelnen Fragebögen berücksichtigt wurden, findet sich in Anhang C. Der Aufbau der Fragebögen berücksichtigte zu Beginn des Interviews eine möglichst offene Formulierung der Fragen.⁵⁸⁸ In der Regel begannen die Gespräche mit einer Frage nach dem beruflichen Hintergrund und dem Verantwortungsbereich des Befragten. Die Fragen wurden vom zentralen Ansprechpartner des Unternehmens sowie von weiteren relevanten Ansprechpartnern beantwortet. Die Identifikation dieser weiteren Kompetenzträger erfolgte sowohl durch den zentralen Ansprechpartner als auch durch die übrigen Interview-

⁵⁸⁸ Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:343; Diekmann 1997:414f.

partner. Die Potenziale der Verwendung von Interviewleitfäden für die Datenerhebung liegen – im Vergleich zu standardisierten Fragebögen – insbesondere in der Möglichkeit einer offenen Gesprächsführung. Gerade in der Vorausschau und Planung liegen in der Regel komplexe Einflusszusammenhänge vor, die sich nur unzureichend in standardisierten Antworten abbilden lassen („wenig strukturierte Interviewsituation“). Zudem können durch die flexible Gestaltung der Gesprächsführung relevante Sachverhalte im Interaktionsfluss vertieft oder verkürzt behandelt werden.⁵⁸⁹ Das Instrument der Leitfadengespräche erscheint somit für die Datenerhebung der in dieser Arbeit betrachteten, hochkomplexen und zum Teil unbekanntem Problemstellungen geeignet. Allerdings ist in der Anwendung leitfadengestützter Interviews sowohl die Einschränkung der Gesprächsinhalte, bei der relevante Einflussfaktoren möglicherweise ausgeblendet werden, als auch die vergleichsweise starke Beeinflussung des Befragten durch den Interview-Führenden kritisch zu sehen.⁵⁹⁰ Aufgrund dieser Gefahr ist auch der Vergleich der Erkenntnisse aus Interviews in unterschiedlichen Unternehmen problematisch. Demgegenüber könnte in einem standardisierten Interview grundsätzlich eine höhere Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus jedem einzelnen Pilotunternehmen erreicht werden. Zudem könnten Einflussfaktoren systematisch aufgenommen werden, auch wenn diese durch den Befragenden sowie den Interviewpartner im Rahmen einer offenen Diskussion möglicherweise vernachlässigt worden wären. Allerdings lassen sich komplexe Problemstellungen mit standardisierten Fragebögen selten hinreichend erfassen.⁵⁹¹ Insbesondere die Aufnahme von Einflussfaktoren sowie von spezifischen Wechselwirkungen im Umfeld des Unternehmens ist über einen vorab definierten Fragenkatalog schwer zu realisieren. Die Nutzung standardisierter Fragebögen scheint aufgrund der mangelnden Möglichkeit zur Komplexitätserfassung sowie der Einschränkungen bei dem Identifizieren neuer Problembereiche als Methode der Datenerhebung im Kontext dieser Arbeit daher wenig geeignet. Als alternatives Erhebungsinstrument bieten vollständig unstandardisierte, narrative Interviews die Möglichkeit, Problemstellungen ohne eine Einschränkung durch den Befragenden vorzunehmen.⁵⁹² Somit wären auch Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade erfassbar, die durch den Befragenden nicht in Betracht gezogen wurden. Der Problemfindende Charakter der Untersuchung könnte durch dieses Vorgehen weiter gestärkt werden. Allerdings konzentriert sich das Forschungsinteresse auf das schrittweise Anwenden eines ganzheitlichen Ansatzes. Ein zentraler Inhalt ist in diesem Kontext der

⁵⁸⁹ Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:321ff. und 2005:387f.; vgl. hierzu auch Atteslander 2003:153ff.; Diekmann 1997:450f.

⁵⁹⁰ Vgl. hierzu Hancock & Algozzine 2006:43.

⁵⁹¹ Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:358ff.

⁵⁹² Vgl. Schnell, Hill & Esser 2005:388ff.; Atteslander 2003:158; Diekmann 1997:449f.

Versuch einer Handhabung der Komplexität von Umfeldfaktoren durch das Anwenden von Kategorien (z.B. Akteure, Institutionen, etc.) auf unterschiedlichen Analyseebenen. Dies erfordert eine – zumindest grobe – ex-ante Eingrenzung der Gesprächsinhalte. Im Vergleich mit dieser Zielsetzung ist die Exploration des Forschungsgebiets tendenziell ein Nebeninteresse.

Grundsätzlich war die Bereitschaft, an den Interviews teilzunehmen, sehr hoch, was zum einen auf das Interesse an der Bearbeitung einer innovativen technologischen Problemstellung sowie zum anderen auf den von den Teilnehmern artikulierten Bedarf einer Begleitung und Unterstützung bei der Entwicklung einer strategischen Vorgehensweise zurückzuführen ist. Vor allem der Rückgriff auf leitfadengestützte Interviews erwies sich als positiv, weil die Fachexperten ihr Wissen umfassend einbringen konnten. Die in den Befragungen gewonnenen Interviewergebnisse wurden dokumentiert und gegebenenfalls mit den Interviewpartnern vertiefend diskutiert.

Für die Diskussion und Weiterentwicklung der Interviewergebnisse wurden außerdem Workshops, an denen nach Möglichkeit alle relevanten Know-how-Träger aus dem Unternehmen teilnahmen, als Erhebungsinstrument genutzt. Dabei fand in jedem Unternehmen nach einem vorbereitenden Treffen mit dem Prozess-Owner ein Kick-off-Workshop statt, um mit den Beteiligten die Ziele und das Vorgehen im Rahmen des Projekts abzustimmen. Der Kick-off-Workshop war auch darauf gerichtet, die Erwartungen und Bedürfnisse der Teilnehmer aufzunehmen. Das Forscherteam dokumentierte die Ergebnisse sämtlicher Workshops und leitete den Teilnehmern die Dokumentationen zu. Sie wurden als Grundlage vertiefender Diskussionen zwischen den Workshops genutzt und dienten daher auch einer Rückkopplung über die Anwendung des entwickelten Ansatzes.⁵⁹³ Die gemeinsamen Workshops bewerteten die Beteiligten aus den Unternehmen sehr positiv, da Kenntnisse über bestehende Aktivitäten innerhalb der Firmen aufgebaut und Vorgehensweisen gemeinsam abgestimmt werden konnten.

Die Aufnahme technologischer Informationen erfolgte neben Interviews durch Recherchen in unterschiedlichen Datenbanken. Die Datenbanken DEPATISnet des Deutschen Patent- und Markenamts sowie die über Google Patents zugängliche Patentdatenbank des United States Patent and Trademark Office (USPTO) bildeten die Basis für die Analyse der Patentsituationen. Die Ergebnisse wurden gemeinsam mit Vertretern des Unternehmens interpretiert. Recherchen über ISI Web of Knowledge und EI Compendix ermöglichten die Identifikation wissenschaftlicher Publikationen. Die Aus-

wertung der Publikationsdaten erfolgte auch softwaregestützt. Dabei wurde mit Hilfe des Programms EndNote™ direkt auf die Publikationsdatenbanken zugegriffen, die Abstracts der Treffer heruntergeladen und anschließend zu einer EndNote™-Bibliothek hinzugefügt. Die Visualisierung der Literaturquellen nach thematischer Nähe erfolgte mit dem Programm RefViz™. Zusätzlich erhoben die Projektteilnehmer populärwissenschaftliche Publikationen über die Datenbank LexisNexis. Für die Recherchen wurden durch die Know-how-Träger des Unternehmens vorgegebene Schlagworte verwendet. Zum Teil erfolgten auch die Erhebungen gemeinsam mit den Unternehmensvertretern. Nach den Recherchen und Visualisierungen wurden die Ergebnisse präsentiert und mit den Beteiligten aus den Firmen diskutiert.

Zum Abschluss des Projekts wurde mit den zentralen Ansprechpartnern aus den beteiligten Unternehmen ein firmenübergreifendes Symposium durchgeführt. Auf diesem Symposium wurden Erkenntnisse über die Vorgehensweise, die Struktur der an der Vorausschau und Planung zu beteiligenden Organisationseinheiten sowie die Konzeptionalisierung der Einflussfaktoren diskutiert. Einen Schwerpunkt des Symposiums bildete den Bedarf einer situationsspezifischen Variation des Ansatzes. Es erfolgte eine Dokumentation der Ergebnisse dieses Treffens, die anschließend mit den Ansprechpartnern aus den Unternehmen besprochen wurde. Gegenstand des Symposiums war zudem die Zusammenfassung der Ergebnisse in einem Leitfaden, der anderen Unternehmen als Unterstützung für das Durchführen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade dienen sollte. Zum Abschluss des Projekts beantworteten die Prozess-Owner aus den Unternehmen einen Fragebogen über ihre Erfahrungen mit der Anwendung des Ansatzes. Dieser Fragebogen findet sich in Anhang D. Das Ziel der Befragung bestand vor allem darin, die Potenziale des Ansatzes ein halbes Jahr nach dessen Anwendung erneut zu evaluieren. Die Ergebnisse sollten einen Rückschluss sowohl auf die Akzeptanz des Ansatzes als auch auf die Nutzung der erarbeiteten Strategien ermöglichen.

Die Auswertung der Ergebnisse folgte einem theoriegeleiteten Ansatz. Dabei wurden die in Abschnitt 2.3.3 formulierten Forschungshypothesen als Ausgangspunkt der Datenanalyse genutzt.⁵⁹⁴ Das Arbeiten mit den Hypothesen erfolgte zuerst auf Basis der Ergebnisse einzelner Fallstudien. Anschließend fand zusätzlich ein Vergleich der Fallstudien durch eine Cross-Case-Analyse statt, um Zusammenhänge und Ähnlichkeiten der Fälle zu identifizieren.⁵⁹⁵ Die Auswertungen der Fallstudien wurden zur Kommentie-

⁵⁹³ Für die Evaluation durch die Beteiligten als Methode der Ergebnisvalidierung vgl. Hancock & Algozzine 2006:66.

⁵⁹⁴ Vgl. Yin 2003:111f.

⁵⁹⁵ Vgl. Gerring 2007:37ff.; Yin 2003:133ff.

rung ebenfalls an die beteiligten Firmen zurückgespiegelt.⁵⁹⁶ Die im Folgenden dargestellten Fallstudien enthalten die Ergänzungen und Änderungen der Unternehmensvertreter.

5.2 Fallstudie: Biotech

In diesem Abschnitt wird die in Zusammenarbeit mit der Biotech durchgeführte Fallstudie vorgestellt. An eine kurze Unternehmens- und Technologiecharakterisierung schließt sich eine chronologische Darstellung der Untersuchung an. Die Diskussion erfolgt entlang der durchgeführten Prozessschritte. Im letzten Teil des Abschnitts werden die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst.

5.2.1 Unternehmens- und Technologiebeschreibung

Die hessische Biotech⁵⁹⁷ verfolgt das Ziel, die Zusammenarbeit zwischen Grundlagenforschung und industrieller Forschung auf dem Gebiet der Biotechnologie zu fördern. Das Unternehmen wurde in den 90er Jahren als Spin-off eines europäischen Forschungsprojekts einer deutschen Universität und eines Pharmaunternehmens gegründet. Zum Zeitpunkt des Projekts beschäftigt das Unternehmen fünf Mitarbeiter. Die Kompetenzen des Unternehmens liegen auf dem Gebiet der molekularbiologischen, genetischen und biochemischen Arbeitsmethoden. Stämme eines bestimmten Organismus stellen das Hauptarbeitsgebiet der Firma dar. Neben dem Vertrieb dieser Stämme bietet Biotech Hochdurchsatz-Sequenzierungen von DNA sowie die Analyse bestimmter Genfunktionen im Kontext der Krankheitsbehandlung an. Die Kunden des Unternehmens befinden sich hauptsächlich in Deutschland und dem europäischen Ausland. Im Bereich der Forschung und Entwicklung werden vor allem die Konstruktion und die Optimierung von Stämmen des genannten Organismus durchgeführt. Beispielsweise werden Einfach- und Mehrfachdeletionen konstruiert. Anteilig gibt das Unternehmen etwa 25 Prozent des Gesamtumsatzes für Forschung und Entwicklung aus. Die Biotech arbeitet bei der Forschung und Entwicklung mit Universitäten, Großunternehmen sowie kleinen und mittleren Unternehmen zusammen. Dabei stammen die F&E-Ausgaben zum großen Teil aus Drittmitteln unterschiedlicher Forschungsförderer.

⁵⁹⁶ Vgl. Hancock & Algozzine 2006:66; Yin 2003:159.

⁵⁹⁷ Firmenname geändert.

Bei der untersuchten Technologie handelt es sich um den Organismus A, ein Pilz, der unter anderem mit den Organismen B und C verwandt ist.⁵⁹⁸ Der Organismus produziert und sekretiert das Enzym I, das bereits biotechnologisch produziert und vermarktet wird. Die Biotech beabsichtigte, in einem Forschungsprojekt die Möglichkeit eines Einsatzes als Produktionsstamm zu untersuchen. Vor allem ist zu bestimmen, ob der Organismus dazu befähigt ist, heterolog exprimierte Enzyme zu sekretieren und ob er sich unter industriellen Bedingungen gut kultivieren lässt. Grundsätzlich bietet der Organismus die Möglichkeit, ein aufwendiges Downstream-Processing – insbesondere die Aufarbeitung und Reinigung des produzierten Enzyms – überflüssig zu machen. Vor Beginn der Fallstudie hatte das Unternehmen eine Literaturrecherche sowie eine biologische Analyse des Enzyms I durchgeführt und zusammen mit zwei Forschungsinstituten und einem Großunternehmen bei einem öffentlichen Förderer einen Antrag auf Förderung der Forschungstätigkeit gestellt. Von Seiten der Biotech besteht das Ziel des Vorausschau- und Planungsprojekts darin, eine Roadmap für das weitere Vorgehen des Unternehmens auf dem Gebiet des Organismus A zu entwickeln. Dazu sind insbesondere weitere Informationen zu erheben und kritische Einflussfaktoren möglicher Aktivitäten zu identifizieren.

5.2.2 Untersuchungsergebnisse

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse in diesem Kapitel folgt dem chronologischen Ablauf des Projekts⁵⁹⁹ und damit weitestgehend der Durchführung der einzelnen Prozessschritte. Sämtliche Treffen fanden mit der Geschäftsleitung des Unternehmens ohne Beteiligung weiterer Mitarbeiter statt. Beim ersten Treffen wurden zu Beginn das Vorgehen detailliert abgestimmt und die konkreten Zielsetzungen mit dem Unternehmen definiert. Das Gespräch basierte auf den in Anhang C angefügten Interviewleitfragen, die unter anderem allgemein gehaltene Fragen nach den bestehenden Aktivitäten des Unternehmens sowie weiterführende Fragen zur untersuchten Technologie umfassten.

Im Anschluss an eine generelle Beschreibung des Unternehmens erfolgte die Analyse bestehender Forschungsnetzwerke des Unternehmens, des Entwicklungsstadiums der Technologie und der für die Forschung relevanten Regelungen. Die Forschungsnetzwerke von Biotech befinden sich vorwiegend in Deutschland, vor allem in der näheren Region. Weitere Forschungspartner sind im deutschsprachigen Ausland ansässig. Die

⁵⁹⁸ Auf Wunsch der Biotech werden die technologiespezifischen und unternehmensstrategisch relevanten Informationen in dieser Fallstudie anonymisiert.

⁵⁹⁹ Die Zusammenarbeit mit der Biotech erstreckte sich über den Zeitraum von Dezember 2006 bis September 2007.

Ergebnisse der Diskussion um den Entwicklungsstand von Organismus A zeigten, dass der Organismus noch nicht für die industrielle Herstellung von Enzymen eingesetzt wird. Über den Organismus ist lediglich bekannt, dass er das Enzym I in hohen Konzentrationen sekretiert. Dieses Enzym kann zwei verschiedene Veränderungen bestimmter Stoffe vornehmen. Es wird bereits industriell hergestellt und vertrieben. Für die Produktion werden nach Kenntnis von Biotech jedoch keine Pilze, sondern Synthesierungsverfahren oder andere Organismen genutzt. Zusätzlich existieren Forschungsarbeiten, die eine Expremierung in Organismus C beschreiben.

Die Forschungsfragen, die vor einem Einsatz von Organismus A zu beantworten waren, bezogen sich unter anderem auf seine Verwandtschaftsgrade, auf die möglichen Zelldichten, in denen eine Kultivierung erfolgen kann, und auf mögliche Sekretionsprodukte außer dem Enzym I. Ersteres war für das Unternehmen vor dem Hintergrund der Übertragung von Eigenschaften ähnlicher Organismen in Organismus A relevant. Während des Treffens wurden ferner Regelungen diskutiert, die die Forschung an Organismus A beeinflussen könnten. Für den Organismus gilt grundsätzlich die Sicherheitsstufe 1 der Gentechnik-Sicherheitsverordnung, so dass für die Forschungsarbeit eine Genehmigung beim Regierungspräsidium einzuholen ist. Der Pilz ist weder human-, noch tierpathogen. Gegebenenfalls könnten sich die Sicherheitsstufe und damit der Aufwand einer Genehmigung der Forschungsarbeit durch das Einbringen von Gensequenzen anderer Organismen erhöhen. Da auf Basis des Organismus A keine Marker vorhanden sind, ist dieser Anstieg der Sicherheitsstufe bereits bei der Verwendung von marktüblichen Selektionsmarkern gegeben. Neben der grundsätzlichen Problematik der Möglichkeit eines industriellen Einsatzes stellte sich zudem die Frage, ob die Anwendung von Organismus A wirtschaftlicher als der Einsatz der bisher verwendeten Organismen und Synthetisierungen sei.

Gemeinsam mit dem Unternehmensvertreter definierte das Forscherteam anschließend Schlagworte, um Datenbankrecherchen durchzuführen. Diese sollten dem Unternehmen einen besseren Überblick über den Stand der Forschung innerhalb des Technologiefelds ermöglichen. Als Schlagwörter wurden die Namen von Organismen („Organismus A“, „Organismus B“, „Organismus C“) sowie Bezeichnungen für durch den Pilz expremierte Proteine („Enzym I“, „Enzym II“) verwendet. Auf Basis dieser Keywords erfolgten Recherchen in der Datenbank ISI Web of Knowledge und eine gemeinsame Auswertung der Ergebnisse mit dem Unternehmen. Das Ziel dieser Analysen bestand darin, weitere verfügbare Erkenntnisse über den Organismus zu gewinnen und den Wissensstand anderer Forschergruppen zu ermitteln. Die Recherche nach „Organismus I“ lieferte eine dreistellige Anzahl an Publikationen aus den Jahren 1994

bis 2007. Weltweit hatten unter 100 Institutionen zu diesem Organismus publiziert, wobei der Schwerpunkt dieser Aktivitäten in den USA lag. Dabei war die Intensität der Publikationsaktivität im untersuchten Zeitraum weitgehend konstant. Die Treffer, einschließlich der Autorennamen, Titel, Abstracts und der durch die Autoren definierten Keywords, wurden in einer Endnote™-Datenbank gespeichert. Anschließend gruppierete das Programm RefViz™ die Paper nach ihrer thematischen Nähe und stellte die Cluster in einer Proximity Map dar. Der zentrale Ansprechpartner passte die von der Software vorgeschlagene Priorisierung der Schlagwörter, die für die Clusterung genutzt werden, an.⁶⁰⁰ Die Ergebnisse der Clusterung der einzelnen Publikationen nach ihrer thematischen Nähe sind in Abbildung 17 dargestellt, wobei jeder Punkt eine Publikation verkörpert. Die ange deuteten Ordner stellen thematisch zusammengefasste Artikelgruppen dar.

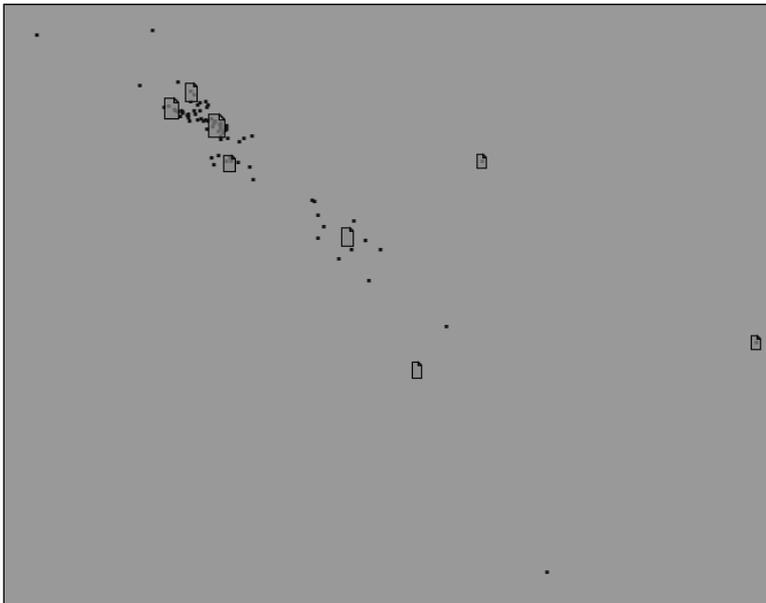


Abbildung 17: Darstellung der Publikationen zu „Organismus A“ nach thematischer Nähe
[Quelle: Daten aus ISI Web of Science, Darstellung durch RefViz™]

Auf Basis der Visualisierung erfolgte die Analyse einzelner Publikationen, die am Rand der Proximity Map lagen, von denen vermutet wurde, dass sie Erkenntnisse über den Organismus abseits der „Mainstream“-Forschung enthalten könnten. Diese Veröffentlichungen waren jedoch ohne Relevanz für das Projekt, so dass im Anschluss daran

⁶⁰⁰ Diese Veränderung bezog sich ausschließlich auf die Priorisierung der „Major-Terms“ und „Minor-Terms“. Auf Basis der in der Endnote™-Datenbank gespeicherten Inhalte definiert das Programm RefViz™ eigene Begriffe, die den Inhalt eines Artikels charakterisieren. Es werden insgesamt drei Kategorien unterschieden: „Major-Terms“, „Minor-Terms“ und „Other Descriptive Terms“. Die „Other Descriptive Terms“ werden nicht für die Clusterung genutzt.

Gruppen von Publikationen untersucht wurden, die potenziell für das Unternehmen von Interesse waren.⁶⁰¹ Diese Analyse erfolgte auch auf der Grundlage einer durch das Programm RefViz™ bereitgestellten Themenmatrix.⁶⁰² Eine detaillierte Analyse der Quellen aus den relevanten Gruppen ergab, dass keine Veröffentlichung technologiebezogene Erkenntnisse enthielt, die wesentlich über den Kenntnis- und Erfahrungsstand von Biotech und seinen Forschungspartnern hinausging.

Zusätzlich wurde in der Datenbank ISI Web of Knowledge nach den Enzymen I und Enzym II gesucht. Die unter 1.000 gefundenen Veröffentlichungen wurden ebenfalls durch die Software gruppiert und visualisiert (vgl. Abbildung 18). Die Analyse der Quellen verlief analog zu der oben dargestellten Vorgehensweise. Bei der Betrachtung identifizierte das Projektteam „Ausreißer-Veröffentlichungen“, die auf eine weitere, der Biotech bisher nicht bekannte Anwendungsmöglichkeit des Enzyms hindeuteten.

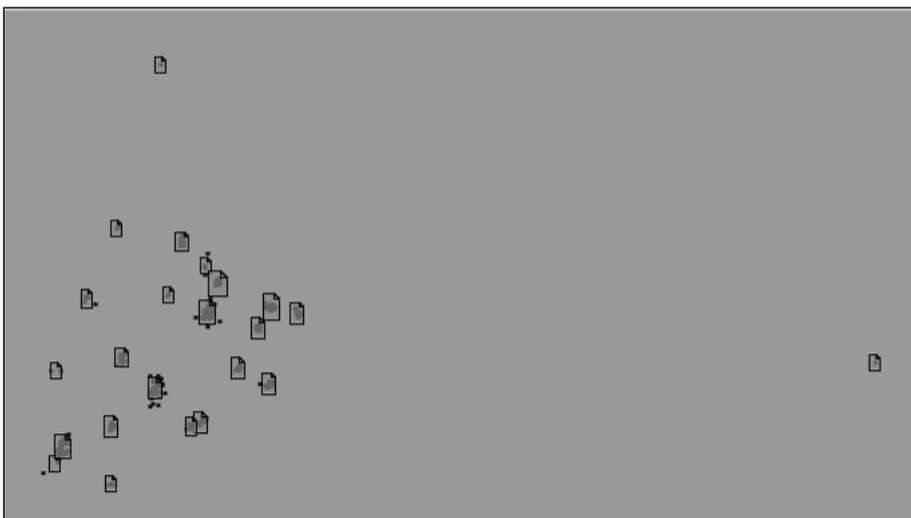


Abbildung 18: Darstellung der Publikationen zu „Enzym I“ und „Enzym II“ nach thematischer Nähe
[Quelle: Daten aus ISI Web of Science, Darstellung durch RefViz™]

Die folgende Auswertung der Themenmatrix wies auf eine Gruppe von Publikationen hin, in denen der Organismus C behandelt wurde. Diese Veröffentlichungen bestätigen die Möglichkeit, das Enzym I in diesem Organismus zu exprimieren. Zusammenfassend ist für die Publikationsanalyse festzuhalten, dass im Bezug auf den Organismus A keine Aktivitäten identifiziert werden konnten, die signifikant über den Wissensstand des Unternehmens und seiner Forschungspartner hinausgingen. Wissenschaftler aus

⁶⁰¹ Diese Gruppen bezeichnet das Programm mit drei charakteristischen Terms, so dass tendenzielle thematische Schwerpunkte einzelner Gruppen schnell sichtbar werden.

anderen Unternehmen hatten bisher keine Publikationen zu Organismus A veröffentlicht, so dass von einer geringen kommerziellen Aufmerksamkeit für die Technologie ausgegangen wurde. Zur Validierung dieser Einschätzung erfolgte eine Patentanalyse bei DEPATISnet, bei der weniger als 50 Patente ermittelt wurden, von denen unter zehn eine Verbindung zum angestrebten Tätigkeitsspektrum des Unternehmens aufwiesen. Gegenstand dieser Patente war vor allem das Enzym I und nicht eine Expression durch den Pilz A. Zum Abschluss der Ist-Analyse wurde ein Vergleich der Produktionsmöglichkeit von Organismus A mit anderen Herstellverfahren von Enzym I über ein vorliegendes wissenschaftliches Paper vorgenommen. Der Vergleich ergab, dass Organismus A aufgrund der guten Sekretionsfähigkeit eine vielversprechende Alternative zu etablierten Verfahren darstellen könnte.

Der zweite Schritt des Projekts zielte auf die Identifikation von Anwendungskontexten für die Technologie, die mögliche Zielstellungen der zu erarbeitenden Strategie sein könnten. Die interessantesten Anwendungsmöglichkeiten bestanden aus Sicht des Unternehmens im Bereich von Anwendungskontext 1 sowie von Anwendungskontext 2. Eine ebenfalls diskutierte mögliche Anwendung in Anwendungskontext 3 stellten die Teilnehmer aufgrund der geringen Erfahrungen des Unternehmens und der extrem langen Zeitspanne bis zu einer möglichen Realisierung zurück. Die beiden ersten Anwendungskontexte können entweder durch die eigene Herstellung von Enzym I oder durch den Versand des Organismus an Hersteller von Enzym I adressiert werden. Bei den Optionen ist gemeinsam, dass Biotech die Stämme des Organismus selbst kultiviert. Da über Möglichkeiten zur Expression weiterer Enzyme keine Kenntnisse vorlagen, lag der Schwerpunkt der weiteren Vorausschau- und Planungsaktivitäten auf dem Enzym I.

Im Anschluss daran wurden zu überwindende Lücken zwischen der Ist-Situation von Technologie und Unternehmen auf der einen Seite und den Anwendungskontexten auf der anderen Seite identifiziert. Hierfür nutzte das Projektteam den in Abschnitt 4.2 entwickelten Rahmen von Einflussfaktoren und das in Abschnitt 4.3.3 beschriebene Verfahren der Kombination von Back- und Forecasting. Ausgangspunkt war die Frage, welche Struktur ein stabiles Umfeld, Innovationssystem und Unternehmen aufweisen müsste, in dem der Organismus A angewendet würde. Die Analyse bezog sich auf Akteure und Netzwerke, institutionelle Regelungen, Wissen und technologische Artefakte. Die Interviewpartner aus dem Unternehmen wurden unter anderem befragt, welche technologischen Artefakte („technologische Infrastruktur“) vorhanden sein müss-

⁶⁰² In dieser Matrix werden thematische Gruppen von Artikeln (in der Proximity Map durch die Ordner dargestellt) einzelnen „Major Terms“ gegenübergestellt.

ten, um den Organismus herzustellen und die durch den Organismus expremierten Proteine bei einem Kunden zu nutzen. Die Antwort auf diese Frage ergab beispielsweise, dass mit den bestehenden Maschinen- und Anlagen zwar eine Kultivierung des Organismus durchführbar ist, dass es aber notwendig sein könnte, neue Anlagen für die gegebenenfalls vorzunehmende Reinigung des produzierten Enzyms bereitzustellen. Bei einer Herstellung des Enzyms durch die Biotech sei zudem eine eigene Produktionsstätte aufzubauen. Eine Übersicht der auf diese Art und Weise identifizierten Lücken findet sich in Tabelle 9.

Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
<ul style="list-style-type: none"> • Verwenden der Produkte durch Kunden aus unterschiedlichen Branchen • Entwicklungspartnerschaft mit Forschungsinstitutionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einhalten der niedrigsten Sicherheitsstufe nach Vorgaben des Gentechnikgesetzes • Endkunde präferiert neue Technologie <p>Vertrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GLP (Good Laboratory Practice) sind einzuhalten • Verhaltensänderung beim Kunden notwendig <p>eigene Produktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GLP und GMP (Good Manufacturer's Practice) notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse des Organismus (Verwandtschaft, Leistungsfähigkeit) • Übertragbarkeit von Eigenschaften aus anderen Organismen • Stabilisierung des Herstellprozesses von Enzymen auf Basis des Organismus • Erreichen kritischer Leistungsparameter • Entwicklung von Ansätzen für einfaches Downstreaming • Up-Scaling • Kenntnisse der Vertriebsmöglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung der bisher verwendeten Produktionsanlagen möglich • Entwicklung neuer Anlagen für das Downstreaming <p>Vertrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umstellung der Produktionsstruktur beim Kunden <p>eigene Produktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau einer eigenen Produktionsstruktur

Tabelle 9: Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Biotech [Quelle: eigene Darstellung]

Das Vorgehen verdeutlichte, dass der Vertrieb von Stämmen und die eigene Produktion den gleichen Anwendungskontext adressieren, mit dem Unterschied, dass das Unternehmen verschiedene Stufen auf der Wertschöpfungskette besetzt. Daher wurden die beiden Anwendungskontexte 1 und 2 im Folgenden zusammengefasst und es wurde zwischen Lücken unterschieden, die das Unternehmen auf dem Weg zu beiden Positionen schließen müsste und solchen, die spezifisch für eine Position auf der Wertschöpfungskette – für den Vertrieb des Stamms oder die eigene Produktion des Enzyms – waren. Die am schwierigsten zu überwindenden Lücken sah die Biotech insbesondere auf dem Gebiet des Wissens über den industriellen Einsatz der Techno-

logie. Der Aufbau eines Netzwerks sowie die Integration in eine technologische Infrastruktur erschienen dabei weniger problematisch.

Im nächsten Schritt entwickelten die Teilnehmer eine gemeinsame Roadmap, um die erarbeiteten Informationen zusammenzuführen und ein strategisches Vorgehen für das Unternehmen zu skizzieren (Vgl. Abbildung 19). Neben dem identifizierten Anwendungskontext berücksichtigt die Roadmap die Ebene möglicher Kunden, die sich wie zuvor beschrieben je nach Positionierung auf der Wertschöpfungskette unterscheiden.

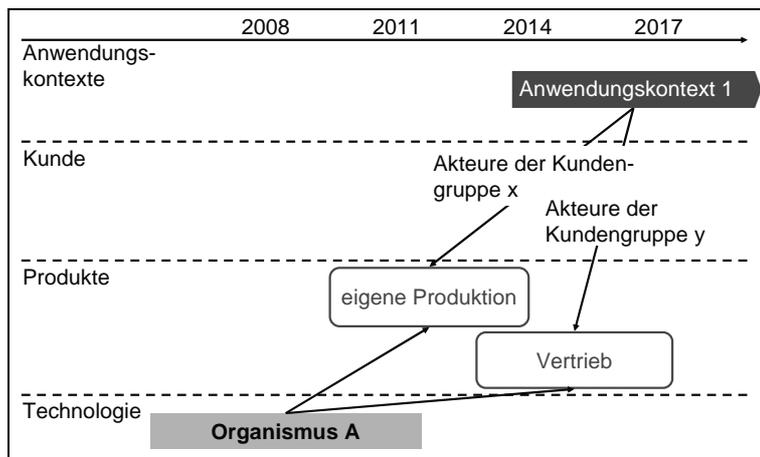


Abbildung 19: Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung von Organismus A durch das Unternehmen Biotech [Quelle: eigene Darstellung]

Produkte bzw. Dienstleistungen sollten die Auftragsproduktion von Enzymen – im Wesentlichen von Enzym I – oder der Vertrieb der Stämme sein. Für die Fertigstellung der Technologie sind mindestens zwei aufeinander folgende Projekte mit einer Laufzeit von jeweils mehreren Jahren notwendig. Insgesamt ist nach Aussage der Fachexperten die zeitliche Einordnung der Realisierung von Anwendungskontext 1 daher maßgeblich durch die Technologieentwicklung determiniert.

Nach Abstimmen dieser Roadmap wurden im fünften Schritt Möglichkeiten diskutiert, um ein Auftreten kritischer Abhängigkeiten durch entsprechende alternative Strategien zu vermeiden. Um eine zu starke Fokussierung auf die Anwendung im Anwendungskontext 1 zu vermeiden, wurde beispielsweise festgelegt, den Anwendungskontext 3 sowie weitere mögliche Anwendungskontexte kontinuierlich zu beobachten. Als weitere mögliche Gefahr eines Lock-ins ergab sich die enge Zusammenarbeit mit wenigen Forschungspartnern. Da jedoch nur eine an dem Organismus forschende Gruppe in Deutschland ansässig war, konnte das Projektteam keine strategischen Optionen für

das Vermeiden dieser Abhängigkeit festzulegen. Ein Ergebnis der Diskussion um Abhängigkeiten war zudem die konsequente Orientierung an der Erforschung eines breiteren Spektrums an Enzymen, welches über die Expremierung von Enzym I hinausgehen sollte. Bei der Diskussion alternativer Strategieoptionen betonten die Projektteilnehmer insbesondere die Notwendigkeit einer Festlegung von Zielpunkten für die Forschung an Organismus A, da hierin die wesentliche Determinante der Planung gesehen wurde. Es wurde auch berücksichtigt, dass das Ergebnis des ersten Forschungsprojekts nicht nur die erfolgreiche Expremierung von Enzym I, sondern auch von anderen Enzymen sein sollte. Die Diskussion möglicher Schwächen der definierten Strategie ergab, dass die Umstellung der Produktion bei potenziellen Kunden schwierig zu realisieren sein könnte, da bestehende Produktionsinfrastrukturen zur synthetischen Enzymherstellung für ein biotechnologisches Herstellungsverfahren nur eingeschränkt eingesetzt werden könnten. Vor dem Hintergrund der Zusammenarbeit mit nur einer Person aus dem Unternehmen Biotech wurde weiterhin die Validität der getroffenen Einschätzungen über die möglichen Produktionsstrukturen als Schwäche des Strategieprozesses erkannt.

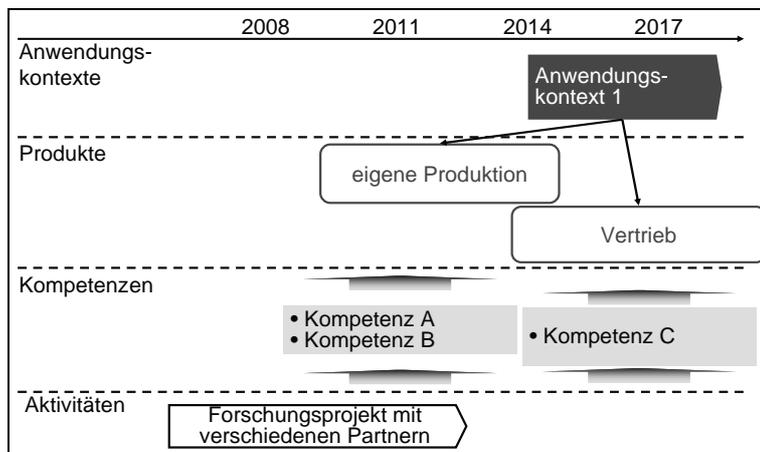


Abbildung 20: Roadmap Biotech mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten
[Quelle: eigene Darstellung]

Zum Abschluss des Projekts wurden konkrete Aktivitäten für das Unternehmen definiert. Dabei legte das Projektteam unter anderem Kompetenzziele fest, die Biotech bis zum Zeitpunkt einer Kommerzialisierung der Technologie aufbauen sollte (vgl. Abbildung 20). In Bezug auf die Kompetenzen erfolgte eine Differenzierung zwischen der Auftragsproduktion von Enzymen und dem Vertrieb des Stamms. Die direkt zu verfolgenden Aktivitäten für das Aufbauen dieser Kompetenzen waren für beide Produkte identisch.

5.2.3 Zwischenfazit

Dieser Abschnitt analysiert die Anwendung des Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei der Biotech. Er greift zunächst die inhaltlichen Leitlinien der Strategiebildung auf. Anschließend thematisiert er Implikationen für die Analyse der Einflussfaktoren sowie die Ablauf- und Aufbauorganisation des Ansatzes.

Durch die Anwendung des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung konnte bei der Firma Biotech eine Strategie für einen neuen Technologiepfad entwickelt werden. Dabei konnten unterschiedliche inhaltliche Leitlinien konkretisiert werden. Das Aufzeigen alternativer Technologiepfade zu unterschiedlichen Positionen auf der Wertschöpfungskette ermöglicht strategische Flexibilität auf der einen und Handlungsleitung auf der anderen Seite. Die Kommerzialisierungsstrategie konkretisiert sich in kurzfristigen Schritten und Maßnahmen, wobei der Grad der Konkretisierung mit Sicht auf die späteren Phasen der Strategie fällt. Dies führt einerseits zu einer Offenheit der strategischen Entwicklung, erschwert aber andererseits das Erkennen eines durchgängigen Weges zu dem Anwendungskontext 1. Kritisch ist anzumerken, dass sich die so definierte Offenheit nur auf Anwendungskontexte beschränkt, die das Unternehmen heute bereits wahrnimmt. Infolgedessen ist eine kontinuierliche Beobachtung nicht nur der bereits gesehenen Anwendungsbereich, sondern auch der sich zusätzlich ergebenden Möglichkeiten anzustreben. Die Diskussionen mit den Beteiligten in Interviews und Workshops unterstützte das Aufbauen eines gemeinsamen Verständnisses der technologischen Potenziale. Fraglich ist jedoch der Zusatznutzen des Ansatzes, da die Biotech durch eine sehr geringe Mitarbeiterzahl und direkte Kommunikationswege gekennzeichnet ist, so dass in dem untersuchten Fall bereits eine gemeinsame Position vorhanden war. Der Nutzen für das Unternehmen lag daher eher im Zusammentragen von Informationen aus unterschiedlichen Stellen sowie im grundsätzlichen Aufgreifen und Vorantreiben strategischer Technologien. Besonders in kleinen Firmen – wie bei der Biotech – reduziert dies die Gefahr, dass strategische Fragestellungen durch das „Tagesgeschäft“ verdrängt werden. Die Analyse in Datenbanken ermöglichte die Identifikation schwacher Signale, wie in diesem Fall das Aufkommen eines neuen Anwendungskontexts (Anwendungskontext 3). Problematisch war jedoch die Hinterfragung der erzielten Vorgehensweisen und Ergebnisse. Die Bereitschaft, erarbeitete Strategien kritisch zu reflektieren und ggf. anzupassen, war wenig ausgeprägt. Vor allem das Potenzial einer kritischen Debatte mit externen Teilnehmern hätte noch intensiver genutzt werden können.

Durch Interviews und Datenbankanalysen ließen sich die Einflussfaktoren aus dem Umfeld und dem entstehenden Innovationssystem umfassend aufnehmen. Aufgrund

der geringen Größe des Unternehmens und der dadurch vorhandenen Übersicht über die internen Gegebenheiten durch den Prozess-Owner war die Unternehmensanalyse von untergeordneter Bedeutung. Umso wichtiger war jedoch die Analyse benötigter Kompetenzen und entsprechender Partner. Die begrenzte Einsicht in die Prozesse möglicher Kunden erschwerte den Entwurf zukünftiger Anwendungskontexte sowie deren detaillierte Beschreibung. Die Experten konnten trotzdem zahlreiche Barrieren und Hindernisse der Technologieentwicklung außerhalb des Unternehmens bestimmen. In diesem Zusammenhang konzentrierte sich die Wahrnehmung von Barrieren auf den Bereich des Wissens und das Schließen von Wissenslücken. Technologischen Infrastrukturen wird hingegen eine geringere Bedeutung zugeschrieben. Dies birgt die Gefahr, dass mögliche Hindernisse in Produktionsprozessen keine ausreichende Berücksichtigung finden. Ein wesentliches Potenzial für eine Verbesserung der Ergebnisse läge in einer direkten Anbindung potenzieller Netzwerkpartner in die Vorausschau und Planung. Aufgrund der geringen Unternehmensgröße sah Biotech lediglich die Wissensfaktoren als prinzipiell durch das Unternehmen beeinflussbar an. Andere Faktoren sowohl innerhalb des entstehenden Innovationssystems als auch im Umfeld konnten nach Aussage der Experten nicht beeinflusst werden. Die systematische Evaluation von Einflussmöglichkeiten hätte noch konsequenter und differenzierter erfolgen können. Schließlich fiel den Teilnehmern das Definieren möglicher Abhängigkeiten in der Technologieentwicklung schwer.

In Bezug auf die Organisation des Ansatzes sind drei zentrale Aussagen möglich. Erstens war die Zusammenarbeit mit dem Prozess-Owner aus der Geschäftsleitung besonders konstruktiv. Durch diese enge Interaktion konnten notwendige Entscheidungen schneller getroffen und relevantes Industrie- und Branchenwissen umfassend integriert werden. Zweitens hätte durch das Zurückgreifen auf Externe, wie beispielsweise Forschungspartner, in den mittleren Phasen des Prozesses eine stärkere Reflexion der Ergebnisse erfolgen können. Drittens liefen die Prozesse sehr iterativ ab. Insbesondere innerhalb der ersten drei Phasen fand ein starkes „Springen“ innerhalb und zwischen den Phasen statt. Mit dem Aufnehmen neuer Informationen erfolgte eine Veränderung der Ergebnisse der vorangegangenen Schritte. Bezüglich des Methodeneinsatzes erwies sich die Nutzung von Datenbankanalysen als besonders konstruktiv. Allerdings bietet die Anwendung spezialisierter Software bei relativ kleinen Datensätzen mit nur wenigen Veröffentlichungen durch die benötigte Einarbeitungszeit nur einen geringen Zusatznutzen. Die Auswertung kleiner Datensätze ist schneller durch das Lesen der Zusammenfassungen möglich. Weiterhin ist fraglich, ob zeitaufwendige Literaturanalysen durch das Unternehmen auch ohne externe Beteiligung durchgeführt werden. Populärwissenschaftliche Datenbanken brachten keine relevanten Ergebnisse, da über

die neue Technologie außerhalb der technologischen Nischen nicht diskutiert wurde. Problematisch ist des Weiteren, dass der Durchführung des Projekts keine systematische Portfoliobetrachtung vorausging. Ferner hätten die finanziellen Dimensionen einer Entscheidung für das Vorantreiben des Technologiepfades noch kritischer evaluiert werden können.

5.3 Fallstudie: Mobil

Im Folgenden wird eine mit der Mobil⁶⁰³ durchgeführte Fallstudie zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade dargestellt. Zu Beginn des Abschnitts erfolgt eine kurze Beschreibung des Unternehmens und der analysierten Technologie. Im weiteren Verlauf werden die entsprechenden Untersuchungsergebnisse präsentiert. Das abschließende Zwischenfazit reflektiert diese Ergebnisse vor dem Hintergrund des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.

5.3.1 Unternehmens- und Technologiebeschreibung

Die Mobil sieht sich als Partner der internationalen Mobilitätsindustrie. Im Vordergrund steht das Angebot eines vernetzten Engineerings, das sich in einer integrierten Betrachtung von Produkten und Produktionsprozessen bereits in der Entwicklungsphase niederschlägt. Der Schwerpunkt der Geschäftstätigkeit liegt auf dem Erbringen industrieller Dienstleistungen, während eigene Produkte einen geringeren Stellenwert einnehmen. Die Mobil gliedert sich in mehrere Geschäftsbereiche. Diese erstellen beispielsweise Fahrzeugkonzepte, führen die Integration von Systemen in Fahrzeugen durch und konzipieren Produktionsanlagen. Das Unternehmen ist auf allen Kontinenten, vorwiegend an den Konzentrationspunkten der Automobilindustrie, vertreten. Die Mobil beschäftigt mehrere tausend Mitarbeiter, mit denen ein Umsatz im dreistelligen Millionenbereich erwirtschaftet wird.⁶⁰⁴ Die eigene Forschung und Entwicklung des Unternehmens konzentriert sich unter anderem auf die Bereiche neu Fahrzeugkonzepte, Elektronikentwicklung, Gewichtsreduzierung und Prozessentwicklung. Diese Aktivitäten sind vornehmlich in einem der Geschäftsbereiche verortet.

