

Gestaltung von methodenunterstützten Prozessphasen einer TRIZ-orientierten Technologieentwicklung für ein Industrieunternehmen

Ansatz zur Steigerung der Effizienz
in der Durchführung der
Problemanalyse und Lösungsfindung
bei Technologieentwicklungsprojekten

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor

der technischen Wissenschaften
an der Technischen Universität Graz
durchgeführt im Rahmen eines Industrieprojekts
mit der Firma ACC Austria GmbH, Fürstenfeld

eingereicht bei

Erstbegutachter: Univ.-Prof. DI Dr.techn. Stefan Vorbach
Zweitbegutachter: O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Hubert Biedermann
Drittbegutachter: Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.rer.soc.oec. Otto Petrovic

verfasst und vorgelegt von
Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Ing. Heinz Hösch

Graz, im Oktober 2014

Herzlicher Dank gebührt insbesondere meinem Betreuer und Erstbegutachter

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Vorbach

für die wertvollen Diskussionen, die hoch geschätzte Beratung und offene Betreuung sowie die Begutachtung meiner Arbeit.

Dass ich das Thema aus der gewählten Perspektive behandeln konnte, verdanke ich Ihrer Offenheit, Flexibilität und dem Vertrauen, das Sie mir entgegen gebracht haben.

Anmerkung des Autors: Im Sinne der Lesbarkeit wurde für die gesamte Arbeit das Maskulinum gewählt.

Herzlicher Dank gebührt ebenso

Dipl.-Ing. Walter Brabek (Leiter Produktentwicklung)

Mag. Mag. Christina Schreiner (Leiterin Personal)

für die geschätzte Kooperation, diese Arbeit für das Unternehmen zu verfassen.

Für meine Eltern

„It's not how good you are, it's how good you want to be.“

Paul Arden

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Heinz Hösch, geboren am 17. März 1984 in Feldbach, erkläre hiermit ehrenwörtlich, die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt zu haben. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

A handwritten signature in blue ink that reads "Heinz Hösch". The signature is written in a cursive style with a prominent horizontal line at the end of the last name.

Graz, im Oktober 2014

Heinz Hösch

Kurzfassung

Gestaltung von methodenunterstützten Prozessphasen einer TRIZ-orientierten Technologieentwicklung für ein Industrieunternehmen : Ansatz zur Steigerung der Effizienz in der Durchführung der Problemanalyse und Lösungsfindung bei Technologieentwicklungsprojekten

In Zeiten des globalen Wettbewerbs, von beschleunigender Technologieschübe und von kürzer werdenden Produktlebenszyklen müssen Unternehmen nach Gelegenheiten Ausschau halten, um neue Produkte zu Innovationen am Markt umzusetzen. Vor allem neue Technologien stellen für Unternehmen aus Hochlohnländern eine Möglichkeit dar, um ihr Produkt für den Kunden wahrnehmbar zu machen. Technologieentwicklung ist dabei ein zentraler Parameter für nachhaltigen Wettbewerbsvorteil.

Einleitend wird der Rahmen dieser Arbeit beleuchtet. Die Arbeit wurde im Zuge eines Industrieprojekts erstellt. Um ein klares Verständnis des Gestaltungsrahmens und der Unternehmensvorstellungen zu schaffen, werden die wesentlichen Informationen zum Unternehmen ACC Austria GmbH mit Sitz in Fürstenfeld (Österreich) und die strategische Unternehmensausrichtung bei Innovationen behandelt. Die Strategieausrichtung wird zudem mit Aussagen aus Literatur abgeglichen und diskutiert.

Im theoretischen Teil der Arbeit werden die theoretischen Grundlagen einer Technologieentwicklung identifiziert und die Abgrenzung innerhalb des Innovationsprozesses dargelegt. Es werden die Aufgaben der Technologieentwicklung im Detail betrachtet und später in Hinblick ihrer Relevanz für das Unternehmen diskutiert. Anschließend wird der systematisch kreative Ansatz der Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) aus theoretischer Sicht beleuchtet und entscheidende Vorteile von TRIZ zum konventionellen Problemlösen aufgezeigt. Hierbei werden zudem die Methoden in Bezug auf ihre Tauglichkeit für das Unternehmen diskutiert. Im abschließenden Kapitel des theoretischen Teils werden die für das Unternehmen relevanten Prozessmodelle für Produktentwicklung und Innovationen aus der Literatur beschrieben und diskutiert. Die Prozessmodelle wurden insbesondere mit Bezug auf Produktentwicklungen in Industrieunternehmen ausgewählt.

Im praktischen Teil der Arbeit wird für das Industrieunternehmen ein TRIZ-orientierter Technologieentwicklungsprozess als Teil des Produktentwicklungsprozesses skizziert und in

das Unternehmen eingeführt. Es werden insgesamt 21 Anforderungen aus Literaturempfehlungen, Experteninterviews und Workshopdiskussionen erarbeitet, die bei der Prozessgestaltung von Relevanz sind. Die Modellierung der Prozessablaufstruktur resultiert zum einen aus den Anforderungen seitens des Unternehmens und zum anderen wurden die relevanten Vorteile vorhandener Prozessmodelle für Produktentwicklung und Innovationen aus der Literatur integriert. Der skizzierte Technologieentwicklungsprozess für der Industrieunternehmen umfasst insgesamt fünf Phasen. Als wesentliche Aufgaben werden Früherkennung, Entwicklung, Schutz und Bewertung von Technologien identifiziert. Die Entwicklung der Technologien im Unternehmen soll vor allem durch Kooperationen realisiert werden. Zur Bearbeitung der Tätigkeiten in jeder Phase werden einerseits für jede Phase eigene Methoden entwickelt und andererseits werden für jede Phase Methoden aus TRIZ empfohlen. Für das Controlling der Technologieentwicklung werden Kennzahlen und Anforderungskriterien für die Ergebnisse definiert. Regelmäßige Controlling-Meetings werden festgelegt und am Ende einer Phase finden so genannte Controlling-Tribunale statt, bei denen entsprechend eines Stage-Gate-Prinzipes über den weiteren Entwicklungsverlauf entschieden wird. Ein elektronisches Monitoring-System protokolliert und bereitet die Kennzahlen auf. Hierzu werden verschiedene Monitoring-Tools wirtschaftlich als auch hinsichtlich ihres Nutzwertes evaluiert. Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Prozesseinführung werden anhand von Beispielen dargelegt.

Abstract

Development of methods supported process phases of TRIZ-oriented technology development for an industrial enterprise : Approach to increase efficiency for problem solving and solution finding in execution of technology development projects

In times of global competition, of accelerating technological advances and of shorter product life cycles, companies are forced to look for opportunities to transform new products to innovations on the market. In particular, new technologies provide a way for companies in high cost countries, so their products to get perceived by the customers. Technology development is a key parameter for sustainable competitive advantage.

At the beginning of this thesis the main contour is discussed. This thesis was developed in the course of a project in collaboration with an industrial enterprise. A clear and common understanding of the scope and the requirements of the company is given upfront. Therefore, key information regarding the company ACC Austria GmbH in Fuerstenfeld and its strategic orientation for innovation are covered. Furthermore, the strategic orientation of the company is discussed with respect to literature statements.

The theoretical part contains an explanation of the theoretical background of technology development and its contour to the innovations process. The tasks of technology development are covered in detail and are discussed with respect their relevance for the company. Furthermore, a broad description of theory of inventive problem solving (TRIZ) is given and the main advantages over conventional problem solving approaches are presented. Thereby, TRIZ-tools are discussed regarding their suitability for the company. In the final theoretical chapter, relevant process models for product development and innovation are presented. The process models are chosen mainly regarding a focus on product development in industrial enterprises.

The practical part is aligned with the theoretical findings. A technology development process is designed for the industrial enterprise. Overall, 21 requirements are identified based on literature recommendation, expert interviews and workshop discussions, which are relevant for process designing. The process design is based on the one hand on company requirements and on the other hand based on main advantages of the described process models for product development and innovation. The designed technology development process for the company contains five phases. The key tasks within are early recognition, development, protection

and evaluation of technologies. The development of technologies within the company shall be realized via cooperations. For each phase and each task special tools are developed and known TRIZ-tools are recommended. For technology development controlling several parameters and criteria for the results are defined. Regular controlling meetings are set and at the end of each phase so called controlling tribunals take place. At the controlling tribunals, the further development procedure is define according the stage-gate-principles. A computer-based monitoring system records the relevant parameters. Therefore, several monitoring tools are evaluated regarding economical aspects and regarding utility. Lessons learned from process integration are given with examples.