Im Rahmen des Projekts wurden alternative Technologien im weiteren Kontext der Mobilität untersucht. Im Fokus standen fünf konkurrierende Technologien, die im Folgenden als Technologien A bis E bezeichnet werden.⁶⁰⁵ Vor der Durchführung des Pro-

⁶⁰³ Firmenname geändert.

⁶⁰⁴ Stand 2007, vgl. Mobil 2007.

⁶⁰⁵ Strategierelevante und technologische Informationen wurden in der Fallstudie anonymisiert.

jekts hatten bereits unterschiedliche Funktionsbereiche innerhalb des Unternehmens erste Aktivitäten in Bezug auf diese Technologien vorgenommen. Dabei verfolgte die Mobil im Rahmen des Projekts zwei Zielsetzungen. Zum einen ging es darum, zu definieren, in welche der oben genannten Technologien das Unternehmen investieren sollte, zum anderen sollte im Rahmen dieses Projektes herausgearbeitet werden, wie und bei welchen Produkten das Unternehmen diese Technologien einsetzen sollte.

5.3.2 Untersuchungsergebnisse

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse in diesem Kapitel folgt dem chronologischen Verlauf des Projekts im Zeitraum Februar 2007 bis Juni 2007. An allen Treffen sowie Telefongesprächen wirkte der Verantwortliche des Unternehmens für den Bereich Innovationsmanagement mit. Mit diesem wurde während des ersten Treffens das Vorgehen im Rahmen des Projekts abgestimmt und die Zielsetzung bezogen auf die Unternehmensstrategie diskutiert. Das Ergebnis des Treffens bestand in der Identifikation von Vorarbeiten des Unternehmens bei den betrachteten Technologien. Zum Projektzeitpunkt beschäftigt sich ein Bereich mit dem Einsatz dieser Technologien in bestehenden Produkten des Unternehmens (Bereich „bestehende Produkte“), ein anderer Unternehmensbereich mit neuen Produkten auf Basis der Technologien (Bereich „neue Produkte“). Mit Verantwortlichen aus beiden Bereichen sollten Interviews durchgeführt werden, um den Kenntnisstand der Mobil zu definieren, die unterschiedlichen Technologien zu vergleichen und mögliche zukünftige Aktivitäten des Unternehmens herauszuarbeiten. Die Gespräche mit den jeweiligen Fachexperten fanden auf der Grundlage der Interviewleitfragen aus Anhang C statt.

Die Vorarbeiten im Bereich „neue Produkte“ konzentrierten sich vor allem auf Technologie A. Das Unternehmen beteiligte sich unter anderem an der Entwicklung der ersten marktfähigen Produkte, in die die Technologie A einfluss und setzte diese Technologie weiterhin in neuen Produkten ein. Dabei machte es jedoch die Erfahrung, dass sich diese Technologie nur in Nischenmärkten etabliert, obwohl sie eine konkurrenzfähige technologische Lösung darstellt. Der Fachexperte sieht die Ursachen hierfür vor allem in der fehlenden breiten Akzeptanz bei Nutzern, Kunden und Herstellern. Dies geht mit Problemen der Verfügbarkeit bestimmter Komplementäre einher. Der Gesprächspartner sah für die Mobil daher vor allem die bisher wenig erschlossenen Felder der Technologie B und der Technologie C als relevant an.

Anschließend diskutierten die Teilnehmer Möglichkeiten, um frühe Nischenanwendungen für diese neuen Technologien zu identifizieren, die den folgenden Kriterien genügen sollten. Potenziellen Kunden sollte eine rentable Nutzung der neuen Technologien

mit möglichst geringem Aufwand möglich sein. Die Kunden selbst sollten keinen intensiven Betreuungsbedarf aufweisen und nur begrenzte Stückzahlen nachfragen. Ferner sollten die Anwendungen einige zentrale technische Bedingungen erfüllen. Die Recherche nach diesen Randbedingungen in den Datenbanken ISI Web of Knowledge und EI Compendix sollte Hinweise auf mögliche Anwendungskontexte geben.⁶⁰⁶ Die Ergebnisse wurden gemeinsam mit dem Bereich Innovationsmanagement und dem Bereich neuer Produkte diskutiert. Die in der Datenbankrecherche identifizierten Anwendungskontexte 1, 2, und 3 waren grundsätzlich für einen Einsatz der Technologien geeignet, allerdings erfüllten sie einige der definierten Kriterien nur in Ansätzen. Zudem war Anwendungskontext 1 durch verschiedene Technologien bereits weitestgehend erschlossen. Die Recherche führte ebenfalls zu der Einsicht, dass die Technologie B für die Mobil insgesamt wenig attraktiv war. Im Anschluss an diese Diskussion definierte das Projektteam Strategien für das weitere Vorgehen bei der Ist-Analyse und neue Ansatzmöglichkeiten für die Suche nach Anwendungen. Diese Suchstrategien sollten in einem ersten Schritt von Seiten der Technologie kommend ansetzen und das Innovationspotenzial der unterschiedlichen technischen Optionen ermitteln. In einem zweiten Schritt sollten öffentlich verfügbare Roadmaps und Strategiepapiere ausgewertet werden, um weitere Anwendungsmöglichkeiten zu identifizieren. Zusätzlich sollten Anwendungen ermittelt werden, die vor dem Hintergrund einer politischen Opportunität und einer öffentlichen Förderung denkbar wären.

Um das Innovationspotenzial der unterschiedlichen alternativen Technologien zu bestimmen, zeichnete das Projektteam die historische Entwicklung der Technologien C, D und E anhand von Datenbankanalysen nach und verglich diese miteinander. Ein Vergleich der absoluten Publikationsaktivitäten zu den Technologien konnte aus verschiedenen Gründen nicht erfolgen.⁶⁰⁷ Allerdings war ein starker Anstieg der Publikationshäufigkeit im Bereich der Technologie C seit den neunziger Jahren zu beobachten. Zusätzlich wurde die Entwicklung der Patentaktivität durch Analysen über Google Patents ermittelt. Die Technologie D zeigte einen deutlichen zeitlichen Vorlauf der Patentierung vor der Technologie C. Dies bestätigte die bestehenden Erwartungen, da insbesondere Technologie D von anderen Firmen bereits in Produkten eingesetzt wird. Da das Patentniveau von Technologie C in den einzelnen Jahren sowie kumuliert deutlich unter dem der Technologien D und E lag, unterstellten die Teilnehmer ein insgesamt

⁶⁰⁶ Dabei wurden durch die Fachexperten definierte Schlagwortkombinationen verwendet, um wissenschaftliche Publikationen zu finden, die sich mit einigen dieser Randbedingungen beschäftigten.

⁶⁰⁷ Wesentlicher Hinderungsgrund war, dass durch die Recherchen zahlreiche Paper aus angrenzenden Technologiefeldern (vor allem bei den Technologien A, D, E) gefunden wurden. Die Repräsentativität der Ergebnisse für einzelne Technologien war daher nur eingeschränkt gegeben.

höheres Innovationspotenzial. Weitere Recherchen in der Datenbank Lexis Nexis hatten das Ziel, die gesamtgesellschaftliche Aufmerksamkeit für eine der konkurrierenden Technologien zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass populärwissenschaftliche Artikel vor allem die Technologie C und – mit geringfügig schwächerer Intensität – die Technologie D diskutieren. Die Publikationshäufigkeit der Technologie C stieg jedoch früher an und lag auch zum Ende des Betrachtungszeitraums auf einem signifikant höheren Niveau. Insgesamt konnte die Technologie C als besonders innovativer Bereich identifiziert werden, der durch die hohe gesellschaftliche Aufmerksamkeit auch politisch am attraktivsten erschien. Das Projektteam entschied sich auf Basis dieser Recherchen für einen Projektfokus auf die Technologie C.

Das Auswerten öffentlich verfügbarer Roadmaps zu den direkt untersuchten sowie zu verwandten Technologien erbrachte Hinweise auf zukünftige Anwendungskontexte. Verschiedene Roadmaps diskutierten Produkte, in die die Technologie C einfließen könnte. Es mangelte jedoch an einer gemeinsamen Vorstellung der zukünftigen Technologienutzung. Die untersuchten Roadmaps deuteten darauf hin, dass Technologie C in einem Zeitraum von mehr als fünf Jahren in ersten marktfähigen Produkten genutzt würde. Da das Projektteam zuvor auf einen Ausschluss der anderen technologischen Optionen verständigt hatte, wurden für diese Technologien keine öffentlichen Strategiepapiere analysiert.

Im Anschluss an die Auswertung der Roadmaps erfolgte ein Interview mit einem Fachexperten aus dem Unternehmensbereich, der den Einsatz der Technologien in bestehenden Produkten untersuchte. Das Ziel dieses Interviews bestand darin, Vorarbeiten in dem Bereich aufzunehmen und die in den Roadmaps identifizierten Anwendungskontexte vor dem Hintergrund eines Mobil-Engagements zu reflektieren sowie gegebenenfalls zu ergänzen. Vor Projektbeginn hatte der Geschäftsbereich die konkurrierenden Technologien evaluiert und das Technologiefeld E aus unterschiedlichen Gründen, wie beispielsweise einer schwierigen Wettbewerbssituation und einem weitgehend erschlossenen Innovationspotenzial, für seine weiteren Aktivitäten ausgeklammert. Im Rahmen der Vorarbeiten identifizierte der Bereich die Technologie C als besonders interessant für weitere Aktivitäten. Zudem sah der Interviewpartner aus dem Bereich bestehende Produkte die Technologie F als zentrale komplementäre Technologie der Technologie C an. Der Geschäftsbereich befand sich aus diesem Grund in der Vorbereitung einer Kooperation mit externen Partnern, um Erfahrungen über Technologie F zu sammeln. Aus den bereits identifizierten Anwendungsbereichen stellten die Interviewteilnehmer aufgrund der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen insbesondere den Anwendungskontext 4 als vielversprechend heraus. Ideen für die Anwen-

dungskontexte 5 bis 8 wurden wegen des geringen Bezugs zum Kerngeschäft des Unternehmens hingegen zurückgestellt. Innerhalb des Anwendungskontexts 4 konnten die Fachexperten besonders interessante Kunden- und Nutzergruppen benennen, die sich durch eine hohe Affinität zu den betrachteten Technologien sowie durch spezielle Nutzungs- und Leistungserfordernisse auszeichneten. Von den vier Kundengruppen a bis d schätzten die Experten die Gruppen c und d am relevantesten ein.⁶⁰⁸ Zum Abschluss des Treffens diskutierten die Teilnehmer unterschiedliche Möglichkeiten, Mobil-Produkte auf dem Gebiet der Technologie C zu entwickeln. Der teilnehmende Fachexperte aus dem Bereich der bestehenden Produkte begrenzte die Möglichkeiten der Nutzung dabei auf eine Mindestanzahl von über 20 Stück bei Produktkategorie x sowie über 1.000 Stück bei Kategorie y. Für die Produktkategorie z konnte keine Einschätzung erfolgen.

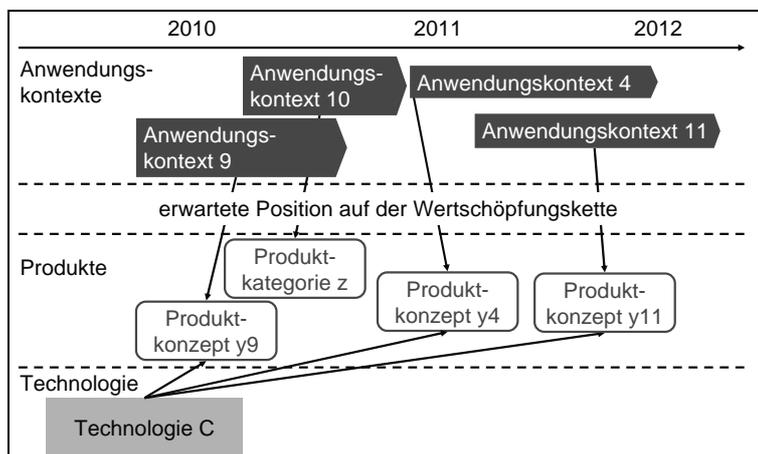


Abbildung 21: Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie C durch das Unternehmen Mobil
[Quelle: eigene Darstellung]

Nach Interviews mit Verantwortlichen und Fachexperten aus den unterschiedlichen Funktionsbereichen fand ein Workshop statt, um die verfügbaren Informationen zu integrieren und eine gemeinsame Unternehmensstrategie für die Technologie C zu entwickeln. An diesem Workshop nahmen das Innovationsmanagement mit zwei Personen, der Bereich neue Produkte mit einer Person und der Bereich bestehende Produkte ebenfalls mit einer Person teil. Zu Beginn des Workshops betonten alle Beteiligten die Bedeutung der Technologie C für die Mobil. Nach intensiver Diskussion über potenzielle Anwendungsmöglichkeiten wurden die Anwendungskontexte 4, 9, 10 und 11 als Zielfelder des Unternehmens definiert (vgl. Abbildung 21). Dabei schätzten die Teil-

⁶⁰⁸ Die Kundengruppen a und b kamen aufgrund spezifischer Leistungserfordernisse nicht als frühe Anwender der Technologie C in Betracht.

nehmer den Anwendungskontext 4 aufgrund zahlreicher Anfragen von Kunden und von Technologienutzern sowie der sich in Zukunft verschärfenden Anforderungen der Technologienutzung als prioritär ein. Durch die Vielzahl möglicher zukünftiger Produkte und Dienstleistungen in den unterschiedlichen Kategorien x bis z, mit denen die Anwendungskontexte adressiert werden könnten, entschloss sich das Projektteam, zukünftige Kunden von Mobil in den jeweiligen Kontexten zu definieren. Um eine möglichst präzise Abgrenzung dieser Kunden vornehmen zu können, arbeitete das Projektteam die angestrebte Position auf der erwarteten Wertschöpfungskette heraus. Im Ergebnis dieser Diskussion wurde die Produktkategorie x als wenig attraktiv verworfen (vgl. Tabelle 21).

Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
<ul style="list-style-type: none"> • Serviceanbieter • Vertriebsstellen • Anbieter komplementärer Leistungen • Hersteller von komplementären Technologien • Komponentenhersteller 	<ul style="list-style-type: none"> • gesetzliche Anforderungen existieren • Veränderung der Verhaltensgewohnheiten des Kunden bei schlechter Infrastruktur • Zertifikate für Produktkategorie z benötigt 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsfestigkeit beim Kunden unbekannt • Kompetenzen in zentralen Bereichen sind aufzubauen • Schwierigkeiten der Technologieanwendung sind zu überwinden • Leistungsfähigkeit steigern • kostengünstige Prozesse für komplementäre Güter entwickeln • Know-how über angrenzende Technologien aufbauen 	<ul style="list-style-type: none"> • spezielle Einrichtungen beim Endkunden • besondere Einrichtungen im Fertigungsbereich und Schulung des Personals • Infrastruktur

Tabelle 10: Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei der Mobil [Quelle: eigene Darstellung]

Auf Basis der so entwickelten Roadmap beschrieb das Projektteam in einem weiteren Schritt Lücken zwischen den identifizierten Anwendungskontexten und dem Ist-Status des Unternehmens. Ausgangspunkt war die Vorstellung, wie ein etabliertes Innovationssystem, das auf Technologie C basiert, strukturiert sein könnte. Bei der in Tabelle 10 dargestellten Auflistung wurde zwischen den einzelnen Anwendungsbereichen nicht unterschieden, da die bestimmten Lücken in jedem Fall vor einer erfolgreichen Anwendung der Technologie C zu überwinden waren.

Im Anschluss an den Workshop definierte das Projektteam Folgeaktivitäten für das weitere Vorgehen auf dem Gebiet der Technologie C. Dabei erfolgte auch eine Anpassung der im Workshop diskutierten Zeitskala. Aufgrund der verschiedenen Anfragen von Kunden aus dem Bereich von Anwendungskontext 9, der spezifischen Anforderungen der Nutzer, der leichter zu überwindenden Lücken der Technologieentwicklung und der erfolgreichen Demonstration ähnlicher Lösungen durch andere Unternehmen wurde dieser Bereich als Startpunkt für die Aktivitäten von Mobil gewählt. Durch eine Konzentration auf das Produktkonzept y9 sollte zudem ein Konflikt im Wettbewerb sowie eine Kannibalisierung mit anderen Produkten vermieden werden. Die benötigten Komplementärprodukte für das Produktkonzept y9 sind weitestgehend am Markt verfügbar. Zudem könnte durch die Mobil ein spezifischer Support des Produktkonzepts angeboten werden. Konkret sollten öffentlich geförderte Projekte in Zusammenarbeit mit potenziellen Kunden und Nutzern begonnen werden, um Erfahrungen über die Technologie zu sammeln und die Anwendungsfähigkeit zu demonstrieren. Anschließend will das Unternehmen mit dem Produktkonzept y4 den Anwendungskontext 4 adressieren.

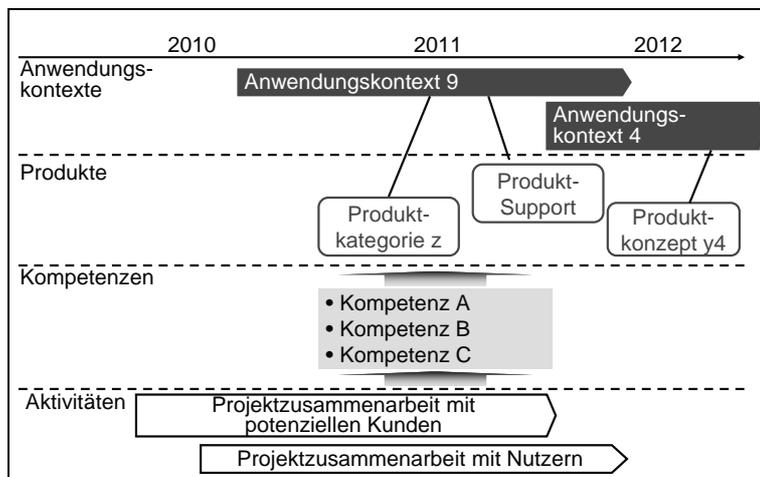


Abbildung 22: Roadmap Mobil mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten
[Quelle: eigene Darstellung]

Als zukünftige Zielgrößen der weiteren Aktivitäten definierte das Projektteam zu verkaufende Stückzahlen für bestimmte Zeiträume und Produktkategorien. Des Weiteren wurden Kompetenzziele bestimmt (vgl. Abbildung 22).

Zum Abschluss erfolgte eine Reflexion der Stärken und Schwächen dieser Strategie. Als besondere Schwächen wurden die bisher nur geringen Erfahrungen mit den defi-

nierten Produktkonzepten sowie der notwendige Aufbau eines Akteur-Netzwerks erkannt. Die Möglichkeiten, weitere Lücken der Technologieentwicklung zu überwinden, schätzten die Teilnehmer positiv ein. Allerdings könnte eine negative Reaktion durch den bestehenden Kundenstamm des Unternehmens erfolgen. Die Risiken der Qualität und der Gewährleistung wurden ebenfalls als Schwachpunkte der Strategie gesehen. Die Verfolgung weiterer Produktkonzepte, insbesondere des Konzepts z10, sollte auch aus diesem Grund erst nach dem Realisieren der Konzepte y9 und y4 erfolgen.

5.3.3 Zwischenfazit

In diesem Abschnitt erfolgt die Reflexion der Anwendung des Ansatzes bei der Mobil. Dabei orientiert sich die Diskussion an den inhaltlichen Leitlinien der Strategiebildung, an der Analyse der Einflussfaktoren, an der Ablauforganisation sowie an der Teamstruktur. Abschließend werden Implikationen für den ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade abgeleitet.

Verschiedene inhaltliche Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade wurden in der Fallstudie konkretisiert. In der Zusammenarbeit mit der Mobil konnten in einem sehr zeitaufwendigen und intensiven Diskussionsprozess langfristige Visionen von Tätigkeitsbereichen des Unternehmens entwickelt werden. Dabei bildeten öffentlich verfügbare Visionen über die Technologie den Ausgangspunkt für die im Projektteam erarbeiteten Zukunftsbilder. Diese boten allgemein eine gute Möglichkeit, um Entwicklungen, mit denen das Unternehmen in Zukunft konfrontiert sein könnte, schnell zu antizipieren. Bezüglich der erarbeiteten Strategien ist ein Defizit zwischen kurzfristigen, sehr konkreten Maßnahmen und langfristig offenen Wegen festzustellen. Um dieses Defizit zu beseitigen, wurden anhand entsprechender Stückzahlen mittelfristige Zielsetzungen für einzelne Kombinationen von Technologie und Anwendungen definiert. Dies wurde von den Teilnehmern als sehr wichtig erachtet, um die Koordination der Aktivitäten zu gewährleisten. Die Festlegung von Verkaufszahlen, um die Kommunikation der Strategie an das Top-Management zu ermöglichen, ist im Hinblick auf die langen Fristen der Technologieentwicklung und auf das einzukalkulierende Scheitern in bestimmten Anwendungsfeldern jedoch kritisch zu sehen. Ein weiteres, zu erschließendes Potenzial der Anwendung des Ansatzes könnte daher in der konsequenteren Formulierung von qualitativen „Zwischenzielpunkten“ liegen, die der zu erreichenden Vision zeitlich vorgelagert sind. Die Notwendigkeit zur strategischen Flexibilität wurde von den Teilnehmern nicht artikuliert. Ein Grund könnte in der zeitaufwändigen Konsensfindung gesehen werden, die einer erneuten „Aufweichung“ des Konsenses entgegen steht. Zusammenfassend lagen zum Projektabschluss langfristige Strategien

vor. Der Fokus lag tendenziell auf der Konkretisierung der Strategie und nicht auf der Flexibilität. Der Austausch über mögliche Anwendungskontexte der Technologie sowie über Wege zu diesen Anwendungen ermöglichte es den Teilnehmern aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen, zu einer gemeinsamen Sprache und einem gemeinsamen Situationsverständnis zu gelangen. Die Teilnehmer bewerteten die Interaktion über Funktionsbereiche hinweg unter einer konkreten Themenstellung sehr positiv. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit entstanden viele neue Ideen über Potenziale unterschiedlicher Technologien in verschiedenen Anwendungen. Neben der Freisetzung von Kreativität baute das Unternehmen umfangreiches Wissen über das neue Technologiefeld im Allgemeinen und die Problembereiche der Kommerzialisierung im Speziellen auf. Dabei stand die Identifizierung schwacher Signale nicht im Vordergrund der Betrachtung. Im Zusammenhang mit der Evaluation von Technologiepotenzialen erfolgte lediglich eine Analyse der historischen Entwicklung der Technologie. Das Projekt fungierte auch als Auslöser für ein Überdenken und Konkretisieren der bisherigen Innovationsstrategie des Unternehmens, da im Projektverlauf Veränderungsbedarf bei der langfristigen strategischen Ausrichtung des Innovationsverhaltens festzustellen war. Problematisch war jedoch das Finden möglicher Abhängigkeiten und die Ableitung der Konsequenzen von Lock-ins für das Unternehmen. Eine kritische Reflexion der Ergebnisse und Prozesse fand nur eingeschränkt statt. Als ursächlich hierfür können ebenfalls die intensiven und zeitaufwendigen Prozesse der Strategieerstellung angenommen werden.

In der Zusammenarbeit mit den Fachexperten sowie dem Innovationsmanagement der Mobil wurden vielfältige Einflussfaktoren auf mehreren Betrachtungsebenen aufgenommen. Auf der Ebene des technologiebasierten Innovationssystems wurde die Aufnahme entsprechender Einflussfaktoren durch die Definition einer möglichen Position des Unternehmens auf einer potenziellen Wertschöpfungskette erleichtert. Das Resultat bestand in einer wesentlich besseren Strukturierung und einer signifikanten Reduktion der Komplexität des Umfelds. Zudem wurde eine Priorisierung der Lücken und Barrieren innerhalb des antizipierten Innovationssystems ermöglicht. Für Einflussfaktoren im Umfeld konnten ebenso wie für die Visionen zahlreiche vorhandene Strategiepapiere und Roadmaps genutzt werden. Bei der Mobil ließ sich ein großer Spielraum bei der prinzipiellen Beeinflussung einzelner Faktoren feststellen. Dabei hielten die Teilnehmer eine Einflussnahme auf den Bereich der Institutionen, des Wissens sowie der Artefakte für vorstellbar. Einen Erklärungsansatz hierfür bietet die Unternehmensgröße und das frühe Entwicklungsstadium der Technologie, die einen erheblichen Handlungsspielraum nahelegen. Auf der Ebene des Unternehmens bestand ein we-

sentlicher Einflussfaktor in der Innovationsstrategie, die nur wenige Aussagen über mögliche Zielrichtungen für den neuen Technologiepfad zuließ.

Bezüglich der Ablauf- und Aufbauorganisation sowie des Methodeneinsatzes sind aus der Fallstudie mehrere Schlüsse zu ziehen. Das Führen von Einzelinterviews unter Mitwirkung des Prozess-Owners aus dem Unternehmen erleichterte das Aufnehmen und Hinterfragen strategierelevanter Informationen. Dadurch konnten insbesondere fachspezifische Aussagen der Experten besser bewertet werden. Außerdem konnten die Positionen einzelner Unternehmensbereiche einander gegenübergestellt werden. Die Interviews behandelten die unterschiedlichen Prozessschritte sehr iterativ. In der Regel erfolgte ein zeitintensives Wechseln der verschiedenen Phasen der Ablauforganisation. Als problematisch ist weiterhin anzusehen, dass sich bei den einzelnen Teilnehmern bereits vor dem ersten gemeinsamen Workshop eigene Vorstellungen manifestiert hatten, die es in zeitaufwendigen Diskussionen miteinander zu verbinden galt. Vor allem in Bezug auf mögliche Anwendungskontexte lagen die Positionen anfänglich, d.h. nach den Einzelinterviews, weit auseinander. Überraschend war, dass einzelne Teilnehmer auch in späteren Workshops noch neue Strategieoptionen entwarfen. Verschiedenen Teilnehmern bereitete diese erneute Öffnung der Diskussion jedoch Schwierigkeiten, da sie sich nur langsam auf eine erneute Veränderung der Positionen einstellen konnten. Verbesserungspotenziale könnten zum einen in der deutlicheren Abgrenzung der Phasen der Fokussierung von den Phasen der Ideengenerierung – d.h. durch die konsequente Beschränkung der Interviews auf den ersten Schritt des Prozesses und das gemeinsame Identifizieren der Anwendungskontexte im Anschluss daran – und zum anderen in der Vorbereitung der Teilnehmer auf die Integration völlig neuer Ideen in späteren Prozessphasen liegen. Insgesamt investierten die Teilnehmer viel Zeit in die Durchführung des Projekts. Möglicherweise ließe sich dieser Zeitbedarf mit steigender Routine von Seiten des Unternehmens verringern. Für die Akzeptanz der Ergebnisse war in dieser Fallstudie wichtig, dass bestimmte „Regeln“ des Unternehmens eingehalten wurden, wie beispielsweise die Formulierung von Zielwerten für verkaufte Stückzahlen oder die spezielle Darstellungsform der Ergebnisse. Die frühe Einbindung der Entscheidungsträger in den Prozess der Roadmap-Erstellung könnte diese Veränderung der Ergebnisse überflüssig machen. Mit dem stärkeren Einbinden von Top-Managern in die Prozesse der Strategieerstellung könnte möglicherweise ein besserer Transfer der Ergebnisse erreicht werden.

5.4 Fallstudie: Nano

In diesem Abschnitt wird die gemeinsam der Nano⁶⁰⁹ durchgeführte Fallstudie zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade vorgestellt. Zuerst erfolgt eine Charakterisierung des Unternehmens und der Technologie. Die Diskussion der Untersuchungsergebnisse folgt den Phasen der Ablauforganisation. Der letzte Teil dieses Abschnitts enthält ein Zwischenfazit der Anwendung des Ansatzes bei der Firma Nano.

5.4.1 Unternehmens- und Technologiebeschreibung

Die Nano aus Hessen ist im Bereich von Beschichtungstechnologien tätig. Die Geschäftsfelder decken Beschichtungsmaterialien, Beschichtungssysteme und die Entwicklung von Beschichtungsprozessen ab. Auf dem Gebiet der Materialien stellt Nano Standardmaterialien sowie kundenspezifische Spezialzusammensetzungen her. Im Bereich Beschichtungssysteme werden Anlagen, beispielsweise für das Herstellen von Dünnschichten oder das Prüfen von Schichten, gefertigt. Die Kernkompetenz des Unternehmens liegt im Bereich von CVD⁶¹⁰- und PVD⁶¹¹-Prozessen. Das Unternehmen verfügt über eine eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung, die sich mit neuen Beschichtungsmaterialien und neuen Prozessen beschäftigt. Außerdem sind Ressourcen im Bereich des Anlagenbaus vorhanden. Die Kunden von Nano sind weltweit verteilt. Auch Schlüsselkunden befinden sich außerhalb von Europa. Zum Projektzeitpunkt arbeiteten ca. 20 Mitarbeiter im Unternehmen.

Die untersuchte Technologie A⁶¹² ist in einem Geschäftsbereich des Unternehmens etabliert. Sie ist dem Feld der Nanotechnologie zuzurechnen. Mit der Technologie lassen sich verschiedene Effekte auf einer Oberfläche erzeugen. Nano kann sowohl die Ausgangsmaterialien wie auch die Anlagen für die Realisierung der Technologie produzieren. Das Ziel des Unternehmens bestand darin, die Technologie in neue Anwendungsbereiche zu transferieren und in Abhängigkeit neuer Anforderungen anzupassen.

5.4.2 Untersuchungsergebnisse

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse in diesem Kapitel folgt der tatsächlichen Durchführung des Projekts. Die Interviews und Workshops fanden im Zeitraum von Februar bis August 2007 statt. Der zentrale Ansprechpartner aus dem Unternehmen war der Vertriebsabteilung zugeordnet. Dem Projektteam gehörten außerdem Perso-

⁶⁰⁹ Firmenname geändert.

⁶¹⁰ "Chemical Vapor Deposition" (Chemische Gasphasenabscheidung).

⁶¹¹ "Physical Vapor Deposition" (Physikalische Gasphasenabscheidung).

nen aus der Geschäftsleitung sowie der Forschung und Entwicklung an. Das erste Treffen war darauf gerichtet, den Kenntnisstand des Unternehmens auf dem Gebiet der Technologie zu ermitteln und die Technologie zu charakterisieren. Die benötigten Kompetenzen für die Anwendung der Technologie sind auf Seiten des Unternehmens vorhanden. Da die Technologie in einem Anwendungsbereich bereits etabliert ist, verfügt Nano sowohl über Produkt- als auch über Prozess-Know-how. Im Rahmen der Technologiecharakterisierung behandelte das Gespräch sowohl die technologischen Eigenschaften als auch die Vor- und Nachteile der Technologie. Der Vorteil des Verfahrens liegt unter anderem in der mechanischen Festigkeit. Das Material weist eine hohe Temperaturstabilität auf und verfügt über eine lange Lebensdauer. Der Herstellungsprozess ist allerdings sehr zeit- und kostenintensiv.

Im Anschluss an die Charakterisierung der Technologie identifizierte das Projektteam in einem Brainstorming Anwendungsmöglichkeiten der Technologie. Das Team sah den Anwendungskontext 1 als zentral für den weiteren Projektverlauf an. Weitere denkbare Einsatzgebiete umfassten die Anwendungskontexte 2 bis 5. Um die Ergebnisse des ersten Treffens zu fundieren, erfolgten anschließend Datenbankanalysen auf Basis definierter Schlagwörter. Das Ziel dieser Analysen bestand in einer Verbreiterung des Wissens über mögliche Einsatzgebiete der Technologie. Eine Suche nach technologischen Alternativen in der Datenbank ISI Web of Knowledge ergab ca. 1.000 Treffer, die mit der Software RefViz™ visualisiert wurden. Von Interesse war insbesondere ein Ausreißerpaper, das auf eine mögliche Anwendung der Technologie im Anwendungskontext 6 hinwies. Die weiteren Auswertungen ergaben jedoch keine Hinweise auf Anwendungsmöglichkeiten. Aus diesem Grund analysierte das Projektteam anschließend Patentketten in der Patentsdatenbank des USPTO via Google Patents und wertete die Ergebnisse gemeinsam mit dem Vertriebsverantwortlichen aus. Diese Recherche ergab zusätzlich die Anwendungskontexte 7 bis 9. Ein vertiefendes Interview mit dem Forschungsleiter des Unternehmens über weitere Eigenschaften der Technologie sowie mögliche Einsatzgebiete konnte nicht geführt werden. Daher wertete das Projektteam im Unternehmen verfügbare interne Dokumente der F&E über die Technologie aus. Neue Erkenntnisse konnten vor allem in Bezug auf alternative Verfahren und Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Technologie A gewonnen werden. Hinweise auf andere Anwendungskontexte brachte die Analyse nicht.

Auf Basis der technologischen Eigenschaften und der möglichen Einsatzfelder fand ein Workshop mit der Geschäftsführung des Unternehmens statt. Das Ziel des Treffens bestand darin, die aus der Perspektive des Top-Managements interessantesten An-

⁶¹² Strategierelevante und technologische Informationen wurden in der Fallstudie anonymisiert.

wendungsbereiche der Technologie zu definieren. Die Diskussion ergab, dass für die Nano aufgrund der bereits vorhandenen Kontakte der Anwendungskontext 1 und durch die sehr vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Anwendungskontext 7 von höchster Relevanz waren. Der Ansprechpartner aus der Unternehmensleitung betonte, die übrigen Anwendungskontexte zurückzustellen und den weiteren Projektverlauf auf diese beiden Gebiete auszurichten. Im Anschluss an die Priorisierung der Anwendungskontexte definierte das Kernteam Kriterien, um konkrete Einsatzmöglichkeiten und Produktkonzepte für die Technologie A im Rahmen der Anwendungskontexte 1 und 7 zu bewerten. Anhand des gemeinsam entwickelten Kriterienkatalogs identifizierten die Teilnehmer das Produktkonzept x1 für den ersten Anwendungskontext und y7 für den Anwendungskontext 7 als besonders attraktive Leistungen (vgl. Abbildung 23).

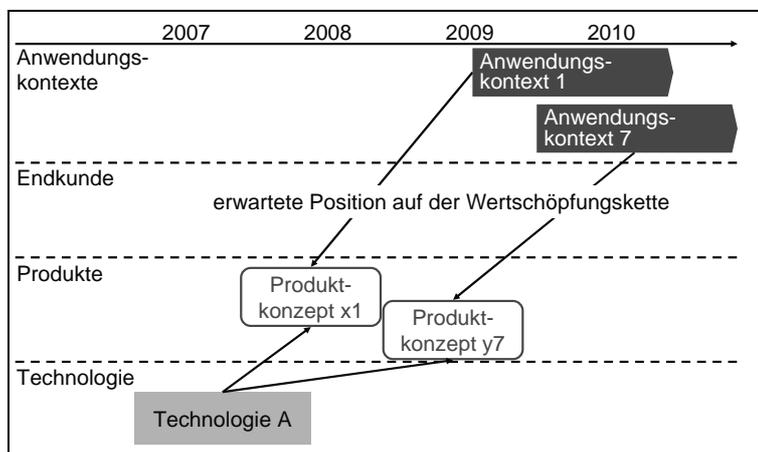


Abbildung 23: Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie A durch das Unternehmen Nano
[Quelle: eigene Darstellung]

Um die Anforderungen an die Technologie in den zuvor beschriebenen Produktkonzepten besser einschätzen zu können, erfolgte ein Leitfadengespräch mit einem Mitarbeiter aus dem Bereich der Prozessentwicklung. In diesem Zusammenhang wurden gemeinsam mit dem zentralen Ansprechpartner zu überwindende Lücken der Etablierung der Technologie in den Anwendungskontexten herausgearbeitet. Ansatzpunkt der Definition entsprechender Defizite war die Annahme eines Innovationssystems, in dem die Technologie A verwendet wird. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt.

Als größtes Hindernis für den Transfer der Technologien in den Anwendungskontext 1 nannte der Prozessentwickler die Erfüllung spezifischer Testvorschriften der Kunden. Der Experte sah die Gefahr insbesondere darin, dass Nano bestimmte Testverfahren nicht kannte und daher bei der Technologieentwicklung nicht berücksichtigen konnte.

Darüber hinaus verwies er insbesondere auf den Aufbau von Kontakten in beiden Anwendungsbereichen als wesentliche Herausforderung. Die Schwierigkeit bestand dabei vor allem darin, dass das Unternehmen bisher über keine direkten Verbindungen zu den benötigten Kunden in einem zukünftigen Netzwerk verfügte. Zudem war unklar, an welchen Stellen der Wertschöpfungskette – zu Beginn oder in der Nähe des Endkunden – diese Partner angesprochen werden sollten, um die Technologie erfolgreich zu positionieren. Der Prozessentwickler sah keine Schwierigkeiten bei der Integration in den Herstellprozess des Kunden und beim Aufbau von Kenntnissen über das Zusammenwirken der Technologie mit anderen Prozessparametern, da ein umfangreiches Prozess-Know-how aus den etablierten Anwendungen verfügbar war.

Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
<ul style="list-style-type: none"> • Produzenten • Kunden • Pilotunternehmen zur Erschließung neuer Märkte notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllung spezifischer Testvorschriften notwendig <p>Anwendungskontext 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • diverse gesetzliche und kundenspezifische Testverfahren <p>Anwendungskontext 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • diverse gesetzliche und kundenspezifische Testverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung des Einstellens von zentralen Prozessparametern • Interaktion mit anderen Teilen in der Produktion 	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Anpassung von Teilegeometrien • ggf. Anpassung von Schichtsystemen • ggf. Veränderung der Prozessabläufe beim Kunden • Entwicklung neuer Anlagen für Folgeprozesse

Tabelle 11: Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Nano
[Quelle: eigene Darstellung]

Gemeinsam mit dem zentralen Ansprechpartner aus dem Unternehmen wurden über Datenbankrecherchen im Folgenden mögliche Netzwerkpartner identifiziert und eine Strategie für die Kontaktaufnahme zu diesen Partnern entwickelt. Dabei beschloss das Projektteam, vor allem internationale Messen zu nutzen. Ferner wurde ein Zeitpunkt definiert, bei dem die Strategie evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden sollte. Darüber hinaus sollten innerhalb der definierten Frist unternehmensintern konkrete Erfahrungen über die Technologieanwendung sowie die Leistungsparameter in den potenziellen Anwendungsbereichen gesammelt werden. Zur Visualisierung dieser Aktivitäten wurde gemeinsam eine Roadmap erstellt (vgl. Abbildung 24).

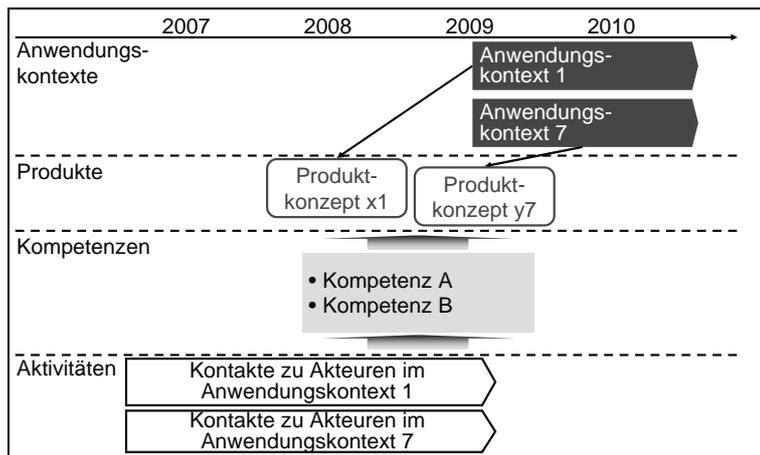


Abbildung 24: Roadmap Nano mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten
[Quelle: eigene Darstellung]

In einem weiteren Schritt wurden mögliche Schwächen der gewählten Strategie sowie alternative Strategieoptionen diskutiert. Als besondere Schwäche erwies sich vor allem der fehlende Kontakt zu den Endkunden der verschiedenen Anwendungskontexte. Zudem befanden sich die führenden Unternehmen in dem Anwendungskontext 7 in einem anderen geographischen Raum. Die Nano verfügte zwar über Vertriebspartner in diesen Ländern, allerdings nicht über eigene Repräsentanzen. Als alternative Strategie wäre der Aufbau eigener Produktionskapazitäten denkbar gewesen, allerdings wäre dieses Vorgehen sehr kapitalintensiv und daher durch Nano alleine nicht umsetzbar.

5.4.3 Zwischenfazit

In diesem Abschnitt werden zunächst die Erfahrungen mit dem Adressieren inhaltlicher Leitlinien der Strategiebildung für neue Technologiepfade diskutiert, um daran anschließend die Aufnahme von Einflussfaktoren zu analysieren. Abschließend erfolgt die Diskussion der Aufbau- und Ablauforganisation des entwickelten Ansatzes. Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, den entwickelten Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu evaluieren und Bereiche für Anpassungen oder Erweiterungen des Ansatzes auf Basis der Anwendungen bei der Nano zu identifizieren.

In der Zusammenarbeit mit der Nano konnten unterschiedliche inhaltliche Leitlinien konkretisiert werden. Im Projektverlauf entwickelten die Teilnehmer aus dem Unternehmen gemeinsam eine Strategie für einen neuen Technologiepfad. Über Patentketten konnte das Projektteam zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten als Zielpunkte der Strategie identifizieren. Als Vision für das Unternehmen wurde die Anwendung der

Technologie in den spezifizierten Anwendungskontexten genutzt. Da ein klares Commitment der Geschäftsleitung zu diesen Anwendungen bestand, konnten für die Strategien konkrete Schritte und Maßnahmen abgeleitet werden. Die Definition klarer Ziele führte jedoch zur Ausblendung weiterer aussichtsreicher Anwendungskontexte und schränkte auch die Realisierung von Flexibilität in Bezug auf die zu verfolgenden Wege ein. Andererseits konnten zukünftige Entscheidungs- und Reflexionspunkte definiert werden. Das Projektteam beschloss, im Zeitablauf ein Monitoring potenzieller Anwendungskontexte und aufkommender Bedarfe durchzuführen. Schwache Signale wurden im Rahmen des Projekts nicht aufgenommen.

In Bezug auf die Analyse von Einflussfaktoren konnte die entwickelte Unterscheidung zwischen Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten gut angewendet werden. Ein Grund hierfür lag in der fundierten Kenntnis der Anwendungskontexte auf Seiten einzelner Teammitglieder. Diese ermöglichte eine umfassende Beschreibung eines möglichen technologiebasierten Innovationssystems. Vor dem Hintergrund von Konkurrenzsituationen mit anderen Technologien erfolgte eine frühzeitige Definition der Funktionalität der Technologie. Die Projektteilnehmer bewerteten diese Definition positiv, da sie zum einen eine Abgrenzung von technologischen Alternativen ermöglichte und zum anderen eine Fokussierung auf Produktkonzepte unterstützte. Probleme bereitete dem Team jedoch die Definition von Pilotkunden der Firma, da diese auf unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette kontaktiert werden könnten. Auf der Ebene des Unternehmens konnte die Bedeutung der Unternehmenskultur als Einflussfaktor auf die Innovationsfähigkeit bestimmt werden. Voraussetzung für die Realisierung langfristiger offener Strategien ist die Bereitschaft, sich von etablierten Märkten und Konzepten zu lösen. Zudem ist eine Akzeptanz für die Ideen sämtlicher Projektteilnehmer bedeutend, um das gesamte Potenzial heterogener Teamzusammensetzungen zu nutzen. Problematisch war auch bei der Nano die Identifikation von Abhängigkeiten sowie von ihren Wirkungen auf das Unternehmen. Eine Interpretation dieses Problems könnte darin liegen, dass die Teilnehmer innerhalb der offenen Umfeldler Stabilität tendenziell als positiven Faktor empfinden. Abhängigkeiten werden daher möglicherweise nicht als Risiko aufgefasst und nicht kritisch gesehen.

Verschiedene Erkenntnisse des Projekts haben Implikationen für die Aufbau- und Ablauforganisation der Vorausschau und Planung. Einerseits hat es sich bewährt, die Unternehmensleitung frühzeitig in den Entscheidungsprozess einzubinden, da dies eine klare Entscheidung zugunsten einzelner Optionen ermöglichte. Ist die Geschäftsleitung jedoch nicht mit der Unsicherheit der neu aufkommenden Technologie vertraut, besteht die Gefahr, dass klare Entscheidungsvorgaben aussichtsreiche Anwendungen

ausblenden und eine zukünftig benötigte Flexibilität einschränken. Potenziale bot in dem Projekt das Einbinden von Personen mit unterschiedlichen Industrieerfahrungen, um eine Vielzahl von Einflussfaktoren zu identifizieren und ihren hemmenden oder fördernden Charakter zu bewerten. Für das Aufnehmen dieser Informationen kam der Geschäftsleitung eine Schlüsselrolle zu, da diese über umfangreiches Branchenwissen verfügte. Weiterhin verdeutlichte gerade das Fehlen bestimmter Funktionsbereiche den Bedarf an funktionsübergreifenden Teams bei der Strategiebildung. In diesem Projekt bestätigte sich, dass kleine Unternehmen ohne Zusammenarbeit mit externen Partnern entsprechende Strategien nur schwer bilden können. Das Potenzial der Zusammenarbeit mit Externen bei der Strategiebildung hätte daher intensiver genutzt werden können. Ein unausgeschöpftes Potenzial blieb in dieser Fallstudie weiterhin die frühzeitige Kontaktierung potenzieller Kunden, um noch fundiertere Kenntnisse über deren Bedarf zu erhalten. Bei der Nano verging teilweise viel Zeit zwischen den einzelnen Workshops und Interviews. Je mehr Zeit zwischen den einzelnen Terminen und Prozessphasen liegt, umso stärker erhöht dies die Vorbereitungszeit und das Auftreten von Doppelarbeiten. In Bezug auf den Ablauf eines Vorausschau- und Planungsprojekts sollte daher ein zügiges, konzentriertes Vorgehen angestrebt werden.

5.5 Fallstudie: Sensor

Die letzte in diesem Kapitel vorgestellte Fallstudie wurde gemeinsam mit der Sensor erarbeitet. An die Darstellung des Unternehmens und der betrachteten Technologie schließt sich eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse an. Der letzte Teil dieses Abschnitts zieht ein Zwischenfazit der Anwendung des Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.

5.5.1 Unternehmens- und Technologiebeschreibung

Die Sensor wurde 2003 als Spin-off eines etablierten Unternehmens gegründet, um neue Märkte für die Sensorik zu erschließen. Die Hauptgeschäftsfelder des Unternehmens liegen im Bereich von Messverfahren, mit denen unterschiedliche Prozessparameter bestimmt werden können, sowie im Bereich der Sensorik im Kontext der Mobilität. Die Kernkompetenzen des Unternehmens befinden sich auf dem Gebiet einzelner Sensor-Elemente und der Integration von Sensorik, Elektronik und Softwaresystemen. Das Unternehmen verfügt über gute Kontakte zu Hochschulen, mit denen es in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten kooperiert. Einen großen Teil der Umsätze investiert das Unternehmen in die eigene Forschung und Entwicklung. Die Kunden sind weltweit verteilt, mit Schwerpunkten in Europa und Nordamerika. Das

Unternehmen beschäftigte zum Projektzeitpunkt 15 Mitarbeiter, von denen die meisten über eine abgeschlossene Hochschulausbildung verfügten.

Bei der untersuchten Technologie handelte es sich um Technologie A,⁶¹³ die das Unternehmen im Rahmen eines geförderten Forschungsprojekts entwickelte. Technologie A ist eine Messtechnologie, mit der auf eine bestimmte Art und Weise unterschiedliche Messgrößen aufgenommen und verarbeitet werden sollen. Zum Untersuchungszeitpunkt befand sich die Technologie in einem frühen Entwicklungsstadium. Das Unternehmen verfolgte in dem durchgeführten Projekt das Ziel, strategische Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Technologie und neue Anwendungskontexte zu identifizieren.

5.5.2 Untersuchungsergebnisse

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse in diesem Kapitel folgt der Durchführung des Projekts. Im Zeitraum von Juli bis September 2007 fanden mehrere Interviews und Workshops statt. Eine Person aus der Geschäftsleitung fungierte als zentraler Ansprechpartner und Prozess-Owner. An dem Projekt beteiligten sich auf Wunsch der Sensor außerdem externe Forschungspartner.

Das erste Treffen war darauf gerichtet, die grundlegenden Charakteristika der Technologie aufzunehmen. Zu Beginn des Gesprächs erläuterte der zentrale Ansprechpartner das Funktionsprinzip der zu entwickelnden Technologie A. Sie zeichnet sich zum einen dadurch aus, dass sie potenziell wesentlich leistungsfähiger als etablierte Verfahren ist. Zum anderen bietet sie die Möglichkeit, einen kleineren Technologieaufbau zu realisieren. Die spezifischen Eigenschaften und Charakteristika potenzieller zukünftiger Technologiegenerationen sollten die an dem Projekt beteiligten Forschungspartner in einem Folgeworkshop gemeinsam konkretisieren. Im direkten Anschluss an das erste Treffen sollten Datenbankanalysen durchgeführt werden, um den internationalen Forschungsstand auf dem Gebiet der Technologie A zu ermitteln und um Hinweise auf weitere Anwendungsmöglichkeiten der Technologie zu erhalten. Die Schlagworte legt der Ansprechpartner von Sensor fest.

Am zweiten Treffen nahmen sowohl die Geschäftsleitung als auch die Forschungspartner teil. Bei diesem Treffen wurden zuerst Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Technologie A skizziert und diskutiert. Im Ergebnis grenzten die Projektpartner zwei mögliche Folgegenerationen der Technologie mit jeweils erweitertem Funktionsspektrum ab. Das Projektteam diskutierte die potenzielle Funktionalität jeder Technologiegeneration und die benötigten Zeiträume für die Technologieentwicklung. Die erste Generation

sollte bis Mitte 2008, die zweite Generation bis Ende 2009 und die dritte Generation bis Ende 2010 zur Marktreife gebracht werden. Anschließend analysierten die Teilnehmer die Resultate der Datenbankanalysen. Eine Schlagwortrecherche in der Datenbank ISI Web of Science für das Ermitteln des internationalen Forschungsstands zu Technologie A brachte keine verwertbaren Erkenntnisse. Die Ursache lag in diversen Veröffentlichungen aus anderen Forschungsgebieten, die keine Relevanz für Technologie A besaßen. Das Team beschloss daher, die Recherche mit einem angepassten Schlagwortkatalog zu wiederholen und die Ergebnisse in einem weiteren Treffen auszuwerten. Außerdem analysierten die Projektteilnehmer die Resultate der Suche von Patentketten und validierten mögliche Anwendungskontexte für die Technologie. Als aussichtsreich wurden unter anderem die Anwendungskontexte 1 bis 6 identifiziert. Gemeinsam mit dem Prozess-Owner aus der Geschäftsleitung fand im Anschluss ein Treffen statt, in dem die mit einem angepassten Schlagwortkatalog erhaltenen Rechercheergebnisse besprochen und ausgewertet wurden. Die Resultate dieser Aktivität werden im Folgenden skizziert.

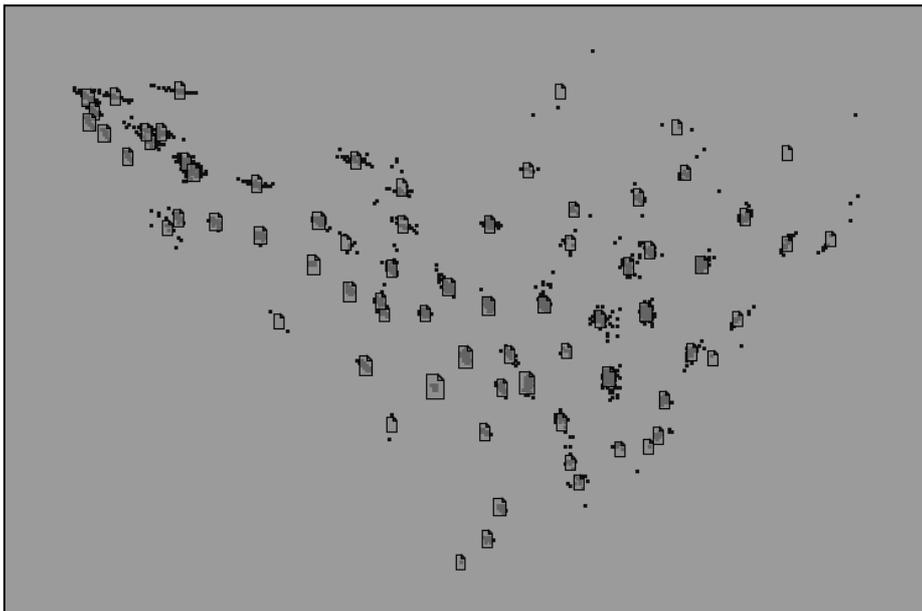


Abbildung 25: Darstellung der Publikationen aus einem Datensatz
[Quelle: Daten aus ISI Web of Science, Darstellung durch RefViz™]

Auf Basis der Recherchen wurden mehrere Datensätze mit zum Teil über tausend Publikationen zusammengestellt und mit der Software RefViz™ visualisiert (vgl. Abbildung 25). Dabei identifizierte der zentrale Ansprechpartner unterschiedliche technologische Ansatzpunkte, die für die Forschungsarbeit der Sensor direkt relevant waren

⁶¹³ Strategierelevante und technologische Informationen wurden in der Fallstudie anonymisiert.

oder in Zukunft relevant werden könnten. Die Auswertung ergab weiterhin konkurrierende technologische Ansätze. Die einzelnen Veröffentlichungen wurden zur detaillierten Auswertung an weitere Fachexperten des Unternehmens weitergeleitet.

Gemeinsam mit dem externen Forschungspartner legte das Projektteam in einem weiteren Arbeitstreffen die beiden prioritären Anwendungskontexte 4 und 5 fest. Dabei sollten die Produktkonzepte y4 und x5 eingesetzt werden. Anschließend diskutierten die Workshopteilnehmer Defizite und Hindernisse auf einem Weg in diese beiden Anwendungsbereiche (vgl. Tabelle 12).

Akteure	Institutionen	Wissen	Artefakte
<ul style="list-style-type: none"> • Hersteller • Entwicklungskooperationen (Hochschulen, Hersteller von komplementären Produkten) <p>Anwendungskontext 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwender des Endprodukts • Hersteller des Endprodukts • Anbieter weiterer Dienstleistungen <p>Anwendungskontext 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilot-Anwender 	<ul style="list-style-type: none"> • diverse Normen von Herstellern und Anwendern • diverse Normen über Schnittstellen mit anderen Produkten • öffentliche Normung <p>Anwendungskontext 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • weitere Normen für jedes Land, in dem Anwendung erfolgt • wahrgenommener Bedarf des Anwenders <p>Anwendungskontext 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • spezielle Normen über den Technologieeinsatz 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissen über Interaktion mit anderen Technologien im System • Wissen über Design der Technologie • Kontrolle der Technologie bei der Nutzung durch den Kunden • Schnittstellen-Know-how <p>Anwendungskontext 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • weitere Kenntnisse über Firmen- und Ländernormen" <p>Anwendungskontext 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sehr gute Kenntnis der Einsatzgebiete der Technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktion der Produktkonzepte mit anderen Produkten im System • Anpassung der Technologie an systemspezifische Schnittstellen • Anpassung des Designs an das Anwendungsumfeld • Robustheit <p>Anwendungskontext 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interaktion konkurrierender Technologien in der Anwendung <p>Anwendungskontext 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ggf. erhebliche Eingriffe in die Strukturen beim Anwender

Tabelle 12: Zu überwindende Lücken für die Anwendungskontexte bei Sensor [Quelle: eigene Darstellung]

Als besonders aufwendig zu schließende Lücken benannten die Teilnehmer die zu beachtenden Regelungen in den Anwendungskontexten. Diese variieren sowohl mit dem Kunden als auch – insbesondere in dem Anwendungskontext 4 – mit dem Land, in dem der Technologieeinsatz erfolgt. Ferner lokalisierten die Projektpartner zahlreiche Defizite im Bereich des Wissens, da verschiedene Fragen bezüglich des konkreten Produktkonzepts zu beantworten waren. Schließlich nahmen die Fachexperten vor

allein die Integration der Technologie A in die technologischen Charakteristika des Anwendungskontexts als problematisch wahr.

Im Anschluss an die Identifikation der Lücken entwarfen die Workshopteilnehmer eine Roadmap für die Technologie A bei der Sensor. Die Basis bildete die prognostizierte Zeitspanne für die Entwicklung der Technologiegenerationen aus den zuvor geführten Interviews. Anschließend definierten die Teilnehmer auf Nischen ausgerichtete Produktkategorien innerhalb der Anwendungskontexte, bei denen die diskutierten Defizite am einfachsten zu überwinden waren. Für jede Kategorie legten die Teilnehmer Pilotkunden fest, um mit diesen die Produktkonzepte zu evaluieren und für den Einsatz in einem breiteren Markt vorzubereiten. Die Projektteilnehmer legten fest, den Anwendungskontext 4 aufgrund der komplexen Regulierung und Systemintegration sowie der konservativen Kunden lediglich im Testbetrieb zu adressieren (vgl. Abbildung 26).

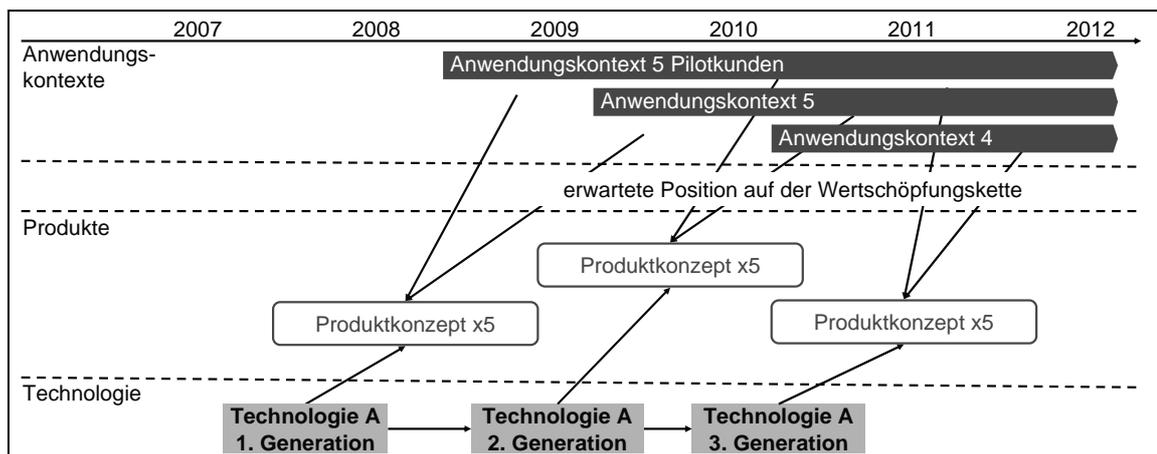


Abbildung 26: Roadmap für die Entwicklung und Kommerzialisierung der Technologie A durch das Unternehmen Sensor [Quelle: eigene Darstellung]

Die folgenden Generationen der Technologie sollten ebenfalls in diesen drei Schritten in die Anwendungskontexte gebracht werden. Das Vermarkten der Folgegenerationen sahen die Experten des Unternehmens jedoch als insgesamt einfacher an, da die Sensor dann verschiedene Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Entwicklung und Anwendung der ersten Technologiegeneration nutzen könnte. Die Teilnehmer diskutierten anschließend intensiv über die Gefahren der Produktkannibalisierung bei der frühzeitigen Vermarktung neuer Technologiegenerationen. Um auch gezielt neue Märkte mit den Folgegenerationen der Technologie zu erschließen, legten die Teilnehmer ein Review möglicher Anwendungskontexte nach der erfolgreichen Technologieentwicklung fest.

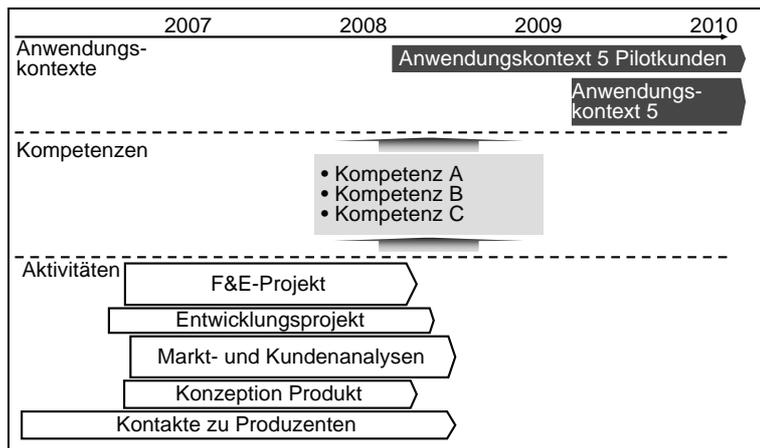


Abbildung 27: Roadmap Sensor mit aufzubauenden Kompetenzen und Folgeaktivitäten
 [Quelle: eigene Darstellung]

Auf Basis der visualisierten Roadmap legten die Projektpartner konkrete Folgeaktivitäten für das Kommerzialisieren der Technologie A fest. Die notwendigen Tätigkeitsbereiche lagen kurzfristig vor allem im Bereich der Forschung und Entwicklung, dem Aufnehmen von Marktinformationen und dem Kontakt zu anderen Netzwerkpartnern, wie Produzenten und Nutzern (vgl. Abbildung 27).

Zum Abschluss des Projekts reflektierten die Teilnehmer die entwickelten Strategien vor dem Hintergrund von möglicherweise auftretenden Abhängigkeiten sowie von Stärken und Schwächen. Die Wahl des Herstellverfahrens der Technologie wurde als eine maßgebliche Quelle von Abhängigkeiten gesehen, da es sich teilweise um anwenderspezifische Verfahren handelt, die nicht transferiert werden können und die mit einer neuen Generation von Herstellverfahren veralten können. Das Unternehmen wählte daher ein Standard-Verfahren, das einen relativ einfachen Transfer zu einem anderen Produzenten ermöglicht. Als Gefahr der Strategie sahen die Teilnehmer die Integration der Technologie in die komplexen Regelwerke der Kunden. Allerdings strebte das Unternehmen bereits in der Entwicklung eine enge Zusammenarbeit mit den entsprechenden Technologienutzern an, um diesem Risiko zu begegnen und ein Scheitern zu vermeiden. Eine weitere Gefahr bestand nach Ansicht der Projektteilnehmer in der Integration mit anderen Systemen des Kunden. Um möglichen Problemen vorzubeugen, beschloss das Projektteam eine Anpassung der Technologie A in den frühen Phasen des Einsatzes, die die Kompatibilität mit anderen Systemen im späteren Anwendungsfeld erhöht.

5.5.3 Zwischenfazit

Dieser Abschnitt zieht ein Resümee der Anwendung des Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei der Sensor. Er greift zuerst die inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung auf. Anschließend wird das Anwenden des Rahmens von Einflussfaktoren kritisch reflektiert. Die Diskussion organisatorischer Implikationen erfolgt zum Ende des Zwischenfazits.

In der Zusammenarbeit mit der Sensor konnten verschiedene inhaltliche Leitlinien konkretisiert werden. Vor allem konnte ein geteiltes Verständnis über zukünftige Anwendungsmöglichkeiten und Wege zu diesen Anwendungen erarbeitet werden. Als wesentlicher Erfolgsfaktor erwies sich in diesem Zusammenhang die langjährige gemeinsame Tätigkeit der Projektteilnehmer, die es erleichterte, eine von allen akzeptierte „Sprache“ und Interpretation zu finden. Über die schon vorhandenen Vorstellungen zukünftiger technologischer Potenziale hinausgehend, deckte das Projektteam neue Ideen für langfristige Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Technologie auf. Zusätzlich wurde in Patent- und Literaturdatenbanken nach schwachen Signalen gesucht. Der Fokus lag dabei auf möglichen alternativen technologischen Lösungen sowie aktiven Akteuren. Einzelne Veröffentlichungen verwiesen auf interessante neue Ansatzpunkte für die Entwicklung der untersuchten Technologie. Durch die Nutzung von Patentketten identifizierte das Projektteam mögliche Anwendungskontexte in unterschiedlichen Branchen. Eine kritische Reflexion erfolgte ebenfalls zu Ende des Projekts, allerdings war die Bereitschaft auch in diesem Unternehmen gering, die gewählte Strategie nochmals in Frage zu stellen. Die formulierte Strategie hinterlegten die Projektteilnehmer durch sehr konkrete Schritte und Maßnahmen. Diese umfassten auch Entscheidungszeitpunkte und Meilensteine für die weitere Technologieentwicklung und den Markteintritt mit einem grob definierten Produktkonzept. Diese Konkretisierung erfolgte jedoch zu Lasten einer Offenheit der Strategien. Insbesondere Anwendungskontexte, die nicht in der dominanten Strategie lagen, blendeten die Teilnehmer bereits relativ früh im Prozess aus. Des Weiteren antizipierte das Unternehmen durch die intensive Diskussion der Barrieren in den Anwendungskontexten verschiedene Ereignisse und mögliche Reaktionsstrategien. Als besonders konstruktiv bewerteten die Teilnehmer in diesem Zusammenhang die gemeinsame Visualisierung und Dokumentation der Ergebnisse.

Bei der Analyse von Einflussfaktoren spielte das gesellschaftliche Umfeld eine geringe Rolle. Es konnten jedoch zentrale Trends im Umfeld identifiziert werden, die als Treiber zur Entwicklung eines zukünftigen Anwendungskontextes wirken könnten. Auf der Innovationssystem-Ebene fokussierte sich die Analyse unter anderem auf alternative

technologische Lösungen sowie komplementäre Technologien. Als sehr gutes Instrument erwies sich in dem untersuchten Feld die Visualisierung von umfangreichen Publikationsbeständen mit geeigneter Software. Durch dieses Vorgehen konnten zahlreiche interessante Entwicklungen schnell detektiert und vertiefend analysiert werden. Die Unterscheidung von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten ermöglichte es, Barrieren und Hindernisse umfassend zu identifizieren. Schwerpunkte waren dabei die Defizite im Bereich der Wissensbasis sowie das zum Teil unbekanntere Regelungsumfeld. Die sehr offene Kommunikationskultur des Unternehmens als interner Einflussfaktor förderte den Projektfortschritt erheblich. Positiv wirkte auch die Offenheit im Umgang mit externen Partnern der Technologieentwicklung, die bereits in frühen Phasen des Vorausschau- und Planungsprojekts eingebunden werden konnten. Das Resultat dieser Beteiligung zeigte sich in besonders umfassenden Analysen der Anwendungskontexte und der zu überwindenden Barrieren. Als beeinflussbar wurden lediglich Faktoren des Wissens angesehen. Dies ist hauptsächlich auf den Charakter der Technologie zurückzuführen, die eine bestimmte Teilfunktion in verschiedenen Prozessen erfüllen kann. Die Erfüllung dieser Nebenfunktion orientiert sich an der Erfüllung der Hauptfunktionalitäten. Die Einflussmöglichkeit auf relevante Regelungen oder Infrastrukturen schätzen die Teilnehmer aus dem Unternehmen dementsprechend als gering ein. Besser als bei anderen Unternehmen gestaltete sich die Definition von Abhängigkeiten im Umfeld der Sensor. Diese konnten vor allem bei der Berücksichtigung der Hersteller-normen sowie beim Design der Technologie lokalisiert. Das Unternehmen hatte die Gefahren von Lock-ins bereits implizit bei den bereits durchgeführten Schritten der Technologieentwicklung aufgegriffen. Das Explizieren dieser Risiken sahen die Teilnehmer aber trotzdem als lohnend an. Insgesamt hätte in der Anwendung ein stärkerer Fokus auf mögliche Projektrisiken sowie notwendige finanzielle Ressourcen gelegt werden können. Dies hätte möglicherweise eine vertiefende Evaluation von Strategien und Zielsetzungen mit Sicht auf ihre Tragfähigkeit durch das Unternehmen erlaubt.

Als positiv im Bereich der Organisation ist festzuhalten, dass sich die Geschäftsleitung am gesamten Prozess intensiv beteiligte. Hierdurch konnten einerseits sehr konkrete Strategien entwickelt werden. Andererseits konnten somit vorhandene Erfahrungen über Branchen und konkrete Anwendungen bestmöglich in die Analyse der Einflussfaktoren einbezogen werden. Insbesondere für die fokussierte Arbeit in und die Auswertung von Datenbanken benötigte das Projektteam diese Kompetenzen. Die Verknüpfung von Geschäftsleitung und Prozessverantwortung beschleunigte den Projektfortschritt bei der Sensor erheblich. Insgesamt konnte durch die engagierte Rolle des Top-Managements im Rahmen des Projekts auch ein hohes Commitment der Projektteilnehmer erreicht werden. Die Beteiligung externer Forschungspartner erwies sich eben-

falls als konstruktiv, da sich dem Projekt hierdurch eine größere Anzahl alternativer Perspektiven eröffnete. Zudem bewerteten alle Teilnehmer die Abstimmung langfristiger Ziele der Forschungsarbeit im Konsens als positiv. Da das Projektteam bestimmte Anwendungskontexte jedoch relativ früh ausblendete, hätte der Prozess möglicherweise nochmals wiederholt werden sollen, um die Potenziale dieser Anwendungen vertiefend zu analysieren.

5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Der folgende Abschnitt fasst die Ergebnisse der Fallstudien zusammen. Dabei wird im ersten Teil eine Cross-Case-Analyse durchgeführt, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Anwendung des Ansatzes zwischen den Fallstudien zu identifizieren, zu analysieren und auszuwerten. Inhalte aus der Diskussion mit allen Projektpartnern auf einem gemeinsamen Symposium ergänzen die Ergebnisse dieser Analyse. Auf Basis dieser Betrachtung findet im zweiten Teil eine Typenbildung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade statt. Im dritten Teil werden die Forschungsthesen besprochen. Der vierte Teil reflektiert die erzielten Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund des gewählten Untersuchungsdesigns.

5.6.1 Cross-Case-Analysen

Dieser Abschnitt vergleicht die Anwendung des entwickelten Ansatzes in den vier Pilotunternehmen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie kritische Erfolgsfaktoren der Vorausschau und Planung herauszuarbeiten. In den Vergleich fließen auch die Ergebnisse eines Symposiums mit Vertretern sämtlicher Unternehmen ein. Dieses fand nach der Durchführung der einzelnen Fallstudien statt und hatte zum Ziel, Erfahrungen zwischen den Teilnehmern auszutauschen und einen Leitfaden für andere Unternehmen zu entwickeln. Dieser Abschnitt gliedert sich wie folgt. Zu Beginn werden die inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade aufgegriffen. Anschließend erfolgt die Betrachtung der Ergebnisse in Bezug auf die Analyse von Einflussfaktoren sowie die Organisation des Ansatzes.

inhaltliche Leitlinien

Bezüglich der in Abschnitt 4.1 vorgestellten inhaltlichen Leitlinien lassen sich die folgenden Erkenntnisse zusammenfassen. In allen Fällen entwickelten die Projektteilnehmer durch die Anwendung des Ansatzes Strategien, die im Konsens getragen wurden. Dies schließt den Aufbau eines geteilten Verständnisses der Situation sowie die

Entwicklung einer von den Teilnehmern akzeptierten Zukunftsvision ein. Bei der Mobil nutzten die Teilnehmer als Quelle dieser Vision zusätzlich öffentlich verfügbare Dokumente. Insgesamt bewährte sich das Bild eines Anwendungskontexts als Ankerpunkt dieser Visionen. Auf der einen Seite bot dieses Bild den Teilnehmern eine Möglichkeit, sich die Nutzung von Technologien vorzustellen. Auf der anderen Seite kommt es weitgehend ohne die Konkretisierung von Produkten und Dienstleistungen, die in frühen Phasen der Technologieentwicklung nur eingeschränkt möglich ist, aus. Ein weniger positives Bild ergab die kritische Reflexion der entwickelten Ansätze und Strategien. Die Bereitschaft, entwickelte Strategien systematisch zu hinterfragen, war in sämtlichen Firmen gering. Besonders schwierig erschien dies im Fall der Mobil. Die Ursache hierfür könnte im Prozess der Konsensfindung liegen, der vor allem bei diesem Unternehmen sehr zeit- und diskussionsintensiv war. Dafür ermöglichte die fundierte Beschäftigung mit Technologien und möglichen Anwendungskontexten in allen Unternehmen ein Lernen über die Umfelder. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass viel neues Wissen auf der Analyse und Auswertung von Datenbanken basierte. Die Interviews und Workshops mit Vertretern unterschiedlicher Unternehmens- und Funktionsbereiche ermöglichten außerdem das Lernen über die Gegebenheiten innerhalb des Unternehmens. Bei der Mobil und der Nano konnten die Teilnehmer neue Kenntnisse über die im Unternehmen vorhandenen Aktivitäten und Kompetenzen erlangen. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit, in der Vorausschau und Planung Bereiche zu analysieren, mit denen sich das Unternehmen im „normalen“ Unternehmensalltag wenig auseinandersetzt. Kreativität konnte vor allem über die Durchführung interdisziplinärer und funktionsbereichsübergreifender Workshops erreicht werden. Die Diskussion zwischen den Teilnehmern brachte in allen Fällen zahlreiche neue Ideen hervor, während die Einzelinterviews hauptsächlich bestehende Positionen zum Gegenstand hatten. Die Unternehmen unterschieden sich jedoch mit Sicht auf die Aufnahme und Akzeptanz dieser neuen Ideen. In einigen Fällen war eine große Offenheit gegeben (Sensor, Mobil) während in anderen Ideen nur langsam aufgegriffen wurden (Nano). Die Aufnahme und Dokumentation von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren erfolgte in allen Fallstudien und ist als zentrales Element der Strategiebildung neuer Technologiepfade aufzufassen. Bei der Identifikation von schwachen Signalen bestanden hingegen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fallstudien. Bei Biotech und Sensor konnten schwache Signale in Form möglicher neuer Technologie- bzw. Anwendungsoptionen aufgenommen werden. Die Fallstudie bei der Mobil zeigt einen historischen Verlauf von Signalhäufigkeiten, während bei Nano keine Identifikation von Signalen stattfand. Sowohl der Einsatz des Methodenspektrums, beispielsweise die Clusterung von Veröffentli-

chungen vs. die direkte Auswertung der Publikationen, als auch die Wahl der Quellen, beispielsweise Patent-, Publikations- oder populärwissenschaftliche Datenbanken, unterschieden sich in den einzelnen Fällen. Veränderungsprozesse im Unternehmen wurden lediglich in der Fallstudie bei der Mobil erzielt, da das Unternehmen eine Neuausrichtung seiner Innovationsstrategie vornahm. Allerdings betonten sämtliche Unternehmensvertreter auf dem gemeinsamen Workshop die Potenziale, mit einer systematischen Durchführung der Vorausschau und Planung neue Denkrichtungen zu eröffnen und traditionelle Sichtweisen aufzubrechen.

Alle Unternehmen entwickelten flexible Strategien, wobei sich zwei unterschiedliche Arten der Bereitstellung von Flexibilität herauskristallisierten. Die Biotech legte verschiedene Möglichkeiten fest, sich in einem definierten Anwendungskontext zu positionieren. Andere Anwendungsmöglichkeiten sollten aufgrund eines langen Zeithorizonts lediglich weiter beobachtet werden. Die Sensor erarbeitete Strategien zu mehreren Anwendungen, ohne verschiedene Wege zu diesen Anwendungen festzulegen. Ursache hierfür sind insbesondere die eingeschränkten Möglichkeiten der Positionierung auf der Wertschöpfungskette. Die Unternehmen Mobil und Nano definierten verschiedene Wege zu unterschiedlichen Anwendungskontexten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass beide Unternehmen mit ihren Kompetenzen mehrere Geschäftsmodelle für die gleiche Anwendung einer Technologie entwickeln könnten. Zudem erarbeiteten diese Unternehmen Strategien, um mehrere Anwendungskontexte zu adressieren. Neben der Flexibilität ließ sich Offenheit für weitere Anwendungskontexte, die noch nicht von den Teilnehmern gesehen wurden, aufgrund der begrenzten Projektlaufzeit nur eingeschränkt realisieren. Zusätzlich zu der Erlangung von Flexibilität konnten in allen Fallstudien konkrete Schritte für die Verfolgung der Strategien definiert werden. In den Unternehmen Biotech und Mobil beschränkten sich diese Schritte auf einzelne Pilotprojekte bei einer relativ großen Lücke bis zur Anwendung der Technologie. Bei den Firmen Nano und Sensor konnten Maßnahmen bis zu einer Einführung der Technologie definiert werden. In den Unternehmen Mobil, Nano und Sensor wurden darüber hinaus konkrete Zeitpunkte für einzelne Handlungen oder Ereignisse (wie z.B. verkaufte Stückmengen) festgelegt. Insgesamt nahmen diese Zeitpunkte jedoch weniger den Charakter eines „klassischen“ Meilensteins ein, sondern fungierten hauptsächlich als Richttermin für die Koordination von Aktivitäten oder zur Kommunikation von Technologiepotenzialen an das Top-Management (z.B. bei der Mobil). Die adressierten Zeiträume lagen in sämtlichen Firmen deutlich über den jeweils etablierten Planungsfristen. Eine Verallgemeinerung über Zeiträume der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade erscheint jedoch nicht möglich, da die Fristigkeiten mit den in den verschiedenen Branchen üblichen Entwicklungs- und Technologiezyklen divergieren.

Einflussfaktoren

Mit dem Schema von Einflussfaktoren, das auf dem theoretischen Modell der Pfadentstehung in Innovationssystemen basiert und in Abschnitt 4.2 ausführlich dargestellt wurde, konnten in allen Firmen eine Vielzahl von Größen berücksichtigt werden. Die Unterscheidung zwischen Landscape, Innovationssystem und Unternehmen ermöglichte eine Sichtweise auf verschiedene, für die Technologieentwicklung relevante Bereiche. Die Teilnehmer betonten insbesondere die Möglichkeiten, Größen im gesellschaftlichen, politischen und rechtlichen Umfeld systematisch aufzunehmen und in die Strategiebildung einfließen zu lassen, sehr positiv. Auf Basis der Fallstudien lässt sich der Nutzen dieser Ebene vor allem in der Sensibilisierung der Firmen für Entwicklungen im Umfeld sehen. Die Bedeutung der Einflussfaktoren auf der Ebene der Landscape unterschied sich jedoch in den einzelnen Projekten. Für das Unternehmen Mobil waren Dokumente und Trends im Makro-Umfeld von sehr hoher Relevanz, so dass eine intensive Analyse und Auseinandersetzung mit diesen Faktoren erfolgte. In der Fallstudie der Sensor, der Biotech sowie der Firma Nano spielten diese Faktoren hingegen nur in Randbereichen eine Rolle, da keine direkte gesellschaftliche oder politische Diskussion dieser Technologien geführt wurde.

Schwerpunkte der Analyse von Einflussfaktoren waren in allen Fallstudien Aspekte innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems. Durch die Systematik von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten konnten die Einflussfaktoren auf dieser Ebene sehr strukturiert aufgenommen werden. In der Regel unterblieb jedoch eine systematische Definition des Ist-Status zugunsten einer ausführlichen Beschreibung zukünftiger Anwendungskontexte. Die detaillierte Aufnahme von Einflussfaktoren erfolgte in der Regel erst mit der Analyse der Defizite zwischen dem Status-quo und dem Anwendungskontext. Dies hatte den Effekt, dass das Vorgehen insgesamt zeiteffizienter durchgeführt werden konnte. Dabei erleichterte die Positionierung des Unternehmens auf einer möglichen zukünftigen Wertschöpfungskette die Aufnahme der Einflussfaktoren, da dies die Komplexität des zukünftigen Technologieumfelds besser handhabbar machte. Das Potenzial der Dokumentation vorhandener Aktivitäten im Rahmen der Positionbestimmung hätte intensiver genutzt werden können. Es liegt nahe, dass diese Aufarbeitung vor allem bei einem Strategiereview von großem Nutzen sein könnte, zum einen um die vorhandenen Kenntnisse nicht erneut sammeln zu müssen, zum anderen um die Entwicklung und Veränderung des extern vorhandenen Know-hows zu dokumentieren. Hinsichtlich der Schwerpunkte der identifizierten Defizite und Barrieren sind teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Firmen erkennbar. Während diese bei den Fallstudien bei Biotech, Mobil und Sensor vor allem im Bereich des Wissens

lokalisiert wurden, bezogen sie sich bei Nano vor allem auf die Interaktion mit den bestehenden Produktionsinfrastrukturen. Im Rahmen des gemeinsamen Symposiums wiesen die Teilnehmer auf den Bedarf einer Abstimmung mit Innovationszyklen anderer Technologien hin. Als wesentlich erachteten die Unternehmen zudem die Verfügbarkeit komplementärer Technologien. Für die Analyse von Faktoren innerhalb des technologiebasierten Innovationssystems ist festzuhalten, dass mit einer größeren Anzahl von Beteiligten ein zunehmender Dissens über die Ausprägung dieser Faktoren festzustellen war. Die systematische Diskussion der identifizierten Einflussfaktoren durch weitere Teilnehmer kann daher als eine Möglichkeit gesehen werden, die Projektergebnisse kritisch zu reflektieren.

Die Analyse der Einflussfaktoren innerhalb des Unternehmens hatte in den verschiedenen Fällen unterschiedliches Gewicht. Bei Biotech und Mobil erfolgte eine intensive Debatte sowohl über die benötigten Ressourcen und Kompetenzen für die Verfolgung von Strategien als auch über Innovationsstrategien für langfristige Projekte. Im Unternehmen Sensor konzentrierte sich die Diskussion des Kompetenzaufbaus darauf, die eigenen Kompetenzen durch Partner in einem Netzwerk weiter zu ergänzen. Das Unternehmen verwies darüber hinaus auf die Gefahr der Kannibalisierung eines existierenden Produktportfolios. Grundsätzlich war es schwierig, finanzielle Dimensionen von Strategien zu erfassen. Dies war zum einen auf die hohe Unsicherheit innerhalb der Felder sowie zum anderen auf die betrachteten langen Fristen zurückzuführen. Die stärkere Systematisierung von Einflussfaktoren auf der Ebene der Unternehmen im Rahmen der Positionsbestimmung hätte systematischer erfolgen können. Analog zu der Beobachtung auf der Ebene des Innovationssystems könnten so Doppelarbeiten bei der Prozesswiederholung vermieden werden und eine Transparenz über die Kompetenzentwicklung der Firma gewonnen werden. Es ist außerdem darauf hinzuweisen, dass einige Einflussfaktoren im Unternehmen von den Teilnehmern nur schwierig zu analysieren sind. Dies gilt beispielsweise für die Unternehmenskultur. Gerade die Unterschiede zwischen den Firmen – z.B. mit Sicht auf ihre Fähigkeit zur Aufnahme neuer Ideen – legen den Schluss nahe, dass die Kultur einen wesentlichen Einfluss ausüben kann. Es ist zu unterstellen, dass diese von Teilnehmern innerhalb der Firmen nur schwierig objektiv analysiert werden können.

Die Evaluation der Beeinflussbarkeit von Einflussfaktoren gelang in allen Unternehmen. Allerdings beschränkte sich die Analyse von Einflussmöglichkeiten in sämtlichen Fällen auf eine aggregierte Betrachtung einzelner Element-Kategorien, da die Teilnehmer eine detaillierte Evaluation als zu zeitaufwendig ansahen. Die größten Einflussmöglichkeiten werden von den Firmen im Bereich des Wissens erkannt. Diese

sind umso größer, je gravierender die wahrgenommenen Wissenslücken auf dem Weg zu einem Anwendungskontext sind. Die Einflussnahme auf Infrastrukturen, Netzwerke oder Regelungen beurteilten die Teilnehmer eher zurückhaltend. Die Nano schätzte die Gestaltungsmöglichkeiten insgesamt als sehr gering ein. Bei der Untersuchung von Einflussfaktoren ist abschließend noch die Problematik der Identifikation möglicher Abhängigkeiten im Umfeld zu diskutieren. In allen Unternehmen wurden die Quellen möglicher Lock-ins nur sehr eingeschränkt untersucht, möglicherweise auch deshalb, weil die Firmen diese Abhängigkeiten in einem als unsicher wahrgenommenen Umfeld insgesamt positiv bewerten. Das Erreichen von Stabilität wird als gewünschte Entwicklung betrachtet, die die Strategien gerade nicht verhindern sollten. Demgegenüber wünschten die Teilnehmer, Risikobetrachtungen bereits in sehr frühen Projektphasen durchzuführen und die finanziellen Dimensionen von Entscheidungen systematisch aufzunehmen. Dies steht jedoch tendenziell im Konflikt zum Entwerfen langfristiger Strategien, die in der Regel wesentlich höhere finanzielle Aufwendungen bei späteren Rückflüssen aufweisen. Zudem konnten die Teilnehmer in den Fallstudien nur vage Aussagen über die finanziellen Dimensionen der Technologieentwicklung und der Kommerzialisierung treffen.

Organisation

Bezüglich des vorgeschlagenen Organisationskonzepts der Vorausschau und Planung ist ein differenziertes Bild zu zeichnen. Die Vorgehensweise lieferte nach Aussage der Teilnehmer einen konsistenten Rahmen für die Strategieentwicklung. Jede Fallstudie durchlief die einzelnen Schritte des Ansatzes. Allerdings konnte die lineare Struktur nicht immer eingehalten werden. Vielmehr verdeutlichte die Zusammenarbeit in sämtlichen Firmen den iterativen Charakter der Strategiebildung für neue Technologiepfade. Innerhalb der einzelnen Projekte erfolgte ein ständiger Wechsel zwischen einzelnen Prozessschritten. Darüber hinaus fanden im Rahmen einzelner Phasen entsprechende Iterationen statt. Den Auslöser für die Sprünge bildete die kontinuierliche Aufnahme neuer Informationen im Prozessverlauf, die eine Anpassung und Erweiterung der Ergebnisse vorangegangener Arbeitsschritte notwendig machten. In dem abschließenden Workshop mit allen Unternehmensvertretern wurde aus diesem Grund gewünscht, dass jeder Prozessschritt eine systematische Überprüfung der Rückwirkung auf die Ergebnisse vorangegangener Schritte enthält. In diesem Zusammenhang wurde auch betont, dass jede Phase eine Entscheidung über Abbruch oder Fortführung der Vorausschau und Planung umfassen sollte. Gemeinsam war allen Fallstudien, dass die Zeit zwischen Workshops und Interviews, in der die Teilnehmer die Informationen und

Konzepte anhand der Visualisierungen reflektieren und evaluieren konnten, zum Einbringen neuer Ideen und Informationen wesentlich beitrug.

Der Aufbau der Teams, mit denen bei der Vorausschau und Planung zusammengearbeitet werden konnte, wurde vor allem von der Unternehmensgröße und der Unternehmenskultur determiniert. Generell betonten die Teilnehmer die Bedeutung des Zusammenbringens einer heterogenen Gruppe mit Sicht auf die Funktionen innerhalb des Unternehmens. Bei größeren Firmen fanden Interviews und Workshops tendenziell mit mehr Experten statt. Dabei steigert sich mit einem größeren Kreis von Beteiligten die Anzahl der eingenommen Perspektiven und der neuen Ideen, wie im Fall der Unternehmen Mobil und Nano. Mit der Einbindung von Entscheidungsträgern wurden in diesem Kontext unterschiedliche Erfahrungen gemacht. In den Unternehmen Biotech und Sensor ermöglichte die intensive Zusammenarbeit mit dem Top-Management eine Beschleunigung des Prozesses im Vergleich zu anderen Firmen. Zudem brachten die Manager umfangreiches Branchenwissen in die Projekte ein. Mit der Beteiligung des Top-Managements stieg auch das Commitment der übrigen Teilnehmer zu der Strategie und den definierten Maßnahmen. Allerdings führte die Einbeziehung der Geschäftsleitung in der Mitte des Projekts bei der Firma Nano zu einem Unterdrücken von Kreativität, da das Management verschiedene neue Anwendungskontexte ohne vertiefende Analyse ausschloss. Die Vorgehensweise innerhalb des Projektes erfolgte hierdurch zwar insgesamt fokussierter, allerdings wurde das Potenzial für offene, flexible Strategien eingeschränkt. Eine Zusammenarbeit mit unternehmensexternen Personen in der Vorausschau und Planung setzt eine offene Firmenkultur voraus, wie beispielsweise bei der Sensor. In Firmen, in denen diese Offenheit nicht gegeben oder aus anderen Gründen für den spezifischen Fall unerwünscht war, bereiteten die Teilnehmer die Einbeziehung von Externen lediglich vor. Die mangelnde Einbindung machte sich durch zum Teil erhebliche Wissenslücken auf Seiten der Unternehmen bemerkbar. Die Qualität der Ergebnisse und der Konkretisierungsgrad der Strategie hätten durch die gezielte Interaktion mit Externen erheblich gesteigert werden können. Dabei wiesen die Fallstudien bezüglich der relevanten externen Teilnehmer Unterschiede auf. Während in den Firmen Mobil, Biotech und Sensor eine Einbindung von Forschungspartnern vorbereitet oder durchgeführt wurde, lag bei Nano ein klarer Fokus auf der Ansprache von Kunden- und Nutzergruppen.⁶¹⁴ Für die Aufbauorganisation bestätigt sich nach der Analyse aller Fälle, dass ein Projekterfolg entscheidend von der Rolle des Prozessverantwortlichen innerhalb des Unternehmens abhängt. Eine hohe Eigenmotivation, Offenheit und eine gute Kenntnis unternehmensinterner und -externer Strukturen auf Sei-

⁶¹⁴ Um Kunden- bzw. Nutzerzielgerichtet anzusprechen, wurden sowohl die konkreten Maßgrößen für den Kundennutzen als auch der Umfang der anzubietenden Funktionalität definiert.

ten des Prozess-Owners entscheiden wesentlich über den Erfolg der Strategieerstellung. Dies gilt zum einen mit Sicht auf die Verbreitung und Akzeptanz der Projektergebnisse innerhalb des Unternehmens sowie zum anderen für die Qualität der Ergebnisse. Für die durchgeführten Fallstudien gilt der Zusammenhang, dass sich die Ergebnisse mit einem höheren Zeitaufwand durch die Unternehmen verbessern und sich dies auch auf die Nutzung der Ergebnisse positiv auswirkt. Firmen, bei denen durch intensive Beteiligung viel Zeit in die Vorausschau und Planung investiert wurde, konnten von den Ergebnissen kurzfristig stärker profitieren (z.B. durch die Verbesserung der Interaktion zwischen Funktionsbereichen). Als optimale Projektlaufzeit stellte sich ein Zeitraum von ca. 4 Monaten ein. Diese Frist ermöglicht sowohl eine intensive Auseinandersetzung mit einem Technologiefeld als auch eine erste kritische Reflexion der Ergebnisse.