Inhaltsverzeichnis

Titelei	I
Danksagung	II
Eidesstattliche Erklärung	VI
Kurzreferat	VII
Abstract	IX
Inhaltsverzeichnis	XI
Teil 1: Beschreibung des Forschungsvorhabens	1
1 Einführung in die Problemstellung	2
1.1 Problemstellung	2
1.2 Motivation	5
1.2.1 Technologieentwicklung als Basis für nachhaltigen Wettbewerbsvorteil	6
1.2.2 TRIZ-Orientierung als Ansatz zur effizienten Zielerreichung	8
1.3 Ziel der Arbeit	9
1.4 Wissenschaftliche Einordnung der Arbeit	11
1.5 Allgemeine Relevanz der Arbeit	12
1.6 Vorgehensweise und Forschungsdesign der Arbeit	12
1.7 Aufbau der Arbeit	14
2 Industrieunternehmung ACC Austria GmbH	17
2.1 Unternehmensgegenstand und -daten	17
2.2 Globale Marktdaten der Kältekompressorenindustrie in 2012	18
2.3 Geschichtlicher Abriss	18

2.4	Strategische Innovationsausrichtung des Unternehmens	20
2.4.1	Innovationsauslöser	20
2.4.2	Leistungsfähigkeit bzw. Zeitpunkt des Markteintritts	22
2.4.3	Quelle der Technologien	26
2.4.4	Technologieverwertung	27
2.4.5	Schutz	28
2.5	Produktentwicklung im Unternehmen	31
Teil 2: Ergebnisse aus theoretischer Betrachtung		33
3	Grundlagen zur Forschungsthematik	34
3.1	Relevante Begriffe	34
3.1.1	Theorie, Technologie und Technik	34
3.1.2	Forschung und Entwicklung	35
3.1.3	Invention, Innovation und Imitation	36
3.1.4	Zusammenhang: Von der Idee bis zur Markteinführung	38
3.1.5	Management, Technologiemanagement und Innovationsmanagement	38
3.1.6	Abgrenzung von Technologie-, F&E- und Innovationsmanagement	40
3.2	Grundlagen zu Technologien	42
3.2.1	Merkmale von Technologien	42
3.2.2	Der Lebenszyklus von Technologien	43
3.2.3	Innovationsauslöser: Technology Push und Market Pull	52
3.3	Aufgaben des Technologiemanagements	53
3.3.1	Strategieentwicklung zum Technologiemanagement	53
3.3.2	Früherkennung von Technologien	59
3.3.3	Technologieplanung	62
3.3.4	Technologieentwicklung	63
3.3.5	Verwertung von Technologien	64
3.3.6	Schutz der Technologien	66
3.3.7	Bewertung von Technologien	73
3.4	Controllingkennzahlen im Technologieentwicklungsprozess	74
3.4.1	Inputorientierte Kennzahlen	75
3.4.2	Prozessorientierte Kennzahlen	77
3.4.3	Outputorientierte Kennzahlen	78
4	Theorie des erfinderischen Problemlösens	83
4.1	Allgemeines zu TRIZ	84
4.1.1	Grenzen herkömmlicher Problemlösungsansätze	84
4.1.2	Das ideale Endergebnis	87
4.1.3	Die fünf Erfindungsklassen	89

4.2	TRIZ-Vorgehensmodell	92
4.2.1	Konkretes Problem analysieren und beschreiben	93
4.2.2	Abstrahierung der Problemstellung	95
4.2.3	Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren	98
4.2.4	Rücktransformation in konkrete Lösung	101
5	Prozessmodelle für Produktentwicklungen und Innovationen aus der Literatur	104
5.1	Ansatz von Brockhoff	105
5.2	Ansatz von Cooper	106
5.3	Ansatz von Eversheim	107
5.4	Ansatz von Herstatt	108
5.5	Ansatz von Thom	109
5.6	Ansatz von Ulrich und Eppinger	110
	Teil 3: Ergebnisse aus praktischer Anwendung	112
6	Anforderungen an die Technologieentwicklung und den Phasenprozess des Unternehmens	113
6.1	Generelle Anforderungen an die Technologieentwicklung	114
6.1.1	Markt- und Kundenorientierung	114
6.1.2	Klar definierte und kommunizierte Innovationsstrategie	116
6.1.3	Fokus auf Kernkompetenzen des Unternehmens in der Entwicklung	117
6.1.4	Unterstützung durch das Management	117
6.1.5	Zukunftsorientierte, unterstützende Mitarbeiter	118
6.1.6	Klare Rollenverteilung in der Durchführung	119
6.2	Formelle Anforderungen an den Phasenprozess	120
6.2.1	Dauer der Technologieentwicklung: 2 bis 2,5 Jahre	120
6.2.2	Sinnvoller Ressourceneinsatz (finanziell und personell)	121
6.2.3	In Abschnitte gegliederter Prozess	121
6.2.4	Nachvollziehbare Bezeichnung der Phasen	122
6.2.5	Phasenanzahl zwischen 4 und 6	122
6.3	Inhaltliche Anforderungen an den Phasenprozess	123
6.3.1	Klare Zielformulierung und gelebte Zielorientierung	123
6.3.2	Beleuchtung von technischen Aspekten	123
6.3.3	Qualität der Entwicklungstätigkeiten	123
6.3.4	Fokus auf vielversprechende Entwicklungsthemen	124
6.3.5	Beleuchtung von ökonomischen Aspekten	124
6.3.6	Sachlogische Abgrenzung der Phasen	125
6.3.7	Orientierung an TRIZ	125
6.4	Fortschrittsbezogene Anforderungen an den Phasenprozess	125
6.4.1	Rigoroses Controlling	126

6.4.2	Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen	126
6.4.3	Fähigkeit, Entscheidungen über stillzulegende Projekte treffen zu können	127
7	Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen	128
7.1	Einordnung der Aufgaben der Technologieentwicklung im gesamten Produktentwicklungsprozess des Unternehmens	129
7.2	Modellierung der Ablaufstruktur	133
7.3	Relevanz der TRIZ-Werkzeuge für das Unternehmen	138
7.4	Detailbeschreibung der Phasenergebnisse	139
7.4.1	Anstoss zur Technologieentwicklung	140
7.4.2	Fokusfelder definieren	141
7.4.3	Prinziplösungen erarbeiten	148
7.4.4	Technologiesuche betreiben	151
7.4.5	Technologieentwicklung betreiben	153
7.4.6	Wissen dokumentieren	155
7.5	Controlling für den Technologieentwicklungsprozess	157
8	Monitoring der Technologieentwicklung im Unternehmen	160
8.1	Kennzahlen für und Anforderungen an das Monitoring	161
8.2	Monitoring-Tools zur Bewertung	162
8.3	Bewertung der Monitoring Tools	164
8.3.1	Wirtschaftliche Bewertung	164
8.3.2	Bewertung des Nutzens	167
8.4	Auswahl eines Monitoring Tools	168
9	Lessons learned aus der Prozesseinführung	172
9.1	Vorgehensweise der Prozesseinführung in das Unternehmen	172
9.1.1	Prozessvorstellung	173
9.1.2	Akzeptanzkontrolle	174
9.1.3	Unterstützende Maßnahmen	175
9.1.4	Fixierung des Prozesses	175
9.1.5	Begleitende Workshopmoderation	175
9.1.6	Verwertung der Erkenntnisse	175
9.2	Lessons learned	176
9.2.1	Qualität der Tätigkeiten in der ersten Prozessphase der Technologieentwicklung bildet das Fundament für den späteren Erfolg	176
9.2.2	Mitarbeiter bei Teilen der Prozessgestaltung involvieren und sie verantwortlich partizipieren lassen	177
9.2.3	Abwechslung zu TRIZ bringt frischen Wind	179

Teil 4: Abschluss der Arbeit	180
10 Abschluss der Arbeit	181
10.1 Zusammenfassung	181
10.2 Implikationen für die Theorie	184
10.3 Limitation	184
10.4 Validierung und Verifizierung	185
10.5 Conclusio	190
10.5.1 Forschungsfragen	190
10.5.2 Ausblick	193
Literaturverzeichnis	194
Abbildungsverzeichnis	217
Abkürzungsverzeichnis	221
Anhang	222
A TRIZ	223
A.1 Werkzeuge bei TRIZ	223
A.1.1 Werkzeuge zur Systematik	224
A.1.2 Werkzeuge zum Wissen	236
A.1.3 Werkzeuge zur Analogie	237
A.1.4 Werkzeuge zur Vision	241
A.2 Die 39 technischen Parameter	242
A.3 Die 40 innovativen Grundprinzipien	246
A.4 Das Zwergemodell: Ein Beispiel	252
A.5 Effekte-Datenbanken	254
A.6 Die 76 Standardlösungen	255