Die Fallstudien unterscheiden sich auch hinsichtlich der Anwendung entsprechender Methoden. Die Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken ist nutzbringend, wenn die Lösung technischer Probleme im Vordergrund der Unternehmensstrategien liegt, wie insbesondere bei Biotech oder Sensor sowie teilweise auch bei der Mobil. Bei diesen drei Firmen ging es darüber hinaus auch um das Aufspüren anderer komplementärer Technologien sowie neu aufkommender Konkurrenztechnologien. Diese beiden Aspekte ließen sich ebenfalls über Recherchen in Publikationsdatenbanken adressieren. Falls es sich vorwiegend um das Finden neuer Anwendungen für weitgehend entwickelte Technologien handelt, wie beispielsweise bei Nano, sollte eine Analyse in Patentdatenbanken erfolgen. In diesem Zusammenhang können auch die Funktionalitäten der etablierten, von potenziellen Kunden bereits genutzten Technologien mit der neuen Technologie verglichen werden. Des Weiteren konzentrierte sich die Suche bei den Firmen Mobil, Biotech und Sensor darauf, die wahrgenommenen Wissenslücken zu schließen. Bei der Nano war die Analyse hingegen darauf gerichtet, Partner und Kunden zu identifizieren, um die bestehenden Defizite im Bereich der Akteure und Netzwerke zu überwinden. Darüber hinaus wurde bei Nano auch nach Konkurrenten in den angestrebten Anwendungskontexten recherchiert. Auf dem gemeinsamen Symposium wiesen die Unternehmensvertreter wiederholt auf die Problematik des „Information Overload“ durch die gleichzeitige Suche in unterschiedlichen Quellen hin. Eine Möglichkeit, diese Informationsflut abzumildern, könnte in anfänglich groben Recherchen in unterschiedlichen Datenbanken liegen, um zuerst eine möglichst breite Übersicht zu einem Themengebiet zu erhalten. Vertiefende Analysen würden sich anschließend auf die Datenquellen beschränken, die die höchste Relevanz für das Unternehmen besitzen. Um in diesem Kontext einen Bias auf einzelne Quellen zu vermeiden, sollten sich grobe Suchen in verschiedenen Datenbanken und vertiefende Recherchen

in einzelnen Quellen abwechseln. Die Kombination von Forecasting und Backcasting hat sich in sämtlichen Firmen für die Strategieentwicklung bewährt. Insbesondere durch die „Konstruktion“ eines zukünftigen Anwendungskontextes und die „Rückschau“ aus diesem erlaubte die Identifikation einer Vielzahl von Einflussfaktoren, möglichen Barrieren und Hindernissen einer technologischen Entwicklung. Sehr positive Erfahrungen machte das Projektteam mit der Führung von Einzelinterviews und dem Veranstalten von Workshops, die eine abwechselnde Aufnahme und Diskussion von Informationen ermöglichte. Dabei ist jedoch auf den zielgerichteten Einsatz dieser Methoden für die Erhebung von Informationen hinzuweisen. Insbesondere die kreativen Elemente der Vorausschau und Planung sollten erst in Workshops aufgegriffen werden. Beispielsweise zeigt sich in der Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Mobil, dass Teilnehmer, mit denen vor dem ersten Workshop in Einzelgesprächen über mögliche Anwendungen gesprochen sowie erste Strategien konzipiert wurden, sich nur sehr schwierig von diesen lösen konnten. Umso schwieriger fiel die anschließende Konsensfindung in Workshops. Generell stellten die Workshops Quellen für das Realisieren von neuen Ideen und Kreativität dar, die deutlich über die Inhalte der Interviews hinausgingen. Schließlich hat sich die gemeinsame Visualisierung der Projektergebnisse in Roadmaps bewährt. Durch die Diskussion über mögliche Entwicklungsrichtungen, Zeiträume und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Faktoren konnten neue Erkenntnisse gewonnen und gemeinsame Sichtweisen entwickelt werden. Diese Beobachtung gilt gleichermaßen für alle beteiligten Firmen, es ist jedoch davon auszugehen, dass der Nutzen des Roadmapping mit einer größeren Anzahl von Beteiligten steigt. Gerade in kleinen Firmen (z.B. Biotech) ist die Visualisierung und Konsensfindung hauptsächlich als Prozess der strukturierten Informationsintegration anzusehen.

Ein weiterer Aspekt der Organisation – der in dem Konzept des Ansatzes noch nicht berücksichtigt war – ist die Integration in die vorhandenen Management-Prozesse und Strukturen. Bei der Mobil wurde die Aufarbeitung der Ergebnisse in einer bestimmten, im Unternehmen verbreiteten Darstellungsform gewünscht. Auf der einen Seite liegt hierin eine Voraussetzung für die Kommunikation an das Top-Management des Unternehmens. Auf der anderen Seite erschwert dies die Interpretation der Ergebnisse durch den Entscheider, da der methodische Ursprung verschleiert wird. Eine frühzeitige Einbindung des Top-Managements könnte dieses Problem verringern. Beispielsweise könnte eine Beteiligung in der Vorbereitung oder dem Kick-off erfolgen, bei dem der Entscheider die Vorgehensweisen kennenlernt. Grundsätzlich könnte in der Projektvorbereitung definiert werden, wie das Projekt zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in den Management-Prozessen verankert wird und wie die Schnittstellen zu diesen Prozessen (z.B. Neuproduktentwicklung) gestaltet werden.

5.6.2 Typenbildung

Die betrachteten Fallstudien unterscheiden sich in vielen Einzelaspekten bei den entworfenen Strategien, Inhalten, und betrachteten Einflussfaktoren sowie in den Details der Gestaltung von Ablauf und Aufbau. Dies verdeutlicht den Bedarf von spezifischen Vorgehensweisen für unterschiedliche Situationen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, auf den bereits in der Diskussion der Forschungslücken sowie in der Hypothesenbildung hingewiesen wurde. Dieser Abschnitt versucht daher, auf Basis der Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den durchgeführten Fallstudien, geeignete Gruppierungen vorzunehmen, die verschiedene Varianten der Vorausschau und Planung in Abhängigkeit der Ausgangssituation ermöglichen. Es lassen sich mehrere Gruppierungen vornehmen, die in unterschiedlichem Maße für eine Differenzierung der Vorgehensweise des entwickelten Ansatzes geeignet sind. Die jeweiligen Vor- und Nachteile werden im Folgenden diskutiert und sind in der Tabelle 13 gegenübergestellt.

Wesentliche Probleme der Ausdifferenzierung des Ansatzes für die Vorausschau und Planung liegen in der Möglichkeit einer Definition der Situation vor der Durchführung des Ansatzes. Durch die Anwendung dieses Kriteriums entfallen die Unterscheidungen anhand der Resultat der Vorausschau und Planung, d.h. anhand der entwickelten Strategien (z.B. „Art der Flexibilität, „Fristigkeit der Strategie“, „Art der auftretenden Lücken“). Ebenso ist zu Beginn eines Projekts nicht immer klar, ob bekannte und oder unbekannte Anwendungen erschlossen werden sollten. Obgleich dies erhebliche Auswirkungen auf das Durchführen des Prozesses haben kann (z.B. frühzeitige Einbindung bestehender Kunden vs. Interaktion mit einer breiten Gruppe potenzieller Anwender), ist der adressierte Anwendungskontext daher nur eingeschränkt als Unterscheidungsmerkmal geeignet. Als Ausgangspunkt kommt somit lediglich eine Festlegung auf Basis von Charakteristika des Unternehmens oder von Merkmalen der Technologie in Frage. Das Kriterium der Unternehmensgröße erscheint durch die gänzlich fehlende Berücksichtigung des technologischen Umfelds fragwürdig. Somit verbleibt theoretisch das Merkmal „vorhandene technologische Kompetenz“, um eine Differenzierung auf unternehmensinterner Ebene vorzunehmen. Auf der Seite der Technologie ist schwer zu definieren, ob eine Technologie mehr auf der Wissenschaft oder auf dem technischen Know-how basiert, was gegen eine Anwendung dieses Kriteriums spricht. Der technologische Reifegrad kommt als Unterscheidungsmerkmal in Betracht, allerdings sind reife Technologien im gebräuchlichen Sinne nicht Gegenstand der Vorausschau und Planung in dieser Arbeit. Dieses Kriterium wäre daher bei einer Anwendung im Unternehmensalltag problematisch. Insofern bietet sich eine Abgrenzung nach der Art

der Entstehung eines neuen technologischen Pfades an. Diese Differenzierung wird dadurch gestützt, dass die Projekte bei der Sensor, der Mobil und der Biotech im Vergleich zum Projekt bei Nano sehr ähnlich sind.

Kriterium	Varianten	Fälle	Vorteile	Nachteile
Art der Flexibilität	mehrere mögliche Wege zu verschiedenen Anwendungen	COTEC, EDAG	<ul style="list-style-type: none"> • eindeutiges Zuordnen der Fälle möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • erst ex-post bekannt, welche Ausprägung in einem Fall vorliegt
	mehrere mögliche Wege zu einer Anwendung	SRD		
	eindeutige Wege zu mehreren Anwendungen	Corrsys 3D		
Fristigkeit der Strategie	mittelfristig (<3 Jahre); kleinere Lücken zwischen Status quo und Anwendung	Corrsys 3D, COTEC	<ul style="list-style-type: none"> • eindeutige Zuordnung der Fälle möglich • Fristigkeit hat Auswirkungen auf die Organisation (z.B. Wiederholung) • Auswirkung auf Strategien (Offenheit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aussage über die Fristigkeit erst ex-post möglich
	langfristig (>3 Jahre), größere Lücken zwischen Status quo und Anwendung	EDAG, SRD		
Art der auftretenden Lücken	Akteure	COTEC	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Lücke hat Konsequenz für Strategie • Konsequenzen für Methoden der (Datenbank-) Recherche • andere Personen sind in das Vorgehen einzubinden 	<ul style="list-style-type: none"> • eindeutige Zuordnung der Fälle schwierig • Zuordnung erst ex-post möglich
	Institutionen	Corrsys 3D, COTEC		
	Wissen	Corrsys 3D, EDAG, SRD		
	Artefakte	EDAG		
adressierter Anwendungskontext	bekannt	Corrsys 3D, EDAG	<ul style="list-style-type: none"> • Bekanntheit des Anwendungskontextes hat Konsequenzen für Methodeneinsatz • andere Personen sind einzubinden 	<ul style="list-style-type: none"> • häufig werden bekannte und unbekannte Anwendungen adressiert • Zuordnung der Fälle ex-ante schwierig
	unbekannt	COTEC, EDAG, SRD		
Art des technologischen Fortschritts	Wissenschaftsbasiert	EDAG, SRD	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung der Fälle prinzipiell vor Projekt möglich • andere Methoden für die Datenbankrecherche notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • eindeutige Zuordnung der Fälle schwierig (Verschmelzung Technologie und Wissenschaft) • Gemeinsamkeiten der Fälle im Sample sprechen gegen diese Gruppierung
	Technologiebasiert	Corrsys 3D, COTEC		

Kriterium	Varianten	Fälle	Vorteile	Nachteile
technologischer Reifegrad	niedrig	Corrsys 3D, EDAG, SRD	<ul style="list-style-type: none"> • andere Recherche und Informationsmöglichkeiten je nach Variante • ex-ante Definition der Prozessgestaltung möglich • in Firmen verbreitetes Kriterium, um Technologien abzugrenzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Definition des Reifegrades schwierig • Ansatz zu aufwendig für jede reife Technologie
	hoch	COTEC		
Art der Pfadentstehung	durch neues technologisches Wissen	Corrsys 3D, EDAG, SRD	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung der Fälle vor Projekt möglich • andere Methoden für die Datenbankrecherche notwendig • andere Inhalte der Prozessphasen sind notwendig • andere zu beteiligende Personen • tendenziell von Ähnlichkeit der Fälle im Sample gestützt 	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination neuer Pfade durch neues Wissen und durch Finden neuer Anwendung in einem Projekt vorstellbar
	durch Transfer von beherrschter Technologie in neue Anwendungen	COTEC		
Unternehmensgröße	große Unternehmen	EDAG	<ul style="list-style-type: none"> • Definition des Falls vor Durchführen des Projekts möglich • Unternehmensgröße beeinflusst strategische Möglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien der technologischen Situation bleiben unberücksichtigt
	kleine und mittlere Unternehmen	Corrsys 3D, COTEC, SRD		
spezifische technologische Kompetenz im Unternehmen	technologischer Kompetenzen vorhanden	COTEC	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung der Fälle vor Projekt möglich • andere Personen sind in die Aktivität einzubinden • andere Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien der externen technologischen Situation nicht berücksichtigt
	technologischer Kompetenzen nicht vorhanden	Corrsys 3D, EDAG, SRD		

Tabelle 13: Kriterien für situationsspezifische Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade
[Quelle: eigene Darstellung]

Allerdings spielt in der Strategiebildung die oben angesprochene vorhandene technologische Kompetenz eine bedeutende Rolle. Daher sollte diese bei einer Differenzierung des Ansatzes nach spezifischen Anforderungen der Vorausschau und Planung ebenfalls berücksichtigt werden. Demzufolge sind die Kriterien „Art der Pfadentstehung“ sowie „vorhandene technologische Kompetenzen“ als Merkmale besonders ge-

eignet. Stellt man diese gegenüber, so ergeben sich unterschiedliche Idealtypen der Vorausschau und Planung (vgl. Abbildung 28).

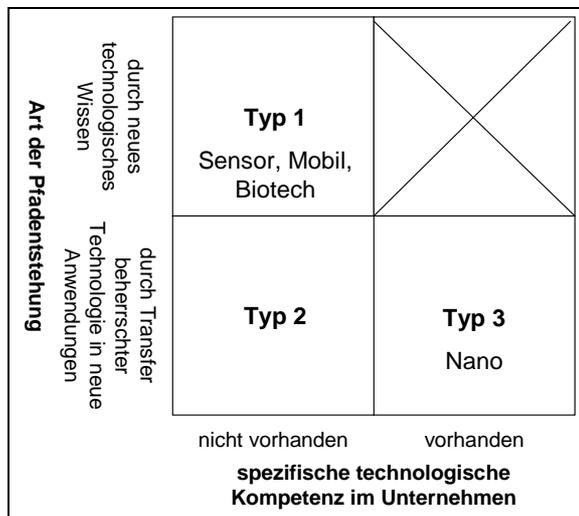


Abbildung 28: Idealtypen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade [Quelle: eigene Darstellung]

Die Pfadentstehung durch neues technologisches Wissen schließt das Vorhandensein spezifischer Kompetenzen im Unternehmen aus, so dass die Gegenüberstellung lediglich drei Typen ergibt. Die Fallstudien Sensor, Mobil Und Biotech können dem Typ 1 zugeordnet werden. Charakteristisch für diesen Typ ist es, dass ein neuer technologischer Pfad durch neue Erkenntnisse entsteht, ohne dass die Unternehmen über spezifische technologische Kompetenzen verfügen. Das Unternehmen Nano entwickelte mit einer vorhandenen spezifischen Technologiekompetenz einen neuen Technologiepfad und ist daher Typ 3 zuzurechnen. Der Typ 2, bei dem ein Unternehmen eine etablierte Technologie ohne eigene technologische Kompetenzen in einen für die Technologie neuen Anwendungsbereich transferiert, kam in der Fallstudienuntersuchung dieser Arbeit nicht vor. Die vorgestellte Typenbildung wird im 6. Kapitel für die Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade genutzt.

5.6.3 Diskussion der Forschungsthese

In diesem Abschnitt werden die in Kapitel 2 definierten Forschungsthese zwei bis vier diskutiert, die die inhaltlichen Leitlinien, die Einflussfaktoren und die Organisation der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade aufgreifen.⁶¹⁵ In diesem Zusam-

⁶¹⁵ Für die Diskussion der ersten These wird auf den Abschnitt 3.5 verwiesen.

menhang werden auch die Ergebnisse der Unternehmensbefragung zu dem ganzheitlichen Ansatz genutzt (vgl. Anhang D). Auf Basis der geführten Diskussion erfolgt zum einen die Anpassung des vorgestellten Ansatzes und wird zum anderen weiterer Forschungsbedarf formuliert.

Die zweite Forschungsthese bezieht sich auf die Integration unterschiedlicher Leitlinien der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Der Begriff der inhaltlichen Leitlinien dient als Rahmen einerseits für die Aufgaben und Aktivitäten der Vorausschau und Planung und andererseits für die Charakteristika der entwickelten Strategien.

- 2. Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade richten sich nach bestimmten inhaltlichen Leitlinien, die sich auf die zu erfüllenden Aufgaben und die Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien beziehen. Vorhandene Ansätze berücksichtigen diese Leitlinien nur partziell und konkretisieren diese nicht durchgehend. Wenn die in den vorhandenen Ansätzen verfolgten Leitlinien integriert und über geeignete Konzepte konsistent operationalisiert werden, kann ein ganzheitlicher Ansatz der Vorausschau und Planung entwickelt werden.*

Die Diskussion dieser These findet getrennt für die Aufgaben sowie die Charakteristika der Strategien statt. Um eine Aussage über die Aufgaben und Aktivitäten der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade vornehmen zu können, lassen sich zwei Fragestellungen formulieren, die im Folgenden beantwortet werden: Inwiefern konnten die Aufgaben und Aktivitäten erfolgreich konkretisiert und durchgeführt werden? Welche Rückschlüsse können auf das Set zentraler Aufgaben und Aktivitäten gezogen werden?

Die Identifikation und detaillierte Beschreibung zukünftiger Anwendungskontexte in Workshops führte in allen Fallstudien zur Konkretisierung gemeinsamer Visionen für die Nutzung der Technologie durch das Unternehmen. Der Prozess, in dem die vorhandenen technologischen Ansätze diskutiert, ihr Potenzial evaluiert und die Anwendungsmöglichkeiten identifiziert wurden, ermöglichte das Finden einer gemeinsamen Sprache und den Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Teilnehmern. Vor allem die Visualisierung der Wege zu den beschriebenen Anwendungskontexten unterstützte das Manifestieren einer geteilten Auffassung über zukünftig notwendige Aktivitäten des Unternehmens. Diese Einschätzung wird durch die Ergebnisse der Befragung gestützt. Drei von vier Unternehmen gaben an, dass ein gemeinsames Verständnis zwischen den Teilnehmern aufgebaut werden konnte („trifft vollständig zu“). Die visualisierten Ergebnisse hatten den Nebeneffekt, dass sie eine gute Basis für

den schnellen Einstieg in weitere Workshops oder Interviews darstellten. Die Antizipation möglicher Entwicklungen erfolgte vor allem im Rahmen der Identifikation von Lücken und Hindernissen der Technologieentwicklung sowie bei der Beschreibung kritischer Ereignisse. Unterstützt wurde die Antizipation durch die Einordnung der Lücken zwischen Ist-Status und Anwendungskontext in die Kategorien Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte. Dies ließ eine strukturierte Auseinandersetzung mit möglichen zukünftigen Ereignissen und Problemen zu. Für die Teilnehmer wurden die Auswirkungen von Barrieren und kritischen Ereignissen auf das Unternehmen durch ihr gezieltes Aufgreifen bei der Strategieerstellung greifbar. Die offenen, leitfadengestützten Interviews sowie die gemeinsame Diskussion in Workshops schaffte Raum, um zahlreiche neue Ideen zu generieren und vorhandene Kenntnisse im Unternehmen zu verteilen. Der Austausch von Positionen und Ergebnissen aus Interviews und Datenbankrecherchen verbreiterte insgesamt den Wissensstand der Teilnehmer. Die Erfahrung in den Projekten zeigte jedoch, dass dieses neu generierte Wissen zum Teil nach der Projektdurchführung implizit blieb. Eine systematische Dokumentation über die Roadmaps hinausgehend (z.B. mit Sicht auf Annahmen und Vorarbeiten) könnte die Nutzung dieses Wissens in Folgeprojekten unterstützen. Schwierig fiel den Teilnehmern das kritische Hinterfragen der Strategien und Annahmen. Zum Teil erfolgte dies in der Auseinandersetzung über mögliche Wege zu unterschiedlichen Anwendungskontexten. Das Potenzial einer Reflexion zum Ende der Projekte, die ganz neue Einsichten hervorbringt, schöpften die Teilnehmer jedoch nicht vollständig aus. Möglicherweise sollte diese Reflexion daher zeitlich versetzt erfolgen, um Abstand zu der häufig sehr zeitintensiven und diskussionsintensiven Strategieerstellung zu gewinnen. Die beteiligten Unternehmen vergaben in der Befragung maximal drei von fünf Punkten bei der Frage nach dem Grad der kritischen Reflexion. Eine Aussage über das Aufspüren schwacher Signale durch den Ansatz hat mehrere Aspekte zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Teilnehmer nach der Durchführung der Vorausschau und Planung für das Erkennen beginnender Veränderungen in dem untersuchten Feld sensibilisiert sind. In einigen Fallstudien waren im Ergebnis der Analysen in Patent- und Publikationsdatenbanken konkrete Anzeichen eines aufkommenden Wandels erkennbar. Offen ist jedoch, ob in den anderen Fallstudien keine Signale präsent waren oder ob das Projektteam diese Signale aufgrund der gewählten Suchstrategie übersah. Deshalb kann auf Basis der Fallstudien keine abschließende Aussage über die Möglichkeiten zur systematischen Aufnahme schwacher Signale vorgenommen werden. In einigen Fällen löste die Durchführung des Projekts Veränderungen im Unternehmen aus. Dies erfolgte jedoch wenig systematisch und fand vor allem als „Nebeneffekt“ bei der kritischen Auseinandersetzung mit den Einflussfaktoren inner-

halb des Unternehmens statt. Dies wird durch die Befragung bestätigt. Die Unternehmen vergaben maximal 2 Punkte bei der Beantwortung dieser Frage. Allerdings betonten die Teilnehmer auf dem Unternehmensübergreifenden Workshop die Möglichkeit, durch die Vorausschau und Planung Veränderungsprozesse anzustoßen. Um konkrete Veränderungen durch die Anwendung des Ansatzes herbeizuführen, sollte dieses Ziel – soweit möglich – bereits in der Vorbereitung des Projekts definiert werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Potenziale für Erneuerungen ungenutzt bleiben. Die Bestimmung von Wechselwirkungen bildete einen Kerngegenstand der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade in allen vier Fallstudien. Ohne diese erscheint die Strategiebildung nicht möglich. Zusammenfassend ermöglichte der ganzheitliche Ansatz die Integration und Konkretisierung der in der Literatur diskutierten Aufgaben und Aktivitäten der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade.

Nach der Durchführung der Fallstudien in vier Unternehmen stellt sich weiterhin die Frage, welche Rückschlüsse auf das in der Literatur identifizierte Set von Aufgaben und Aktivitäten der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu ziehen sind. Erstens ist die Vorausschau und Planung ohne die Berücksichtigung von Wechselwirkungen schwer vorstellbar, so dass diese nicht als explizite Aktivität definiert werden sollte. Zweitens nimmt die Aufgabe des Anstoßens von Veränderungen eine Randposition ein. Das Herbeiführen von Wandel sollte daher in Einzelfällen in der Projektvorbereitung definiert werden, ist jedoch insgesamt weniger zentral als die anderen Aufgaben und Aktivitäten. Insofern ist von einem Kernbereich auszugehen, der die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses durch intensive Kommunikationsprozesse, die Erarbeitung von Visionen, die Antizipation von Entwicklungen, die Ermöglichung von Kreativität und Lernen, die Identifikation von schwachen Signalen sowie das Reflektieren der Ergebnisse umfasst. Die Diskussion mit den Unternehmensvertretern verdeutlichte, dass die Evaluation der Tragfähigkeit eines technologischen Pfades durch das Unternehmen einschließlich einer systematischen Risikobetrachtung eine weitere zentrale Aufgabe der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade darstellen sollte.⁶¹⁶

Die Aussagen zu den Charakteristika der zu entwickelnden Strategien lassen sich ebenfalls anhand von zwei Fragestellungen strukturieren. Konnten die geforderten Strategieeigenschaften durch den Ansatz realisiert werden? Welche Rückschlüsse können von den Fallstudien auf das Set der Charakteristika gezogen werden?

⁶¹⁶ Konzepte für die Analyse von Risiken der Entwicklung neuer Technologien finden sich beispielsweise bei Keizer, Vos & Halman (2005:303) oder bei Kostoff (1997:10ff.).

In allen Fallstudien entwarfen die Projektteilnehmer flexible Strategien. Die realisierte Flexibilität bezog sich in einigen Fällen auf die Identifikation mehrerer Anwendungskontexte, die ein Unternehmen adressieren sollte. In anderen Fällen wurde Flexibilität mit Sicht auf die Wege zu einem oder mehreren Anwendungskontexten verwirklicht. Dies zeigen auch die Antworten der Unternehmen in der Befragung. Alle Unternehmen vergaben drei oder vier Punkte bei der Beantwortung der 4. Frage. Die mögliche Flexibilität wurde jedoch nicht immer ausgeschöpft, beispielsweise wenn Anwendungskontexte ohne systematische Analyse ausgeblendet wurden. Vorzuschlagen ist daher, die ausgeblendeten Anwendungskontexte zu dokumentieren und bei der Wiederholung des Prozesses erneut aufzugreifen und zu untersuchen. Neben der Flexibilität sollte die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade auch konkrete Strategien bereitstellen. Sämtliche Unternehmen definierten konkrete Schritte für das weitere Vorgehen, wie die Ergebnisse der durchgeführten Befragung bestätigen. Drei Unternehmen vergaben vier Punkte bei der Beantwortung dieser Frage; ein Unternehmen vergab fünf Punkte. Die Strategien bezogen sich jedoch auf einen relativ kurzen Zeitraum. Daher wurden zusätzlich zu diesen kurzfristigen Schritten in einigen Fallstudien auch konkrete zukünftige Entscheidungspunkte definiert. Positive Erfahrungen sammelten die Projektteilnehmer bei der Festlegung von „Exit-Punkten“, bei denen das Unternehmen die Aktivität in einen technologischen Pfad abbricht. Das Potenzial der Festlegung von Entscheidungspunkten, die eine Verbindung von flexiblen und konkreten Strategien ermöglichen, konnten die Projektteilnehmer jedoch nicht vollständig erschließen. Die Notwendigkeit einer Auseinandersetzung mit zukünftigen Entscheidungspunkten, beispielsweise beim Eintreten bestimmter Ereignisse, sollte in den Unternehmen daher wesentlich stärker kommuniziert werden. Ein entsprechender Bedarf wurde auch auf dem firmenübergreifenden Symposium artikuliert. Diese Aufgabe könnte bei dem Review des Prozesses durchgeführt werden, wenn den Teilnehmern mehr Informationen über zukünftige Entwicklungen zur Verfügung stehen. In allen Fallstudien wurden langfristige Strategien erfolgreich konzipiert. In einigen Unternehmen ergab sich ein Defizit zwischen den kurzfristig anzustoßenden Maßnahmen – d.h. den konkreten Schritten für die Umsetzung der Strategie – und den zukünftigen Anwendungskontexten – d.h. den Endpunkten der Strategie. Der konsequente Entwurf von „Zwischenzuständen“, die zeitlich zwischen dem Ist-Status und dem Anwendungskontext liegen, könnte eine Lösungsmöglichkeit für dieses Problem darstellen. Für die Anforderung, das Timing von Entscheidungen zu konkretisieren, gilt diese Einsicht analog. Das zeitliche Einordnen von Zwischenzuständen könnte die Definition konsistenter Zeiträume, beispielsweise für die Technologieentwicklung, den Kompetenzaufbau und die Netzwerkbildung, erleichtern. Die Anforderung der Erstellung offener Strategien wurde mit Ein-

schränkungen in allen Projekten realisiert. Sämtliche Unternehmen zogen zumindest zu Beginn der Vorausschau und Planung unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten in Erwägung. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass diese Offenheit sich nur auf die bereits diskutierten Anwendungskontexte bezog und die Möglichkeit des Aufkommens völlig neuer Anwendungen nur sehr eingeschränkt behandelt wurde. Um diesen Mangel zu adressieren, sollte die Identifikation weiterer alternativer Anwendungskontexte eine zentrale Bedeutung bei der Wiederholung des Vorgehens erhalten.

Bezüglich des Sets von Charakteristika ergibt sich ein differenziertes Bild. Von zentraler Bedeutung ist die Realisierung des Dilemmas von Flexibilität und Konkretisierung. In diesem Zusammenhang ist die Definition von Zwischenzuständen als zusätzliche Anforderung an die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zu betonen. Auf Basis der durchgeführten Fallstudien ist sowohl das Timing als auch die explizite Langfristigkeit der Strategie für die Unternehmen von geringerer Bedeutung. Letztere ist zudem in der Regel durch das frühe Entwicklungsstadium der untersuchten Technologien automatisch gegeben. Somit ergibt sich ein Anforderungskatalog, der die Formulierung flexibler Strategien, die Ableitung konkreter Schritte und Handlungsoptionen sowie die Definition von Zwischenzuständen der Strategien umfasst. Die Beurteilung der Vollständigkeit dieses Sets von Charakteristika entzieht sich jedoch einer abschließenden Aussage, da der Strategieerfolg nur retrospektiv einzuschätzen ist. Dies war im Rahmen des Projekts nicht möglich.

Die dritte These adressiert die Analyse von Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Diese lassen sich den Ebenen Umfeld, technologiebasiertes Innovationssystem und Unternehmen zuordnen.

- 3. Die Vorausschau und Planung im Umfeld neuer technologischer Pfade wird in einem Spannungsfeld von Einflussfaktoren durchgeführt. Diese liegen sowohl im Unternehmensumfeld als auch innerhalb des Unternehmens. Vorhandene Ansätze berücksichtigen diese Einflussfaktoren nur unsystematisch und evaluieren die Beeinflussbarkeit durch ein Unternehmen nicht. Wenn der Vorausschau und Technologieplanung ein theoretisch und empirisch fundierter Rahmen zugrunde liegt, können Informationen systematisch aufgenommen und die Möglichkeiten der Beeinflussung ganzheitlich evaluiert werden.*

Den Ausgangspunkt der Konzeption eines Rahmens für die Aufnahme der Einflussfaktoren bildet das theoretische Modell der Entstehung technologischer Pfade in Innovationssystemen. Für diese Diskussion wird auf Kapitel 3 verwiesen. Aussagen bezüglich der dritten These orientierten sich an den Fragen „Konnten die Einflussfaktoren syste-

matisch und strukturiert aufgenommen werden?" und „Konnte eine Evaluation der Beeinflussbarkeit erfolgen?“.

Das Aufnehmen der Einflussfaktoren auf Basis der gewählten Trennung von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten fand sehr strukturiert statt. Die Unterscheidung dieser Strukturelemente erleichterte es den Teilnehmern, ihre eigene Wahrnehmung des Umfelds zu ordnen und sich darüber mit anderen Personen auszutauschen. Die Faktoren auf der ersten Ebene des gesellschaftlichen Umfelds spielten nicht in allen Fallstudien eine Rolle. Generell wird die Bedeutung dieser Faktoren umso größer, je mehr Branchen, Technologien und Lebensbereiche von einer Technologie potenziell betroffen sind. Bei der Verfolgung technologischer Innovationen mit einer geringeren Reichweite sind auf dieser Ebene vor allem Institutionen von Relevanz, während die übrigen Dimensionen weitestgehend vernachlässigt bleiben. Allerdings betonten alle Firmen die Bedeutung der Analyse des gesamtgesellschaftlichen Umfelds, so dass sich diese als zentraler Bestandteil der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bewährte. Der Schwerpunkt der Analyse lag in allen Fallstudien auf der Ebene des technologiebasierten Innovationssystems. Die vorgeschlagene Unterscheidung verschiedener Strukturelemente ermöglichte gerade auf dieser Ebene eine systematische und strukturierte Auseinandersetzung zwischen den Teilnehmern. Zum einen zeigte sich in den Projekten schnell, welche Aspekte bei der Analyse tendenziell wenig beachtet wurden, wie beispielsweise institutionelle Regelungen oder die Interaktion mit anderen Artefakten („technologische Infrastruktur“). Dies hielt die Teilnehmer zu einer verstärkten Debatte über diese Faktoren an. Zum anderen wurde schnell deutlich, über welche Faktoren wenig Wissen vorhanden war und wo vertiefende Analysen durchzuführen waren. Alle Firmen vergaben entweder drei oder vier Punkte bei der Frage nach der Berücksichtigung aller wesentlichen Einflussfaktoren. Weiterhin ließ die Unterscheidung von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten den Entwurf sehr detaillierter Bilder möglicher Anwendungskontexte zu, so dass die Teilnehmer daraus zahlreiche Lücken der Technologie- und Unternehmensentwicklung ableiten konnten. Insgesamt verwendeten die Teilnehmer in den Unternehmen die Unterscheidung intuitiv und konnten ein gutes Verständnis für das neue technologiebasierte Innovationssystem sowie für zukünftige Anwendungskontexte aufbauen. Eine wichtige Ergänzung ergab sich in den Projekten mit breit diversifizierten Firmen. Um die Aufnahme zukünftiger Ausprägungen von Einflussfaktoren zu erleichtern, definierten die Teilnehmer eine Position auf der erwarteten Wertschöpfungskette. Hierdurch reduzierte sich die Komplexität des Umfelds, was die Analyse (z.B. der potenziellen direkten Netzwerkpartner) erleichterte. Auf der dritten Ebene des Unternehmens konzentrierte sich die Diskussion vor allem auf die Kompetenzen sowie die Kultur der Firmen. Allerdings trat die Analyse

unternehmensinterner Einflussfaktoren in den Hintergrund der Untersuchung des technologiebasierten Innovationssystems. Um diese tendenzielle Vernachlässigung auszugleichen, sollte das Zeichnen zukünftiger Bilder des Unternehmens eine stärkere Rolle spielen. Auf diesem Wege könnten auch die notwendigen Entwicklungsschritte und Veränderungen im unternehmensinternen Bereich (z.B. Kompetenzaufbau, neue Geschäftsmodelle, Veränderung von Strukturen) intensiver debattiert und vorbereitet werden.

Die Identifikation von Abhängigkeiten sowie die Evaluation der Beeinflussbarkeit von Faktoren waren weitere Ziele des ganzheitlichen Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. In den Fallstudien konnten potenzielle Lock-ins kaum systematisch analysiert werden. Wie oben diskutiert, könnte ein Erklärungsansatz für die geringe Bereitschaft, die Gefahren von Lock-ins zu untersuchen, im Bedürfnis der Teilnehmer nach Stabilität in unsicheren Umfeldern liegen. Eine mögliche Lösung könnte darin bestehen, entsprechende Quellen von Abhängigkeiten erst in der Wiederholung des Prozesses zu berücksichtigen und so die Teilnehmer im Unternehmen für diese Thematik sensibilisieren. Beispielsweise könnte untersucht werden, welche Instabilitäten sich im Vergleich zum vorangegangenen Vorausschau- und Planungsprojekt reduzierten und welche Konsequenzen daraus für die weitere Entwicklung abzuleiten sind. Eine alternative Lösungsmöglichkeit könnte in der Bereitstellung besserer Tools für die Analyse von Abhängigkeiten liegen. Als schwierig stellte sich auch die Evaluation der Beeinflussbarkeit einzelner Faktoren heraus. In der Zusammenarbeit mit den Unternehmen wurde daher auf die Betrachtung einzelner Faktoren verzichtet und anstelle dessen eine Bewertung nach Gruppen von Einflussfaktoren in den Dimensionen Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte vorgenommen. Die Analyse der Beeinflussbarkeit war den Teilnehmern insgesamt schwierig zu vermitteln, ist jedoch ein entscheidender Faktor für das Ausschöpfen des strategischen Potenzials des Unternehmens. Eine Möglichkeit, die Notwendigkeit dieser Evaluation besser zu kommunizieren, besteht in der Formulierung spezifischer Fragestellungen. Beispielsweise könnten die Teilnehmer dazu aufgefordert werden, diejenigen Faktoren zu identifizieren, deren Beeinflussung für das Unternehmen am attraktivsten wäre. Anschließend könnten für diejenigen Faktoren, bei denen eine Beeinflussbarkeit angenommen wird, strategische Alternativen zur gezielten Einflussnahme vorbereitet werden.

Die vierte These adressierte die Ablauf- und Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Sie umfasst den spezifischen Teamaufbau, Methodeinsatz und Vorgehensplan.

- 4. Verschiedene Aufgaben der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade sind in einem situationsspezifischen Ablauf zu erfüllen. Potenziell relevantes Wissen und benötigte Kompetenzen für jede Situation befinden sich an verteilten Stellen innerhalb und außerhalb des Unternehmens. Vorhandene Ansätze der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sehen in der Regel keine situationsspezifischen Ansätze vor und verknüpfen nur selten Aspekte der Ablauf- und Aufbauorganisation. Wenn die relevanten und betroffenen Stellen für die Erfüllung situationsspezifischer Aufgaben in einem strukturierten Prozess eingebunden werden, sichert dies die Qualität und die Effizienz des Ansatzes.*

Aussagen über diese These lassen sich nach zwei Fragestellungen strukturieren: Welche Aussagen können über die genutzte Ablauf- und Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung getroffen werden? Welche Möglichkeiten einer situationsspezifischen Anpassung sind auf Basis der Fallstudien vorstellbar?

Das Vorgehen innerhalb des Prozesses, d.h. die Definition eines Ausgangspunktes, die Bildung von Visionen, die Identifikation von Lücken, die Erarbeitung strategischer Optionen, die Entscheidung und die Wiederholung des Vorgehens hat sich grundsätzlich bewährt. Die Firmen gaben in der anschließenden Befragung an, dass die Ergebnisse des Prozesses qualitativ hochwertig waren, d.h. im Unternehmen auch weiterhin genutzt wurden; die zentralen Ansprechpartner vergaben bei dieser Frage drei bis fünf Punkte. Die Effizienz des Prozesses wurde weniger positiv bewertet. Die Einschätzungen der Firmen schwanken zwischen zwei und vier Punkten der Zustimmung. Auf Basis der Fallstudien sind verschiedene Anpassungen in Einzelaspekten des Ablaufs sowie in der Einbindung der Personen vorzunehmen. Erstens sind die notwendigen Iterationen zwischen den einzelnen Phasen zu betonen, um eine Balance zwischen dem strukturierten Vorgehen auf der einen Seite und dem Bedarf einer Anpassung nach der Gewinnung neuer Informationen auf der anderen Seite zu schaffen. Zu diesem Zweck sollten die Teilnehmer am Ende jeder Phase die Auswirkungen auf die Ergebnisse der vorangegangenen Phasen systematisch untersuchen. Zweitens zeigte sich in den Fallstudien die Notwendigkeit einer deutlichen Trennung zwischen der Definition des Ist-Status und dem Entwerfen von Zukunftsbildern. Während der Ist-Status besonders konstruktiv in Interviews mit Fachexperten aufgenommen werden kann, sollte die Identifikation zukünftiger Anwendungskontexte erst in Workshops erfolgen. Hierdurch partizipieren die Teilnehmer mit weniger fixierten Vorstellungen an den Workshops und ermöglichen so eine offeneren Diskussion. Drittens sollte die Phase der Wiederholung aufgrund der Probleme bei der Reflexion der erzielten Ergebnisse sowie der Identifikation von Abhängigkeiten wie oben diskutiert um diese beiden Aspekte erweitert werden. Viertens haben die Fallstudien gezeigt, dass die Zeitspanne für die Anwendung

des Ansatzes in den Unternehmen je nach Komplexität des Projekts zwischen drei und vier Monaten betragen sollte. Dabei ist zu beachten, dass die Teilnehmer zwischen den einzelnen Terminen ausreichend Zeit für das Hinterfragen von Ergebnissen erhalten. Fünftens ist die zentrale Funktion eines Prozess-Owners innerhalb des Unternehmens hervorzuheben. Im Idealfall verfügt dieser über eine gute Kenntnis verschiedener Aktivitäten innerhalb des Unternehmens und besitzt eine fundierte Branchenkenntnis, um neue Informationen schnell in einen Gesamtkontext einzuordnen. Sechstens sollte die Geschäftsleitung zum Anfang und am Ende des Prozesses involviert werden. Die Partizipation am Anfang hat den Effekt eines Kennenlernens des Ansatzes, die Voraussetzung für das Verständnis und die Akzeptanz der Projektergebnisse ist. Zudem signalisiert sie ein grundsätzliches Commitment zu der Aktivität. Jedoch kann die Einbeziehung des Top-Managements in der Mitte des Vorausschau-Prozesses für den Projektfortschritt hinderlich sein, weil damit die Gefahr verbunden ist, dass Entscheidungsträger die kreativen Phasen dominieren und einer breiten Identifikation von Anwendungskontexten und Strategieoptionen entgegenstehen. Die Entscheidung über strategische Richtungen gemeinsam mit dem Top-Management ist vor allem zum Ende des Projekts notwendig, um das Wissen dieser Personen zu integrieren und das nötige Commitment für das zielorientierte Weiterarbeiten der Teilnehmer zu erhalten. Siebentens sollte die Einbindung von Fachexperten von außerhalb des Unternehmens situativ erfolgen. Bei der Identifikation von Anwendungskontexten können sie wesentliche neue Informationen in das Unternehmen einbringen. Des Weiteren können sie neue Perspektiven auf mögliche Defizite und Barrieren bei dem Weg zu unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. Schließlich ist in der Einbeziehung unternehmensexterner Teilnehmer ein Potenzial für die kritische Reflexion der erzielten Ergebnisse zu sehen. Die Erfahrung in der Zusammenarbeit mit den Unternehmen zeigt jedoch, dass oftmals nur eine geringe Bereitschaft besteht, die strategischen Ansätze mit Partnern zu teilen. Als Zwischenlösung könnte daher auch auf Personen innerhalb des Unternehmens zurückgegriffen werden, die sich nicht an der Strategiebildung beteiligten, um eine Reflexion der Ergebnisse und das Einbringen von neuen Informationen in die Vorausschau und Planung zu ermöglichen.

Die Fallstudien haben Ansatzpunkte für eine situationsspezifische Ausgestaltung des Ansatzes der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ergeben. In diesem Zusammenhang haben sich zwei Kriterien als besonders geeignet herausgestellt. Auf Basis der Fallstudienuntersuchung sollte eine Variantenbildung entlang der Charakteristika der Pfadentstehung sowie der im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen er-

folgen.⁶¹⁷ Insgesamt lassen sich drei Varianten ableiten. Die erste Variante sollte bei der Vorausschau und Planung genutzt werden, wenn neue wissenschaftliche Erkenntnisse völlig neue technologische Lösungen ermöglichen. Die zweite Variante ist für die Strategiebildung konzipiert, bei der bestehende technologische Lösungen in neue Anwendungsbereiche transferiert werden sollen, ohne dass das Unternehmen über Kompetenzen im Bereich der Technologie verfügt. Die dritte Variante ist für die Vorausschau und Planung geeignet, bei der bestehende Technologien, die ein Unternehmen beherrscht, in neue Anwendungskontexte gebracht werden sollen. Die Varianten lassen sich sowohl hinsichtlich der Inhalte der einzelnen Phasen und der einzubindenden Personen als auch hinsichtlich des Methodeneinsatz unterscheiden. Die Eignung dieser Unterscheidung wurde auch von den Unternehmensvertretern auf dem gemeinsamen Symposium herausgestellt. Die weitere Spezifikation der drei Typen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade erfolgt im Anschluss an die kritische Reflexion des Untersuchungsdesigns.

5.6.4 Kritische Reflexion des Untersuchungsdesigns

Nach der Diskussion der Ergebnisse werden nachfolgend die Grenzen des Untersuchungsdesigns und die Aussagefähigkeit der Ergebnisse besprochen. Der erste Teil umfasst die positiven Erfahrungen mit dem Untersuchungsdesign. Dabei werden auch Vergleiche zu alternativen Designs gezogen. Der zweite Teil konzentriert sich auf die Grenzen.

Das Untersuchungsdesign ermöglichte Aussagen über verschiedene Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, wie beispielsweise das Set von Aufgaben und Anforderungen an die Strategien, die Bedeutung unterschiedlicher Einflussfaktoren und die spezifische Ausgestaltung der Organisation in verschiedenen Situationen. Die Fallstudien sind sowohl in Bezug auf die Branchen der beteiligten Unternehmen sowie deren Größe und Diversifizierung als auch hinsichtlich der untersuchten Technologien sehr heterogen. Diese Breite des Untersuchungsdesigns ermöglichte es, den Ansatz in sehr verschiedenartigen Situationen anzuwenden. Die erfolgreiche Strategieentwicklung in unterschiedlichen Kontexten lässt auf eine prinzipielle Übertragbarkeit des Ansatzes in eine Vielzahl von Umfeldern schließen.

Der breite Aufbau der Untersuchung erlaubte außerdem die Identifikation zusätzlicher Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, die an verschiedenen Stellen auf weiteren Forschungsbedarf hindeuten. Dabei gestattete die

⁶¹⁷ Für eine Herleitung dieser Differenzierung vgl. Abschnitt 5.6.2.

relativ geringe Anzahl der Falluntersuchungen eine intensive Zusammenarbeit mit den beteiligten Firmen. Neben der engen Interaktion erlaubte auch die Anwendung des Ansatzes auf Technologien, denen die Unternehmen ein großes Potenzial beimaßen, eine direkte Aufnahme von Problemen aus den Unternehmen. Infolgedessen wurden auch verschiedene Störquellen der Vorausschau und Planung im Unternehmensalltag verdeutlicht, wie beispielsweise das Verhalten des Top-Managements, politische Interessen sowie Einflüsse der Unternehmenskultur. Mit der Anwendung des Ansatzes in einer experimentellen Situation oder mit einer Fragebogenuntersuchung hätte eine solche Problemaufnahme nur eingeschränkt realisiert werden können. Bewährt haben sich zudem die Leitfadeninterviews mit Fachexperten bei gleichzeitiger Begleitung durch den Prozess-Owner des Unternehmens. Die Interviews boten sowohl einen Rahmen, um Informationen strukturiert aufzunehmen, als auch um offene Diskussionen zu führen. Die bereichsübergreifenden Workshops förderten den Austausch zwischen unterschiedlichen Projektbeteiligten, die Aufnahme neuer Ideen und das kritische Hinterfragen von Individualpositionen. Als besonders konstruktiv erwies sich die Versendung von Dokumentation der Treffen an die Teilnehmer und das anschließende Reflektieren durch die beteiligten Personen. Hierdurch konnten Inhalte und Vorgehensweisen vertiefend analysiert, evaluiert und angepasst werden.