Beschreibung des Forschungsvorhabens

TEILEINS



1

Einführung in die Problemstellung

Globaler Wettbewerb, beschleunigende Technologieschübe und stets kürzer werdende Produktlebenszyklen erfordern Maßnahmen zur Erhaltung und Steigerung der Marktanteile.¹ Unternehmen müssen nach Gelegenheiten Ausschau halten und diese ergreifen, um neue Produkte und Dienstleistungen zu Innovationen am Markt umzusetzen.²

1.1 Problemstellung

Technologieorientierte Unternehmen sind zunehmend darauf ausgerichtet, entscheidende technologische Entwicklungen durch wegweisende strategische Entscheidungen der Unternehmensführung mit einzubeziehen.³ Technologien gelten nach Zahn (2004) als der *Motor der wirtschaftlichen Entwicklung*⁴ und stellen dadurch eine wesentliche Bedeutung für Unternehmen sowie Volkswirtschaften dar.⁵ Wir können nach Spath (2004) aus dem Verwenden von fortschrittlichen Technologien, insbesondere innovativer Technologien, auf ein (rasantes) wirtschaftliches Wachstum schließen.⁶ Dass Unternehmen mit technologischem Vorsprung erfolgreich sein können, zeigen Unternehmungen wie 3M.⁷

¹vgl. Stevens et al. (1999) und Zahn (1995a)

²vgl. Hall (2002), Koruna u. Tschirky (1998), Schuh u. Klappert (2011) und Köck (2008)

³vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 6

⁴vgl. Zahn (2004), S. 125

⁵vgl. Abele (2006), S. 17

⁶vgl. Spath et al. (2004), S. 167

⁷vgl. Hippel et al. (1999), S. 3 ff

Der Wettbewerbsdruck erfordert das Einnehmen erfolgreicher Wettbewerbspositionen. Der Aufbau und das Halten erfolgreicher Wettbewerbspositionen ist unter anderem eine Frage des Potentials an verfügbaren Technologien und des adäquaten Technologieeinsatzes.⁸ Die Technologieentwicklung zur Integration verschiedener Technologien in die Unternehmenskompetenzen ist Teil⁹ der frühen Phase des Innovationsprozesses.¹⁰ Definierte Prozesse für die Entwicklung neuartiger Produkte werden hierzu in Unternehmen eingesetzt, um technologische Errungenschaften aus der Entwicklung anschließend wirtschaftlich erfolgreich am Markt umzusetzen. In der wissenschaftlichen Literatur werden verschiedenste Arten des Innovationsprozesses intensiv behandelt.¹¹ Bestehende Innovations- bzw. Produktentwicklungsprozesse implizieren die Verwendung von Problemlösungsinstrumenten bzw. -methoden wie bspw. das Brainstorming, die wenig ausreichend strukturiert sind, um Denkbarrieren¹² zu überwinden. Der Problemlöser stößt stets auf seine Denkbarrieren und die vermeintliche Idealösung ist lediglich eine Kompromisslösung. Das konventionelle Denken veranlasst (leider) die meisten Menschen dazu, das zu denken, was andere vor ihnen auch schon gedacht haben. Die daraus gewonnenen Ideen können überwiegend als banal eingestuft werden.¹³ Erst durch die Überwindung der Denkbarrieren können unterschiedliche Lösungen mittels verschiedener Lösungswege infolge erlaubter Kreativität innerhalb des Suchfeldes systematisch erarbeitet werden.¹⁴ Hinsichtlich Prozessmodellen explizit für die Technologieentwicklung in Unternehmen kann zudem festgehalten werden, dass diese in der wissenschaftlichen Literatur nicht abgedeckt werden. Es werden vielmehr Aufgaben des Technologiemanagements und der Technologieentwicklung beschrieben.¹⁵

Das Industrieunternehmen ACC Austria GmbH, ein Hersteller von Kältekompressoren für Haushaltskühlgeräte mit Sitz in Fürstenfeld, sieht für sich auf Grund steigendem Wettbewerbsdruck¹⁶ die Notwendigkeit, eine Technologieentwicklung in das Unternehmen zu integrieren. Die Durchführung der Technologieentwicklung im Unternehmen soll anhand eines definierten Prozesses erfolgen. Wie oben bereits aufgezeigt, werden in der wissenschaftlichen Literatur keine Prozessmodelle explizit für die Technologieentwicklung beschrieben. Eine weitere Anforderung, die es zu berücksichtigen gilt, ist die Anforderung, die Technologieentwicklung

⁸vgl. Bullinger (1994), S. 4 ff

⁹Eine alternative Einordnung der Technologieentwicklung wird in Kapitel 3 behandelt.

¹⁰vgl. Brockhoff (1994), S. 6 ff

¹¹vgl. für eine Übersicht der Phasenmodelle in Aregger (1976), S. 106 - 114; Verworn u. Herstatt (2000), S. 3 - 11; Vahs u. Burmester (2005a), S. 85 - 92; Heesen (2009), S. 65 - 76

¹²In Kapitel 4 wird diese Thematik näher behandelt.

¹³vgl. Zobel (2007), S. 5 f

¹⁴vgl. Möhrle u. Pannenbäcker (1996), S. 115 f

¹⁵vgl. Bullinger (1996), Strebel (2007), Brockhoff (1994), Cetindamar et al. (2009), Spur (1998), Bhalla (1987), Zahn (1995a), Koruna u. Tschirky (1998) und Schuh u. Klappert (2011)

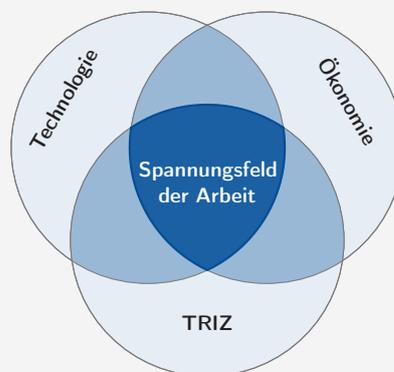
¹⁶Näheres über den Hintergrund hierzu und die strategische Ausrichtung des Unternehmens siehe Abschnitt 2.4

entsprechend der Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ)¹⁷ aufzubauen, um folglich Problemlösungen systematisch zu erarbeiten. Der TRIZ-Ansatz umfasst ein Vorgehensmodell und verschiedene Instrumente, um systematisch kreativ Probleme zu analysieren, zu lösen und dabei Denkbarrieren zu umgehen.¹⁸ Das Unternehmen ACC Austria GmbH hat in der Vergangenheit bereits positive Erfahrungen mit TRIZ in der Produktentwicklung gemacht.

Eine Strukturierung der oben angeführten Aspekte liefert die Erkenntnis, dass das Spannungsfeld der Arbeit anhand drei Bereiche beschrieben werden kann, die in Abbildung 1.1 schematisch abgebildet werden:

- Technologie: Für den Aufbau und das Halten erfolgreicher Wettbewerbssituationen nehmen das Potential und der Einsatz von Technologien eine entscheidende Rolle ein.
- Ökonomie: Technologische Errungenschaften aus der Entwicklung sollen wirtschaftlich erfolgreich am Markt umgesetzt werden.
- TRIZ: Ein Ansatz, um systematisch kreativ Probleme zu analysieren und zu lösen. Eine Anforderung seitens des Unternehmens.

Abb. 1.1: Schematische Darstellung des Spannungsfelds der Arbeit aus den Elementen Technologie, Ökonomie und TRIZ



Quelle: eigene Darstellung

¹⁷russisch: Teoria reschenija isobretatjelskich sadatsch [Abk.: TRIZ] zu deutsch: Theorie des erfinderischen Problemlösens

¹⁸In Kapitel 4 wird diese Thematik näher behandelt.

1.2 Motivation

Die Verwendung von Technologien ist stark von den vorherrschenden Rahmenbedingungen abhängig. So wird für gewöhnlich die Prozessarchitektur der Fertigungsverfahren in einem Niedriglohnland (LCC)¹⁹ durch eine hohe Prozessstabilität beschrieben. Die verwendeten Technologien in Fertigungsprozessen sind dementsprechend ausgereift und das erforderliche Know-how der Personen, die die Fertigungsmaschinen bedienen ist zumeist geringer als das erforderliche Know-how für Fertigungstechnologien, die . Eine hohe Flexibilität kann durch neue Instruktionen für die Produktionsbelegschaft rasch realisiert werden. Für Unternehmen, die in LCC agieren, gelten Lohnkosten als entscheidenden Kostentreiber.²⁰

In einem Hochlohnland (HCC)²¹ wird im Vergleich zu einem LCC für gewöhnlich ein hoher Automatisierungsgrad der Kernproduktionsprozesse angestrebt, um die Lohnkosten auf ein Minimum zu halten. Hierzu werden häufig Spitzentechnologien in der Produktion ausgewählt und eingesetzt, welche ein entsprechendes Maß an Know-how zur Realisierung erfordern. Dementsprechend hoch ist auch die Komplexität der Produktionsarchitektur. Der wesentliche Kostentreiber in einem HCC, um als Unternehmen wettbewerbsfähig zu sein, ist die effiziente Nutzung der Produktionsanlage.²²

Ein wesentlicher Anteil der verarbeitenden Industrie aus dem Westen, aus HCCs, wird nach und nach durch eine Verlagerung der Beschaffungs- und Produktionsmärkte in LCCs ersetzt. Der Großteil dieser betroffenen Produkte befindet sich in der Reifephase²³ ihres Produktlebenszyklus, der Produktionsprozess der Produkte ist repetitiv als auch einfach zu kopieren und hinsichtlich der verwendeten Technologien sind die Unternehmen zumeist eingeschränkt.²⁴

In Bezug auf die genannten Charakteristika für HCC und LCC nimmt die Bedeutung

¹⁹englisch: low cost country [Abk.: LCC] In *Low-Cost Country Sourcing* (Lockström (2007), S. 19) wird der Begriff durch ein vergleichendes Preisniveau beschrieben. Dieses vergleichende Preisniveau bedeutet die Kosten in einem Land als Anteil der Kosten für das gleiche Produkt oder die gleiche Dienstleistung in einem anderen Land. Hierzu sei vorausgesetzt, die Preise dieser beiden Länder sollen durch eine gemeinsame Währung vergleichbar gemacht werden. Zur Umrechnung in die gemeinsame Währung sollen die offiziellen Umrechnungskurse verwendet werden. Demnach stellen die Kosten in einem LCC einen marginalen Anteil der Kosten zum Referenzland dar.

²⁰vgl. Ramsauer (2009)

²¹englisch: high cost country [Abk.: HCC] Die Kosten in einem HCC stellen einen beträchtlichen Anteil der Kosten zum Referenzland dar. (Abgeleitet aus der Erklärung nach Lockström (2007), S. 19 für LCC)

²²vgl. Ramsauer (2009)

²³Nach Patton (1959) zeigt die Entwicklung eines Produktes im Laufe des Lebenszyklus ähnliche Merkmale wie beim Menschen: Das Produkt wird geboren, wächst kraftvoll, erzielt eine dynamische Reife und begibt sich schlussendlich in die *rückläufige* Phase. (Patton (1959), S. 9)

²⁴vgl. Jacoby u. Figueiredo (2008), S. 34

von LCC eine wesentliche Rolle im globalen Wettbewerb ein. Ein bedeutendes Ziel ist das Schaffen von wettbewerbsfähiger Kostenvorteile. In LCC sind häufig hohe Kostenersparnisse realisierbar. Die Unternehmen umgehen somit den Kostendruck und erreichen langfristige Wettbewerbsvorteile.²⁵ Für Länder, die durch hohe Löhne und Lohnnebenkosten gekennzeichnet sind, hat der Einsatz von Technologien eine besondere Bedeutung zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit.²⁶ Neue Technologien stellen insbesondere für Unternehmen aus HCC einen Weg dar, um Produkt- und Leistungsunterschiede für den Kunden wahrnehmbar zu machen.²⁷

Nach Porter (1980) soll ein Unternehmen seine Strategie entweder auf Basis der Kostenführerschaft, Differenzierung oder Fokussierung entwickeln und sie verfolgen.²⁸ Eine schwierige Aufgabe haben Unternehmen in HCC, wenn sie die Strategie der Kostenführerschaft verfolgen und insbesondere dabei Mitbewerber aus LCC entgegen treten, deren Strategie ebenso ausgerichtet ist.²⁹ Eine Festlegung der Strategie ausschließlich auf Differenzierung stellt langfristig für Unternehmen aus HCCs keine sichere Erfolgsposition dar.³⁰ Ein Unternehmen aus einem HCC, das den Ansatz der Differenzierung nach Porter verfolgt, soll nach Brecher (2011) zudem einen weiteren strategischen Wettbewerbsvorteil in Kostenvorteile finden.

1.2.1 Motivationsgrund Nr. 1: Technologieentwicklung als Basis für nachhaltigen Wettbewerbsvorteil

Diese Arbeit wurde im Zuge eines Industrieprojekts mit einem österreichischen Industrieunternehmen, das unter dem Namen ACC Austria GmbH mit Sitz in Fürstenfeld firmiert, durchgeführt. Das Industrieunternehmen bietet auf globaler Ebene Kältekompressoren für Haushaltskühlgeräte an, die zum einen in einem HCC (Österreich) entwickelt als auch in verschiedenen HCC (Österreich und Italien) produziert werden. Das Unternehmen ist in Europa mengen- und umsatzmäßig Marktführer in der Branche. Der grundlegende Strategieansatz des Unternehmens basiert auf Porter's Differenzierungsansatz. Das Unternehmen ACC Austria GmbH, nachstehend als ACC genannt, sieht sich, eigenen Angaben zufolge, als technologischer Weltmarktführer in dieser Branche³¹.

Die Marktentwicklung zeigte in den letzten Jahren einen deutlichen Anstieg der chinesi-

²⁵vgl. Krokowski (2007), S. 442

²⁶vgl. Milberg (2004), S. 41

²⁷vgl. Sonnenschein (2000), S. 160; Rughase (1999), S. 37 ff und Ries u. Trout (1998), S. 184 f

²⁸vgl. Porter (1980), S. 41

²⁹vgl. Meffert u. Klein (2007), S. 43

³⁰vgl. Brecher (2011), S. 525: Er sieht die Begründung darin, dass Wettbewerber aus LCC ebenfalls im Laufe der Zeit in diese Märkte eindringen werden.

³¹vgl. ACC (2012a)

schen Kompressorhersteller mit ihren verhältnismäßig günstigen Produkten. Insbesondere der chinesische Hersteller Jiaxipera holte enorme Marktanteile sowohl in Europa als auch in anderen regionalen Märkten auf. Das Unternehmen ACC vermag zwar ihre Marktführung in Europa auszubauen, bezweckt jedoch in Zukunft ihre Vorherrschaft am europäischen Markt zu festigen und die Marktanteile gegenüber sämtlichen Mitbewerbern zu erhöhen.³² Diese Mission soll durch die Entwicklung einer neuen Kältekompressorplattform realisiert werden.³³ Das Unternehmen entwickelt diese neue Plattform, um als Technologieführer den Markt zu dominieren. Für dieses Vorhaben soll im Produktentwicklungsprozess eine eigene Prozessphase zur Technologieentwicklung vorgeschaltet werden. Das Ergebnis der Technologieentwicklung³⁴ soll als Grundlage für die weiterführende Produktentwicklung dienen, um eine im Vergleich zur bisherigen Produktentwicklung deutliche Verbesserung der relevanten Parameter³⁵ und somit einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil gegenüber dem Wettbewerb zu schaffen.³⁶

In Sammerl (2006) wird der oben angeführte Grundgedanke mit den Worten: *je höher der marktbezogene Innovationsgrad ist, desto größer ist der nachhaltige Wettbewerbsvorteil* beschrieben.³⁷ Gleichzeitig führen Bruhn (1999) sowie Vahs u. Burmester (1999) an, je höher der Innovationsgrad, desto schwieriger die Einschätzung des Erfolg bzw. des Misserfolg einer Innovation.³⁸ Springer (2004) beschreibt zudem, Innovationen dienen zum Wiederherstellen und Verbessern der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.³⁹ Wie oben bereits geschrieben, gelten innovative Technologien als Motor der wirtschaftlichen Entwicklung und Unternehmen mit technologischem Vorsprung seien erfolgreicher. Pepels (2004) betont hierzu die Erfordernis der Technologieentwicklung: *Die Notwendigkeit der Technologieentwicklung ist unbestritten. Dies resultiert aus der zunehmenden Automatisierung der Produktion und der immer rascheren Veralterung von Technologiegenerationen. Technologieentwicklung ist damit als ein zentraler Wettbewerbsparameter anzusehen.*⁴⁰