In der Zusammenarbeit wurden verschiedene Probleme und Grenzen der Untersuchung sichtbar. Gerade die sehr heterogene Auswahl der Fallstudien erschwert Rückschlüsse über die Anwendbarkeit des Ansatzes, da es sich jeweils um ganz unterschiedliche Ausgangssituationen handelte. Das Nutzen von Fallstudien mit Unternehmen aus einer Branche, die ähnliche technologische Ansätze verfolgen, hätte möglicherweise validere Schlüsse auf die Anwendbarkeit des Ansatzes zugelassen. Zudem erschweren die Unterschiede zwischen den Fallstudien eine vergleichende Betrachtung. Dies gilt insbesondere für die zahlreichen Iterationsschritte innerhalb des vorgeschlagenen Ablaufs. Da in allen Fallstudien das phasenweise Vorgehen an einzelnen oder mehreren Stellen durchbrochen wurde, ist eine Gegenüberstellung der erzielten Resultate problematisch. Darüber hinaus ist die Repräsentativität der Studie durch die vergleichsweise sehr kleine Stichprobe eingeschränkt. Eine größere Anzahl an Fragebogenstudien, verteilt über verschiedene Branchen, hätten diese gesteigert.

Zu hinterfragen ist ebenfalls der Auswahlprozess der beteiligten Unternehmen. Schließlich ist es möglich, dass sich nur die Unternehmen für eine Beteiligung an den Fallstudien interessierten, die sich durch eine hohe Offenheit für neue Technologien und neue Managementkonzepte auszeichnen. Ob die Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit mit diesen Firmen tatsächlich auf andere Unternehmen übertragbar sind, ist

weiter zu untersuchen. Nicht zuletzt verzerrt der enge Kontakt mit den Teilnehmern der Unternehmen potenziell das Untersuchungsergebnis. So könnte die erfolgreiche Strategieentwicklung eher Resultat der Erfahrungen des Forscherteams und weniger der angewandten Methode sein. Diese Einschränkung gilt gleichermaßen auch für die Durchführung der Workshops und Interviews in den Unternehmen. Um Informationen von Technologieexperten aufzunehmen, ist ein kritisches Hinterfragen der vertretenen Aussagen sinnvoll. Dies ist jedoch nur schwer von Personen innerhalb des Unternehmens zu leisten, da diese stets in den Denkstrukturen ihrer Organisationen verhaftet sind. Zudem werden in einem Workshop zum Teil sehr unterschiedliche Positionen vertreten, die zu einem Konsens zu führen sind. Die Moderation dieser Diskussionen fällt unternehmensexternen Personen erfahrungsgemäß leichter, da sie keine eigenen inhaltlichen Interessen zu vertreten bzw. zu verteidigen haben. Der persönlichen Kontakt zwischen Forscherteam und Unternehmen und der Pilotcharakter der Untersuchung steigerten potenziell das Commitment der Teilnehmer. Unklar ist, ob diese Motivation auch im „normalen“ Unternehmensalltag, ohne externe Unterstützung, zu erreichen ist. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls auf die ausführliche und systematische Dokumentation und Reflexion der Ergebnisse durch das Forscherteam hinzuweisen, die in einem täglichen Geschäftsumfeld aufgrund der hohen Zeitintensität nur eingeschränkt zu leisten ist. Aussagen zur Übertragbarkeit des Ansatzes in andere Unternehmen sind aus diesen Gründen nur bedingt möglich. Schließlich ist die Untersuchung angreifbar, da die entwickelten Strategien, wie in vielen Studien zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade, nicht langfristig evaluiert wurden. Da der Zeitraum der Planung den Untersuchungszeitraum um bis zu 10 Jahren überstieg, können keine Aussagen über den tatsächlichen Erfolg der langfristigen Strategien getroffen werden.

6 ERWEITERUNG DES GANZHEITLICHEN ANSATZES FÜR DIE VORAUSSCHAU UND PLANUNG NEUER TECHNOLOGIEPFADE

Dieses Kapitel fasst den in dieser Arbeit entwickelten ganzheitlichen Ansatz für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade zusammen. Der Ansatz basiert auf einem theoretischen Verständnis der Pfadentstehung in technologiebasierten Innovationssystemen. Die Grundlage der Ablauf- und Aufbauorganisation bilden verschiedene inhaltliche Leitlinien sowie zu berücksichtigende Einflussfaktoren. Es werden drei Variationen des Ansatzes unterschieden. Diese werden im Folgenden detailliert beschrieben. In diesem Zusammenhang werden auch Verknüpfungen mit anderen in der Literatur diskutierten Managementkonzepten sowie theoretischen Positionen hergestellt.

Gegenstand der Vorausschau und Planung in dieser Arbeit sind neue technologische Pfade. Diese Pfade entstehen in den Phasen der Präformation, der Richtungsgebung und der Pfadabhängigkeit und führen zu neuen technologiebasierten Innovationssystemen. In diesem Prozess bildet sich eine systemspezifische Struktur aus Akteuren, Institutionen, Wissen und technologischen Artefakten heraus, die erst in der Phase der Pfadabhängigkeit vollständig entwickelt ist. Das Entstehen von Technologiepfaden ist durch hohe Komplexität und hohe Dynamik gekennzeichnet, die sowohl eine Prognose als auch eine Kontrolle der Entwicklungsrichtung verhindern. Vor allem in den frühen Phasen ist der Prozess hinsichtlich seiner Ergebnisse noch weitgehend offen und konfrontiert die beteiligten Unternehmen mit hoher Unsicherheit. Situationen der technologischen Pfadentstehung werden in der Literatur unter anderem auch unter den Bezeichnungen „technologische Durchbrüche“, „radikale technologische Innovation“, „Technologiesprung“ oder „Kompetenz zerstörende Innovation“ diskutiert.

Das Aufkommen neuer technologischer Pfade stellt besondere Anforderungen an die Vorausschau und Planung, die sich in den inhaltlichen Leitlinien des in dieser Arbeit entwickelten Ansatzes widerspiegeln. Auf der einen Seite handelt es sich um besondere Aufgaben und Aktivitäten. Diese umfassen die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Teilnehmern durch intensive Kommunikationsprozesse, die Erarbeitung von Visionen, die Antizipation möglicher Entwicklungen, die Ermöglichung von Kreativität und Lernen, die Identifikation von schwachen Signalen, das systematische Reflektieren der Ergebnisse, die Evaluation der Tragfähigkeit eines Pfades durch ein Unternehmen sowie die Betrachtung des technologiespezifischen Risikos. Auf der anderen Seite stellen neue technologische Pfade Anforderungen an die zu entwickelnden Strategien. Von zentraler Bedeutung sind die gleichzeitige Realisierung von Flexi-

bilität und Konkretisierung, die Definition von Zwischenzuständen sowie das Entwerfen langfristiger Handlungskonzepte. Des Weiteren sind Entscheidungspunkte zu definieren, die beim Eintreten zukünftiger Ereignisse Handlungen durch das Unternehmen auslösen.

Um die hohe Komplexität der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren handhabbar zu machen, stellt der Ansatz einen Analyserahmen für die Vorausschau und Planung bereit. Dieser unterscheidet die drei Ebenen des gesellschaftlichen Umfelds, des technologiebasierten Innovationssystems und des Unternehmens. Auf sämtlichen Ebenen sind Akteure, Institutionen, Wissen und technologische Artefakte zu untersuchen. Beispiele für relevante Einflussfaktoren finden sich in Tabelle 6, 7 und 8. In diesen vier Dimensionen werden Barrieren und Hindernisse der Technologieentwicklung systematisch identifiziert und untersucht. Um das strategische Potenzial des Unternehmens voll auszuschöpfen, erfolgt neben der Analyse auch eine Evaluation der Beeinflussbarkeit von Faktoren. Das Ziel dieser Evaluation besteht in der Prioritätensetzung für unternehmerisches Handeln. Zudem wird jeder Einflussfaktor auf sich entwickelnde Pfadabhängigkeiten untersucht, um die Gefahr eines zu frühen Lock-ins auf einen suboptimalen technologischen Pfad zu vermeiden.

Für den ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade wurden drei situationsspezifische Varianten entwickelt. Diese zeichnen sich durch einen gemeinsamen Kern von Aktivitäten in jeder Phase aus, lassen sich jedoch nach charakteristischen Inhalten der einzelnen Phasen, der einzubindenden Personen und der eingesetzten Methoden unterscheiden. Die erste Variante sollte bei der Vorausschau und Planung genutzt werden, wenn neue wissenschaftliche Erkenntnisse, die neue technologische Lösungen ermöglichen, erfolgreich entwickelt und kommerzialisiert werden sollen. Die zweite Variante ist für die Strategiebildung konzipiert, bei der bestehende technologische Lösungen in neue Anwendungsbereiche transferiert werden sollen, ohne dass das Unternehmen über Kompetenzen im Bereich der Technologie verfügt. Die dritte Variante ist für die Vorausschau und Planung geeignet, bei der bestehende Technologien, die ein Unternehmen beherrscht, in neue Anwendungskontexte gebracht werden sollen.

Den einzelnen Prozessschritten ist eine Vorbereitungsphase vorangestellt, in der das Unternehmen die zu untersuchende Technologie sowie die anzuwendende Variante des Ansatzes auswählt. Anschließend ist ein Hauptverantwortlicher für das Projekt der Vorausschau und Planung zu bestimmen („Prozess-Owner“), der das Projektmanagement übernimmt. Verschiedenen Publikationen und auch die Erfahrungen dieser Arbeit

zeigen, dass der Prozess-Owner entscheidend für den Projekterfolg ist.⁶¹⁸ Die Rolle des Projektverantwortlichen sollte ein erfahrener Manager oder Forscher übernehmen, der mit den Strukturen innerhalb des Unternehmens und in verschiedenen Branchen vertraut ist und der für die Umsetzung der Projektergebnisse verantwortlich oder mitverantwortlich ist. Diese Person sollte vor allem bei der Durchführung von Interviews, bei der Workshopmoderation und -vorbereitung sowie bei der Dokumentation der Ergebnisse durch einen Mitarbeiter unterstützt werden, der Erfahrung mit der Vorausschau und Planung technologischer Durchbrüche besitzt. Letzteres ist wichtig, um Routine in den Vorausschau- und Planungsaktivitäten aufzubauen und das Erschließen neuer Technologiepfade zu einer dynamischen Wettbewerbsfähigkeit zu entwickeln. Diese könnte mit der Fähigkeit, Durchbruchprodukte erfolgreich zu entwickeln und neue Geschäftsfelder zu erschließen, ineinandergreifen.⁶¹⁹ In der Vorbereitungsphase sind die Projektlaufzeit, die nach den Erfahrungen der Fallstudien zwischen vier und sechs Monaten liegen sollte, sowie das Projektvolumen festzulegen. In der Projektvorbereitung werden zudem weitere Ziele der Projektdurchführung, wie beispielsweise das gezielte Anstoßen von Veränderungsprozessen, definiert.

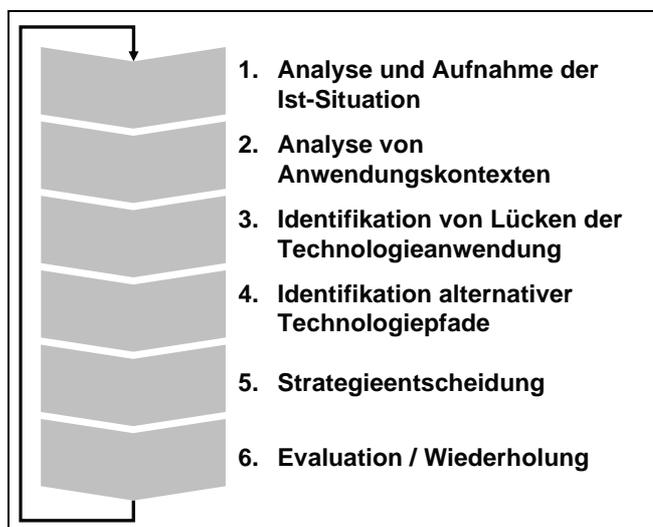


Abbildung 29: Vorgehen für den ganzheitlichen Ansatz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Anwendung des ganzheitlichen Ansatzes erfolgt für jede Variante in sechs Phasen. Diese umfassen die Analyse und Aufnahme der Ist-Situation, die Analyse von Anwen-

⁶¹⁸ Vgl. Song, Lee, Lee & Chung 2007:246; Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:664; Stevens & Burley 2003:18; Day & Schoemaker 2000:13; Calori & Atamer 1990:46.

⁶¹⁹ Vgl. Danneels 2004:247f.

dungskontexten, die Identifikation von Lücken der Technologieentwicklung, die Identifikation alternativer Technologiepfade, die Entscheidung und die Wiederholung des Vorgehens (vgl. Abbildung 29). Für alle drei nachfolgend besprochenen Typen gilt, dass das Durchlaufen der sechs Phasen iterativ erfolgt, da stets neue Informationen mit Implikationen für andere Phasen auftreten. Aus diesem Grund sind im Projektverlauf nach jeder Phase die möglichen Auswirkungen auf die vorangegangenen Prozessschritte zu prüfen. Dies relativiert verschiedene Autoren, die ausschließlich einen klar strukturierten, linearen Vorausschau- und Planungsprozess fordern.⁶²⁰ Nach den Erfahrungen der durchgeführten Fallstudien ist innerhalb des Prozesses eine intensive Iteration sowohl in den Phasen als auch zwischen den Phasen anzustreben.⁶²¹ Zu diesem Zweck sollten nach jeder Phase die Auswirkungen auf die Ergebnisse vorangegangener Phasen systematisch untersucht werden. Nach jeder Phase sollte ebenfalls eine Entscheidung über die Weiterführung oder den Abbruch des Projekts getroffen werden.

6.1 Typ 1: Vorausschau und Planung bei neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen

Im Folgenden werden die Inhalte der Variante der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade erläutert, bei der aus neuen, noch nicht genutzten wissenschaftlichen Erkenntnissen eine erfolgreiche Technologieentwicklung realisiert werden soll. Das Unternehmen verfügt in dem entstehenden Bereich über keine Kompetenz. Die wesentlichen Inhalte der einzelnen Prozessschritte sind in Tabelle 14 zusammengefasst und werden im Folgenden erläutert.

⁶²⁰ Vgl. hierzu Ilmola & Kuusi 2006:914; Conzanzo 2004:219; Slaughter 1990:159.

⁶²¹ Vgl. van Merkerk & van Lente 2005:1104; Rip & Propp 2005; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Conzanzo 2004:225; Noori, Munro, Descza & McWilliams 1999a:550; Iansiti 1995:40.

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
1. Analyse und Aufnahme der Ist-Situation	In welchem Entwicklungsstadium befindet sich die Technologie und welchen Wissensstand hat das Unternehmen auf dem Gebiet Technologie?	<ul style="list-style-type: none"> • Definition des Entwicklungsstatus der untersuchten Technologie • Identifikation relevanter Umfeldtrends • Herausarbeiten des im Unternehmen verfügbaren Wissensstands • Identifikation relevanter Abteilungen und Personen im und außerhalb des Unternehmens • Identifikation und Analyse anderer aufkommender Konkurrenztechnologien 	<ul style="list-style-type: none"> • Kick-off-Workshop • leitfadengestützte Interviews im Unternehmen, ggf. auch außerhalb des Unternehmens • Datenbankanalysen (Publikationen, Patente, populärwissenschaftliche Quellen) • Projektberichte und Analysen aus der Forschung und Entwicklung des Unternehmens • Dokumente über die Unternehmensstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> • relevante Kenntnisse des Unternehmens • Entwicklungsstadium der Technologie • Entwicklungsperspektiven der Technologie
2. Analyse von Anwendungskontexten	Welche Anwendungskontexte sind vorstellbar und welche Einflussfaktoren kennzeichnen diese?	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von Anwendungskontexten • detaillierte Beschreibung der Anwendungskontexte und der gesellschaftlichen Einflussfaktoren • Identifikation komplementärer Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> • Datenbankanalysen (v.a. Publikationen) • öffentlich verfügbare Strategiepapiere (Roadmaps) • Workshops mit heterogener Teamzusammensetzung • leitfadengestützte Interviews mit Fachexperten im Unternehmen • ggf. Ergänzung durch Leitfadengespräche mit Experten außerhalb des Unternehmens 	<ul style="list-style-type: none"> • mögliche Anwendungskontexte • Visualisierung in einer Roadmap mit Technologien und Anwendungen, grobe zeitliche Einordnung • bei neuen Anwendungen Ideen für Geschäftsmodelle und Produktkonzepte

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
3. Identifikation von Lücken der Technologieanwendung	Welche Lücken bestehen zwischen den Anwendungskontexten und dem Ist-Status des Unternehmens?	<ul style="list-style-type: none"> •Definition möglicher Positionen auf der Wertschöpfungskette •Identifikation von Lücken zwischen Anwendungskontext und Ist-Status des Unternehmens •Identifikation möglicher Barrieren der Technologieentwicklung •Risikobetrachtung der Technologieentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> •Interviews mit Fachexperten innerhalb und außerhalb des Unternehmens •Workshops mit Fachexperten aus unterschiedlichen Bereichen 	<ul style="list-style-type: none"> •Übersicht über die zu überwindenden Lücken und Barrieren •mögliche aufkommende Konkurrenztechnologien
4. Identifikation alternativer Technologiepfade	Mit welchen Strategien können die identifizierten Lücken überwunden werden?	<ul style="list-style-type: none"> •Erarbeiten und Bewerten von Strategieoptionen •Konkretisierung der Konzepte für Produkte oder Geschäftsmodelle •Analyse von Risiko, Kosten und benötigten Kompetenzen •zeitliche Einordnung der Strategien •Evaluation der Beeinflussbarkeit von Faktoren •Diskussion der Strategieoptionen vor dem Hintergrund „kritischer Ereignisse“ •ggf. Identifikation möglicher Partnerschaften und Konkurrenten •Entwerfen eines „Zukunftsbildes“ des Unternehmens 	<ul style="list-style-type: none"> •Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern •Forecasting und Backcasting •Definition von „Zwischenzuständen“ 	<ul style="list-style-type: none"> •bewertete Strategieoptionen •Visualisierung in einer vorläufigen Roadmap mit Technologien, Anwendungen und Produktkonzepten

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
5. Strategieentscheidung	Wie soll das Unternehmen im Umfeld der neuen Technologie weiter tätig werden?	<ul style="list-style-type: none"> • zeitliche Einordnung der Aktivitäten • Finden einer gemeinsam getragenen Entscheidung • Definition zukünftiger Entscheidungspunkte • Strategien für „kritische Ereignisse“ • Festlegen von Folgeaktivitäten für Kompetenzaufbau und Partnerakquise • Definition von Verantwortlichkeiten • Erarbeiten von Kriterien für die Erfolgskontrolle der Strategie 	<ul style="list-style-type: none"> • Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern • Erstellen eines Abschlussdokuments 	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidung für eine oder mehrere Strategieoptionen • Erstellen der abschließenden Roadmap mit Technologien, Anwendungen, Produktkonzepten, Folgeaktivitäten und zeitlicher Einordnung • gemeinsames Zukunftsbild des Unternehmens • verabschiedeter Maßnahmenkatalog
6. Evaluation und Wiederholung	Welche Veränderungen und neue Erkenntnisse beeinflussen die gewählte Strategie?	<ul style="list-style-type: none"> • kontinuierliches Beobachten des Umfelds • Erfolgskontrolle der Strategie • Hinterfragen der erarbeiteten Strategieoptionen • Erarbeiten neuer Strategieoptionen • Identifikation von aufkommenden Abhängigkeiten und Bewerten der Risiken eines Lock-ins 	<ul style="list-style-type: none"> • Verantwortlichen für das kontinuierliche Beobachten definieren • Datenbankanalysen (Publikationen, Patente, populärwissenschaftliche Veröffentlichungen) • Interviews mit internen und externen Fachexperten • Workshops mit heterogenen Teams 	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterverfolgen, Anpassen oder Verwerfen der gewählten Strategie

Tabelle 14: Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 1
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade für den Fall neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse beginnt mit der Phase der Ist-Analyse. Gegenstand dieses Prozessschritts ist die Aufarbeitung des Entwicklungsstadiums der Technologie sowie des im Unternehmen vorhandenen Wissens über diese Technologie. Die Phase startet mit einem Kick-off, an dem das Top-Management sowie die relevanten Fachexperten

des Unternehmens teilnehmen. An diesem Treffen sind die Zielsetzungen für das Unternehmen zu definieren. Dies impliziert, dass keine unternehmensexternen Personen teilnehmen. Des Weiteren sind die Projektteilnehmer für die Vorgehensweise und die zu erwartenden Resultate zu sensibilisieren. Die Teilnehmer sollten im Sinne der Heterogenität ein breites Spektrum an Fachkompetenzen und Funktionsbereichen repräsentieren. Das Kick-off-Treffen kann auch dazu genutzt werden, im Team fehlende Bereiche und Kompetenzen zu identifizieren. Um den Entwicklungsstand der Technologie zu untersuchen, bieten sich Recherchen in Publikationsdatenbanken an. Diese Recherchen sollten breit angelegt sein, um einen Überblick über das gesamte Feld sowie die angrenzenden Forschungsgebiete zu erhalten. In diesem Zusammenhang ist auch auf die Bedeutung der Identifikation und Analyse von alternativen aufkommenden Technologien hinzuweisen. Gegebenenfalls kann eine Analyse von Patenten erfolgen, um die unternehmerische Aktivität in dem Feld zu prüfen. Die Auswertung von populärwissenschaftlichen Quellen kann Aussagen über die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sowie relevante langfristige Trends ermöglichen.⁶²² In die Erarbeitung der Ist-Analyse sollten – nach dem Kick-off-Workshop – vor allem Personen aus der Forschung und Entwicklung einbezogen werden; gegebenenfalls lassen sich auch interne Dokumente nutzen, falls das Unternehmen bereits im Bereich der Technologie forscht oder Studien durchgeführt hat. Das Ergebnis liegt in einer Dokumentation der Ausgangssituation im Unternehmen und in der Darstellung der Entwicklungsperspektive der Technologie. Die Erfahrungen aus den Fallstudien zeigen, dass eine starke Anbindung an das Wissensmanagements des Unternehmens erfolgen sollte,⁶²³ um die aufgearbeiteten Erkenntnisse strukturiert zu erfassen und sie effizient für spätere Aktivitäten nutzen zu können.

Die Analyse von Anwendungskontexten dient der Bestimmung möglicher Einsatzgebiete der Technologie und dem Aufbau von Wissen in diesen Gebieten. Die Identifikation von Nutzungsmöglichkeiten bildet dabei den Schwerpunkt der Aktivitäten. Methodisch lässt sich dies durch Datenbankrecherchen z.B. nach Schnittstellen mit anderen Forschungsgebieten⁶²⁴ oder nach der Nutzung des Wissens in anderen Forschungsfel-

⁶²² Die Datenbankanalysen sollten ausdrücklich nicht auf die detaillierte Auswertung spezifischer Felder gerichtet sein, um einen Information-Overload zu Beginn des Projektes zu vermeiden und die Wahrnehmung von Entwicklungspotenzialen bei den Teilnehmern nicht einzuschränken. Erst in späteren Phasen sollte eine vertiefende Analyse erfolgen. Diese Nutzung von Datenbankanalysen zu spezifischen Zwecken wurde von der Vorausschau- und Planungsliteratur im Kontext neuer Technologiepfade bislang nicht thematisiert.

⁶²³ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:25ff.

⁶²⁴ Vgl. Kostoff 2006:929ff.; Smalheiser 2001:691f.

dern,⁶²⁵ durch Workshops mit heterogenen Teams⁶²⁶ oder durch Interviews mit Experten außerhalb des Unternehmens unterstützen. Die Datenbankrecherchen sollten sich auf Publikationen konzentrieren. Für die anschließende Beschreibung der Nutzungsmöglichkeiten hat sich gezeigt, dass bei dem Fehlen konkreter Produktkonzepte, der Rückgriff auf das Konzept des Anwendungskontextes – das den Kontext einer zukünftigen Technologienutzung bezeichnet – Teilnehmern die Chance gibt, sich die Entwicklungspotenziale einer Technologie vorzustellen. Dies bestätigt die in der Literatur dokumentierten Erfahrungen.⁶²⁷ Für die Beschreibung der Anwendungskontexte können leitfadengestützte Interviews mit Experten des Unternehmens genutzt werden, die falls notwendig durch Gespräche mit externen Personen ergänzt werden können.⁶²⁸ Die befragten Personen sollten mit einem breiten Spektrum an Branchen und Geschäftsmodellen vertraut sein. Das Ergebnis dieser Phase sollten verschiedene Optionen für eine zukünftige Nutzung der Technologie sein, die aus Gründen der Dokumentation zusammen mit dem Ausblick auf die Technologieentwicklung (vgl. 1. Phase) in einer Roadmap visualisiert werden.

Die Identifikation von Lücken der Technologieanwendung baut direkt auf den Ergebnissen der vorangegangenen Phasen auf, indem sie einen Vergleich zwischen dem Ist-Status und den zukünftigen Anwendungskontexten vornimmt. Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen verdeutlichte, dass zahlreiche Lücken und Barrieren der Weiterentwicklung und Kommerzialisierung bereits in den Phasen der Ist-Analyse sowie der Identifikation von Anwendungskontexten betrachtet wurden. Allerdings konnte durch die Unterscheidung der Kategorien Wissen, Akteure, Institutionen und Artefakte („technologische Infrastruktur“) ein sehr strukturiertes und umfassendes Bild dieser Gaps der Technologienutzung erarbeitet werden. Es zeigte sich, dass die Komplexität des zu beschreibenden Umfelds durch die Positionierung des Unternehmens auf einer antizipierten Wertschöpfungskette signifikant reduziert werden konnte. Die Identifikation von Lücken ist vor allem von der zweiten Phase, in der die Anwendungskontexte beschrieben werden, schwer zu trennen. In der Regel erfolgte erst mit der Suche nach Gaps

⁶²⁵ Vgl. Spinardi & Williams 2005b:60 und 2005a:101; Bozeman & Rogers 2002:772; Bozeman, Dietz & Gaughan 2001:721ff.

⁶²⁶ Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen hat gezeigt, dass für die Identifikation von Anwendungsmöglichkeiten weniger auf Einzelinterviews zurückgegriffen werden sollte, um die Fixierung bei einzelnen Teilnehmern auf bestimmte Anwendungen zu vermeiden. Somit können die Workshops gezielt dafür genutzt werden, Kreativität bei der Bestimmung von Anwendungen zu erzeugen und nicht Positionen zu verteidigen.

⁶²⁷ Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen, & de Boevere 2007:3; Day & Schoemaker 2000:21; Veryzer 1998:317; Chiesa & Manzini 1998:115.

⁶²⁸ Insbesondere wenn das Unternehmen nicht über Erfahrung in den identifizierten Feldern verfügt, bieten sich externe Gespräche oder der Besuch von entsprechenden Veranstaltungen (z.B. Messen, Tagungen) an. Der Aufwand dieser Informationsbeschaffung sollte jedoch im Verhältnis zu der Bedeutung einer möglichen Nutzung in diesem Bereich stehen.

eine detaillierte Beschreibung von Nutzungsumfeldern. Sowohl die Identifikation von Lücken in den ersten beiden Phasen als auch die Zusammenhänge zwischen den Phasen zwei und drei bestätigten den Bedarf an iterativen und durchlässigen Prozessschritten, um Doppelarbeiten zu vermeiden. Dabei bewährte sich die Arbeit mit heterogenen Teams – d.h. mit Personen, die unterschiedliche Funktionsbereiche repräsentierten und über andere fachliche Kompetenzen verfügten – in Workshops, um besonders viele Einflussfaktoren zu erfassen. Die Kreativität der Teams konnte ebenfalls mit einem größeren Spektrum an Personen gesteigert werden, was mit den in der Literatur dokumentierten Erfahrungen übereinstimmt.⁶²⁹ Im Rahmen dieser Variante des Ansatzes bewährte es sich, bei der Analyse von Gaps Forscher und Entwickler zur Analyse von Defiziten heranzuziehen, da viele Defizite im Bereich des Wissens verortet werden können. Neben einer Dokumentation von Lücken sowie möglichen Barrieren einer erfolgreichen Technologienutzung sollten die Ergebnisse eine Einschätzung des technischen Risikos der Technologieentwicklung umfassen. Dabei kann auf in der Literatur dokumentierte Kataloge zurückgegriffen werden.⁶³⁰

Die vierte Phase der Identifikation alternativer Technologiepfade bereitet die Strategieentscheidung durch das Entwickeln und Aufzeigen unterschiedlicher Handlungsoptionen vor. Das Ziel dieser Phase besteht darin, möglichst viele strategische Optionen für die Entwicklung der Technologie zu erarbeiten, d.h. die Strategien sollten Wege in eine große Anzahl von potenziell relevanten Anwendungskontexten aufzeigen, um die Erfolgswahrscheinlichkeit der Technologieentwicklung durch die Anwendung in vielen Feldern zu steigern. Die Strategien sollten langfristig orientiert sein, das schnelle Lernen bzw. das schnelle Scheitern bei ausbleibendem Erfolg fördern⁶³¹ und Zwischenzustände auf dem Weg in einen zukünftigen Anwendungskontext aufzeigen. Als Ausgangspunkt der Strategiefindung eignet sich eine Kombination aus Forecasting und Backcasting, die in der Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen gut funktioniert hat. In diesem Zusammenhang sollte das Unternehmen diejenigen Faktoren identifizieren, die es durch strategisches Handeln tatsächlich beeinflussen kann. Die Diskussion über diese Faktoren lässt sich durch die Frage nach Faktoren, bei denen eine Beeinflussung besonders attraktiv erscheint, anstoßen.⁶³² Um tatsächliche Handlungsspielräume des Unternehmens besser einschätzen zu können, hat sich aus der Erfahrung der Fallstu-

⁶²⁹ Vgl. die Auswertung in Abschnitt 2.3.1.

⁶³⁰ Konzepte für die Analyse von Risiken der Entwicklung neuer Technologien finden sich beispielsweise bei Keizer, Vos & Halman (2005:303) oder bei Kostoff (1997:10ff.).

⁶³¹ Vgl. Bessant, Lamming, Hannah & Phillips 2005:1373; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Day & Schoemaker 2000:21.

⁶³² Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen zeigte, dass eine offene Diskussion über die Beeinflussbarkeit nicht zu einer kritischen Auseinandersetzung mit den tatsächlichen Handlungsoptionen führte.

dien die Konstruktion von Zukunftsvisionen für das Unternehmen bewährt. Das zukünftige Bild des Unternehmens kann beispielsweise verschiedene Arten benötigter Kompetenzen, wie technologische Kompetenzen, Marketing-Kompetenzen und integrative Kompetenzen, umfassen.⁶³³ Der Schwerpunkt bei der ersten Variante der Vorausschau und Planung liegt auf den technologischen Fähigkeiten sowie den Kosten des Absteckens von attraktiven Patentpositionen. Anhand dieser Bilder sollten unterschiedliche strategische Handlungsoptionen bezüglich der benötigten Investitionen in den Aufbau von technologischem Know-how bewertet werden. Diese Analyse kann im ersten Schritt qualitativ erfolgen und anschließend über eine monetäre Bewertung beispielsweise über Realoptionen ergänzt werden.⁶³⁴ Das Zukunftsbild sollte ferner für die kritische Auseinandersetzung mit den bestehenden Unternehmensstrukturen genutzt werden. Die Annahme des Auftretens von „kritischen Ereignissen“, die eine Entwicklungsrichtung gefährden würden, trägt ebenfalls zur Reflexion bei.⁶³⁵ Die Beteiligung des Top-Managements ist bei der Phase der Strategiefindung aus unterschiedlichen Gründen von Bedeutung. Personen aus der Führungsebene bringen benötigtes Branchenwissen ein, sie sind an der Entwicklung des Zukunftsbildes des Unternehmens zu beteiligten und sie sind für die Unsicherheiten der entwickelten Strategien zu sensibilisieren. Da in den durchgeführten Fallstudien viele Ideen für mögliche Wege in den vorangegangenen Prozessphasen angesprochen wurden, liegt der Fokus in dieser Phase auf der Konsensfindung über diese Wege.

In der fünften Phase der Strategieentscheidung wird ein Konsensbeschluss über die durch das Unternehmen zu verfolgenden Technologiepfade getroffen. Diese Entscheidung sollte nach Möglichkeit in dem Workshop erfolgen, in dem die unterschiedlichen Handlungsoptionen identifiziert wurden (vgl. Phase 4). Bei der Festlegung des strategischen Vorgehens sollten Entscheidungspunkte definiert werden, bei denen ein Wechsel, ein Weiterverfolgen oder ein Abbruch einer Strategie erfolgt.⁶³⁶ Konkrete Maßnahmen sind in einem Katalog einschließlich der jeweiligen Verantwortlichkeit zu dokumentieren. Dabei sollte jedoch von der Formulierung starrer Deadlines für spezifische Aufgabenpakete abgesehen werden, da sich die Wichtigkeit einzelner Aktivitäten in hochdynamischen Umfeldern sehr schnell verändern kann.⁶³⁷ Dies bestätigen auch die durchgeführten Fallstudien, bei denen sich zwischen einzelnen Workshops teilweise

⁶³³ Vgl. hierzu die Untersuchungen von McDermott & Coates (2007:348f.) und Danneels (2002:1102ff.) über den Kompetenzaufbau bei der Entstehung neuer Technologiepfade.

⁶³⁴ Vgl. MacMillan, van Putten, McGrath & Thompson 2006:30ff.; Perlit, Peske & Schrank 1999:256ff.

⁶³⁵ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:10ff.

⁶³⁶ Vgl. Strauss & Radnor 2004:55ff.

⁶³⁷ Vgl. Noori, Munro, Descza & McWilliams 1999a:559; Calori & Atamer 1990:46.

signifikante Änderungen strategischer Stoßrichtungen ergeben hatten. Eine weitere Problemstellung ist das Controlling der entwickelten Strategie. Diese wird in der wissenschaftlichen Diskussion zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade weitestgehend ausgeblendet.⁶³⁸ Dabei spielen in erster Linie die Charakteristika der Technologieentwicklung bei der Entstehung neuer Pfade eine Rolle.⁶³⁹ Mögliche Kriterien für eine Evaluation des Strategieerfolgs bei der ersten Variante der Vorausschau und Planung könnten daher die Anzahl der gleichzeitig verfolgten Optionen, die Anzahl von Personen (innerhalb und außerhalb des Unternehmens), mit denen die Idee für einen neuen technologische Pfad diskutiert wurde, die Anzahl der fachlichen Hintergründe und Branchenzugehörigkeiten der involvierten Personen, die Anzahl von Optionen, die noch nicht ausgeschöpft wurden oder die Anzahl von Kooperationen und Projekten mit anderen Forschungspartnern. Es besteht jedoch erheblicher Forschungsbedarf bei der Identifikation geeigneter Kriterien für die Evaluation von Strategien für neue technologische Pfade. Ergebnis dieser Phase ist eine Roadmap, die Technologien, Anwendungskontexte und nach Möglichkeit Produktkonzepte umfasst und die eine von allen beteiligten getragene Entscheidung über zukünftige Entwicklungsrichtungen wiedergibt. Diese Roadmap kann ebenfalls ein Zukunftsbild des Unternehmens sowie „Zwischenzustände“ und „kritische Ereignisse“ umfassen.

In der abschließenden Wiederholung des Prozesses findet die Kontrolle und Anpassung der entwickelten Strategie statt. Dabei werden der gesamte Prozess oder einzelne Teile wiederholt, um die in der Zwischenzeit erhobenen Informationen aufzunehmen und auch formell in die Strategie zu integrieren. Relevante Informationen für diese Variante der Vorausschau und Planung umfassen insbesondere das Auftreten neuer konkurrierender oder komplementärer Technologien, das Erzielen wesentlicher Forschungsergebnisse, das Scheitern bestimmter technischer Vorhaben sowie die Identifikation neuer Anwendungsmöglichkeiten. Die Erfahrungen der Projekte zeigen, dass ein Verantwortlicher das Monitoring des Umfelds und die Aufnahme neuer Informationen maßgeblich durchführen sollte, damit diese Aktivitäten nicht durch das „Tagesgeschäft“ dominiert werden. Diese Rolle sollte in der Regel der Prozess-Owner einnehmen. Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen hat ebenfalls gezeigt, dass die

⁶³⁸ Ausnahmen bilden Danila (1989 279ff.) sowie verschiedene Roadmap-Konzepte, wie z.B. Strauss und Radnor (2004:55ff.). Allerdings legen auch diese Ansätze kein systematisches Konstrukt von Kriterien vor.

⁶³⁹ Dazu zählt die Offenheit der Technologieentwicklung, die sich dadurch auszeichnet, dass bei der Strategieumsetzung neues Wissen gewonnen wird, das neue Möglichkeiten eröffnet und zu völlig neuen Richtungen von Projekten führt. Somit zeigt sich der direkte Nutzen eines Projekts, in dem neue technologische Pfade erschlossen werden, erst dann, wenn die erfolgversprechende Nische gefunden ist. Ein anderer Aspekt sind die extrem langen Innovationszyklen, bei denen von der Ideengenerierung bis zur erfolgreichen Kommerzialisierung in einem Produkt oder Prozess häufig mehr als zehn Jahre vergehen können.

Prozesswiederholung um wesentliche Aspekte der Strategiefindung, die in den ersten Phasen nicht realisiert werden konnten, erweitert werden sollte. Dabei handelt es sich zum einen um die kritische Reflexion der entwickelten Strategien. Bei intensiven Diskussionsprozessen zur Findung einer gemeinsam getragenen Entscheidung fällt allen Teilnehmern ein konstruktives Infragestellen der Ergebnisse schwer. Zum anderen war die Bereitschaft der Beteiligten, mögliche Abhängigkeiten im Rahmen der ersten Prozessphasen zu identifizieren, wenig ausgeprägt. Um einen Lock-in auf einem suboptimalen Technologiepfad vorzubeugen, sollten die Teilnehmer bei der Wiederholung die Quellen möglicher Abhängigkeiten kritisch analysieren und ggf. Strategien anpassen.⁶⁴⁰ Die Wiederholung sollte mit deutlichem Abstand zu einem definierten Zeitpunkt stattfinden oder mit dem Eintreten von signifikanten Veränderungen im Umfeld, wie z.B. beim Auftreten kritischer Ereignisse, durchgeführt werden. Um den Erfolg der Aktivitäten zu prüfen, sollten die in der fünften Phase definierten Kennzahlen genutzt werden. Das Ergebnis dieser Phase ist eine angepasste Strategie, die erneut in einer Roadmap visualisiert wird.

6.2 Typ 2: Vorausschau und Planung bei der Identifikation neuer Anwendungen für etablierte nicht beherrschte Technologien

Die zweite Variante des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist auf die Identifikation neuer Anwendungen für noch nicht beherrschte Technologien ausgerichtet. Gegenstand sind in bestimmten Bereichen etablierte Technologien, die ein Unternehmen in einen neuen Anwendungsbereich bringen möchte. Das Unternehmen verfügt über keine spezifischen Kompetenzen auf dem Gebiet Technologie. In der Regel bedeutet dies, dass das Unternehmen die Technologie noch nicht genutzt hat. Eine Übersicht der Inhalte einzelner Prozessphasen gibt Tabelle 15.

⁶⁴⁰ Vgl. Rip & Propp 2005 für eine ausführliche Darstellung der mit einem Lock-in einhergehenden Gefahren.

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
1. Analyse und Aufnahme der Ist-Situation	Welche Funktionen hat die neue Technologie und welchen Wissensstand hat das Unternehmen in Bezug auf die untersuchte Technologie?	<ul style="list-style-type: none"> •Beschreiben der Funktionalität der bestehenden Technologie •Identifikation der benötigten Kompetenzen für das Beherrschen der Technologie •Herausarbeitung des im Unternehmen verfügbaren Wissensstands 	<ul style="list-style-type: none"> •Kick-off-Workshop •interne Dokumente des Unternehmens (Studien, Reviews) •Datenbankanalysen (v.a. Patente, ggf. Publikationen und populärwissenschaftliche Quellen) •Analyse von Produkten und Prozessen bei Nutzern der Technologie •ggf. leitfadengestützte Interviews (mit unternehmensexternen Personen) •Dokumente über die Unternehmensstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> •relevante Kenntnisse des Unternehmens •benötigte Kompetenzen •Funktionalität der untersuchten Technologie
2. Analyse von Anwendungskontexten	Welche Anwendungskontexte sind vorstellbar und welche Einflussfaktoren kennzeichnen diese?	<ul style="list-style-type: none"> •Identifikation von Anwendungskontexten •detaillierte Beschreibung der Anwendungskontexte einschließlich von Geschäftsmodellen •Definition möglicher Positionen auf der Wertschöpfungskette sowie komplementärer Technologien •Identifikation von Konkurrenten 	<ul style="list-style-type: none"> •Datenbankanalysen (v.a. Patente, ggf. Publikationen) •Leitfadengespräche mit Experten innerhalb und außerhalb des Unternehmens •Workshops mit heterogener Teamzusammensetzung 	<ul style="list-style-type: none"> •mögliche Anwendungskontexte •Visualisierung in einer Roadmap mit Technologien und Anwendungen
3. Identifikation von Lücken der Technologieanwendung	Welche Lücken bestehen zwischen den Anwendungskontexten und dem Ist-Status des Unternehmens und welche Vorteile existieren gegenüber etablierten Technologien?	<ul style="list-style-type: none"> •Identifikation der Lücken zwischen Anwendungskontext und Ist-Status des Unternehmens •Identifikation möglicher Barrieren •Definition von kontextspezifischen Performanzkriterien und Kundennutzen •Bewertung von bisher im Anwendungskontext genutzten Technologien im Vergleich zur neuen Technologie •mögliche Patentpositionen 	<ul style="list-style-type: none"> •Interviews mit Fachexperten innerhalb des Unternehmens •Interviews mit Experten von außerhalb des Unternehmens, v.a. aus den identifizierten Anwendungskontexten •vertiefende Datenbankanalysen, v.a. Patente •Workshops mit Fachexperten aus unterschiedlichen Bereichen 	<ul style="list-style-type: none"> •Übersicht über die zu überwindenden Lücken •bewertete Konkurrenztechnologien •Anpassung der Roadmap

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
4. Identifikation alternativer Technologiepfade	Mit welchen Strategien können die identifizierten Lücken überwunden werden?	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung und Bewertung von Strategieoptionen • Konkretisierung der Konzepte für Produkte oder Geschäftsmodelle • Ermittlung des Risikos und Bewertung der Kosten des Kompetenzaufbaus • Bestimmung der Marktattraktivität • Diskussion der Strategieoptionen vor dem Hintergrund „kritischer Ereignisse“ • Konkurrenzanalysen • Identifikation möglicher Partnerschaften • Pilotkunden • Entwerfen eines „Zukunftsbildes“ des Unternehmens 	<ul style="list-style-type: none"> • Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern • Forecasting und Backcasting 	<ul style="list-style-type: none"> • bewertete Strategieoptionen • Partner und Konkurrenten für das Erschließen der Anwendungen • Visualisierung in einer vorläufigen Roadmap mit Technologien, Anwendungen und Produktkonzepten
5. Strategieentscheidung	Welche Anwendungen sollte das Unternehmen mit der Technologie erschließen?	<ul style="list-style-type: none"> • zeitliche Einordnung der Aktivitäten • Finden einer gemeinsam getragenen Entscheidung • Definition zukünftiger Entscheidungspunkte • Strategien für „kritische Ereignisse“ • Festlegen von Folgeaktivitäten für Kompetenzaufbau, Partner- und Kundenakquise • Definition von Verantwortlichkeiten • Erarbeiten von Kriterien für die Erfolgskontrolle der Strategie • ggf. Festlegung einer Patentstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> • Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern • Erstellen eines Abschlussdokuments 	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidung für eine oder mehrere Strategieoptionen • Erstellen der abschließenden Roadmap mit Technologien, Anwendungen, Produktkonzepten, Folgeaktivitäten und zeitlicher Einordnung • gemeinsames Zukunftsbild des Unternehmens

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
6. Evaluati- on und Wiederho- lung	Welche Verän- derungen und neue Erkennt- nisse beeinflus- sen die gewähl- te Strategie?	<ul style="list-style-type: none"> •kontinuierliches Beobachten des Umfelds •Erfolgskontrolle der Strategie •Hinterfragen der erarbeiteten Strategieoptionen •Erarbeiten neuer Strategieoptionen •Identifikation von aufkommenden Abhängigkeiten und Bewerten der Risiken eines Lock-ins 	<ul style="list-style-type: none"> •Verantwortlichkeit für die kontinuierliche Beobachtung definieren •Datenbankanalysen (Publikationen, Patente, populärwissenschaftliche Veröffentlichungen) •Interviews mit internen und externen Fachexperten •Workshops mit heterogenen Teams 	<ul style="list-style-type: none"> •Weiterverfolgen, Anpassen oder Verwerfen der gewählten Strategie

Tabelle 15: Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 2
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade für den Fall der Identifikation neuer Anwendungen für nicht beherrschte Technologien startet ebenfalls mit einer Analysephase. Gegenstand dieser Phase ist die Herausarbeitung eines Funktionspektrums der Technologie sowie des im Unternehmen vorhandenen Wissens über die Technologie. Die Prozessphase beginnt mit einem Kick-off-Workshop, an dem sowohl das Top-Management als auch relevante Fachexperten teilnehmen, um diese für die Vorgehensweise und die zu erwartenden Resultate zu sensibilisieren. In dem Treffen sind die Zielsetzungen für das Unternehmen zu definieren, so dass keine externen Teilnehmer einbezogen werden sollten. Um den Entwicklungsstand der Technologie zu untersuchen, bieten sich Recherchen in Publikationsdatenbanken an. Diese sollten insbesondere einen Rückschluss auf die benötigten Kompetenzen für die Anwendung der Technologie ermöglichen. Durch die Analyse von Patentdaten können zudem Aussagen über die Patentierungschancen und über mögliche Konkurrenztechnologien getroffen werden. Zusätzlich ist die Definition von Funktionen der Technologie vorzunehmen. Diese ist bedeutsam, um die Einsatzmöglichkeiten der Technologie im weiteren Verlauf des Prozesses zuverlässig einschätzen zu können.⁶⁴¹ Für die Definition von Kompetenzen und Funktionen bietet sich neben den oben genannten Recherchen die Analyse von Produkten und Prozessen, in die die Technologie einfließt, an. In diesem Zusammenhang können auch leitfadengestützte Interviews mit Technologienutzern durchgeführt werden. Für die Beschreibung der benötigten Kompetenzen sollte auf

⁶⁴¹ Vgl. Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:657ff.; vgl. Abell 1980:110ff.

eine Unterscheidung von „Assets“, d.h. finanzielles Kapital, Humankapital und physisches Kapital;⁶⁴² „Zero-Level Capabilities“, d.h. grundlegende Routinen für Geschäftsprozesse auf dem Gebiet des Managements von Organisation und Technologie⁶⁴³ sowie „Higher-Level Capabilities“, d.h. Fähigkeiten, die unabhängig von einzelnen Geschäftsfeldern und Technologien sind,⁶⁴⁴ zurückgegriffen werden. Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen ergab, dass ferner ein Abgleich mit der Strategie des Unternehmens vorgenommen werden sollte, um die Realisierungsmöglichkeiten der Technologie im Unternehmen zu prüfen. Die Ergebnisse dieser Phase bestehen in einer Gegenüberstellung von Kompetenzen und technologischen Funktionen. Vor dem Hintergrund des Wissensmanagements sollten die aufgearbeiteten Erkenntnisse strukturiert erfasst werden, um diese für spätere Aktivitäten nutzen zu können.⁶⁴⁵

Die Analyse von Anwendungskontexten dient der Bestimmung möglicher Einsatzgebiete der Technologie und dem Aufbau von Wissen über diese Gebiete. Bei der zweiten Variante der Vorausschau und Planung ist in dieser Phase eine ausgewogene Verteilung zwischen Identifikation und Beschreibung der Nutzungsmöglichkeiten anzustreben. Für die Suche nach Anwendungsmöglichkeiten können Patentketten untersucht werden, bei denen auf Basis der technologischen Funktionalität Patente gesucht werden und die zitierenden Patente Hinweise auf Anwendungsmöglichkeiten geben. Des Weiteren zeigt die Erfahrung aus der Zusammenarbeit mit den Pilotfirmen, dass heterogene Workshops viel Kreativität in Bezug auf mögliche Nutzungsgebiete von Technologien freisetzen. Da diese Variante in den Fallstudien nicht realisiert wurde, können über die Relevanz der Suche nach neuen Anwendungen nur beschränkt Aussagen getroffen werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sie dann zum Einsatz kommt, wenn Unternehmen Technologien in bereits besetzte Geschäftsfelder transferieren möchten. Vor allem bei der Beschreibung langfristiger Nutzungsgebiete sollten Anwendungskontexte formuliert werden, um den Technologieeinsatz vorstellbar zu machen.⁶⁴⁶ In den durchgeführten Fallstudien hat sich die Beschreibung anhand von Akteuren, Institutionen, Artefakten und Wissen bewährt, um die Umfeldern umfassend zu charakterisieren. In diesem Zusammenhang können ebenfalls Konkurrenten und Konkurrenztechnologien sowie Implikationen für Geschäftsmodelle beschrieben werden. Im Anschluss an die durchzuführenden Workshops, an denen vor allem Experten, die Kenntnisse über ein breites Spektrum von Industrien besitzen, teilnehmen sollten, sind

⁶⁴² Vgl. Teece, Pisano & Shuen, 1997:516; Hall 1993:608f.