Ein Wettbewerbsvorteil am Markt besteht jedoch erst, wenn ein vom Kunden wahrgenommener Nutzen generiert wird und dieser Nutzen einen Vorteil im Vergleich zum Wettbewerb darstellt. Die Kundenorientierung soll durch eine Ausrichtung der Innovationstätig-

³²vgl. ACC (2012a)

³³vgl. ACC (2009a)

³⁴i.S.v.: die Sicherstellung der Anwendungstauglichkeit und Verfügbarkeit von Wissen zu verwendbaren Technologien

³⁵i.S.v.: Leistungszahl (englisch: Coefficient of Performance [Abk.: COP]) Kälteleistungsbereich, Kosten (Material-, Lohn- und Maschinenkosten), Geräusch, Funktionsumfang und benötigter Bauraum im Kühlgerät

³⁶vgl. ACC (2009a)

³⁷vgl. Sammerl (2006)

³⁸vgl. Bruhn (1999), S. 209 f und Vahs u. Burmester (2005a), S. 50 ff

³⁹vgl. Springer (2004) S. 134

⁴⁰vgl. Pepels (2004), S. 416

keiten am Kunden realisiert werden.⁴¹ Parameter wie Leistungszahl, Kälteleistungsbereich, Kosten (Material-, Lohn- und Maschinenkosten), Geräusch, Funktionsumfang des Kältekompressors und benötigter Bauraum im Kühlgerätes sind nach Aussagen des Managements des Unternehmens die relevanten Kaufentscheidungsfaktoren des Kunden.

1.2.2 Motivationsgrund Nr. 2: TRIZ-Orientierung als Ansatz zur effizienten Zielerreichung

Badke-Schaub und Frankenberger (2004) sehen die Produktentwicklung als *Problemlösen*. Dabei ist die Lösungsfindung die zentrale Tätigkeit des Produktentwicklers. Nach ihnen bestehen Probleme aus einer Vielzahl von Elementen, die dem Problem einen Komplexitätsgrad verleihen und die in verschiedenster Weise untereinander vernetzt sein können.⁴²

Die Schwierigkeit eines Problems, um es lösen zu können, ist mit der Komplexität des Problems kohärent. Je höher die Komplexität eines Problems, desto höher wird das Niveau der Lösung des Problems, sozusagen die Erfindung, sein. Eine Rationalisierung, d.h. ein Problem dessen konkrete Aufgabenstellung bekannt ist, ist durch simple Transformation einer technischen Optimierungslösung realisierbar. Hingegen stellen Ausgangsbedingungen, deren wesentliche Zielfaktoren unbekannt sind und bei denen Analogien nicht bestehen, einzigartige Probleme dar, die mittels Transformation einer wissenschaftlich-technischen Entdeckung lösbar wären und deren Niveau der Neuartigkeit dem höchsten Grad entspricht.⁴³ Altschuller, der Entwickler von TRIZ, definiert dazu Erfindungsklassen, gleichzusetzen mit dem oben diskutierten Erfindungsniveau. Zwischen 1964 und 1974 analysierte er Patente, klassifizierte diese in fünf Erfindungsklassen und ermittelte unter anderem deren Auftretenshäufigkeit.⁴⁴

Altschuller erkannte, dass der Einsatz von allgemein anwendbaren Prinzipien und definierten Denkmustern das Finden von Erfindungen der höheren Klassen, jene mit einem hohen Erfindungswert, erleichtert.⁴⁵ TRIZ stellt eine effiziente Vorgehensweise zur Problemlösung und somit zur Produktentwicklung dar.⁴⁶

Die universelle Anwendung von TRIZ für ausnahmslos jede Situation und bei jedem Objekt wird in Orloff (2006) beschrieben.⁴⁷ Die Ingenieure des Industrieunternehmens ACC hat-

⁴¹vgl. Coyne (1986), S. 55 und Steinoff (2006), S. 181

⁴²vgl. Badke-Schaub u. Frankenberger (2004) S. 21

⁴³vgl. Wenzke (2003), S. 19

⁴⁴vgl. Gundlach et al. (2006), S. 14 f ursprünglich aus Terninko et al. (1998b)

⁴⁵vgl. Gundlach et al. (2006), S. 15 ursprünglich aus Terninko et al. (1998b)

⁴⁶vgl. Brückner (2009), S. 78

⁴⁷vgl. Orloff (2006), S. 86

ten in der Vergangenheit bereits den Ansatz nach TRIZ bei einigen Projekten in der Produktentwicklung angewandt. Aus knapp 400 Ideen wurden 12 Ideen vertieft weiter behandelt und im Zuge von Patentanmeldungen geschützt. Neben den Patentschutzrechten wurden durch die Ergebnisse aus der TRIZ-Anwendung maßgebliche Verbesserungen der Parameter des Kältekompressors erzielt, die laut Management des Unternehmens ohne Einsatz von TRIZ nicht möglich gewesen wären.⁴⁸

Der Unterschied von TRIZ zum traditionellen Problemlösen ist in der Vorgehensweise zu finden.⁴⁹ Bei TRIZ wird das spezifische Problem in ein abstraktes Problem umgewandelt, um eine abstrakte Lösung aus den innovativen Prinzipien zu finden. Ist diese Lösung gefunden, wird sie in eine spezifische, konkrete Lösung überführt.⁵⁰ Näheres hierzu in Kapitel 4. Beim traditionellen Vorgehen, dem Versuch-Irrtum-Prinzip, sucht der Problemlöser für das spezifische Problem auf direktem Weg eine spezifische Lösung und stößt auf den *psychologischen Trägheitsvektor*⁵¹, der sich im Laufe eines menschlichen Lebens verstärkt.⁵² Die Kreativität nimmt dadurch mit zunehmendem Alter ab.⁵³

Mit TRIZ lassen sich unter der Verwendung verschiedener Methoden unterschiedliche Lösungen entwickeln. Das Anwenden von TRIZ kombiniert Systematik und Kreativität, weshalb es weiter als die klassischen Kreativitätstechniken wie Brainstorming, Morphologie etc. reicht.⁵⁴

1.3 Ziel der Arbeit

In der wissenschaftlichen Literatur⁵⁵ werden eine Vielzahl an Phasenmodelle für den Innovationsprozess⁵⁶ diskutiert. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Phasenmodellen können im Detaillierungsgrad, in ihrer Schwerpunktsetzung auf bestimmte Phasen und dem Innovationsobjekt, also Sach- oder Dienstleistungen, gefunden werden.⁵⁷

⁴⁸vgl. ACC (2009a)

⁴⁹vgl. Müller (2006), S. 19

⁵⁰vgl. Gundlach et al. (2006), S. 15 ff

⁵¹Der psychologische Trägheitsvektor wird in Abschnitt 4.1.1 näher beschrieben.

⁵²vgl. Altschuller (1973), S. 19

⁵³vgl. Herb et al. (2000), S. 15

⁵⁴vgl. Möhrle u. Pannenbäcker (1996), S. 113 ff

⁵⁵vgl. für eine Übersicht der Phasenmodelle in Aregger (1976), S. 106 - 114; Verworn u. Herstatt (2000), S. 3 - 11; Vahs u. Burmester (2005a), S. 85 - 92; Heesen (2009), S. 65 - 76

⁵⁶vgl. Kapitel 5 über die relevanten Phasenmodelle sowie Kapitel 3 über die Grundlagen von Innovationen.

⁵⁷vgl. Borchert u. Hagenhoff (2003), S. 33

In der Literatur wird dabei häufig ein allgemein gehaltenes⁵⁸ Vorgehen für Innovationen, mit den drei Hauptphasen Ideengenerierung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung vorgestellt, was u.a. schon von Thom⁵⁹ erwähnt worden ist.

Grundlegendes Ziel:

Die Entwicklung eines methodenunterstützter Phasenprozesses zur TRIZ-orientierten Technologieentwicklung

Vor dem Hintergrund der geschilderten Ausgangslage und der sich daraus ergebenden Problemstellungen verfolgt die vorliegende Arbeit folgende **Zielsetzungen**:

- Aus der Literatur sollen die theoretischen Grundlagen einer Technologieentwicklung identifiziert und die Abgrenzung innerhalb des Innovationsprozesses dargelegt werden.
- Die Ausgestaltung des Phasenprozesses für die Technologieentwicklung soll auf Basis von Literaturerkenntnissen, von TRIZ und von den Rahmenbedingungen des Unternehmens dargestellt werden.
- Darauf aufbauend soll ein Konzept für die Technologieentwicklung zur praktischen Anwendung entwickelt werden.