⁶⁴³ Vgl. Burr 2004:123ff.; Winter 2003:992f.; Amit & Schoemaker 1993:35f.; Hall 1993:609ff.

⁶⁴⁴ Vgl. Teece, Pisano & Shuen 1997:523f.; Leonard-Barton 1992:118ff.

⁶⁴⁵ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:25ff.

⁶⁴⁶ Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen, & de Boevere 2007:3; Day & Schoemaker 2000:21; Veryzer 1998:317; Chiesa & Manzini 1998:115.

vertiefende Interviews für die Beschreibung der Anwendungen mit Experten für diese Gebiete zu führen. Vor allem wenn das Unternehmen nur über wenige Kenntnisse der Anwendung verfügt, sollte in diesem Zusammenhang auf unternehmensexterne Kompetenzträger zurückgegriffen werden. Das Ergebnis dieser Phase verschiedene Optionen für eine zukünftige Nutzung der Technologie, die aus Gründen der Dokumentation in einer Roadmap visualisiert werden.

Bei der Beschreibung von Lücken der Technologieanwendung findet ein Vergleich zwischen dem Ist-Status des Unternehmens (1. Prozessphase) und den zukünftigen Anwendungskontexten (2. Prozessphase) statt. Ziel dieser Phase ist es, die zu lösenden Probleme der Technologieanwendung zu identifizieren. Wird unterstellt, dass diese Variante der Vorausschau und Planung vor allem angewendet wird, wenn Firmen neue Technologien in bereits besetzte Märkte transferieren möchten, ist davon auszugehen, dass die spezifischen Lücken gut bekannt sind. Insofern können verschiedene Aufgaben der ersten Variante, z.B. die Definition einer Position auf der Wertschöpfungskette, tendenziell zurückgestellt werden. Allerdings sollte die Beschreibung der Anwendungskontexte anhand von Akteuren, Wissen, Artefakten und Institutionen dafür genutzt werden, diese systematisch auf die Passfähigkeit der neuen Technologie (z.B. mit Sicht auf die existierenden Geschäftsmodelle) zu untersuchen. Zur Bestimmung der Lücken sollten Interviews mit Experten für die jeweiligen Anwendungen geführt werden (v.a. Techniker, Vertriebsmitarbeiter, After-Sales-Mitarbeiter), die außerhalb oder innerhalb des Unternehmens angesiedelt sein können. Vor allem bei gut bekannten Anwendungen ist ein Vergleich der Technologien anzustreben. Zu diesem Zweck sollten die Teilnehmer kontextspezifische Performanzkriterien sowie ggf. den Kundennutzen einer technischen Lösung definieren und anderen Technologien gegenüberstellen. In diesem Zusammenhang sollte mindestens ein Workshop durchgeführt werden. Neben einer Dokumentation von Lücken sowie möglichen Barrieren einer erfolgreichen Technologienutzung sollten die Patentierungsmöglichkeiten und Patentpositionen auf Basis der in den vorangegangenen Phasen durchgeführten Analysen beurteilt werden.⁶⁴⁷

Die Phase der Identifikation alternativer Technologiepfade bildet die Vorbereitung der Strategieentscheidung. Bei der Vorausschau und Planung für den Transfer von etablierten aber nicht beherrschten Technologien in neue Anwendungsbereiche sollte eine Vielzahl unterschiedlicher Wege zu einem Anwendungskontext formuliert werden, um der Unsicherheit der Technologieentwicklung zu begegnen. Bei diesen Wegen kann es sich beispielsweise um unterschiedliche Geschäftsmodelle oder Positionierungen auf

⁶⁴⁷ Für Untersuchungen über die Patentierungsmöglichkeiten von neuen Technologien, z.B. durch Demonstratorpatente vgl. Delemarle & Larédo 2006:133ff.

der Wertschöpfungskette handeln. Falls die Technologie nicht ausschließlich in einem bekannten Nutzungsumfeld eingesetzt werden soll, sind durch das Unternehmen außerdem Wege zu verschiedenen Anwendungen zu entwickeln. Dabei sind auch Konkurrenten und mögliche Partner in den Anwendungskontexten zu ermitteln. Je etablierter die Anwendungskontexte sind, umso wichtiger ist weiterhin die Bestimmung und Bewertung der Marktattraktivität (Volumen, Wachstum), beispielsweise auf Basis von Technologieportfolios.⁶⁴⁸ Methodisch wird die Strategiefindung durch eine Verknüpfung von Forecasting und Backcasting unterstützt. Um tatsächliche Handlungsspielräume des Unternehmens besser einschätzen zu können, kann die Erarbeitung von Zukunftsvisionen für das Unternehmen genutzt werden. Das zu entwickelnde Bild sollte unterschiedliche Kompetenzen umfassen, über die das Unternehmen zukünftig verfügen sollte.⁶⁴⁹ Auf Basis der ermittelten Marktattraktivität und der Kompetenzanalyse sollte anschließend eine monetäre Bewertung der Kosten-Nutzen-Relation über Realoptionen durchgeführt werden.⁶⁵⁰ Für die als attraktiv eingeschätzten Anwendungskontexte sollte das Zukunftsbild zudem für die kritische Auseinandersetzung mit den bestehenden Unternehmensstrukturen genutzt werden. Zusätzlich sollte anhand möglicher „kritischer Ereignisse“, die eine Entwicklungsrichtung gefährden würden, eine Reflexion der unterschiedlichen Strategieoptionen erfolgen.⁶⁵¹ Vor dem Hintergrund eines effizienten Kommerzialisierungsprozesses sollten die Strategien auf ein schnelles Lernen bzw. ein schnelles Scheitern bei ausbleibendem Erfolg ausgerichtet sein.⁶⁵² Neben der Beteiligung von Technologie- und Anwendungsexperten ist die Partizipation des Top-Managements bei der Phase der Strategiefindung von Bedeutung, um ein Commitment zu erhalten und das vorhandene Erfahrungswissen bestmöglich zu integrieren. Die Ergebnisse der vierten Phase werden in einer Roadmap visualisiert.

Die Phase der Strategieentscheidung ist darauf ausgerichtet, eine gemeinsam getragene Unternehmensentscheidung über die zu verfolgenden Technologiepfade zu treffen. Um einen Konsens herbeizuführen wird ein Workshop durchgeführt, in dem eine Roadmap entwickelt wird, die Technologien, Anwendungskontexte und nach Möglichkeit Produktkonzepte umfasst. Die Diskussion über die Visualisierung löst einen Konsensstiftenden Prozess aus, der ein gemeinsames Verständnis der Teilnehmer beför-

⁶⁴⁸ Vgl. Gerpott 2005:67ff.; Gerybadze 2004:155ff.; Pfeiffer 1991:204ff.

⁶⁴⁹ Dabei sollte ebenfalls eine Unterscheidung zwischen Assets, Zero-level Capabilities und Higher-level Capabilities vorgenommen werden. Für den Kompetenzaufbau in neuen Technologiefeldern vgl. McDermott & Coates 2007:348f.; Danneels 2002:1102ff.

⁶⁵⁰ Vgl. MacMillan, van Putten, McGrath & Thompson 2006:30ff.; Perlit, Peske & Schrank 1999:256ff.

⁶⁵¹ Vgl. Kets, Burger & de Zoeten-Dartenset 2003:10ff.

⁶⁵² Vgl. Bessant, Lamming, Hannah & Phillips 2005:1373; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Day & Schoemaker 2000:21.

dert.⁶⁵³ An dem Treffen nehmen unterschiedliche Experten und Entscheidungsträger teil. Die Anzahl der entwickelten strategischen Optionen ist in der Regel geringer als bei der ersten Variante, da die Unsicherheit der Entwicklung – v.a. beim Adressieren bekannter Anwendungen – weniger hoch ist. Die Strategien sollten darauf ausgerichtet sein, potenzielle Pilotkunden und weitere Kundengruppen für die Nutzung der Technologie zu gewinnen und aussichtsreiche Patentpositionen zu besetzen. In diesem Zusammenhang kommt Signalen, mit denen die Eigenschaften einer Technologie kommuniziert werden können, eine besondere Bedeutung zu.⁶⁵⁴ Dabei kann es sich beispielsweise um Demonstratoren oder Prototypen handeln. Das Unternehmen sollte bei der Festlegung der Strategie Entscheidungspunkte definieren, bei denen der Wechsel, die Weiterverfolgung oder der Abbruch einer Entwicklungslinie zu prüfen ist.⁶⁵⁵ Eine weitere Problemstellung bei dem Transfer von etablierten durch das Unternehmen nicht beherrschten Technologien in neue Anwendungen liegt im Strategiecontrolling.⁶⁵⁶ Kriterien für eine Bewertung des Strategieerfolgs könnten beispielsweise die Anzahl der Technologien, die in der Umsetzungsphase erprobt wurden, die entsprechende Anzahl neuer Märkte und Anwendungen, die Verbesserung der technologischen Performanz (ebenso Qualität und Zuverlässigkeit) mit Sicht auf die Leistungsmerkmale der Zielanwendungen, die Zahl neu beantragter Patente, die Anzahl von Kooperationen und Projekten mit anderen Forschungspartnern, der Marktanteil oder die verkauften Stückzahlen sein. Auch für den Fall des Technologietransfers in neue Anwendungen besteht Forschungsbedarf bei der Identifikation geeigneter Kriterien für die Evaluation von Strategien. Das Ergebnis der Phase besteht in einer im Konsens entwickelten Roadmap, die Ziele für den Aufbau technologiespezifischer Kompetenzen oder ggf. für zu verkaufende Stückzahlen enthält.

Im Rahmen der Wiederholung des Prozesses erfolgt die Kontrolle und Anpassung der entwickelten Strategie. Es werden neue Informationen durch den Prozessverantwortlichen gesammelt und dokumentiert. Diese Informationen können sich beispielsweise auf neue konkurrierende oder komplementäre Technologien, das Scheitern bestimmter technischer Vorhaben, die Identifikation neuer Anwendungsmöglichkeiten oder das Scheitern einer Strategie beziehen. Der Prozess-Owner leitet die Informationen weiter und veranlasst gegebenenfalls die Ausrichtung weiterer Workshops. Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen machte deutlich, dass die letzte Prozessphase um die Reflexion von Strategien und die Identifikation von Abhängigkeiten erweitert werden

⁶⁵³ Vgl. Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004:300; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:157; Walsh 2004:175.

⁶⁵⁴ Vgl. Speith 2004:25f.; Wieandt 1994:61ff.

⁶⁵⁵ Vgl. Strauss & Radnor 2004:55ff.

sollte. Den Teilnehmern fällt bei intensiven Diskussionsprozessen im Rahmen der Entscheidungsfindung ein konstruktives Infragestellen der Ergebnisse schwer, so dass dieses in der Wiederholungsphase durchgeführt werden sollte. Die Bereitschaft der Beteiligten, mögliche Pfadabhängigkeiten der Strategie zu identifizieren, war ebenfalls wenig ausgeprägt.⁶⁵⁷ Aus diesem Grund sollten bei der Wiederholung die Ursachen möglicher Abhängigkeiten kritisch analysiert und ggf. günstigere Technologiepfade gewählt werden. Um den Erfolg der gewählten Strategien und Einzelmaßnahmen zu evaluieren, sollten die in der fünften Phase definierten Kennzahlen geprüft werden. Bei dem Prozessschritt der Wiederholung können erneut Workshops sowie Interviews durchgeführt werden. Bei erheblichen Veränderungen sollte die zuvor entwickelte Roadmap überarbeitet werden.

6.3 Typ 3: Vorausschau und Planung bei der Identifikation neuer Anwendungen für etablierte beherrschte Technologien

Gegenstand der dritten Variante der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade sind in bestimmten Bereichen etablierte Technologien, die ein Unternehmen in einen neuen Anwendungsbereich transferieren möchte. Das Unternehmen verfügt über umfangreiche Erfahrungen mit dieser Technologie und verfolgt das Ziel, aktiv neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen. Zentrale Inhalte der einzelnen Prozessphasen sind in Tabelle 16 skizziert.

⁶⁵⁶ Vgl. hierzu die Ansatzpunkte von Danila (1989:279ff.) Strauss und Radnor (2004:55ff.).

⁶⁵⁷ Vgl. Rip & Propp 2005 für eine erste Diskussion der Risiken von Lock-ins der Technologieentwicklung auf der Branchenebene.

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
1. Analyse und Aufnahme der Ist-Situation	Welchen Wissensstand hat das Unternehmen in Bezug auf die untersuchte Technologie?	<ul style="list-style-type: none"> •Beschreibung der Funktionalität der bestehenden Technologie und Definition der Erweiterbarkeit des Funktionsspektrums •Identifikation der benötigten Kompetenzen für das Beherrschen der Technologie •Identifikation relevanter Abteilungen und Personen im und außerhalb des Unternehmens (v.a. technische Experten) •Identifikation relevanter Umfeldtrends 	<ul style="list-style-type: none"> •Kick-off-Workshop •leitfadengestützte Interviews •interne Dokumente des Unternehmens (Studien, Reviews) •Analyse bestehender Produkte und Prozesse des Unternehmens, Benchmarking •ggf. Datenbankanalysen (Publikationen, populärwissenschaftliche Quellen) •Dokumente über die Unternehmensstrategie 	<ul style="list-style-type: none"> •Ist-Status der Kenntnisse und Kompetenzen des Unternehmens •Erweiterbarkeit der Funktionalität der betrachteten Technologie
2. Analyse von Anwendungskontexten	Welche Anwendungskontexte sind vorstellbar und welche Einflussfaktoren kennzeichnen diese?	<ul style="list-style-type: none"> •Identifikation von Anwendungskontexten •detaillierte Beschreibung der Anwendungskontexte •Identifikation komplementärer Technologien 	<ul style="list-style-type: none"> •Datenbankanalysen (v.a. Patente) •leitfadengestützte Interviews mit Fachexperten im Unternehmen •Leitfadengespräche mit Experten außerhalb des Unternehmens •Workshops mit heterogener Teamzusammensetzung 	<ul style="list-style-type: none"> •mögliche Anwendungskontexte •Visualisierung in einer Roadmap mit Technologien und Anwendungen, grobe zeitliche Einordnung •Ideen für Geschäftsmodelle und Produktkonzepte

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
3. Identifikation von Lücken der Technologieanwendung	Welche Lücken bestehen zwischen den Anwendungskontexten und dem Ist-Status des Unternehmens und welche Vorteile existieren gegenüber etablierten Technologien?	<ul style="list-style-type: none"> • Definition möglicher Positionen auf der Wertschöpfungskette • Identifikation von Lücken und Barrieren zwischen Anwendungskontext und Ist-Status des Unternehmens, v.a. mit Sicht auf benötigte Kompetenzen • Definition kontextspezifischer Performanzkriterien • Bewertung von bisher im Anwendungskontext genutzten Technologien im Vergleich zur neuen Technologie • Definition möglicher Patentpositionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Interviews mit Fachexperten innerhalb des Unternehmens • Interviews mit Experten von außerhalb für die Anwendungskontexte des Unternehmens • Workshops mit Fachexperten aus unterschiedlichen Bereichen • vertiefende Datenbankanalysen, v.a. Patente 	<ul style="list-style-type: none"> • Übersicht über die zu überwindenden Lücken • bewertete Konkurrenztechnologien • Anpassung der Roadmap
4. Identifikation alternativer Technologiepfade	Mit welchen Strategien können die identifizierten Lücken überwunden werden?	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung und Bewertung von Strategieoptionen • Konkretisierung der Konzepte für Produkte oder Geschäftsmodelle • Bestimmung der Marktattraktivität • Analyse von Risiko und Kosten • Diskussion der Strategieoptionen vor dem Hintergrund „kritischer Ereignisse“ • Konkurrenzanalysen • Identifikation möglicher Partnerschaften • Pilotkunden • Entwerfen eines „Zukunftsbildes“ des Unternehmens 	<ul style="list-style-type: none"> • Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern • Forecasting und Backcasting • ggf. Definition von „Zwischen-Zuständen“ 	<ul style="list-style-type: none"> • bewertete Strategieoptionen • Visualisierung in einer vorläufigen Roadmap mit Technologien, Anwendungen und Produktkonzepten • Konkurrenten

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Phase	Leitfrage	Gegenstand	methodisches Vorgehen	Ergebnisse
5. Strategieentscheidung	In welche neuen Anwendungskontexte sollte das Unternehmen die beherrschte Technologie transferieren?	<ul style="list-style-type: none"> •Finden einer gemeinsam getragenen Entscheidung •Definition zukünftiger Entscheidungspunkte •Strategien für „kritische Ereignisse“ •Festlegen von Folgeaktivitäten für Kunden- und Partnerakquise •Definition von Verantwortlichkeiten •zeitliche Einordnung von Aktivitäten 	<ul style="list-style-type: none"> •Workshops mit Fachexperten und Entscheidungsträgern •Erstellen eines Abschlussdokuments 	<ul style="list-style-type: none"> •Entscheidung für eine oder mehrere Strategieoptionen •Erstellen der abschließenden Roadmap mit Technologien, Anwendungen, Produktkonzepten, Folgeaktivitäten und zeitlicher Einordnung •gemeinsames Zukunftsbild des Unternehmens •verabschiedeter Maßnahmenkatalog
6. Evaluation und Wiederholung	Welche Veränderungen und neue Erkenntnisse beeinflussen die gewählte Strategie?	<ul style="list-style-type: none"> •kontinuierliches Beobachten des Umfelds •Erfolgskontrolle der Strategie •Hinterfragen der erarbeiteten Strategieoptionen •Erarbeiten neuer Strategieoptionen •Identifikation von aufkommenden Abhängigkeiten und Bewerten der Risiken eines Lock-ins 	<ul style="list-style-type: none"> •Verantwortlichen für das kontinuierliche Beobachten definieren •Datenbankanalysen (Publikationen, Patente, populärwissenschaftliche Veröffentlichungen) •Interviews mit internen und externen Fachexperten •Workshops mit heterogenen Teams 	<ul style="list-style-type: none"> •Weiterverfolgen, Anpassen oder Verwerfen der gewählten Strategie

Tabelle 16: Spezifisches Vorgehen für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade bei Typ 3
[Quelle: eigene Darstellung]

Die Ist-Analyse bildet den Ausgangspunkt der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade für den Fall der Identifikation neuer Anwendungen für beherrschte Technologien. Ziel dieser Phase ist es, das im Unternehmen vorhandene Wissen über die untersuchte Technologie zu erfassen und Weiterentwicklungsoptionen – z.B. Erweiterungen des Funktionsspektrums – der technologischen Lösung zu bestimmen. Die

Phase startet mit einem Kick-off-Workshop, an dem die wesentlichen Stakeholder aus dem Unternehmen partizipieren sollten. Die Erfahrung aus den durchgeführten Fallstudien hat gezeigt, dass zum Teil bereits Aktivitäten bestehen, die jedoch nicht miteinander vernetzt, d.h. den Organisationsangehörigen zum Teil unbekannt sind. Insofern kann das erste Treffen auch dazu genutzt werden, weitere relevante Personen im Unternehmen zu ermitteln. Ein zentrales Motiv der ersten Prozessphase bei dieser Variante ist die Definition der technologischen Funktionalität, um eine Beurteilung von Einsatzmöglichkeiten der Technologie vorzunehmen.⁶⁵⁸ Hierzu bietet sich die Durchführung von Interviews mit Forschern und Prozessentwicklern an, bei denen zusätzlich Erweiterungen des Funktionsspektrums ermittelt werden können. Ebenso sollten bestehende Produkte und Prozesse des Unternehmens, in denen die Technologie verwendet wird, analysiert werden. Eine weitere methodische Unterstützung in dieser Phase bieten Datenbankrecherchen. Bei der Analyse von wissenschaftlichen Veröffentlichungen kann nutzbares Wissen identifiziert werden, um die Technologie gezielt weiter zu entwickeln. Um den in den Fallstudien kritisierten „Information Overload“ zu reduzieren, sollte sich diese Analyse auf das untersuchte Technologiefeld beschränken und „Randthemen“ innerhalb des Feldes aufspüren.⁶⁵⁹ Zusätzlich können populärwissenschaftliche Dokumente Hinweise auf langfristige Trends enthalten, die mit der Technologie adressiert werden können. Neben der Technologieperspektive können in dieser Phase die benötigten Kompetenzen auf Basis der Unterscheidung von „Assets“, „Zero-Level Capabilities“ sowie „Higher-Level Capabilities“ ermittelt werden.⁶⁶⁰ Die Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen ergab, dass die Akzeptanz für eine Technologie im Unternehmen über eine Spiegelung an der Unternehmensstrategie geprüft werden kann. Die Erfahrungen aus den Fallstudien zeigen, dass im Rahmen der Vorausschau und Planung ein kontinuierliches Wissensmanagement erfolgen sollte, um die aufgearbeiteten Erkenntnisse strukturiert zu erfassen und Doppelarbeiten zu vermeiden.⁶⁶¹

In der zweiten Prozessphase werden Anwendungskontexte, in denen die Technologie eingesetzt werden könnte, bestimmt. Ebenso wie in der ersten Variante der Vorausschau und Planung liegt der Fokus dieser Phase auf der Identifikation von Anwendungsmöglichkeiten. Ihre detaillierte Beschreibung ist in der Regel bei unbekanntem Feldern erst später im Prozess möglich. Für die Suche nach Anwendungsmöglichkei-

⁶⁵⁸ Vgl. Moncada-Paternò-Castello, Rojo, Bellido, Fiore & Tübke 2003:657ff.; vgl. Abell 1980:110ff.

⁶⁵⁹ Hierzu können beispielsweise Softwarelösungen genutzt werden, um die unterschiedlichen Publikationen grafisch aufzuarbeiten und so die Analyse zu erleichtern.

⁶⁶⁰ Vgl. Burr 2004:123ff.; Teece, Pisano & Shuen, 1997:516; Hall 1993:608f.; Amit & Schoemaker 1993:35f.

⁶⁶¹ Vgl. Weissenberger-Eibl 2006:25ff.

ten können Patentketten genutzt werden, bei denen auf Basis der technologischen Funktionalität Patente gesucht werden und die zitierenden Patente Hinweise auf Anwendungsmöglichkeiten geben. Des Weiteren zeigt die Erfahrung aus der Zusammenarbeit mit den Pilotfirmen, dass heterogen besetzte Workshops Kreativität in Bezug auf die Identifikation möglicher Nutzungsgebiete von Technologien ermöglichen. Dabei sollten Nutzungsgebiete nicht in Interviews sondern erst in Workshops besprochen werden, um einer frühzeitigen Fixierung einzelner Teilnehmer vorzubeugen. Für die Beschreibung der gefundenen Gebiete hat sich das Konzept des Anwendungskontexts bewährt, das Akteure, Institutionen, Artefakte und Wissen unterscheidet, um eine strukturierte Analyse zu ermöglichen. Die positiven Erfahrungen mit einer breiten Sicht auf Anwendungsfelder – ohne konkrete Produkte zu definieren – bestätigt die in der Literatur dokumentierten Erfahrungen mit der Vorausschau und Planung in sehr dynamischen Feldern.⁶⁶² Die in dieser Phase einbezogenen Personen sollten mit einem breiten Spektrum an Branchen und Geschäftsmodellen vertraut sein, um fundierte Aussagen über verschiedene Anwendungsgebiete treffen zu können. Verfügt das Unternehmen über wenige Kenntnisse der Anwendung, ist nach Möglichkeit auf unternehmensexterne Kompetenzträger zurückzugreifen. Nach der Erfahrung in den Fallstudien lassen sich in dieser Phase auch erste Ideen für mögliche Geschäftsmodelle generieren. Das Ergebnis des Prozessschritts sollten verschiedene Optionen für eine zukünftige Nutzung der Technologie sein, die zusammen mit dem Ausblick auf die Funktionsentwicklung der Technologie (vgl. 1. Phase) in einer Roadmap dokumentiert werden.

Die dritte Phase der Gap-Analyse stellt die Ergebnisse der Ist-Analyse, d.h. insbesondere die technologischen Entwicklungsmöglichkeiten und die identifizierten Anwendungskontexte systematisch gegenüber. Das Ziel der Phase besteht darin, die zu lösenden Probleme der Technologieanwendung herauszuarbeiten. Aufgrund der positiven Erfahrungen in den Pilotunternehmen wird auf die Beschreibung der Anwendungskontexte anhand von Akteuren, Wissen, Artefakten und Institutionen zurückgegriffen. Vor allem bei einer großen Anzahl von Anwendungskontexten konnte diese Analyse in den Fallstudien durch die Definition möglicher Positionen auf einer antizipierten Wertschöpfungskette erleichtert werden.⁶⁶³ Zur Bestimmung der Lücken sollten Interviews mit unterschiedlichen Experten geführt werden (v.a. Forscher, Techniker, Vertriebsmitarbeiter, After-Sales-Mitarbeiter), die außerhalb oder innerhalb des Unternehmens angesiedelt sein können. In diesem Zusammenhang sollten für die einzelnen Anwendun-

⁶⁶² Vgl. van den Hende, Schoormans, Morel, Lashina, van Loenen, & de Boevere 2007:3; Day & Schoemaker 2000:21; Veryzer 1998:317; Chiesa & Manzini 1998:115.

⁶⁶³ In den betrachteten Fällen erfolgte erst im Rahmen der Suche nach Gaps eine detaillierte Beschreibung von Nutzungsumfeldern (vgl. Phase 2), was aus Gründen der Effizienz jedoch sinnvoll erscheint.

gen kontextspezifische Performanzkriterien der Technologie definiert und den etablierten Technologien gegenübergestellt werden. Das Ergebnis dieser Phase stellt daher eine vergleichende Bewertung alternativer technologischer Lösungen sowie die Dokumentation von Lücken und Barrieren auf dem Weg zu einer erfolgreichen Technologie-nutzung dar. Ausgehend von den in den vorangegangenen Phasen durchgeführten Patentanalysen kann ebenfalls eine Einschätzung der Patentattraktivität einzelner Anwendungskontexte vorgenommen werden.⁶⁶⁴

Bei der Identifikation alternativer Technologiepfade findet die Vorbereitung der Strategieentscheidung statt. In den Fallstudien kamen zwei unterschiedliche Ansätze für die Bestimmung einer Vielzahl möglicher Wege vor. Zum einen wurden unterschiedliche Wege zu einem Anwendungskontext – z.B. alternative Geschäftsmodelle oder Positionierungen auf der Wertschöpfungskette – formuliert. Zum anderen erfolgte die Definition von Wegen zu mehreren Anwendungskontexten. Die Verknüpfung von Forecasting und Backcasting unterstützt die Formulierung dieser strategischen Pfade. Veröffentlichungen zur Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade legen nahe, dass die Strategien auf ein schnelles Lernen bzw. ein schnelles Scheitern bei ausbleibendem Erfolg ausgerichtet sein sollten, um den Ressourceneinsatz zu optimieren.⁶⁶⁵ Über zukünftige Bilder des Unternehmens kann außerdem eine strukturierte Auseinandersetzung mit den benötigten Strukturen und Kompetenzen, die für den Erfolg in einer Anwendung benötigt werden, erfolgen.⁶⁶⁶ Bei sehr langfristigen Strategien können die Pfade um „Zwischenzustände“ ergänzt werden, um die Zielpunkte der Aktivitäten deutlicher herauszustellen. Von Bedeutung ist weiterhin die Bestimmung und Bewertung der Attraktivität von Anwendungen (z.B. Volumen, Wachstum), beispielsweise auf Basis von spezifischen Technologieportfolios.⁶⁶⁷ Dabei sind auch Konkurrenten und mögliche Partner in den Anwendungskontexten zu ermitteln. Die Beteiligung von Technologie- und Anwendungsexperten ist durch Teilnehmer aus dem Top-Management zu ergänzen, um das Commitment der Führungsebene zu gewinnen und das vorhandene Erfahrungswissen zu nutzen. Die Ergebnisse der vierten Phase werden in einer Roadmap visualisiert.

⁶⁶⁴ Für Untersuchungen über die Patentierungsmöglichkeiten von neuen Technologien, z.B. durch Demonstratopatente vgl. Delemaire & Larédo 2006:133ff.

⁶⁶⁵ Vgl. Bessant, Lamming, Hannah & Phillips 2005:1373; Mendonça, Pina e Cunha, Kaivo-oja & Ruff 2004:209; Day & Schoemaker 2000:21.

⁶⁶⁶ Dabei sollte ebenfalls eine Unterscheidung zwischen Assets, Zero-level Capabilities und Higher-level Capabilities vorgenommen werden. Für den Kompetenzaufbau in neuen Technologiefeldern vgl. McDermott & Coates 2007:348f.; Danneels 2002:1102ff.

⁶⁶⁷ Vgl. Gerpott 2005:67ff.; Gerybadze 2004:155ff.; Pfeiffer 1991:204ff.

Das Ergebnis der Phase der Strategieentscheidung ist eine gemeinsam getragene Unternehmensentscheidung über die zu verfolgenden Technologiepfade. Die Strategien sollten darauf ausgerichtet sein, Pilotkunden und weitere Kundengruppen für die Nutzung der Technologie zu gewinnen und Kontakte in den Anwendungskontexten aufzubauen. Um einen Konsens zwischen den am Prozess beteiligten Stakeholdern zu erzielen, wird ein Roadmapping-Workshop durchgeführt. Die Diskussion über die Visualisierung in einer Roadmap, die Technologien, Anwendungskontexte und nach Möglichkeit Produktkonzepte umfasst, löst einen konsensstiftenden Prozess aus, der ein gemeinsames Verständnis der Teilnehmer befördert.⁶⁶⁸ Das Unternehmen sollte bei der Festlegung der Strategie Entscheidungspunkte definieren, bei denen die gewählte Strategie erneut zu überprüfen ist.⁶⁶⁹ Des Weiteren sollte das Controlling der entwickelten Strategien vorbereitet werden. Kriterien für eine Bewertung des Strategieerfolgs könnten beispielsweise die Anzahl neuer Märkte und Anwendungen, in denen die Technologie getestet wurde, die Erweiterung des Funktionsspektrums sowie die Performance mit Sicht auf die Leistungsmerkmale der Zielanwendungen, die Anzahl von Personen (innerhalb und außerhalb des Unternehmens), mit denen die Idee für einen neuen technologische Pfad diskutiert wurde, die Anzahl der fachlichen Hintergründe und Branchenzugehörigkeiten der involvierten Personen, der Marktanteil oder die verkauften Stückzahlen sein. Die Maßnahmen und Verantwortlichkeiten sollten darauf ausgerichtet sein, die Technologie in möglichst vielen Anwendungsfeldern zu erproben.

Im Rahmen der Wiederholung des Prozesses erfolgt die Kontrolle und Anpassung der entwickelten Strategie. Diese Phase ist für die drei Varianten der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade weitgehend identisch. Es werden durch den Prozessverantwortlichen neue Informationen erhoben und dokumentiert. Der Prozess-Owner leitet die Informationen – z.B. über neue konkurrierende oder komplementäre Technologien, das Scheitern von Entwicklungsvorhaben, die Identifikation neuer Anwendungsmöglichkeiten oder das Scheitern einer Strategie – an die übrigen beteiligten Experten weiter und veranlasst gegebenenfalls die Ausrichtung von Workshops. Die Wiederholungsphase wird um die konstruktive Infragestellung der Ergebnisse sowie die Bewertung von Pfadabhängigkeiten der Strategie ergänzt.⁶⁷⁰ Um den Erfolg der gewählten Strategien und Einzelmaßnahmen zu evaluieren, werden die in der fünften Phase definierten Kennzahlen angewendet. Das Ergebnis dieser Phase ist falls not-

⁶⁶⁸ Vgl. Technology Futures Analysis Methods Working Group 2004:300; Kostoff, Boylan & Simmons 2004:157; Walsh 2004:175.

⁶⁶⁹ Vgl. Strauss & Radnor 2004:55ff.

⁶⁷⁰ Vgl. Rip & Propp 2005 für eine ausführliche Darstellung der mit einem Lock-in einhergehenden Gefahren.

6 Erweiterung des ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

wendig eine unveränderte oder angepasste Strategie. Bei erheblichen Veränderungen sollte diese in einer neuen bzw. überarbeiteten Roadmap visualisiert werden.

7 SCHLUSSBETRACHTUNG

In diesem Kapitel findet die Schlussbetrachtung der Arbeit statt. Diese umfasst auf der einen Seite eine Zusammenfassung der zentralen Aussagen und Ergebnisse. Auf der anderen Seite werden die Grenzen der Untersuchung aufgezeigt und weiterer Forschungsbedarf definiert.

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Kernziel dieser Arbeit bestand in der Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes für die Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Diese übergeordnete Zielsetzung konnte durch das gewählte Vorgehen erreicht werden. Der Ansatz integriert und konkretisiert erfolgreich verschiedene inhaltliche Leitlinien der Vorausschau und Planung. Die Anwendung eines Rahmens von Einflussfaktoren auf der Ebene von Gesellschaft, technologiebasiertem Innovationssystem und Unternehmen ermöglicht die systematische und strukturierte Erfassung dieser Faktoren in der Vorausschau und Planung. Die entwickelte und validierte Ablauf- und Aufbauorganisation des Ansatzes stellt eine effiziente Anwendung und Umsetzung in Unternehmen sicher.

Auf dem Weg zu diesem Hauptziel konnten verschiedene Teilziele der Arbeit erreicht werden. Eine theoretische Zielsetzung lag in dem Einbringen von Erkenntnissen der Innovationsforschung in die methodische Diskussion der Vorausschau und Planung. Die Aufarbeitung der vorhandenen Ansätze verdeutlichte die wenig verbreitete Nutzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen über den Innovationsprozess. Die überwiegende Anzahl dieser Konzepte basiert auf einem linearen Innovationsverständnis, das für die hochdynamische und komplexe Situation der Pfadentstehung unzureichend ist. Mit der Integration von Gedanken aus der Pfadforschung sowie der Innovationssystem-Analyse stellt diese Arbeit ein theoretisch und empirisch validiertes Modell bereit, das einen Ausgangspunkt für die Konzeption von Ansätzen der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade bilden kann. An dieser Stelle zeigt sich auch ein Mangel der bestehenden Definitionen von Vorausschau- und Planungsprozessen. Diese werden in der Regel als lineare Prozesse betrachtet. Die Fallstudien in dieser Arbeit haben jedoch gezeigt, dass das Vorgehen sehr iterativ ist. Eine weitere theoretische Zielsetzung bestand einerseits in der Definition eines Kernbereichs von Aufgaben, den die Vorausschau und Planung bei der Entstehung neuer Technologien erfüllen sollte und andererseits in der Herausarbeitung eines Sets von Charakteristika für erfolgreiche Strategien in diesen Situationen. Diese Aspekte wurden unter dem Begriff der inhaltli-

chen Leitlinien zusammengefasst. Die Auswertung der vorhandenen Ansätze ergab mehrere zentrale Leitlinien. In der Zusammenarbeit mit den Pilotunternehmen wurde dieses Set von Leitlinien angepasst. Die Aufgaben der Vorausschau und Planung umfassen die Schaffen eines gemeinsamen Verständnisses zwischen den Teilnehmern, die Erarbeitung von Visionen, die Antizipation von Entwicklungen, die Ermöglichung von Kreativität und Lernen, die Identifikation von schwachen Signalen, das systematische Reflektieren der Ergebnisse, die Evaluation der Tragfähigkeit eines Pfades durch ein Unternehmen und die Betrachtung des technologiespezifischen Risikos. Zentrale Charakteristika erfolgreicher Strategien sind die gleichzeitige Realisierung von Flexibilität und Konkretisierung, die Definition von Zwischenzuständen, der Entwurf langfristiger Handlungskonzepte und die Festlegung von Entscheidungspunkten, die zukünftige Handlungen durch das Unternehmen auslösen. Schließlich lag eine theoretische Zielstellung dieser Arbeit darin, die Methodendiskussion der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade voranzutreiben. Durch eine innovative Verknüpfung einer Vielzahl von Konzepten, um ein ganzheitliches Vorgehen zu ermöglichen und durch die Integration innovationstheoretischer Erkenntnisse in die Vorausschau und Planung konnte dieses Ziel erreicht werden.

Eine konzeptionelle Zielsetzung lag in der Bereitstellung eines Rahmens, um die Einflussfaktoren der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade strukturiert zu analysieren und systematisch aufzunehmen. Der entwickelte und erfolgreich mit Unternehmen angewendete Rahmen basiert auf dem theoretischen Modell der Pfadentstehung in Innovationssystemen. Für die Analyse findet eine Abgrenzung der drei Ebenen „gesellschaftliches Umfeld“, „technologiebasiertes Innovationssystem“ und „Unternehmen“ statt. Auf jeder Ebene werden Akteure, Institutionen, Wissen und Artefakte unterschieden. Zusätzlich erfolgen die Bestimmung der Einflussmöglichkeiten des Unternehmens auf diese Faktoren sowie die Analyse entstehender Pfadabhängigkeiten. Der entwickelte Rahmen ermöglicht eine Handhabung der Komplexität in der Vorausschau und Planung und eine Konzentration auf die wesentlichen Einflussgrößen. Eine weitere konzeptionelle Zielsetzung bestand darin, einen ganzheitlichen Ansatz zu entwerfen. Für diese Zielsetzung lassen sich vier Aspekte unterscheiden. Erstens integriert und konkretisiert der Ansatz die verschiedenen inhaltlichen Leitlinien der Vorausschau und Planung und entfernt sich damit von der häufig verfolgten Konzentration auf Teilaspekte. Zweitens berücksichtigt er die Einflussfaktoren umfassend, indem nicht nur unternehmensexterne sondern auch interne Faktoren in der Analyse betrachtet werden. Drittens bildet die Vorausschau und Planung einen kontinuierlichen Prozess, in dem neue Informationen aufgenommen und interpretiert sowie Strategien angepasst wer-

den. Viertens stellt der Ansatz drei Typen der Ablauf- und Aufbauorganisation bereit, um die Vorausschau und Planung entsprechend der Ausgangssituation zu variieren.

Eine empirische Zielsetzung bestand darin, Probleme von Unternehmen bei der methodisch unterstützten Analyse und Strategiebildung für neue Technologien zu identifizieren, da bisher wenige Erfahrungsberichte zu dieser Thematik vorliegen. Die Problemaufnahme konnte durch die Anwendung des vorgestellten Ansatzes erreicht werden. Die Grundlage bildete eine Auswahl sehr heterogener Pilotunternehmen, die sich mit Sicht auf die Branchen, die Unternehmensgrößen sowie die verfolgten Technologien unterschieden. Als zentrale, bisher wenig adressierte Problembereiche stellten sich beispielsweise die Reflexion erarbeiteter Strategien sowie die Identifikation von entstehenden Pfadabhängigkeiten heraus. Nicht zu vernachlässigen ist außerdem die Dimension der Unternehmenskultur, die von den vorliegenden Ansätzen zwar als Erfolgsfaktor für die Kommerzialisierung neuer Technologien, aber nicht als Erfolgsfaktor der Vorausschau und Planung thematisiert wird. Als weitere empirische Zielsetzung sollte eine Untersuchung darüber erfolgen, welche der in der Literatur vorgestellten Ansätze und Konzepte für die Vorausschau und Planung in Unternehmen geeignet sind und wie diese gegebenenfalls anzupassen oder zu erweitern sind. Dabei beschränken sich die folgenden Aussagen auf die in den Fallstudien verwendeten Konzepte. Insgesamt ist es für Unternehmen schwierig, aus den verfügbaren Ansätzen die für ihre Problemstellung geeigneten herauszufinden. Sehr positive Erfahrungen konnten mit der Analyse in unterschiedlichen Datenbanken sowie mit dem Backcasting von zukünftigen Zuständen gesammelt werden. Hingegen ist die Formulierung von szenariobasierten Visionen mit Sicht auf die Zeitknappheit innerhalb der Vorausschau- und Planungsprojekte schwierig umzusetzen. Zusammenfassend zeigen die Erfahrungen, dass einfache, gut strukturierte Lösungen zu bevorzugen sind, damit sich die Teilnehmer auf die Inhalte der Projekte konzentrieren können. Neben diesen Aspekten der Ablauforganisation konnten empirische Erkenntnisse über die Aufbauorganisation der Vorausschau und Planung erzielt werden. Bezüglich der Einbindung von Personen zeigt sich unter anderem, dass mit einer größeren Heterogenität tendenziell die Kreativität der Gruppe steigt. Ein besonderes Potenzial bieten unternehmensexterne Personen. Allerdings bestehen in vielen Firmen – aufgrund der möglichen Know-how-Abflüsse – Bedenken gegen das Einbinden Externer. Eine in den vorhandenen Ansätzen wenig betonte Rolle ist diejenige eines Prozess-Owners innerhalb von Unternehmen. Das Vorhandensein eines Verantwortlichen für den gesamten Prozess, der im Idealfall auch die Umsetzung der Ergebnisse vornimmt, beeinflusst den Projekterfolg in der Vorausschau und Planung positiv.

7.2 Grenzen der Untersuchung und weiterer Forschungsbedarf

Die wesentlichen Zielsetzungen der Arbeit wurden erreicht. Insbesondere konnte ein Ansatz für die Vorausschau und Planung entwickelt werden, der theoretisch fundiert ist, der die Anforderungen an die Strategiebildung im Umfeld neuer Technologiepfade ganzheitlich erfüllt und der die relevanten Einflussfaktoren umfassend berücksichtigt. Der Ansatz wurde erfolgreich in verschiedenen Projekten der Pilotunternehmen angewendet und für die Nutzung in anderen Firmen erweitert. Der vorgestellte Ansatz weist jedoch Grenzen auf.