Daraus lassen sich folgende **Forschungsfragen** formulieren:

- Wie sieht ein Technologieentwicklungsprozess für ein Industrieunternehmen aus, der den Mangel bei bestehenden Innovations- bzw. Produktentwicklungsprozessen hinsichtlich Methodik zur Umgehung von Denkbarrieren beim Problemlösen behebt?
- Welche Methoden und Werkzeuge können herangezogen werden, um zu Entscheidungspunkten eine möglichst vollständige, relevante und korrekte Datenbasis heranziehen zu können?

Die Technologieentwicklung⁶⁰ als Teil des Innovationsprozesses ist insbesondere durch einen Fokus auf den Kundennutzen, die Kreativität und Innovationshöhe charakterisiert.⁶¹ Besteht eine hohe Unsicherheit aus der Sicht der Technik, ist eine Entkoppelung der Technologieentwicklung vom Produktentwicklungsprozess sinnvoll. Dadurch können risikoreichere, radikalere und potenzialträchtigere Technologieideen verfolgt werden.⁶²

⁵⁸vgl. ebd.

⁵⁹vgl. Thom (1992), S. 9

⁶⁰vgl. Kapitel 3 über die Abgrenzung von Technologieentwicklung im Innovationsprozess

⁶¹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 227

⁶²vgl. Kobe (2001); Herstatt u. Verwon (2007), S. 111 ff; Schuh u. Klappert (2011), S. 227

Nach Schuh und Klappert werden in der wissenschaftlichen Literatur⁶³ der Technologieentwicklung verschiedene Aufgabenbereiche zugeordnet, da die Technologieentwicklung Fachgebiete wie natur- und ingenieurwissenschaftliche, betriebs- und volkswirtschaftliche, juristische und soziologische Bereiche tangiert. Sie definieren sechs wesentliche Hauptaufgaben: Früherkennung, Planung, Entwicklung, Verwertung, Schutz und Bewertung von Technologien.⁶⁴

Mit der Technologieentwicklung soll aus der Sicht der Unternehmung ACC Austria GmbH als wichtigstes Ziel das Generieren und Bereitstellen von Wissen zu verwendbaren Technologien im Unternehmen erreicht werden.⁶⁵ Das wesentliche Ziel dieser Arbeit ist die Gestaltung eines Phasenprozesses für eine TRIZ-orientierte Technologieentwicklung, entwickelt aus der Selektion und Kombination der Aufgaben einer Technologieentwicklung und den Anforderungen an Phasenmodelle laut Literatur, angepasst auf die Ziele und den Rahmenbedingungen des Unternehmens. Dem Phasenmodell, insbesondere den Subphasen, sollen dazu Methoden zur Unterstützung zugeordnet werden. Diese sollen ausgewählt werden, einerseits auf Grund ihrer Charakteristik einen Beitrag zur Zielerreichung zu leisten und andererseits auf Grund der Bedürfnisse aus strategischer Sicht des Managements und aus anwendungsbezogener Sicht der Entwicklungsingenieure. Das TRIZ-Vorgehensmodell soll eine Grundlage für die Prozessphasen der Technologieentwicklung und für den Problemlösungsansatz bilden.

1.4 Wissenschaftliche Einordnung der Arbeit

Vor dem Hintergrund der diskutierten Motivation und Zielsetzung soll das Untersuchungsgebiet der Arbeit wissenschaftlich eingeordnet werden. Nach Ulrich⁶⁶ unterscheidet man Wissenschaften in Grundlagenwissenschaften und angewandte Wissenschaften. Problemstellungen, die in der angewandten Wissenschaft betrachtet werden, entstehen in der Praxis und somit *außerhalb der Wissenschaft*. Problemstellungen der Grundlagenwissenschaften treten im Zusammenhang mit Theorie auf und somit *innerhalb der Wissenschaft*. Grundlagenwissenschaften beschäftigen sich mit allgemeinen Theorien zur Erklärung bestehender Realitäten, wobei angewandte Wissenschaften das Ziel haben, Regeln und Modelle für neue Realitäten zu schaffen, um die Realität zu verändern, zu gestalten und zu lenken.

Der Forschungsschwerpunkt wurde aus in Industrieprojekten gewonnenen Erfahrungen

⁶³vgl. Bullinger (1994), Brockhoff (1994), Strebel (2007) etc.

⁶⁴vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 14 f

⁶⁵vgl. Kapitel 6 über den Einsatz der Technologieentwicklung im Unternehmen

⁶⁶vgl. Ulrich (2001), S. 172 ff

identifiziert. Die Arbeit kann in das Gebiet der angewandten Wissenschaften eingeordnet werden.

1.5 Allgemeine Relevanz der Arbeit

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind insbesondere für Industrieunternehmen von Relevanz, für die die nachstehend angeführten Charakteristika zutreffen:

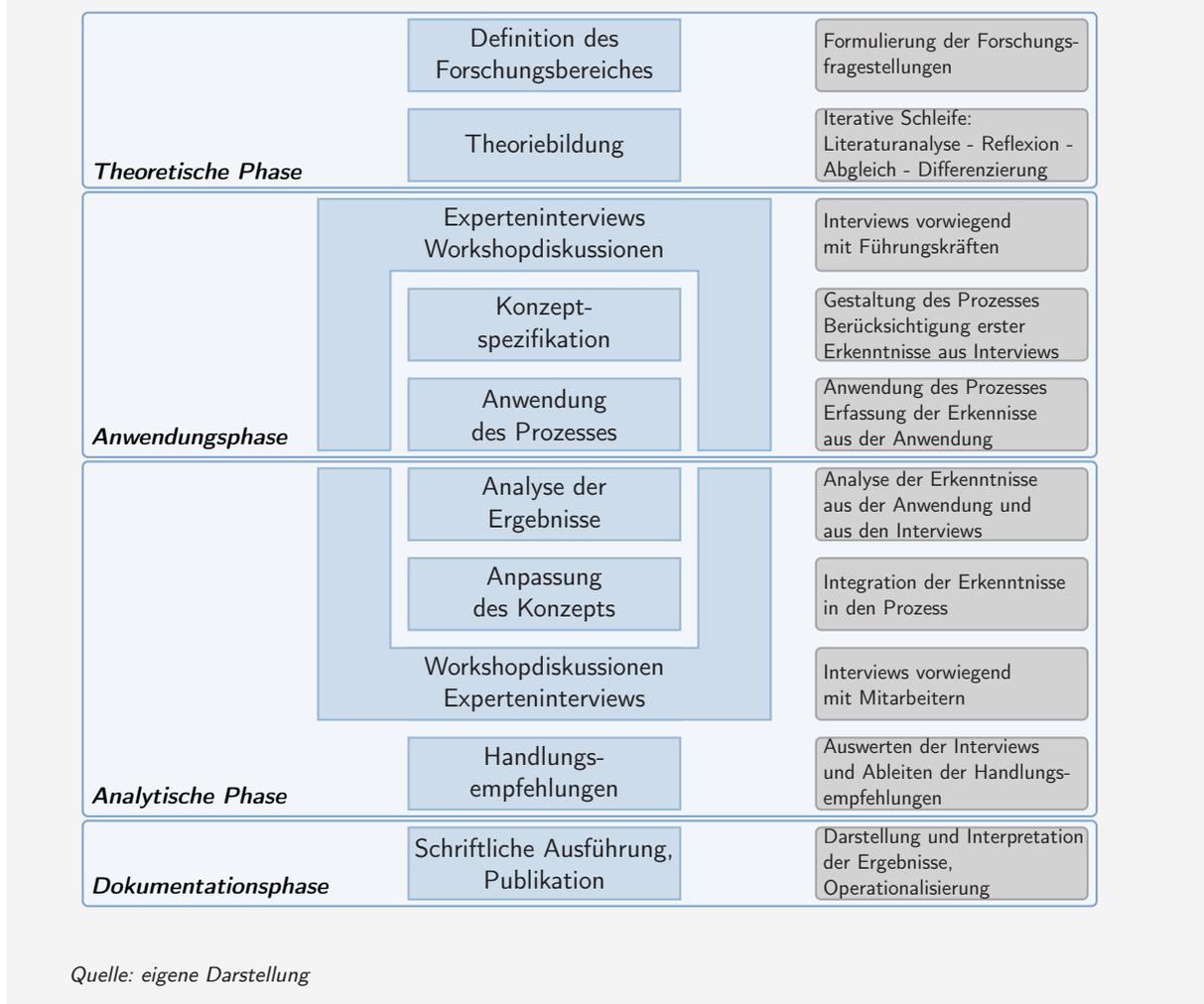
- geringe bis mittlere vorherrschende Industriedynamik,
- lange Produktlebenszyklen,
- vorwiegend technologiegetriebene Innovationsauslöser,
- Technologieentwicklung hat einen Fokus auf Produktentwicklung,
- Produktentwicklung ist von Prozessentwicklung gelöst,
- ausgeprägte Struktur in der Vorgehensweise in der Produktentwicklung und
- Business-to-Business Geschäftsfeld.