Die Strategiebildung neuer Technologiepfade unterliegt Grenzen, da in der Gegenwart kein gesichertes Wissen über die Zukunft existiert. Die Vorausschau liefert insofern lediglich einen Ersatz für dieses Wissen, indem sie Hypothesen und mögliche Entwicklungen aufzeigt. Außerdem liefert sie die Basis für eine aktive Gestaltung der Zukunft, beispielsweise für den Fall, dass sich Aussagen über potenzielle Entwicklungsrichtungen im Sinne von „Self Fulfilling Prophecies“ bewahrheiten. Der Planungscharakter des entwickelten Ansatzes konzentriert sich dementsprechend darauf, das Unternehmen auf mögliche zukünftige Entwicklungen und die Beeinflussung dieser Entwicklungen vorzubereiten. Eine lineare Planung der durch das Unternehmen zu verfolgenden Vorgehensweisen hat wenig Aussichten auf Erfolg, da sich das Umfeld, die Technologien und die Anwendungen im Zeitablauf erheblich verändern können.

Eine Grenze des Vorgehens liegt in der Beschränkung des Methodenreviews auf Ansätze, die sich explizit auf neue oder entstehende Technologien beziehen. Andere Konzepte, die nicht ausdrücklich auf diese Situationen ausgerichtet sind, könnten ebenfalls vielversprechende Anknüpfungspunkte für die Vorausschau und Planung in diesen Feldern bieten. Für die Evaluation der Ansätze wurde außerdem nur auf die von den Autoren beschriebenen Effekte, Vor- und Nachteile zurückgegriffen. Aussagen zu den Einschätzungen der Beteiligten lagen nur in wenigen Fällen vor. Die Grenzen der empirischen Untersuchung liegen vor allem in der sehr kleinen Fallstudienzahl, der sehr heterogenen Firmen und der intensiven Unterstützung der Methodennutzung durch die Forscher. Aussagen über die Übertragbarkeit des Ansatzes auf andere Unternehmen sind daher problematisch. Zudem entziehen sich die entwickelten Strategien einer abschließenden Bewertung, da deren Realisierungszeitraum den Untersuchungszeitraum um mehrere Jahre übersteigt.

Weiterer Forschungsbedarf besteht an unterschiedlichen Stellen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade. Die mit dieser Arbeit angestoßene Debatte über die theoretische Fundierung sollte von Wissenschaftlern aus den Gebieten der technologischen Vorausschau, des strategischen Technologiemanagements und der Innovationsforschung aufgegriffen werden. Gegenstand dieses Diskurses sollten zum einen die unterschiedlichen Möglichkeiten der theoretischen Fundierung sein. Zusätzlich zu den in dieser Arbeit genutzten Konzepten von technologiebasierten Innovationssystemen und technologischen Pfaden könnten beispielsweise die Komplexitätsforschung oder die Chaosforschung interessante Anknüpfungspunkte bieten. Wesentlich ist zum anderen auch der Transfer der Ergebnisse aus dieser Diskussion in neue Ansätze für die Vorausschau und Planung, um diese besser auf die Erfordernisse der technologischen Umfelder auszurichten.

Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz ist in weiteren Unternehmen zu prüfen, um bessere Aussagen über die Eignung für bestimmte Technologiefelder, Unternehmensgrößen und Branchen zu gewinnen. Des Weiteren sollten die Aussagen über die Aufgaben der Vorausschau und Planung neuer technologischer Pfade sowie die Charakteristika erfolgreicher Strategien im Rahmen einer breit angelegten Studie validiert werden. Die breite empirische Untersuchung sollte durch eine Langzeitstudie über die Erfolge der im Rahmen der Vorausschau und Planung entwickelten Strategien ergänzt werden. Zu verfolgende Forschungsfragen in diesem Bereich könnten sich mit der Variation von Aufgaben und Strategien im jeweiligen technologischen Umfeld sowie in verschiedenen Branchen und Unternehmen befassen. Dies könnte auf der einen Seite die Entwicklung besserer, situationsspezifischer Ansätze für die Vorausschau und Planung ermöglichen. Auf der anderen Seite könnten auf die Ansprüche unterschiedlicher Umfelder maßgeschneiderte Strategien entwickelt werden. Eine andere Forschungsrichtung könnte in der weiteren Ausdifferenzierung der vorgeschlagenen Typen der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade liegen.

Forschungsbedarf besteht bei der Entwicklung einer spezifischen Prozessdefinition der Vorausschau und Planung neuer Technologien, die den tatsächlichen Abläufen gerecht wird. Vorhandene Definitionen unterstellen einen linearen Prozess, der unterschiedliche Phasen umfasst.⁶⁷¹ Die Fallstudien in dieser Arbeit haben jedoch gezeigt, dass das Vorgehen sehr iterativ ist und nur eingeschränkt von einem schrittweisen Vorgehen gesprochen werden kann.

⁶⁷¹ Vgl. hierzu Abschnitt 2.1.3.

Zwei Problembereiche, die diese Arbeit nur in Ansätzen behandelt hat, bestehen in dem Transfer des generierten Wissens in die Prozesswiederholung und in die spätere Umsetzung der Strategien. Der erste Aspekt zielt auf das Wissensmanagement im Rahmen der Vorausschau und Planung. Zwar dokumentierten die Unternehmen viele Informationen in den Roadmaps. Bei der ausschließlichen Nutzung dieser Roadmaps für die Wiederholung des Vorgehens gehen möglicherweise darüber hinausgehende Informationen über potenzielle Anwendungskontexte, technologische Alternativen oder kritische Ereignisse verloren. Die systematische Erfassung und Zur-Verfügung-Stellung dieses Wissens bildet eine Herausforderung der Vorausschau und Planung. Dies gilt ebenfalls für den Transfer der Ergebnisse in die Umsetzung der Strategien. Da es nicht in jedem Projekt möglich ist, einen Wissenstransfer über den Teilnehmerkreis – d.h. durch frühzeitiges Einbeziehen sämtlicher Stakeholder – zu erreichen, sollten Ansätze für eine methodische Unterstützung dieser Schnittstelle entwickelt werden. Eine ausschließliche Kommunikation der Ergebnisse an das Top-Management oder an Personen, die die Umsetzung der Entscheidungen vornehmen, scheint an dieser Stelle nicht ausreichend zu sein.

Die Arbeit weist ferner auf Forschungsbedarf im Bereich der Methoden der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade hin. Dieser besteht erstens bei der Identifikation von entstehenden Abhängigkeiten im Umfeld und innerhalb des Unternehmens. Um einen Lock-in auf einen sub-optimalen Technologiepfad zu verhindern, benötigen Unternehmen Tools, mit denen sich abzeichnende Abhängigkeiten rechtzeitig identifiziert und bewertet werden können. Zweitens ist auf eine methodische Unterstützung bei der kritischen Reflexion der in der Vorausschau und Planung erzielten Ergebnisse hinzuweisen. Eine entsprechende Systematik könnte die Bereitschaft der Unternehmen, ihre Strategien, Annahmen und Strukturen kritisch zu hinterfragen, steigern.

Ein Ergebnis der Fallstudien besteht darin, dass die Unternehmenskultur ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Durchführung der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade ist. Sie determiniert die Offenheit und Bereitschaft in Unternehmen, sich mit neuen Konzepten auseinanderzusetzen, mit heterogenen Teams zusammenzuarbeiten und Ideen von verschiedenen Wissensträgern zu berücksichtigen. Die Kulturen der beteiligten Unternehmen unterschieden sich zum Teil erheblich. Die Zusammenhänge der Unternehmenskultur und der Vorausschau und Planung sollten vertiefend untersucht werden, um sowohl die Rolle der Unternehmenskultur besser zu verstehen als auch spezifische Ansätze für Firmen mit unterschiedlichen Kulturen zu entwickeln.

Der nächste Entwicklungsschritt der Vorausschau und Planung liegt schließlich in der Konzeption von langfristig flexiblen Vorgehensweisen. Diese könnten Variationen in

Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums von Technologien oder Anwendungen vorsehen. Die Inhalte der Prozesswiederholung würden sich an die Entwicklungsstufen anpassen. Eine solche Variation könnte die Effizienz der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade weiter erhöhen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abell, D.F. (1980): *Defining the Business – The Starting Point of Strategic Planning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Abernathy, W.J. & Clark, K. B. (1985): *Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction*. *Research Policy* 14. 3-22.
- Abernathy, W. & Utterback, J. (1978): *Patterns of Industrial Innovation*. *Technology Review*. 41-47.
- Adner, R. & Zemsky, P. (2003): *Disruptive Technology and the Emergence of Competition*. Working Paper Series Centre for Economic and Policy Research. No. 34.
- Adner, R. & Levinthal, D.A. (2002): *The Emergence of Emerging Technologies*. *California Management Review*. Vol. 45/1. 50-66.
- Akrich, M. (1992): *The De-Description of Technical Objects*. in: Bijker, W.E. & Law, J. (Hrsg.): *Shaping Technology / Building Society*. Cambridge: MIT Press. 208-224.
- Akrich, M. & Latour, B. (1992): *A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies*. in: Bijker, W.E. & Law, J. (Hrsg.): *Shaping Technology / Building Society*. Cambridge: MIT Press. 259-264.
- Allen, P.M. & Strathern, M. (2005): *Models, Knowledge Creation and Their Limits*. *Futures* 37. 729-744.
- Amit, R. & Schoemaker, P.J.H. (1993): *Strategic Assets and Organizational Rent*. *Strategic Management Journal*. Vol. 14. 33-46.
- Anderson, P. (1999): *Complexity Theory and Organization Science*. *Organization Science*. Vol. 10/3. 216-232.
- Anderson, P. & Tushman, M.L. (1990): *Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change*. *Administrative Science Quarterly* 35. 604-633.
- Araujo, L. & Harrison, D. (2002): *Path Dependence, Agency and Technological Evolution*. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 14/1. 5-19.
- Arrow, K.J. (2000): *Increasing Returns: Historiographic Issues and Path Dependence*. *European Journal of History in Economic Thought*. Vol. 7/2. 171-180.
- Arrow, K.J. (1962): *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*. in: Nelson, R.R. (Hrsg.): *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press. 609-626.
- Arthur, W.B. (1994): *Positive feedbacks in the economy*. *McKinsey Quarterly*. No. 1. 81-95.
- Arthur, W.B. (1989): *Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events*. *Economic Journal* 99. 116-131.
- Arthur, B.W., Durchlauf, X. & Lane, D.A. (Hrsg.) (1997): *The Economy as a Complex Evolving System*. Reading: Addison-Wesley.
- Atteslander, P. (2003): *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 10. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin [u.a.]: Walter de Gruyter.
- Ayres, R.U. (2000): *On Forecasting Discontinuities*. *Technological Forecasting & Social Change* 65. 81-97.

- Balzat, M. & Hanusch, H. (2004): Rescent Trends in the Research on National Innovation Systems. *Journal of Evolutionary Economics*. Vol. 14. 197-210.
- Barker, D. & Smith, D.J.H. (1995): Technology Foresight Using Roadmaps. *Long Range Planning* Vol. 28, No. 2. 21-28.
- Batty, M. & Torrens, P.M. (2005): Modelling and Prediction in a Complex World. *Futures* 37. 745-766.
- Bauer, H.H. 1989: *Marktabgrenzung – Konzeption und Problematik von Ansätzen und Methoden zur Abgrenzung und Strukturierung von Märkten unter besonderer Berücksichtigung marketingtheoretischer Verfahren*. Berlin: Dunker & Humblot.
- Baum, J.A.C. & Silverman, B.S. (2001): Complexity, Attractors, and Path Dependence and Creation in Technological Evolution. in: Garud, R. & Karnøe, P. (Hrsg.): *Path Dependence and Creation*. Mahwah: LEA. 169-209.
- Bea, F.X. & Haas, J. (1997): *Strategisches Management*. 2. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Bell, W. (1997): *Foundations of Futures Studies*. Vol. 1. New Brunswick: Transaction Publishers.
- Bell, W. & Olick, J.K. (1989): An Epistemology for the Futures Field – Problems and Possibilities of Prediction. *Futures*. Vol. 21/2. 115-135.
- Bengisu, M. & Nekhili, R. (2006): Forecasting Emerging Technologies with the Aid of Science and Technology Databases. *Technological Forecasting & Social Change* 73. 835-844.
- Benson, B., Sage, A.P. & Cook, G. (1993): Emerging Technology-Evaluation Methodology: With Application to Micro-electromechanical Systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 14/2.114-123.
- Bergek, A. & Jacobsson, S. (2003): The Emergence of a Growth Industry: A Comparative Analysis of the German, Dutch and Swedish Wind Turbine Industries. in: Metcalfe, J.S. & Cantner, U (Hrsg.) *Transformation and Development: Schumpeterian Perspectives*. Heidelberg: Physica/Springer. 197-228.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. & Rickne, A. (2006): *Analyzing Dynamics and Functionality of Technological Innovation Systems: A Scheme of Analysis*. Unpublished Manuscript.
- Berkhout, F. (2006): Normative Expectations in Systems Innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 18/3-4. 299-311.
- Bers, J.A., Lynn, G.S. & Spurling, C. (1999): A Computer Simulation Model for Emerging Technology Business Planning and Forecasting. *International Journal of Technology Management*. Vol 18/1-2. 31-45.
- Bessant, J., Lamming, R., Hannah, N. & Phillips, W. (2005): Managing Innovation Beyond the Steady State. *Technovation* 25. 1366-1376.
- Bijker, W.E. (1987): The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention. in: Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T.J. (Hrsg.): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge MA: MIT Press. 159-187.
- Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T.J. (Hrsg.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge MA: MIT Press.
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T. & Finnveden, G. (2006): Scenario Types and Techniques: Towards a User's Guide. *Futures* 38. 723-739.

- Bower, J.L. & Christensen, C. (1995): Disruptive Technology: Catching the Wave. Harvard Business Review. January-February. 43-53.
- Bozeman, B. & Rogers, J.D. (2002): A Churn Model of Scientific Knowledge Value: Internet Researchers as a Knowledge Value Collective. Research Policy 31. 769-794.
- Bozeman, B., Dietz, J.S. & Gaughan, M. (2001): Scientific and Technical Human Capital: An Alternative Model for Research Evaluation. International Journal of Technology Management. Vol. 22/7-8. 716-740.
- Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G. & van der Heijden, K. (2005): The Origins and Evolution of Scenario Techniques in Long Range Business Planning. Futures 37. 795-812.
- Breschi, P. & Malerba, F. (1997): Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries. in: Edquist, C. (Hrsg.): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, London [u.a.]: Pinter. 130-156.
- Brey, P. (1997): Philosophy of Technology Meets Social Constructivism. Techne. Vol. 2/3-4. 1-18.
- Brockhaus – Die Enzyklopädie (1996): Band 6. 20. Auflage. Mannheim: Brockhaus.
- Brockhoff, K. (1999): Forschung und Entwicklung. 5. Auflage. München [u.a.]: R. Oldenbourg Verlag.
- Brockhoff, K. (1993): Zur Erfolgsbeurteilung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Zeitschrift für Betriebswirtschaft. Vol. 63/7. 643-662.
- Brodbeck, H. (1999): Strategische Entscheidungen im Technologie-Management. Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
- Brown, N. (2003): Hope Against Hype - Accountability in Biopasts, Presents and Futures. Science Studies. Vol. 16/2. 3-21.
- Brown, N. (2000): Organising/Disorganising the Breakthrough Motif: Dolly the Cloned Ewe Meets Astrid the Hybrid Pig. in: Brown, N., Rappert, B. & Webster, A. (Hrsg.): Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience. Aldershot: Ashgate. 87-108.
- Brown, N. & Michael, M. (2003): A Sociology of Expectation: Retrospecting Prospects and Prorspecting Retrospects. Technology Analysis & Strategic Management. Vol. 15/1. 3-18.
- Brown, N., Rip, A. & van Lente, H. (2003): Expectations in & about Science and Technology. Background Paper for the 'Expectations' Workshop of 13-14 June 2003.
- Brown, N., Rappert, B. & Webster, A. (Hrsg.) (2000): Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience. Aldershot: Ashgate.
- Brown, N., Douglas, C., Eriksson, L., Rodrigues, E. Yearley, S. & Webster, A. (2005): Researching Expectations in Medicine, Technology and Science: Theory and Method. Position Paper for the York workshop of the 'Expectations Network'. Science and Technology Studies Unit, Department of Sociology, University of York.
- Brown, S.L. & Eisenhardt, K.M. (1997): The Art of Continuous Change: Linking Complexity Theory and Time-paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations. Administrative Science Quarterly 42. 1-34.

- Bruun, H., Hukkinen, J. & Eklund, E. (2002): Scenarios for Coping with Contingency: The Case of Aquaculture in the Finnish Archipelago Sea. *Technological Forecasting & Social Change* 69. 107-127.
- Burgelman, R.A., Christensen, C.M. & Wheelwright, S.C. (2004): Integrating Technology and Strategy: A General Management Perspective. in: Burgelman, R.A., Christensen, C.M. & Wheelwright, S.C. (Hrsg.): *Strategic Management of Technology and Innovation*. Boston [u.a.]: McGraw-Hill. 1-12.
- Burns, T.R. & Flam, H. 1987: *The Shaping of Social Organisation*. London [u.a.]: Sage.
- Burr, W. (2004): *Innovation in Organisationen*. Kohlhammer: Stuttgart.
- Burt, G. (2007): Why Are We Surprised at Surprises? Integrating Disruption Theory and System Analysis with the Scenario Methodology to Help Identify Disruptions and Discontinuities. *Technology Forecasting & Social Change* 74. 731-749.
- Cabello-Medina, C., Carmona-Lavado, A. & Valle-Cabrera, R. (2006): Identifying the Variables Associated with Types of Innovation, Radical or Incremental: Strategic Flexibility, Organisation and Context. *International Journal of Technology Management*. Vol. 35/1-4. 80-106.
- Callahan, J. & Lasry, E. (2004): The Importance of Customer Input in the Development of Very New Products. *R&D Management*. Vol. 34/2. 107-120.
- Callon, M. (1992): The Dynamics of Techno-Economic Networks. in: Coombs, R.; Savio, P. & Walsh, V. (Hrsg.): *Technological Change and Company Strategies: Economic and Sociological Perspectives*. London: Academic Press Limited. 72-102.
- Callon, M. (1991): Techno-economic Networks and Irreversibility. in: Law, J. (Hrsg.): *A Sociology of Monsters - Essays on Power, Technology and Domination*. London: Routledge. 132-161.
- Callon, M. (1986): The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle. in: Callon, M., Law, J. & Rip, A. (Hrsg.): *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. London: The Macmillan Press. 19-34.
- Callon, M., Larédo, P. & Mustar, P. (1997): Techno-economic Networks and the Analysis of Structural Effects. in: Callon, M., Larédo, P. & Mustar, P. (Hrsg.): *The Strategic Management of Research and Technology*. Paris: Economica. 385-429.
- Callon, M., Law, J. & Rip, A. (1986): How to Study the Force of Science. in: Callon, M., Law, J. & Rip, A. (Hrsg.): *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. London: The Macmillan Press. 3-17.
- Calori, R. & Atamer, T. (1990): How French Managers Deal with Radical Change. *Long Range Planning*. Vol. 23/6. 44-55.
- Camagni, R. (1991): Technological Change, Uncertainty and Innovation Networks: Towards a Dynamic Theory of Economic Space. in: Camagni, R. (Hrsg.) *Innovation Networks: Spatial Perspectives*. London: Belhaven-Pinter. 121-144.
- Camillus, J.C. & Datta, D.K. (1991): Managing Strategic Issues in a Turbulent Environment *Long Range Planning*. Vol. 24/2. 67-74.
- Carlsson, B. & Jacobsson, S. (1997): In Search of a Useful Technology Policy - General Lessons and Key Issues for Policy Makers. in Carlsson, B (Hrsg.): *Technological Systems and Industrial Dynamics*, Boston: Kluwer Academic Publishers. 299-315.

- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1995): On the Nature, Function and Composition of Technological Systems. in: Carlsson B. (Hrsg.): Technological Systems and Economic Performance. Dordrecht: Kluwer. 21-54.
- Carlsson, B., Jacobsson, S. Holmén, M. & Rickne, A. (2002): Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy* 31. 233-245.
- Cesaroni, F., Gambardella, A., Garcia-Fontes, W. & Mariani, M. (2004): The Chemical Sectoral System: Firms, Markets, Institutions and the Process of Knowledge Creation and Diffusion. in: Malerba, F. (Hrsg.): Sectoral Systems of Innovation. Cambridge: Cambridge University Press. 121-154.
- Chesbrough, H. (2001): Assembling the Elephant: A Review of Empirical Studies on the Impact of Technical Change upon Incumbent Firms. in: Burgelman, R. & Chesbrough, H. (Eds): Comparative Studies on Technological Innovation. Oxford: Elsevier. 1-36.
- Chiesa, V. & Manzini, R. (1998): Towards a Framework for Dynamic Technology Strategy. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 10/1. 111-129.
- Christensen, C.M. (2002): The Innovator's Dilemma. New York: HarperCollins.
- Christensen, C.M. & Overdorf, M. (2004): Meeting the Challenge of Disruptive Technologies. in: Maidique & Burgelman & Christensen 2004
- Clark, P., Booth, C., Rowlinson, M., Procter, S. & Delahaye, A. (2007): Project Hindsight: Exploring Necessity and Possibility in Cycles of Structuration and Co-Evolution. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 19/1. 83-97.
- Cohendet, P. & Lerena, P. (1997): Learning, Technical Change, and Public Policy: How to Create and Exploit Diversity. in: Edquist, C. (Hrsg.): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, London [u.a.]: Pinter. 223-241.
- Constant, E.W. (1987): The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization? in: Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T.J. (Hrsg.): The Social Construction of Technological Systems. Cambridge, MA: MIT Press. 223-242.
- Cooke, P., Braczyk, H.-J. & Heidenreich, M. (Hrsg.) (2004): Regional Innovation Systems. Second Edition. London: Routledge.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M. & Etxebarria, G. (1997): Regional Innovations Systems: Institutional and Organisational Dimensions. *Research Policy* 26. 275-491.
- Coriat, B. & Weinstein, B. (2004): National Institutional Frameworks, Institutional Complementarities and Sectoral Systems of Innovation. in: Malerba, F. (Hrsg.): Sectoral Systems of Innovation. Cambridge: Cambridge University Press. 325-347.
- Costanzo, L.A. (2004): Strategic Foresight in a High-speed Environment. *Futures* 36. 219-235.
- Cowan, R. & Hultén, S. (1996): Escaping Lock-in: The Case of the Electric Vehicle. *Technological Forecasting & Social Change* 53. 61-79.
- Cuhls, K., Blind, K. & Grupp, H. (1998): DELPHI '98 - Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Methoden und Datenband. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- Daim, T.U., Rueda, G., Martin, H. & Gerdtsri, P. (2006): Forecasting Emerging Technologies: Use of Bibliometrics and Patent Analysis. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 981-1012.

- Damanpour, F. (1996): Organizational Complexity and Innovation: Developing and Testing Multiple Contingency Models. *Management Science* 42. 693-716.
- Danila, N.V. (1989): Strategic Formulation of High Technology Projects. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 1/3. 273-284.
- Danneels, E. (2004): Disruptive Technology Reconsidered: A Critique and Research Agenda. *Journal of Product Innovation Management* 21. 246-258.
- Danneels, E. (2002): The Dynamics of Product Innovation and Firm Competences. *Strategic Management Journal* 23. 1095-1121.
- Davenport, T.H. & Prusak, L. (2000): *Working Knowledge. How Organizations Manage What They Know*. Boston: Harvard Business School Press.
- David, P.A. (1985): Clio and the Economics of QWERTY. *American Economic Review*. Vol. 75/2. 332-337.
- Davidson, P. (1996): Reality and Economic Theory. *Journal of Post Keynesian Economics*. Vol. 18/4. 479-508.
- Day, G.S. (1986): *Analysis for Strategic Market Decisions*. St. Paul, MN: West Publishing Company.
- Day, G.S. & Schoemaker, P.J.H. (2006): Scanning the Periphery. *Harvard Business Review*. Spring. 1-14.
- Day, G.S. & Schoemaker, P.J.H. (2004): Driving Through the Fog: Managing at the Edge. *Long Range Planning* 37. 127-142.
- Day, G.S. & Schoemaker, P.J.H. (2000): Avoiding the Pitfalls of Emerging Technologies. *California Management Review*. Vol. 42/2. 8-33.
- Delemarle, A. & Larédo, P. (2006): Management Practices in Non-mainstream Contexts. in: *Project ATBEST - Final Activity Report, Deliverable 3*. 117-210.
- Dequech, D. (2004): Uncertainty, Individuals, Institutions and Technology. *Cambridge Journal of Economics* 28. 365-378.
- Dess, G.G. & Beard, D.W. (1989): Dimensions of Organizational Task Environments. *Administrative Science Quarterly* 29. 52-73.
- DeTienne, D. & Koberg, C.S. (2002): The Impact of Environmental and Organizational Factors on Discontinuous Innovation within High-Technology Industries. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 49/4. 352-365.
- Deutscher Bundestag (2004): Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (17. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung. Technikfolgenabschätzung - hier: TA-Projekt – Nanotechnologie. Drucksache 15/2713. Berlin.
- Dewick, P., Green, K. & Miozzo, M. (2004): Technological Change, Industry Structure and the Environment. *Futures* 36. 267-293.
- Diekmann, A. (1997): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. 3., durchgesehene Auflage. Reinbek: Rowolt.
- Dortmans, P.J. (2005): Forecasting, Backcasting, Migration Landscapes and Strategic Planning Maps. *Futures* 37. 273-285.
- Dosi, G. (1988): Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*. Vol. 26/3. 1120-1171.

- Dosi, G. (1984): *Technology and Industrial Transformation: the Theory and Application to the Semiconductor Industry*. London: MacMillan Press.
- Dosi, G.A. (1982): *Technological Paradigms and Technological Trajectories*. *Research Policy* 11. 147-162.
- Dror, I. (1993): *The Process of Technology Evolution. Multitechnology Innovations as the Driving Force*. *Technological Forecasting & Social Change* 44. 49-58.
- Drucker, P.F. (1974): *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. New York: Harper & Row.
- Dussauge, P., Hart, S. & Ramanantsoa, B. (1992): *Strategic Technology Management*. Chichester [u.a.]: John Wiley & Sons.
- Mobil (2007): *Geschäftsbericht 2006*. Zugriff am 23. Oktober 2007.
- Edquist, C. (2005): *Systems of Innovation - Perspectives and Challenges*. in: Fagerberg, J., D. Mowery, D. & Nelson, R.R. (Eds.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press. 181-208.
- Edquist, C. (1997): *Systems of Innovation Approaches - Their Emergence and Characteristics*. in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London [u.a.]: Pinter. 1-35.
- Edquist, C. & Johnson, B. (1997): *Institutions and Organisations in Systems of Innovation*. in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London [u.a.]: Pinter. 41-63.
- Ehrnberg, E. (1995): *On the Definition and Measurement of Technological Discontinuities*. *Technovation*. Vol. 15/7. 437-452.
- Ehrnberg, E. & Jacobsson, S. (1997): *Indicators of Discontinuous Technological Change: An Exploratory Study of Two Discontinuities in the Machine Tool Industry*. *R&D Management*. Vol. 27/2. 107-126.
- Eisenhardt, K.M. (1999): *Strategy as Strategic Decision Making*. *MIT Sloan Management Review*. Spring. 65-72.
- Eisenhardt, K.M. & Martin, J.A. (2000): *Dynamic Capabilities: What Are They?*. *Strategic Management Journal*. Vol. 21. 1105-1121.
- Ellul, J. (1962): *Ideas of Technology - The Technological Order*. *Technology and Culture*. Vol. 3/4. 394-421.
- Ewald, A. (1989): *Organisation des strategischen Technologiemanagements*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Feenberg, A. (1999): *Questioning Technology*. London [u.a.]: Routledge.
- Fleck, J. & Howells, J. (2001): *Technology, the Technology Complex and the Paradox of Technological Determinism*. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 13/4. 523-531.
- Fleischer, T., Decker, M. & Fiedeler, U. (2005): *Assessing Emerging Technologies – Methodological Challenges and the Case of Nanotechnologies*. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 1112-1121.
- Foray, D. (1997): *Generation and Distribution of Technological Knowledge: Incentives, Norms, and Institutions*. in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London [u.a.]: Pinter. 4-85.

- Freel, M.S. (2005): Perceived Environmental Uncertainty and Innovation in Small Firms. *Small Business Economics*. Vol.25/1. 49-64.
- Freeman, C. & Perez, C. (1988): Structural Crisis of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R.R., Silverbert, G. & Soete, L. (Hrsg.): *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter. 38-66.
- Füller, J. & Matzler, K. (2007): Virtual Product Experience and Customer Participation – A Chance for Customer-Centred, Really New Products. *Technovation* 27. 378-387.
- Gartner (2005): Gartner's Hype Cycle Special Report for 2005. ID Number: G00130115.
- Gartner (2002): CIO Update: Gartner's Emerging Technologies Hype Cycle for 2002. Inside Gartner. Note Number: IGG-06122002-02.
- Garud, R. & Karnøe, P. (2003): Bricolage and Breakthrough: Distributed and Embedded Agency in Technology Entrepreneurship. *Research Policy* 32. 277-300.
- Garud, R. & Karnøe, P. (2001): Path Creation as a Process of Mindful Deviation. in: Garud, R. & Karnøe, P. (Hrsg.): *Path Dependence and Creation*. Mahwah: LEA. 1-39.
- Gatignon, H., Tushman, M.L., Smith, W. & Anderson, P. (2002): A Structural Approach to Assessing Innovation: Construct Development of Innovation Locus, Type, and Characteristics. *Management Science*. Vol. 48/9. 1103-1122.
- Geels, F.W. (2005): The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles (1860-1930). *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 17/4. 445-467.
- Geels, F.W. (2004): From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems – Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory. *Research Policy* 33. 897-920.
- Geels, F.W. & Smit, W.A. (2000): Failed Technology Futures: Pitfalls and Lessons from a Historical Survey. *Futures*. Vol. 32/9. 867-885.
- Geroski, P. (2003): *The Evolution of New Markets*. Oxford: Oxford University Press.
- Gerpott, T.J. (2005): *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*. 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Gerring, J. (2007): *Case Study Research. Principles and Practices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gerybadze, A. (2004): *Technologie- und Innovationsmanagement*. München: Vahlen.
- Gerybadze, A. (1990): Technological Forecasting. in: Tschirky, H., Hess, W. & Lang, P. (Hrsg.): *Technologie-Management - Erfolgsfaktor von zunehmender Bedeutung*. 71-101.
- Geschka, H. (1995): Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage. in: Zahn, E. (Hrsg.): *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel. 623-644.
- Godvindarajan, V. & Kopalle, P.K. (2006): The Usefulness of Measuring Disruptiveness of Innovations Ex Post in Making Ex Ante Predictions. *Journal of Product Innovation Management* 23. 12-18.

- Gordon, T.J., Glenn, J.C. & Jakil, A. (2005): *Frontiers of Futures Research: What's next? Technological Forecasting & Social Change* 72. 1064-1069.
- Gorman, G.E. & Clayton, P. (2005): *Qualitative Research for the Information Professional*. 2nd Edition. London: Facet Publishing.
- Graff, G.D. (2003): *Observing Technological Trajectories in Patent Data: Empirical Methods to Study the Emergence and Growth of New Technologies*. *American Journal of Agricultural Economics*. Vol 85/5. 1266-1274.
- Grant, R.M. (2002): *Corporate Strategy: Managing Scope and Strategy Content*. in: Pettigrew, A., Thomas, H. & Whittington, R. (Hrsg.): *Handbook of Strategy and Management*. London [u.a.]: Sage. 72-97.
- Grant, R.M. (1996): *Toward a Knowledge-based Theory of the Firm*. *Strategic Management Journal*. Vol. 17. 109-122.
- Green, K. (1992): *Creating Demand for Biotechnology: Shaping Technologies and Markets*. in: Coombs, R., Saviotti, P. & Walsh, V. (Hrsg.): *Technological Change and Company Strategies: Economic and Sociological Perspectives*. London: Academic Press. 164-184.
- Green, R., Hull, R., McMeekin, A. & Walsh, V. (1999): *The Construction of the Techno-economic: Networks vs. Paradigms*. *Research Policy* 28. 777-792.
- Green, S.G., Gavin M.B. & Aiman-Smith L. (1995): *Assessing a Multidimensional Measure of Radical Technological Innovation*. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 42/3. 203-214.
- Greener, I. (2004): *Theorising Path Dependence: How Does History Come to Matter in Organisations, and What Can We Do about It?* Working Paper 3. Department of Management Studies, University of York.
- Guerrieri, P. & Tylecote, A. (1997): *Interindustry Differences in Technical Change and National Patterns of Technological Accumulation*. in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London [u.a.]: Pinter. 107-129.
- Hall, J.K. & Martin, J.C. (2005): *Disruptive Technologies, Stakeholders and the Innovation Value-added Chain: A Framework for Evaluating Radical Technology Development*. *R&D Management*. Vol. 35/3. 273-284.
- Hall, R. (1993): *A Framework Linking Intangible Resources and Capabilities to Sustainable Competitive Advantage*. *Strategic Management Journal*. Vol. 14. 607-618.
- Hancock, D.R. & Algozzine, B. (2006): *Doing Case Study Research*. New York: Teachers College Press.
- Harborne, P., Hendry, C. & Brown, J. (2007): *The Development and Diffusion of Radical Technological Innovation: The Role of Bus Demonstration Projects in Commercializing Fuel Cell Technology*. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 19/2. 167-187.
- Hauschildt, J. (2004): *Innovationsmanagement*. 3. Auflage. München: Verlag Vahlen.
- Hekkert, M.P., Suurs, R.A.A., Negro, S.O., Kuhlmann, S. & Smits, R.E.H.M. (2006): *Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change*. *Technological Forecasting & Social Change*. doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002.

- van den Hende, E.A., Schoormans, J.P.L., Morel, K.P.N., Lashina, R., van Loenen, E. & de Boevere, E.I. (2007): Using Early Concept Narratives to Collect Valid Customer Input about Breakthrough Technologies: The Effect of Application Visualization on Transportation. *Technological Forecasting & Social Change*. doi:10.1016/j.techfore.2007.05.13.
- Herstatt, C. & Lettl, C. (2004): Management of 'Technology Push' Development Projects. *International Journal of Technology Management*. Vol. 27/2-3. 155-175.
- Hessenagentur (2007): Innovationsförderung – Modellprojekte. Quelle: <http://www.hessen-agentur.de/dynasite.cfm?dssid=75&dsmid=1772>. Zugriff am 19. August 2007.
- Hinze, S. (1994): Bibliographical Cartography of an Emerging Interdisciplinary Discipline: The Case of Bioelectronics. *Scientometrics*. Vol. 29/3. 353-376.
- von Hippel, E. (1979): A Customer-active Paradigm for Industrial Product Idea Generation. in: Baker, M.J. (Ed.): *Industrial Innovation – Technology, Policy, Diffusion*. London: Macmillan Press. 82-110.
- von Hippel, E. (1978): Successful Industrial Products from Customer Ideas. *Journal of Marketing* Vol. 42/1. 39-49.
- von Hippel, E., Thomke, S. & Sonnak, M. (1999): Creating Breakthroughs at 3M. *Harvard Business Review*. September-October. 47-57.
- Holmes, C. & Ferrill, M. (2005): The Application of Operation and Technology Roadmapping to Aid Singaporean SMEs to Identify and Select Emerging Technologies. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 349-357.
- Hughes, T.P. (1987): The Evolution of Large Technological Systems. in: Bjker, W., Hughes, T.P. & Pinch, T.J. (Hrsg.): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge, MA: MIT Press. 51-80.
- Hüsig, C., Hipp, S. & Dowling, M. (2005): Forecasting Destructive Potential: The Case of W-LAN and Mobile Communications Network Companies. *R&D Management*. Vol. 35/1. 17-35.
- Iansiti, M. (1995): Shooting the Rapids: Managing Product Development. *California Management Review*. Vol 38/1. 37-58.
- Ilmola, L. & Kuusi, O. (2006): Filters of Weak Signals Hinder Foresight: Monitoring Weak Signals Efficiently in Corporate Decision-making. *Futures* 38. 908-924.
- Initiative Brennstoffzelle (2007): Initiative Brennstoffzelle (IBZ): Breite Allianz für die Brennstoffzelle. Quelle: <http://www.initiative-brennstoffzelle.de>. Zugriff: 24. März 2007.
- Innovationskompass (2001): Radikale Innovationen erfolgreich managen - Handlungsempfehlungen auf Basis einer empirischen Untersuchung. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- ITRS (2006): International Roadmap for Semiconductors. Quelle: <http://www.itrs.net/>. Zugriff am 13. September 2006.
- Jones, N. (2002): Developing and Assessing Radical Technological Changes: Lessons from the PBX Industry. *International Journal of Technology Management*. Vol. 23/4. 287-303.
- de Jouvenel, B. (1967): *Die Kunst der Vorausschau*. Neuwied und Berlin: Luchterhand Verlag.

- Kajikawa, Y., Yoshikawa, J., Takeda, Y. & Matsushima, K. (2007): Tracking Emerging Technologies in Energy Research: Toward a Roadmap for Sustainable Energy. *Technological Forecasting & Social Change*. doi: 10.1016/j.techfore.2007.05.005.
- Kappel, T.A. (2001): Perspectives on Roadmaps – How Organizations Talk about the Future. *The Journal of Product Innovation Management* 18. 39-50.
- Kargozoglu, N. (1993): Environmental Uncertainty, Strategic Planning, and Technological Competitive Advantage. *Technovation*. Vol. 13/6. 335-347.
- Kasper, W. & Streit, M.E. (1999): *Institutional Economics - Social Order and Public Policy*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Kassicieh, S. & Rahal, N. (2007): A Model for Disruptive Technology Forecasting in Strategic Regional Economic Development. *Technological Forecasting & Social Change* 74. 1718-1732.
- Kassicieh, S.K., Walsh, S.T., Cummings, J.C., McWorther, P.J., Romig, A.D. & Williams, W.D. (2002): Factors Differentiating the Commercialization of Disruptive and Sustaining Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 49/4. 375-387.
- Katz M.L. & Shapiro C. (1985): Network Externalities, Competition, and Compatibility. *American Economic Review* 75. 424-440.
- Kemp, R. (1994): Technology and the Transition to Environmental Sustainability. *Futures*. Vol. 26/10. 1023-1046.
- Kemp, R., Schot, J. & Hoogma, R. (1998): Regime Shifts to Sustainability through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 19/2. 175-195.
- Kemp, R., Rip, A. & Schot, J. (2001): Constructing Transition Paths Through the Management of Niches. in: Garud, R. & Karnøe, P. (Hrsg.): *Path Dependence and Creation*. Mahwah: LEA. 269-299.
- Kets, A., Burger, H. & de Zoeten-Dartenset, C. (2003): *Experiences with SocRobust at ECN*. Petten: Energy Research Centre of the Netherlands.
- Keizer, J.A., Vos, J.P. & Halman, J.I.M. (2005): Risks in New Product Development: Developing a Risk Reference Framework. *R&D Management*. Vol. 35/3. 297-309.
- Kleppner, S. & Simmons, K.L. (2003): Dominance of Birthright: Entry of Prior Radio Producers and Competitive Ramifications in the US Television Receiver Industry. in: Helfat, C.E. (Hrsg.): *The Blackwell Handbook of Organizational Capabilities*. Malden: Blackwell. 15-42.
- Knight, F.H. (2002): *Risk, Uncertainty and Profit*. Reprint of the 1957 Issue. Washington DC: Beard Books.
- Kodama, F. (1995): *Emerging Patterns of Innovation – Sources of Japan's Technological Edge*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kodama, F. (1992): Technology Fusion and the New R&D. *Harvard Business Review*. July – August. 70-78.
- Konrad, K. (2006): The Social Dynamics of Expectations: The Interaction of Collective and Actor-Specific Expectations on Electronic Commerce and Interactive Television. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 18/3-4. 429-444.
- Kostoff, R.N. (2006): Systematic of Radical Discovery and Innovation in Science and Technology. *Technological Forecasting & Social Change* 73. 923-936.

- Kostoff, R.N. (1997): Identifying Research Program Technical Risk. May-June. 10-12.
- Kostoff, R.N. & Schaller, R.R. (2001): Science and Technology Roadmaps. IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 48/2. 132-143.
- Kostoff, R.N., Boylan, R. & Simons, G.R. (2004): Disruptive Technology Roadmaps. Technological Forecasting & Social Change 71. 141-159.
- Kromrey, H. (2002): Empirische Sozialforschung. 10. Auflage. Opladen: Leske + Budrich.
- Kuhn, T.S. (1996) [im Original 1967]: The Structure of Scientific Revolutions. 3rd Edition. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kumaresan, N. & Miyazaki, K. (2001): Management and Policy Concerns over Shifts in Innovation Trajectories: The Case of the Japanese Robotics Industry. Technology Analysis & Strategic Management. Vo. 13/3. 433-462.
- de Laat, B. (2000): Scripts for the Future. Dissertation. Enschede.
- Lampel, J. (2001): Show-and-Tell: Product Demonstrations and Path Creation of Technological Change. Garud, R. & Karnøe, P. (Hrsg.): Path Dependence and Creation. Mahwah: LEA. 303-327.
- Lane, D.A. & Maxfield, R.R. (2005): Ontological Uncertainty and Innovation. Journal of Evolutionary Economics. Vol. 15. 3-50.
- Lane, D.A. & Maxfield, R.R. (1997): Foresight, Complexity and Strategy. in: Arthur, B.W., Durchlauf, X. & Lane, D.A. (Hrsg.): The Economy as a Complex Evolving System. Reading: Addison-Wesley. 169-198.
- Lang, P. (1990): Technologieorientierung im strategischen Management. in: Tschirky, H., Hess, W. & Lang, P. (Hrsg.): Technologie-Management - Erfolgsfaktor von zunehmender Bedeutung. 31-70.
- Latour, B. (2005): Reassembling the Social. Oxford: Oxford University Press.
- Latour, B. (1996): On actor-network theory. A Few Clarifications Plus More than a Few Complications. in: Soziale Welt.
- Latour, B. (1992): Where Are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts. in: Bijker, W.E./Law, J. (Hrsg.): Shaping Technology / Building Society. Cambridge: MIT Press. 225-258.
- Latour, B. (1991): Technology is Society Made Durable. in Law, J. (Hrsg.): A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology, and Domination. London: Routledge. 103-131.
- Latour, B. (1987): Science in Action. Cambridge: Harvard University Press.
- Latour, B. & Bastide, F. (1986): Writing Science - Fact and Fiction. in: Callon, M., Law, J. & Rip, A. (Hrsg.): Mapping the Dynamics of Science and Technology. London: The Macmillan Press. 51-66.
- Law, J. (2003a) [im Original 1992]: Notes on the Theory of the Actor-Network: Ordering, Strategy, and Heterogeneity. Centre for Science Studies. Lancaster University.
- Law, J. (2003b) [im Original 1999]: Traduction/Trahison: Notes on the Theory of ANT. Centre for Science Studies. Lancaster University.

- Law, J. (1986): Laboratories and Texts. in: Callon, M., Law, J. & Rip, A. (Hrsg.): Mapping the Dynamics of Science and Technology. London: The Macmillan Press. 35-50.
- Law, J. & Bijker, W. (1992): Postscript, Technology Stability and Social Theory. in: Bijker, W.E. & Law, J. (Hrsg.): Shaping Technology / Building Society. Cambridge: MIT Press. 290-308.
- van Lente, H. (1993): Promising Technology - The Dynamics of Expectations in Technological Development. Dissertation. Universiteit Twente.
- Leonard-Barton, D. (1992): Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing new Product Development. Strategic Management Journal. Vol. 13. 111-125.
- Lichtenthaler, E. (2007): Managing Technology Intelligence Processes in Situations of Radical Technological Change. Technological Forecasting & Social Change (2007). doi:10.16/j.techfore.2007.10.01.
- Lichtenthaler, E. (2002): Organisation der Technology Intelligence: Eine empirische Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven Großunternehmen. Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
- Liebl, F. (2005): Technologie-Frühaufklärung: Bestandsaufnahme und Perspektiven. in: Albers, S. & Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement: Strategie – Umsetzung – Controlling. Wiesbaden: Gabler. 119-136.
- Linton, J.D. (2002): Forecasting the Market Diffusion of Disruptive and Discontinuous Innovation. IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 49/4. 365-374.
- Liu, X & White, S. (2001): Comparing Innovation Systems: A Framework and Application to China's Transitional Context. Research Policy 30. 1091-1114.
- Lösch, A. (2006): Anticipating the Futures of Nanotechnology: Visionary Images as Means of Communication. Technology Analysis & Strategic Management. Vol. 18/3-4. 393-409.
- Lovas, B. & Goshal, S. (2000): Strategy as Guided Evolution. Strategic Management Journal 21. 875-896.
- Macharzina, K. & Wolf, J. (2003): Unternehmensführung. 4. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Mackay, M.M. & Metcalfe, M. (2002): Multiple Method Forecasts for Discontinuous Innovations. Technological Forecasting & Social Change 69. 221-232.
- MacMillan, I.C., van Putten, A.B., McGrath, R.G. & Thompson, J.D. (2006): Using Real Options Discipline for Highly Uncertain Technology Investments. Research Technology Management. January-February. 29-36.
- MacMinn, R.D. & Holtmann, A.G. (1983): Technological Uncertainty and the Theory of the Firm. Southern Economic Journal. Vol. 50/1. 120-136.
- Major, E., Asch, D. & Cordey-Hayes, M. (2001): Foresight as a Core Competence. Futures 33. 91-107.
- Malerba, F. (2005): Sectoral Systems of Innovation: A Framework for Linking Innovation to the Knowledge Base, Structure and Dynamics of Sectors. Economics of Innovation and New Technology. Vol. 14/1-2. 63-82.
- Malerba, F. (2004a): Sectoral Systems of Innovation: Basic Concepts. in: Malerba, F. (Hrsg.): Sectoral Systems of Innovation. Cambridge: Cambridge University Press. 9-41.

- Malerba, F. (2004b): Summing up and Conclusions. in: Malerba, F. (Hrsg.): Sectoral Systems of Innovation. Cambridge: Cambridge University Press. 465-507.
- Malerba, F. & Orsenigo, L. (1997): Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities. *Industrial and Corporate Change* Vol.6/1. 83-117.
- March, J.G. (1991): Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*. Vol. 2/1. 71-87.
- Martin, J. (1995): Ignore Your Customer. *Fortune*. May 1, 1995. 83-86.
- Martin, P. (2000): Great Expectations: The Construction of Markets, Products and User Needs during the Early Development of Gene Therapy in the USA. in: Brown, N., Rappert, B. & Webster, A. (Hrsg.): *Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience*. Aldershot: Ashgate. 38-67.
- McDermott, C.M. & Coates, T. (2007): Managing Competencies in Breakthrough Product Development – A Comparative Study of Two Material Processing Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 54/2. 340-350.
- McDermott, C.M. & O'Connor, G.C. (2002): Managing Radical Innovation: An Overview of Emergent Strategy Issues. *Journal of Product Innovation Management* 19. 424-438.
- McGrath, R.N. (1998): Technological Discontinuities and Media Patterns: Assessing Electric Vehicle Batteries. *Technovation*. Vol. 18/11. 677-687.
- McKelvey, M., Orsenigo, L. & Pammolli, F. (2004): Pharmaceuticals Analyzed Through the Lens of a Sectoral Innovation System. in: Malerba, F. (Hrsg.): *Sectoral Systems of Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press. 73-120.
- McNamara, P. & Baden-Fuller, C. (1999): Lessons from the Celltech Case: Balancing Knowledge Exploration and Exploitation in Organizational Renewal. *British Journal of Management*. Vol. 10. 291-307.
- Mendonça, S., Pina e Cunha, M., Kaivo-oja, J. & Ruff, F. (2004): Wild Cards, Weak Signals and Organisational Improvisation. *Futures* 36. 201-218.
- Mercer, D. (1997): Determining Aggregated Expectations of Future Outcomes. *Technological Forecasting & Social Change* 55. 155-164.
- van Merkerk, R.O. & Smits, R.E.H.M. (2007): Tailoring CTA for Emerging Technologies. *Technological Forecasting & Social Change*. doi:10.1016/j.techfore.2007.01.003.
- van Merkerk, R.O. & Robinson, D.K.R. (2006): Characterizing the Emergence of a Technological Field - Expectations, Agendas and Networks in Lab-on-a-chip Technologies. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 18/3-4. 411-428.
- van Merkerk, R.O. & van Lente, H. (2005): Tracing Emerging Irreversibilities in Emerging Technologies: The Case of Nanotubes. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 1094-1111.
- Metcalfe, S. & Boden, M. (1992). Evolutionary epistemology and the nature of technology strategy. In: R. Coombs (Hrsg.), *Technological Change and Company Strategies*. Academic Press. 153-193.
- Mettler, D. (1988): Investition, Innovation und Unsicherheit – Grundzüge einer kognitiv-evolutionären Investitionstheorie. Grösch: Verlag Rüegger.

- Mettler, P.H. & Baumgartner, T. (1998): Large-scale Participatory Co-shaping of Technological Developments. *Futures*. Vol 30/6. 535-554.
- Micheal, M. (2000): Futures of the Present: From Performativity to Prehension. in: Brown, N., Rappert, B. & Webster, A. (Hrsg.): *Contested Futures: A Sociology of Prospective Technoscience*. Aldershot: Ashgate. 21-39.
- Milliken, F.J. (1987): Three Types of Perceived Uncertainty about the Environment: State, Effect, and Response Uncertainty. *Academy of Management Review*. Vol. 12/1. 135-143.
- Mills, R.W. & Weinstein, B. (1996): Calculating Shareholder Value in a Turbulent Environment. *Long Range Planning*. Vol. 29/1. 76-83.
- Mintzberg, H. (2003): Five Ps for Strategy. in: Mintzberg, H., Lampel, J., Quinn, B.J. & Goshal, S. (Hrsg.) (2003): *The Strategy Process - Concepts, Contexts, Cases*. Upper Saddle River: Pearson.
- de Miranda Santo, M., Massari Coelho, G., Maria dos Santos, D. & Fellows Filho, L. (2006): Text Mining as a Valuable Tool in Foresight Exercises: A Study on Nanotechnology. *Technological Forecasting & Social Change* 73. 1013-1027.
- Mirow, M. (1998): Innovationen als strategische Chance. in: Franke, N. & Braun, C.-F. (Hrsg.): *Innovationsforschung und Technologiemanagement*. Berlin [u.a.]: Springer. 481-492.
- Molina, A. (1999): Transforming Visionary Products into Realities: Constituency-building and Observacting in NewsPad. *Futures* 31. 291-332.
- Moncada-Paternò-Castello, P., Rojo, J., Bellido, F., Fiore, F. & Tübke, A. (2003): Early Identification and Marketing of Innovative Technologies: a Case Study of RTD result valorisation at the European Commission's Joint Research Centre. *Technovation* 23. 655-667.
- Müller-Stevens, G. & Lechner, C. (2005): *Strategisches Management*. 3. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Myers, D.R., Sumpter, C.W., Walsh, S.T. & Kirchhoff, B.A. (2002): A Practitioner's View: Evolutionary Stages of Disruptive Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 40/4. 322-329.
- Naisbitt, J. (1982): *Megatrends – Ten New Directions Transforming Our Lives*. New York: Warner Books.
- Nanus, B. (1982): QUEST – Quick Environmental Scanning Technique. *Long Range Planning*. Vol. 15/2. 39-45.
- Nelson, R.R. (1998): The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions. in: Dosi, G., Teece, D.J. & Chytry, J. (Hrsg.): *Technology, Organization, and Competitiveness - Perspectives on Industrial and Corporate Change*. Oxford: Oxford University Press. 319-335.
- Nelson, R.R. (1962): The Link Between Science and Invention: The Case of the Transistor. in: Nelson, R.R. (Hrsg.): *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press. 549-583.
- Nelson, R.R. & Winter, S.J. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nelson, R.R. & Winter, S.G. (1977): In Search of a Useful Theory of Innovation. *Research Policy* 6. 37-76.

- de Neufville, R. (2000): Dynamic Strategic Planning for Technology Policy. *International Journal of Technology Management*. Vol. 19/3-4. 225-245.
- Noori, H., Munro, H., Descza, G. & McWilliams, B. (1999a): Developing the 'Right' Breakthrough Product/Service - Part A. *International Journal of Technology Management*. Vol. 17/5. 544-562.
- Noori, H., Munro, H., Descza, G. & McWilliams, B. (1999b): Developing the 'Right' Breakthrough Product/Service: An Application of the Umbrella Methodology to Electric Vehicles - Part B. *International Journal of Technology Management*. Vol. 17/5. 563-579.
- North, D.C. (2005) [im Original 1990]: *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- van Notten, Ph.W.F., Slegers, A.M. & van Asselt, M.B.A. (2005): The Future Shocks: On Discontinuity and Scenario Development. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 175-194.
- O'Brien, T.C. & Fadem, T.J. (1999): Identifying New Business Opportunities. *Research Technology Management*. Vol. 42/5. 15-19.
- O'Connor, G.C. (1998): Market Learning and Radical Innovation: A Cross Case Comparison of Eight Radical Innovation Projects. *Journal of Product Innovation Management* 15. 151-166.
- Oinas, P. & Malecki, E.J. (2002): The Evolution of Technologies in Time and Space: From National and Regional to Spatial Innovation Systems. *International Regional Science Review*. Vol. 25/1. 102-131.
- Ortt, R.J., Langley, D.J. & Pals, N. (2007): Exploring the Market for Breakthrough Technologies. *Technological Forecasting & Social Change*. doi:10.1016/j.techfore.2007.05.009.
- Paap, J. & Katz, R. (2004): Anticipating Disruptive Innovation. *Research Technology Management*. September-October. 13-22.
- Patton, K.M. (2005): The Role of Scanning in Open Intelligence Systems. *Technological Forecasting & Social Change* 72. 1082-1093.
- Pavitt, K. (2003): Innovative Routines and Large Firms: What the Evidence Suggests. in: Helfat, C.E. (Hrsg.): *The SMS Blackwell Handbook of Organizational Capabilities*. Malden [u.a.]: Blackwell Publishing. 264-268.
- Pavitt, K. (1990): What We Know about the Strategic Management of Technology. *California Management Review* 32. 17-26.
- Pavitt, K. (1984): Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. *Research Policy* 13. 343-373.
- Pavitt, K. & Steinmueller, W.E. (2002): Technology in Corporate Strategy: Change, Continuity and the Information Revolution. Pettigrew, A., Thomas, H. & Whittington, R. (Hrsg.): *Handbook of Strategy and Management*. London [u.a.]: Sage. 344-372.
- Pearson, A.W. (1990): Innovation Strategy. *Technovation*. Vol 10/3. 185-192.
- Perlit, M., Peske, T. & Schrank, R. (1999): Real Options Valuation: The New Frontier in R&D Project Evaluation. *R&D Management*. Vol. 29/3. 255-269.
- Perez, C. (1983): Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems. *Futures*. Vol. 15/4. 357-375.

- Perez, C. & Soete, L. (1988): Catching Up in Technology: Entry Barriers and Windows of Opportunity: in: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.R., Silverberg, G. & Soete, L. (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory. London: Pinter Publishers. 458-479.
- Perlman, M. & McCann, C. (1996): Varieties of Uncertainty. in: Schmidt, C. (Hrsg.): Uncertainty in Economic Thought. Aldershot: Edward Elgar.
- Pinch, T.J. & Bijker, W.E. (1987): The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. in: Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T. (Hrsg.): The Social Construction of Technological Systems. Cambridge, MA: MIT Press. 17-50.
- Pistorius, C.W.I. & Utterback, J.M. (1995): The Death Knells of Mature Technologies. Technological Forecasting & Social Change 50. 215-233.
- Polanyi, M. (1985): Implizites Wissen: Suhrkamp.
- Porter, A.L. & Detampel, M.J. (1995): Technology Opportunity Analysis. Technological Forecasting & Social Change 49. 237-255.
- Porter, A.L., Roper, A.T., Mason, T.W., Rossini, F.A. & Banks, J. (1991): Forecasting and Management of Technology. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Prahalad, C.K. & Hamel, G. (1990): The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review. May-June. 19-91.
- Propp, T. & Rip, A. (2005): Assessment Tools for Breakthrough and Emerging Science and Technology. in: Project ATBEST - Final Activity Report, Deliverable 1. 21-77.
- Quinn, J.B. (2003): Strategies for Change. in: Mintzberg, H., Lampel, J., Quinn, B.J. & Goshal, S. (Hrsg.): The Strategy Process - Concepts, Contexts, Cases. Upper Saddle River: Pearson. 10-16.
- Quinn, J.B. (1980): Strategies for Change - Logical Incrementalism. Illinois: Richard D. Irwin.
- Rammert, W. (1983): Soziale Dynamik der technischen Entwicklung. Theoretisch-analytische Überlegungen zu einer Soziologie der Technik am Beispiel der "science-based industry". Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Rao, H. & Singh, J.V. (2001): The Construction of New Paths: Institution-Building Activity in the Early Automobile and Biotechnology Industry. in: Garud, R. & Karnøe, P. (Hrsg.): Path Dependence and Creation, Mahwah: LEA. 243-267.
- Raynor, M.E. & Leroux, X. (2004): Strategic Flexibility in R&D. Research Technology Management. May-June. 27-32.
- Raz, T., Shenhar, A.J. & Dvir, D. (2002): Risk Management, Project Success, and Technological Uncertainty. R&D Management. Vol. 32/2. 101-109.
- Reger, G. (2001): Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective. Technology Analysis & Strategic Management Vol. 13/4. 533-553.
- Reger, G., Blind, K., Cuhls, K., Kolo, C., Bürgel, H.D., Ackel-Zakour, R. & Zeller, A. (1998): Technology Foresight in Entreprises. Unpublished Benchmark Study.
- Rehäuser, J. & Krcmar, H. (1996): Wissensmanagement im Unternehmen. in: Schreyögg, G. & Conrad, P. (Hrsg.): Managementforschung 6 – Wissensmanagement. Berlin – New York 1996. 1-40.

- Reid, S.E. & de Brentani, U. (2004): The Fuzzy Front End of New Product Development for Discontinuous Innovations: A Theoretical Model. *Journal of Product Innovation Management* 21. 170-184.
- Rice, M.P., Kelley, D., Peters, L. & O'Connor, G.C. (2001): Radical Innovation: Triggering Initiation of Opportunity Recognition and Evaluation. *R&D Management*. Vol. 31/4. 409-420.
- Rickne, A. (2000): New Technology-Based Firms and Industrial Dynamics. Evidence from the Technological System of Biomaterials in Sweden, Ohio and Massachusetts. PhD Dissertation. Industrial Dynamics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- Rinne, M. (2004): Technology Roadmaps: Infrastructure for Innovation. *Technological Forecasting & Social Change* 71. 67-80.
- Rip, A. (1995): Introduction of a New Technology: Making Use of Recent Insights from Sociology and Economics of Technology. *Technological Analysis & Strategic Management*. Vol 7/4. 417-431.
- Rip, A. (1986): Mobilising Resources Through Texts. in: Callon, M., Law, J. & Rip, A. (Hrsg.): *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. London: The Macmillan Press. 84-99.
- Rip, A. & Propp, T. (2005): Can Open-ended Roadmapping Address the Tension between Organisational Effectiveness and Strategic Flexibility? Presentation at the INIR Workshop. Enschede, June 2005.
- Rip, A. & van den Belt, H. (1987): Nelson-Winter-Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry. in: Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T.J. (Hrsg.): *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge MA: MIT Press. 135-158.
- Rogers, E.M. (1995): *Diffusion of Innovations*. 5. Auflage. New York: The Free Press.
- Rosenberg, N. (1982): *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosenkopf, L. & Tushman, M.L. (1994): The Coevolution of Technology and Organization. in: Baum, J. & Singh, J. (Hrsg.): *Evolutionary Dynamics of Organisations*. Oxford: Oxford University Press. 403-424.
- Rycoft, R.W. & Kash, D.E. (2002): Path Dependence in the Innovation of Complex Technologies. *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol 14/1. 21-35.
- Sainio, L.-M. & Puumalainen, K. (2007): Evaluating Technology Disruptiveness in a Strategic Corporate Context: A Case Study. *Technological Forecasting & Social Change*. doi:10.1016/j.techforc.2006.12.004.
- Salmenkaita, J.-P. & Salo, A. (2002): Rationales for Government Intervention in the Commercialization of New Technologies. *Technology Analysis and Strategic Management*. Vol. 14/2. 183-200.
- Schnaars, S.P. & Berenson, C. (1986): Growth Market Forecasting Revisited: A Look Back at a Look Forward. *California Management Review*. Vol. 28/4. 71-88.
- Schneider, D. (1991): Die unternehmerische Produktion von Erstmaligkeit und ihre Konsequenzen für die Evolution ökonomischer Transaktionsbeziehungen. in: Laub, U.D. & Schneider, D. (Hrsg.): *Innovation und Unternehmertum – Perspektiven, Erfahrungen, Ergebnisse*. Wiesbaden: Gabler. 341-367.

- Schnell, R., Hill, P.B. & Esser, E. (2005): Methoden der empirischen Sozialforschung. 7. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. München [u.a.]: Oldenbourg Verlag.
- Schobert, R. (1979): Die Dynamisierung komplexer Marktmodelle mit Hilfe von Verfahren der Mehrdimensionalen Skalierung. Berlin: Duncker & Humblot.
- Schot, J., Hoogma, R. & Elzen, B. (1994): Strategies for Shifting Technological Systems. *Futures*. Vol. 26/10. 1060-1076.
- Schreyögg, G., Sydow, J. & Koch, J. (2003): Organisatorische Pfade – Von der Pfadabhängigkeit zur Pfadkreation?. in: Schreyögg, G. & Sydow, J. (Hrsg.): Managementforschung 13. Wiesbaden: Gabler. 257-294.
- Schröder, H.-H. & Jetter, A.J.M. (2003): Integrating Market and Technological Knowledge in the Fuzzy Front End: An FCM-based Action Support System. *International Journal of Technology Management*. Vol. 26/5-6. 517-539.
- Schumpeter, J. (1934): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. 4. Auflage. Berlin: Duncker & Humblot.
- Schwery, A. & Raurich, V.F. (2004): Supporting the Technology-push of a Discontinuous Innovation in Practice. *R&D Management*. Vol. 34/5. 539-552.
- Scott, W.R. (1995): *Institutions and Organizations*. London: Sage Publications.
- Seidel, V.P. (2007): Concept Shifting and the Radical Product Development Process. *Journal of Product Innovation Management* 24. 522-533.
- Shakle, G.L.S. (1943): The Expectational Dynamics of the Individual. *Economica*. Vol. 10/38. 99-129.
- Sharif, N. (2006): Emergence and Development of the National Innovation Systems Approach. *Research Policy* 35. 745-766.
- Simon, E.S., McKeough, D.T., Ayers, A.D., Rinehart, E. & Alexia, B. (2003): How Do You Best Organize for Radical Innovation. *Research Technology Management*. Sept.-Oct. 17-20.
- Singleton, V. (1996): Feminism, Sociology of Scientific Knowledge and Postmodernism: Politics, Theory and Me. *Social Studies of Science*. Vol. 26. 445-468.
- Slaughter, R.A. (1990): Assessing the Quest QUEST for Future Knowledge. *Futures* 22. 153-166.
- Smalheiser, N.R. (2001): Predicting Emerging Technologies with the Aid of Text-based Data Mining: The Micro Approach. *Technovation* 21. 689-693.
- Smith, K. (1997): Economic Infrastructures and Innovation Systems. in: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London [u.a.]: Pinter. 86-106.
- Song, X.M. & Montoya-Weiss, M.M. (2001): The Effect of Perceived Technological Uncertainty on Japanese New Product Development. *Academy of Management Journal*. Vol. 44/1. 61-80.
- Song, X.M. & Montoya-Weiss, M.M. (1998): Critical Development Activities for Really New versus Incremental Products. *Journal of Product Innovation Management* 15. 124-135.
- Song, Y.-Il., Lee, D.-H., Lee, Y.-G. & Chung, Y.-C. (2007): Managing Uncertainty and Ambiguity in Frontier R&D-projects: A Korean Case Study. *Journal of Engineering and Technology Management* 24. 231-250.

- Speith, S. (2004): Technology Intelligence und Marktbildungsdynamik am Beispiel der Nanotechnologie. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Universität Hohenheim.
- Spencer, J.W. (2003): Global Gatekeeping, Representation, and Network Structure: A Longitudinal Analysis of Regional and Global Knowledge-diffusion networks. *Journal of International Business Studies* 34. 428-442.
- Spinardi, G. & Williams, R. (2005a): New and Emerging Science and Technology and Their Assessment. Project ATBEST - Final Activity Report, Deliverable 2. 79-115.
- Spinardi, G. Williams, R. (2005b) The Governance Challenge of Breakthrough Science and technology. in: Lyall, C. & Tait, J. (Hrsg.): *New Modes of Governance: Developing an Integrated Policy Approach to Science, Technology, Risk and the Environment*. Aldershot: Ashgate. 45-66.
- Spremann, K. (2002): *Wirtschaft, Investition und Finanzierung*. 5. Auflage.
- Nachdruck, München: OldenbourgStacey, R. (1993): Strategy as Order Emerging from Chaos. *Long Range Planning*. Vol. 26/1. 10-17.
- Stackelberg, H. von (1951): *Grundlagen der theoretischen Volkswirtschaftslehre*. 2. Auflage. Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Steinmueller, W.E. (2004): The European Sectoral System of Innovation. Malerba, F. (Hrsg.): *Sectoral Systems of Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press. 193-242.
- Stephenson, K. (1998): Networks. in: Dorf, R.C. (Hrsg.): *The Technology Management Handbook*. 740-745.
- Stern, T. & Jaberg, H. (2007): *Erfolgreiches Innovationsmanagement*. 3. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Stevens, G. & Burley, J. (2003): Piloting the Rocket of Radical Innovation. *Research Technology Management*. 16-25.
- Stiglitz, J.E. (1989): Imperfect Information in the Product Market. in: Schmalensee, R. & Willing, R.D. (Hrsg.): *Handbook of Industrial Organization* Vol. I. Amsterdam: Elsevier. 769-847.
- Strauss, J.D. & Radnor, M. (2004): Roadmapping for Dynamic and Uncertain Environments. *Research Technology Management*. March-April. 51-57.
- Suh, C.-K., Suh, E.-H. & Baek, K.-C. (1994): Prioritizing Telecommunications Technologies for Long-Range R&D Planning to the Year 2006. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 41/3. 264-275.
- Sydow, J., Schreyögg, G. & Koch, J. (2005): Organizational Paths: Path Dependency and Beyond. Paper presented at 21st EGOS Colloquium, 2005, Berlin, Germany.
- Sydow, J., Windeler, A. & Möllering, G. (2004): Path-Creating Networks in the Field of Next Generation Lithography: Outline of a Research Project. Working Paper TUTS-WP-2-2004. Technische Universität Berlin, Institut für Soziologie.
- Sydow, J., Windeler, A., Möllering, G. & Schubert (2005): Path-Creating Networks: The Role of Consortia in Processes of Path Extension and Creation. Paper presented at 21st EGOS Colloquium, 2005, Berlin, Germany.
- Talbot, D. (2001): DARPA's Disruptive Technologies. *Technology Review*. October. 42-50.

- Technology Futures Analysis Methods Working Group (2004): Technology Futures Analysis: Towards Integration of the Field and New Methods. *Technological Forecasting & Social Change* 71. 287-303.
- Teece, D.J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997): Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*. Vol. 18. 509-533.
- Tether, B.D. & Metcalfe, J.S. (2004): Services and Systems of Innovation. Malerba, F. (Hrsg.): *Sectoral Systems of Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press. 287-324.
- Todd, A. (1999): Managing Radical Change. *Long Range Planning*. Vol. 32/2. 237-244.
- Tripsas, M. & Gavetti, G. (2003): Capabilities, Cognition, and Inertia: Evidence from Digital Imaging. in: Helfat, C.E. (Hrsg.): *The SMS Blackwell Handbook of Organizational Capabilities*. Malden [u.a.]: Blackwell Publishing. 393-412.
- Tschirky, H. (1998): Konzept und Aufgaben des Integrierten Technologie-Managements. in: Tschirky, H. & Koruna, S. (Hrsg.): *Technologie-Management*. Zürich: Verlag Industrielle Organisation. 193-394.
- Tushman, M.L. & Anderson, P. (1986): Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly* 31. 439-465.
- Uhlmann, L. (1978): Der Innovationsprozess in westeuropäischen Industrieländern. Band 2: Der Ablauf industrieller Innovationsprozesse. Berlin [u.a.]: Dunker & Humblot.
- Utterback, J.M. (1994): *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Veryzer, R.W. (1998): Discontinuous Innovation and the New Product Development Process. *Journal of Product Innovation Management* 15. 304-321.
- Voeth, M. & Backhaus, K. (1995): Innovations- und Technologiemarketing. in: Zahn, E. (Hrsg.) *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel. 395-408.
- Watts, R.J. & Porter, A.L. (1997): Innovation Forecasting. *Technological Forecasting & Social Change* 56. 25-47.
- Walsh, S.T. (2004): Roadmapping a Disruptive Technology: A Case Study of the Emerging Microsystems and Top-down Nanosystems Industry. *Technological Forecasting & Social Change* 74. 161-185.
- Weissenberger-Eibl, M.A. (2007): Pfadkonstitution in Emerging Technologies - Eine Actor-Network theoretische Fundierung. in: Hausladen, I. (Hrsg.): *Management am Puls der Zeit - Festschrift zum 65. Geburtstag von Horst Wildemann*. Band 2. München: TCW Verlag. 1393-1414.
- Weissenberger-Eibl, M.A. (2006): *Wissensmanagement in Unternehmensnetzwerken*. 2. Auflage. Kassel: Cactus Group.
- Weissenberger-Eibl, M.A. (Hrsg.) (2005): *Gestaltung von Innovationssystemen*. Kassel: Cactus Group.
- Weissenberger-Eibl, M.A. (2004): *Unternehmensentwicklung und Markt-Struktur-Innovation*. 2. Auflage. Kassel: Cactus Group.
- von Weizsäcker, E. (1974): Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information. in: Weizsäcker, E. von (Hrsg.): *Offene Systeme I. Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution*. Stuttgart: Klett. 82-113.

- Wengel, M. & Shapira, P. (2004): Machine Tools: the Remaking of a Traditional Sectoral Innovation System. in: Malerba, F. (Hrsg.): Sectoral Systems of Innovation. Cambridge: Cambridge University Press. 243-286.
- Wieandt, A. (1994): Die Entstehung, Entwicklung und Zerstörung von Märkten durch Innovation. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Williams, R. & Edge, D. (1996): The Social Shaping of Technology. Research Policy 25. 865-899.
- Williamson, O.E. (1985): The Economic Institutions of Capitalism. New York: The Free Press.
- Wilsford, D. (1994): Path Dependency. Journal of Public Policy. Vol. 14/3. 251-283.
- Windeler, A. (2003): Kreation technologischer Pfade: ein strukturationstheoretischer Analyseansatz. in: Schreyögg, G. & Sydow, J. (Hrsg.): Managementforschung 13. Gabler. Wiesbaden. 295-328.
- Winner, L. (1980): Do Artifacts Have Politics? Daedalus. Vol. 109/1. 121-136.
- Winter, S.G. (2003): Understanding Dynamic Capabilities. Strategic Management Journal. Vol. 24. 991-995.
- Wolfrum, B. (1994): Strategisches Technologiemanagement. 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Wolstenholme, E.F. (2003): The Use of System Dynamics as a Tool for Intermediate Level Technology Evaluation: Three Case Studies. Journal of Engineering and Technology Management. Vol. 20/3. 193-204.
- Yin, R.K. (2003): Case Study Research. Third Edition. Thousand Oaks [u.a.]: Sage Publications.
- Zahn, E. (2004): Strategisches Technologiemanagement. in: Spath, D. (Hrsg.): Forschungs- und Technologiemanagement. München [u.a.]: Carl Hanser. 125-131.
- Zahn, E. (1995): Gegenstand und Zweck des Technologiemanagements. in: Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel. 3-32.
- Zahn, E. & Weidler, A. (1995): Integriertes Innovationsmanagement. in: Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schaeffer-Poeschel. 351-376.
- Zhou, Z.K., Yim (Bennett), C.K. & Tse, D.K. (2005): The Effect of Strategic Orientations on Technology- and Market-based Innovations. Journal of Marketing. Vol. 69. 42-60.
- Zweck, A. (2005): Technologiemanagement - Technologiefrüherkennung und Technikbewertung. in: Schäppi, B., Andreasen, M., Kirchgeorg, M. & Radermacher, F.-J. (Hrsg.): Handbuch der Produktentwicklung. München: Hanser-Verlag. 169-193.
- Zundel, S., Nill, J. & Sartorius, C. (2004): Zeitstrategien ökologischer Innovationspolitik. IÖW: Berlin.

ANHANG

Anhang A: Problembereiche der Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade

Theoretische Fundierung

- expliziter Bezug zu Elementen einer theoretischen Grundlage
- Entwickeln eines Ansatzes aus einer Theorie heraus

Aufgaben der Vorausschau und Planung im Umfeld neuer technologischer Pfade

Visionen / Erwartungen bilden

- Entwickeln von Visionen
- Kommunizieren von Visionen
- Entwickeln und Verbreiten von Erwartungen

gemeinsames Verständnis aufbauen

- Entwickeln eines "Shared Understanding"
- Kommunikation zwischen den Akteuren forcieren
- Konsens erzielen
- Visualisierung von Ergebnissen
- "Commitment" aller Beteiligten erreichen

Reflexion ermöglichen

- kritisches Reflektieren von Annahmen
- kritisches Hinterfragen von Strategien
- Hinterfragen von angewandten Konzepten
- Minimieren des Bias bei Entscheidungen
- Objektivierung

Antizipation ermöglichen

- Antizipation möglicher Entwicklungen
- Antizipation von Chancen
- Antizipation von Risiken

Kreativität / Lernen ermöglichen

- Raum für Kreativität schaffen
- Intuitionen aufnehmen
- neues Wissen aktiv entwickeln
- Lernen

Schwache Signale identifizieren

- Identifikation von Wandel
- Anzeichen von Wandel herausfiltern
- Detektion von Schwachen Signale

Wechselwirkungen herausarbeiten

- Interaktionen im Umfeld identifizieren
- Wechselwirkungen zwischen Faktoren berücksichtigen
- Zusammenwirken von Entwicklungen

Anstoßen von Veränderungen

- neue Entwicklungen im Unternehmen initiieren
- Wandel in Organisationen auslösen
- neues Denken anstoßen

Merkmale der entwickelten Strategien

flexible Strategien

- nicht-lineare Strategien entwickeln
- emergente Strategien zulassen
- zukünftige Handlungsfreiheit bewahren
- strategische Flexibilität ermöglichen

konkrete Schritte / Wege

- Wege zu zukünftigen Zuständen definieren
- strategische Übergänge identifizieren
- nächste Schritte festlegen
- konkrete Maßnahmen ableiten

langfristige Strategie

- langfristige Strategien ableiten

Timing von Entscheidungen

- Zeitpunkte für Handlungen festlegen
- Reaktionen auf konkrete Entwicklungen definieren

Vielzahl Anwendungen / Offenheit

- Berücksichtigen einer Vielzahl möglicher Anwendungen
- Offenheit der Technologieentwicklung
- Unterdeterminiertheit neuer Technologien

Einflussfaktoren im Umfeld

ganzheitlicher Ansatz

- gesellschaftliche Faktoren
- politische Faktoren
- Umweltwirkungen
- Erwartungen

technologisches Umfeld

- Vielzahl technologischer Lösungen
- komplementäre Technologien
- (mögliche) Konkurrenztechnologien

Technologietreiber

- Identifizieren von Technologietreibern
- Analysieren von Technologietreibern

Netzwerke / Partner

- Aufbauen von Netzwerken
- mögliche Partner
- Identifikation und Analyse möglicher Kunden

Abhängigkeiten im Umfeld

- mögliche Barrieren im Umfeld
- Ursachen von Stabilität im Umfeld
- Pfadabhängigkeiten im Umfeld

Einflussfaktoren im Unternehmen

Innovationskultur

- Innovations-, Unternehmens- und Organisationskultur
- Selbstverständnis der Organisation
- Anreizsysteme des Unternehmens

technologische Basis

- vorhandene Technologien im Unternehmen
- Portfolioüberlegungen

Ressourcen

- verfügbare Ressourcen des Unternehmens
- benötigte Ressourcen für eine Strategie
- finanzielle Ressourcen
- Humanressourcen

Kompetenzen

- Kernkompetenzen
- dynamische Wettbewerbsfähigkeiten

Abhängigkeiten im Unternehmen

- Beschränkungen des Unternehmens
- Restriktionen des Unternehmens
- Innovationsfähigkeit der Organisation
- Innovationsfähigkeit bestehender Geschäftsmodelle

Aufbauorganisation

heterogenes Team

- heterogene Persönlichkeiten einbeziehen
- verschiedene fachliche Qualifikationen
- funktionsübergreifende Beteiligung
- unterschiedliche hierarchische Ebenen

Stakeholder einbeziehen

- Betroffene einbeziehen
- Anspruchsgruppen integrieren
- Personen von außerhalb der Organisation
- Personen aus anderen technologischen Communities integrieren

kontinuierliches Mitwirken

- Kontinuität des Mitwirkens
- Team Building ermöglichen

Management einbeziehen

- Führungspersonen einbinden
- Unternehmensleitung / Bereichsleitung
- Commitment des Top-Managements erreichen

Ablauforganisation

iterativer, flexibler Prozess

- flexible Prozessschritte
- ermöglichen von Iterationen
- keine starren "Gates"

kontinuierlicher Prozess

- Wiederholung des Prozesses
- "Update" der Ergebnisse
- durchgehende Prozessschritte bis zur Strategiemsetzung

Technologie und Unternehmensanalyse

- Verbinden von Technologie- und Unternehmensanalyse
- Verbinden von Technologie- und Organisationsanalyse

Analyse- und Entscheidungsprozesse

- Verbinden von Analyse- und Entscheidungsprozessen
- Erkenntnistransfer

Methodenkombination

- Nutzen mehrerer Methoden
- qualitative und quantitative Methoden
- Nutzen verschiedener Informationsquellen
- tacites und explizites Wissen nutzen
- interdisziplinäres Wissen nutzen

Anhang B: Theoretische Grundlagen und Anwendungsbereiche der vorhandenen Ansätze für die Vorausschau und Planung neuer Technologiefade

Teil 1/4

	Art des Ansatzes*		Genutzte Theorien	Anwendung***	Anwendungsbereiche
	I	n			
	explizite theoretische Grundlage**				
Hinze 1994	I	n		j	Bioelektronik
Porter & Detampel 1995	I	n		j	Elektronikmontage, Entwicklung von Multichip-Modulen
Ehrnberg & Jacobsson 1997	I	n		j	CNC-Technologie, FMS-Technologie
Smalheiser 2001	I	n		j	Gentechnik
Graff 2003	I	v	technologische Trajektorien	j	Grüne Biotechnologie
Patton 2005	I	n		n	
Daim et al. 2006	I	n		j	Brennstoffzelle, Lebensmittelsicherheit, optische Speicher
Day & Schoemaker 2006 u. 2004	I	n		n	
Kostoff 2006	I	n		j	Wasserreinigung
de Miranda Santo et al. 2006	I	n		j	Nanotechnologie
Kajikawa et al. 2007	I	n		j	Energietechnologien
Kemp 1994	M	v	Technologische Trajektorien, Pfadabhängigkeit	j	Elektrofahrzeuge, Wasserstoffwirtschaft
Linton 1997	M	n		n	
Gartner 2002	M	n		j	verschiedene Technologien
Geels 2002	M	v	Co-Evolutionäre Theorien, Sozialkonstruktivismus	j	Transportesektor
Paap & Katz 2004	M	n		n	

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

*** j=ja, n=nein

Teil 2/4

	Art des Ansatzes*		Genutzte Theorien	Anwendung***	Anwendungsbereiche
		explizite theoretische Grundlage**			
Hüsig et al. 2005	M	j	Christensens "Disruption Theory"	j	WLAN, Telekommunikation
van Merkerk & van Lente 2005	M	v	Pfadabhängigkeit, Erwartungsdynamik	j	Nanotubes
Bengisu & Nekhili 2006	M	n		j	verschiedene Technologien
Mercer 1997	S	n		n	
Mirow 1998	S	n		n	
Bers et al. 1999	S	n		j	Mobile Telekommunikation
Noori et al. 1999a u. 1999b	S	n		j	Elektrofahrzeuge
Bruun et al. 2002	S	n		j	Aquakulturen
Raynor & Leroux 2004	S	n		j	verschiedene Technologien
Dortmans 2005	S	n		j	Verteidigung
Burt 2007	S	v	Christensens "Disruption Theory"	j	Energietechnologien, Versorgung
van den Hende et al. 2007	S	n		j	Konsumer Elektronik
Benson et al. 1993	B	n		j	Mikro-Elektromechanische Systeme (MEMS)
Suh et al. 1994	B	n		j	Telekommunikation
Mills & Weinstein	B	n		n	
O'Brien & Fadem 1999	B	n		j	verschiedene Technologien
Perlitz et al. 1999	B	v	Investitionstheorie, Realloptionen	j	Pharmazeutische Wirkstoffe
Danila 1989	R	n		j	verschiedene Technologien
Holmes & Ferrill 2005	R	n		j	verschiedene Technologien
Kostoff 2004 et al.	R	n		j	Medizin

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

*** j=ja, n=nein

Teil 3/4

	Art des Ansatzes*	explizite theoretische Grundlage**	Genutzte Theorien	Anwendung***	Anwendungsbereiche
Strauss & Radnor 2004	R			n	
Walsh 2004	R	n		j	Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie
Rip & Propp 2005	R	v	Pfadabhängigkeit	j	Mikrosystemtechnik / Nanotechnologie
Song et al. 2007	R	n		j	Intelligente Mikrosysteme, Spin-Elektronik
Chiesa & Manzini 1998	N	V	Resource Based View	j	verschiedene Techologien
Rice et al. 2001	N	n		j	verschiedene Techologien
Christensen & Overdorf 2004	N	n		n	
Sainio & Puumalainen 2007	N	n		j	Bluetooth, WLAN, Grid Computing, Mobile Peer-to-peer
Mettler & Baumgartner 1998	T	n		j	Mikroelektronik
Dewick et al. 2004	T	v	Lange Wellen, technologische Trajektorien	j	Nano-, Bio-, Informationstechnologie
Fleischer et al. 2005	T	n		j	Nanotechnologie
van Merkerk & Smits 2007	T	v	Pfadabhängigkeit, Evolutionstheorie	j	Lap-on-a-chip
Slaughter 1990	So	n		n	
Camillus & Datta 1991	So	n		n	
Iansiti 1995	So	n		j	Mainframes, Supercomputer
Molina 1999	So	n		j	NewsPad
de Neufville 2000	So	n		j	Elektrofahrzeuge
Schröder & Jetter 2003	So	j	Action-Regulation	n	
Moncada et al. 2003	So	n		j	Materialien
Wolsterholme 2003	So	n		j	Verteidigung, Pharma

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

*** j=ja, n=nein

Teil 4/4

	Art des Ansatzes*	explizite theoretische Grundlage**	Genutzte Theorien	Anwendung***	Anwendungsbereiche
Kets et al. 2003	So	v	Actor-Network-Theory	j	Brennstoffzelle, Mikrokraftwärmekopplung
Schwery & Raurich 2004	So	n		j	Energieerzeugung
Medonça et al. 2004	So	n		n	
Hall & Martin 2005	So	v	Stakeholder-Theorie, Poppers Lerntheorie	j	Agro-Biotechnologie
Clark et al. 2007	So	n		n	
Seidel 2007	So	n		j	verschiedene Technologien
Ortt et al. 2007	So	n		j	Mobile Videokommunikation

* I=Datenbankanalysen und Indikatoren, M=Entwicklungsmuster, B=Technologie-Bewertung, S=Szenarien, R=Roadmaps, N=New Business Development, T=Technologie-Folgenabschätzung, So=Sonstige

** v=vorhanden, n=nicht vorhanden

*** j=ja, n=nein

Anhang C: Einzelfragestellungen, die bei der Zusammenstellung phasen-spezifischer Fragebögen genutzt wurden

1. Bitte stellen Sie die Tätigkeitsfelder ihres Unternehmens kurz vor. Welche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verfolgen Sie?
2. Nutzen Sie Möglichkeiten der Technologievorhersage? Was für Analysen führen Sie typischerweise vor dem Beginn eines (potenziellen) F&E-Projektes durch?
3. Bitte charakterisieren Sie die Technologie, die im Rahmen des Projekts analysiert werden soll.
4. Über welche Kompetenzen verfügt ihr Unternehmen im Bereich dieser Technologie? Über welche relevanten Patente verfügt es?
5. Haben Personen aus dem Unternehmen wissenschaftliche Publikationen zu der Technologie verfasst?
6. Welche Studien, Projekte oder sonstige Vorarbeiten wurden auf dem Gebiet der untersuchten Technologie im Unternehmen durchgeführt?
7. Über welche formellen und informellen Netzwerke verfügt das Unternehmen auf diesem Gebiet? Wer sind die Netzwerkpartner?
8. Welche weiteren Unternehmen (Start-ups, etablierte Unternehmen) oder sonstige Organisationen beschäftigen sich noch mit der Technologie?
9. Wie beschreiben Sie den Kenntnisstand des Unternehmens im Vergleich zu anderen Unternehmen/Forschungsinstituten, die an der Technologie arbeiten?
10. Bitte beschreiben Sie das Funktionsspektrum, das möglicherweise durch die Technologie abgedeckt werden kann.
11. Für welche Kunden und welche Anwendungen könnte diese Funktionalität potenziell relevant sein? Welche Märkte könnten mit der untersuchten Technologie adressiert werden?
12. Welche Erwartungen bezüglich der zukünftigen Technologieanwendung herrschen vor?
13. Welche Lücken bestehen noch um die Technologie umzusetzen?

14. Sind bereits eigene oder fremde Prototypen des angestrebten Produkts vorhanden?
15. Welche Anlagen werden für die Herstellung und Anwendung des angestrebten Produkts benötigt? Sind diese Anlagen verfügbar?
16. Welche Regelungen müssen bei der Anwendung der Technologie beachtet werden?
17. Welche Gesetze stehen der Anwendung entgegen? Welche gesellschaftlichen Normen stehen der Anwendung entgegen.
18. Welche Konkurrenztechnologien existieren oder sind in der Entwicklung? In welchem Entwicklungsstadium befinden sich diese?
19. Welche Technologien werden potenziell substituiert?
20. Welche Akteure müssten in einem zukünftigen Anwendungskontext beteiligt sein, um die Technologie anzuwenden?
21. Welche Regelungen (gesetzlich, gesellschaftliche Werte, Verhaltensgewohnheiten) müssten in diesem Anwendungskontext vorhanden sein?
22. Welche Produktionsinfrastruktur müsste verfügbar sein? Mit welchen anderen Komponenten, Produkten oder Systemen müsste die Technologie interagieren?
23. Welches Wissen, d.h. technologische Fähigkeiten, Know-how, theoretisches Grundlagenwissen wird benötigt, damit die Technologie in dem Anwendungskontext eingesetzt werden kann?
24. Welche Rolle könnte das Unternehmen in diesem zukünftigen Anwendungskontext einnehmen?
25. Welchen unterschiedlichen Produkt- oder Dienstleistungskonzepten könnten das Unternehmen in diesem Anwendungskontext anbieten?
26. Welche Lücken bestehen zwischen der zukünftigen Struktur von Akteuren, Institutionen, Wissen und Artefakten und dem heutigen Status quo der Struktur und dem Standpunkt des Unternehmens?

27. Wie können diese Lücken potenziell geschlossen werden? Welche zentralen Ereignisse müssen auftreten, damit der Anwendungskontext mit der Technologie besetzt werden kann?
28. Welche alternativen Strategien kann das Unternehmen auf dem Weg zu den zukünftigen Anwendungen verfolgen?
29. Welche Vor- und Nachteile und welche Chancen und Risiken bieten die einzelnen Strategien? Wie verhalten sich die Strategiealternativen mit Sicht auf das Auftreten zentraler Ereignisse?
30. Welche Kompetenzen sollten innerhalb des Unternehmens aufgebaut und welche sollten mit Partner erschlossen werden?
31. Welche Annahmen müssten gegeben sein, damit das Unternehmen die unterschiedlichen Pfade erfolgreich verfolgen kann?
32. Bei dem Auftreten welcher Ereignisse oder zu welchem konkreten Zeitpunkt sollten ein erneutes Review und ein Überarbeiten der Strategie erfolgen?

Anhang D: Fragebogen im Projekt "Vorausschau und Planung neuer Technologiepfade"

Der vorliegende Fragebogen dient dazu, die Ergebnisse der einzelnen Fallstudien quantitativ zu evaluieren. Bitte kreuzen Sie an, inwiefern Sie den einzelnen Aussagen zustimmen. Sie können abstimmen zwischen einer vollständigen Zustimmung ("trifft vollständig zu", fünf Punkte) und einem kompletten Widerspruch ("trifft nicht zu", 1 Punkt). Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt und anonym ausgewertet.

1. Es konnten konkrete Handlungsschritte und Maßnahmen abgeleitet werden. trifft nicht zu trifft vollständig zu
2. Es wurde ausreichend Raum für Kommunikation, Diskurs und Diskussion geschaffen. trifft nicht zu trifft vollständig zu
3. Es konnten Möglichkeiten für Kreativität und das Generieren neuer Ideen generiert werden. trifft nicht zu trifft vollständig zu
4. Es konnten flexible Strategien erarbeitet werden, die auch bei Veränderungen des Unternehmensumfelds bestehen können. trifft nicht zu trifft vollständig zu
5. Es konnten insgesamt qualitativ hochwertige Ergebnisse erarbeitet werden, die in weiteren Prozessen genutzt werden können. trifft nicht zu trifft vollständig zu
6. Es konnte eine Objektivierung und kritische Reflexion der Ergebnisse erreicht werden. trifft nicht zu trifft vollständig zu
7. Es wurden keine wesentlichen Einflussbereiche innerhalb und außerhalb des Unternehmens vernachlässigt. trifft nicht zu trifft vollständig zu
8. Der Ansatz kann auch ohne die Begleitung durch einen externen Experten in Unternehmen angewendet werden. trifft nicht zu trifft vollständig zu
9. Der Ansatz der Vorausschau und Planung ist insgesamt effizient durchgeführt worden. trifft nicht zu trifft vollständig zu

10. Über den Projektverlauf hinausgehend konnte ein gemeinsames Verständnis zwischen den Teilnehmern aufgebaut werden.

trifft nicht zu trifft vollständig zu

11. Es konnten Veränderungen im Unternehmen angestoßen werden.

trifft nicht zu trifft vollständig zu