1.6 Vorgehensweise und Forschungsdesign der Arbeit

Der wissenschaftliche Ablauf der vorliegenden Arbeit gliedert sich in die in Abbildung 1.2 dargestellten Schritte, die in die vier Phasen theoretische, empirische, analytische und praktische Phase strukturiert werden können.

- **Theoretische Phase:** In der theoretischen Phase erfolgte eine generelle Auseinandersetzung mit dem Forschungsthema. In dieser Phase wurde der inhaltliche Gestaltungsrahmen der Arbeit definiert und die Forschungslücke identifiziert. Darauf aufbauend wurden die forschungsleitenden Fragestellungen und Hypothesen formuliert. Es folgte eine iterative Forschungsschleife der Theoriebildung. Der Prozess zur Technologieentwicklung wurde skizziert.
- **Anwendungsphase:** Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Literaturanalyse wurden Workshopdiskussionen und Experteninterviews vorwiegend mit Führungskräften durchgeführt. Der Prozess zur Technologieentwicklung wurde anschließend im Detail an das Unternehmen angepasst und im Unternehmen angewandt. Zudem wurden Erkenntnisse im Zuge der Anwendung erfasst.
- **Analytische Phase:** In der analytischen Phase erfolgte die Auswertung der gewonnenen

Abb. 1.2: Vorgehensweise und Forschungsdesign der Arbeit



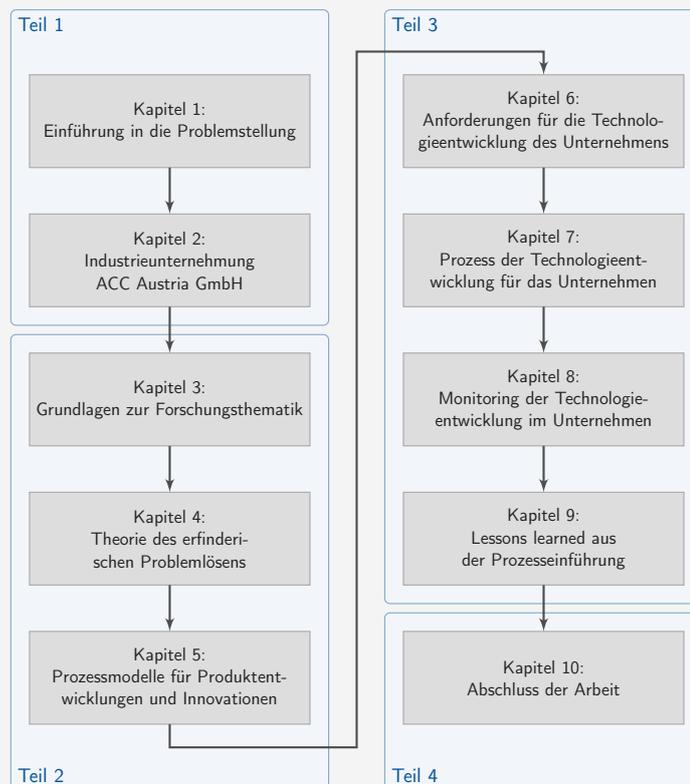
Erkenntnisse aus der Anwendung und den Interviews. Der Phasenprozess konnte entsprechend angepasst werden. Sämtliche Erarbeitungen wurden mit den Mitarbeiteren diskutiert. Zum Abschluss dieser Phase wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet.

- **Dokumentationsphase:** In der abschließend Phase wurde die Dissertationsschrift erstellt und die Behandlung der Forschungsfragen in der Literatur, die Problembearbeitung in Theorie und in Praxis dokumentiert.

1.7 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll einerseits aus praxisbezogener Sicht das Verständnis zum Thema Technologieentwicklung und dem dahinter liegenden Prozess im Zuge einer Produktentwicklung verbessern. Andererseits soll diese Arbeit aus wissenschaftlicher Sicht das Thema Technologieentwicklung differenziert behandeln und gemeinsam mit dem TRIZ-orientierten Phasenprozess einen Teil der identifizierten Forschungslücke schließen. Aufbauend auf der Beschreibung der Problemstellung, den Rahmenbedingungen innerhalb des Unternehmens und dem aktuellen Stand der Forschung wird ein Phasenprozess für die Technologieentwicklung entlang der forschungsrelevanten Dimensionen entwickelt. Der Praxisbezug dieses Phasenprozesses wird durch die Anwendung im Unternehmen ACC empirisch geprüft, Handlungsempfehlungen erörtert und weiterführende, mögliche Forschungsaspekte im Zusammenhang mit diesem Forschungsfokus aufgezeigt. Die Arbeit gliedert sich entsprechend Abbildung 1.3 in vier Teile, die nachstehend kurz umrissen werden.

Abb. 1.3: Aufbau der Arbeit



Quelle: eigene Darstellung

Teil 1: Beschreibung des Forschungsvorhabens

Kapitel 1 : **Einführung in die Problemstellung** behandelt in groben Zügen die der Forschungsarbeit zu Grunde liegende Problemstellung und Zielsetzung. Dazu werden die Forschungsfragen formuliert und Aufbau und Ablauf der Arbeit beschrieben.

Kapitel 2 : **Industrieunternehmen ACC Austria GmbH** erfasst die wesentlichen Informationen zum Unternehmen, zum Markt, zur Produktentwicklung.

Teil 2: Ergebnisse aus theoretischer Betrachtung

Kapitel 3 : **Grundlagen zur Forschungsthematik** definiert essenzielle Begriffe, die für das Verständnis der Arbeit von zentraler Bedeutung sind. Darauf aufbauend werden die Grundlagen zu Technologien aufgezeigt, die Aufgaben des Technologiemanagements beschrieben und es wird auf die entscheidenden Controllingkennzahlen eingegangen.

Kapitel 4 : **Theorie des erfinderischen Problemlösens** umfasst die Erläuterung des TRIZ-Ansatzes zur Problemanalyse und Lösungsmethodik auf welchen beim Phasenprozess zurückgegriffen wird. Beginnend bei allgemeinen Informationen zu TRIZ werden anschließend das Vorgehensmodell und die einzelnen Werkzeuge detailliert beschrieben.

Kapitel 5 : **Prozessmodelle für Produktentwicklungen und Innovationen aus der Literatur** beschreibt die wesentlichen Ergebnisse der theoretischen Literaturanalyse zu den verschiedenen Phasenmodellen für eine Produktentwicklung und für Innovationen.

Teil 3: Ergebnisse aus praktischer Anwendung

Kapitel 6 : **Anforderungen für die Technologieentwicklung des Unternehmens** umfasst basierend auf der Literaturanalyse und den Ergebnissen der Interviews die Identifikation der Anforderungen für die Technologieentwicklung und für den Phasenprozess.

Kapitel 7 : **Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen** beschreibt den entwickelten Prozess für das Unternehmen. Neben der Darstellung und Erörterung des Prozesses werden die für den Prozess empfohlenen Methoden und Werkzeuge den jeweiligen Phasen zugeordnet.

Kapitel 8 : **Monitoring der Technologieentwicklung im Unternehmen** umfasst die entscheidenden Monitoringkennzahlen zur Unterstützung der Steuerung für die Technologieentwicklung im Unternehmen. Es werden verschiedene Monitoring Tools evaluiert.

Teil 4: Abschließende Gedanken

Kapitel 9 : **Lessons learned aus der Prozesseinführung** umfasst die Vorstellung der Vorgehensweise bei der Prozesseinführung. Es werden wesentliche Erkenntnisse aus der Prozesseinführung anhand von Beispielen dargelegt.

Kapitel 10 : **Abschluss der Arbeit** fasst die wichtigsten Ergebnisse der Forschungsarbeit abschließend zusammen, gibt Antworten auf die Forschungsfragen, erörtert Limitationen und gibt einen Ausblick auf methodologische Aspekte und Ansatzpunkte für zukünftige Forschung.

Den letzten Abschnitt bilden der **Anhang**, Abkürzungs-, Abbildungs- und Literaturverzeichnis. Im Anhang werden bestimmte Werkzeuge aus TRIZ detailliert dargestellt und das methodische Vorgehen dieser Arbeit kurz erläutert.

Wenn Du ein Schiff bauen willst, dann trommle nicht Männer zusammen um Holz zu beschaffen, Aufgaben zu vergeben und die Arbeit einzuteilen, sondern lehre die Männer die Sehnsucht nach dem weiten, endlosen Meer.

Antoine de Saint-Exupéry



2

Industrieunternehmung ACC Austria GmbH

Im Spannungsfeld dieser Arbeit aus Technologie, Ökonomie und TRIZ gilt es für das Unternehmen einen maßgeschneiderten Prozess zu entwickeln. Es werden nachstehend wesentliche Informationen zu den Unternehmens-, Marktdaten, zum geschichtlicher Abriss, zur strategischen Innovationsausrichtung und zur Produktentwicklung dargelegt.

2.1 Unternehmensgegenstand und -daten

Das Unternehmen ACC entwickelt und produziert Kältekompressoren für Haushaltsgeräte für den Weltmarkt. Hierzu unterhält das Unternehmen einen Entwicklungs- und Produktionsstandort in Fürstenfeld, Österreich. Die ACC betreibt ebenso eine Produktionsstätte in Italien und für den asiatischen Markt einen Entwicklungs- und Produktionsstandort in China. ACC ist Teil des Konzerns ACC Group, deren Hauptsitz in Italien ist.

Derzeit werden am Standort Fürstenfeld ca. 850 Mitarbeiter beschäftigt, weltweit ca. 3.000 Mitarbeiter. Der Umsatz des österreichischen Standorts betrug 167 Millionen Euro im Jahr 2012, weltweit 400 Millionen Euro. Die Produktionskapazitäten liegen weltweit gesehen in Summe bei 12,2 Millionen Stück, davon in Fürstenfeld 7,5, in Italien 3 und in China 1,7 Millionen Stück.

2.2 Globale Marktdaten der Kältekompressorenindustrie in 2012

Der weltweite Bedarf liegt bei 155 Millionen Kältekompressoren im Jahr 2012, wie in Abbildung 2.1 ersichtlich. Der Löwenanteil mit 54 % des Gesamtbedarfs findet sein Auslieferungsziel in China. An zweiter Stelle rangiert Europa mit einem jährlichen Anteil von 16 % des Gesamtbedarfs. Das geographische Gebiet mit Asien-Pazifik verschlingt 14 % des jährlichen Bedarfs und Nordamerika 9 %. In Europa hält die ACC einen Marktanteil von 38 % und damit einen doppelt so hohem wie der an zweiter Stelle liegende chinesische Mitbewerber Jiaxipera. Die fünf relevanten Anbieter in Europa sind, neben ACC und Jiaxipera, der brasilianische Hersteller Embraco, Secop aus Deutschland⁶⁷ und der Chinese Wanbao.

Die beiden chinesischen Hersteller, Jiaxipera und Wanbao, positionieren sich mit Kostenvorteilen am Markt. Beide betreiben die Entwicklung und Herstellung ihrer Produkte in China. Secop entwickelt in Deutschland, verlagerte jedoch seine Produktionskapazitäten von Deutschland nach Slowenien und Slowakei. Daneben unterhält das Unternehmen auch Werke in China. Secop strebt an, den Pfad der Kostenführerschaft zu beschreiten. Embraco betreibt seine Entwicklung und Produktion in Brasilien und hat weitere Produktionsstätten in China, Italien und Slowakei. Der strategische Grundgedanke von Embraco ist auf Differenzierung ausgerichtet.

2.3 Geschichtlicher Abriss

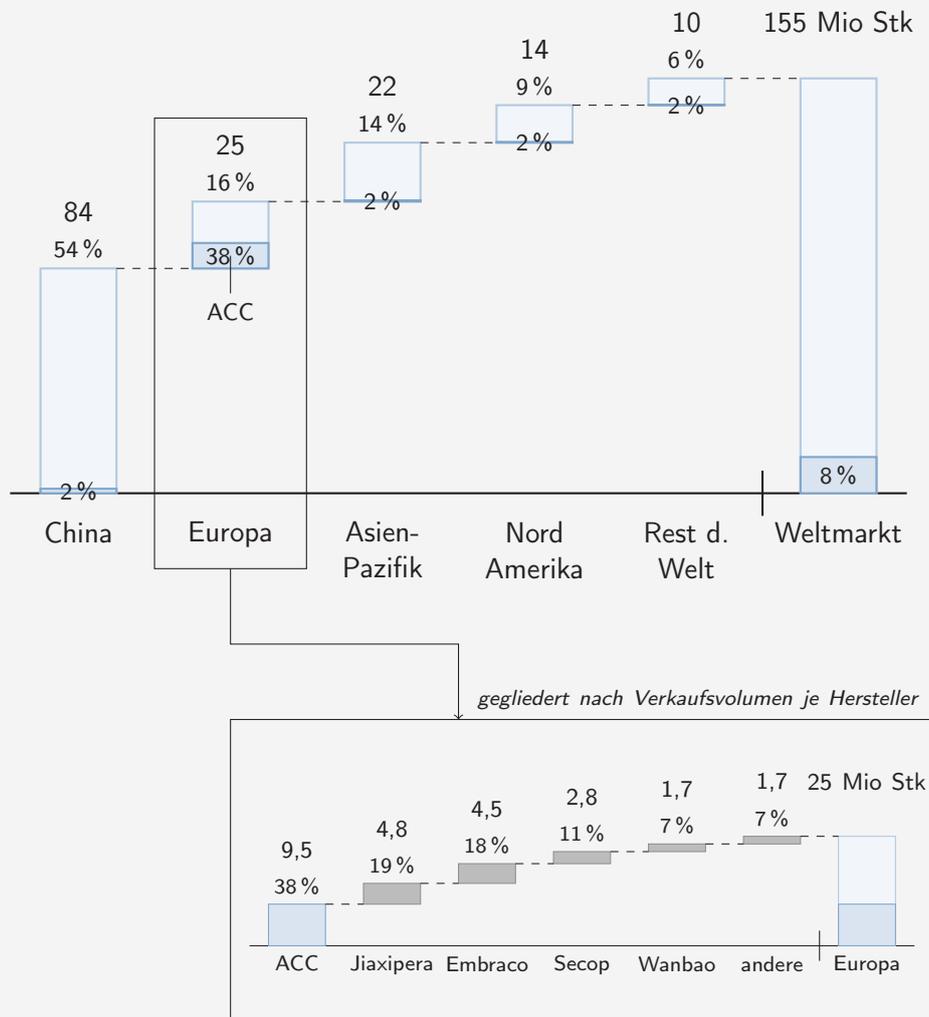
Das Unternehmen ACC Austria GmbH wurde 1982 als Verdichter Oe GmbH vom italienischen Zanussi-Konzern in Fürstenfeld gegründet. Der ursprüngliche Zweck der Unternehmung bestand lediglich in der Produktion von Kältekompressoren für Haushaltskühlgeräte. Das Know-How dazu und die Produktionsanlagen wurden infolge der Gründung vom Unternehmen Robert Bosch aus Nürnberg akquiriert.

Mitte der 1980er Jahre erwarb der schwedische Haushaltsgerätehersteller Electrolux das Unternehmen Zanussi und die Verdichter Oe GmbH wurde damit Teil eines weltweit agierenden Unternehmens. Anfang der 1990er Jahre wurde das Unternehmen nach ISO 9001 zertifiziert und erhielt das Steirische Landeswappen als Auszeichnung.

Nach 14 Jahren Produktion von Kältekompressoren wurde im Jahr 1996 die erste Pro-

⁶⁷Secop ist seit 2010 beständig. Ursprünglich firmierte das dänische Unternehmen unter dem Namen Danfoss und wurde 2010 von der deutschen Industrieholding Aurelius AG übernommen und zeichnet seither mit dem Namen Secop. Quelle: ACC (2012a)

Abb. 2.1: Weltweiter Jahresbedarf an Kältekompressoren für Haushaltskühlgeräte im Jahr 2012: 155 Mio Stk, mehr als 50 % für chinesischen Markt, danach Europa mit 25 Mio Stk: ACC führend mit doppelt so hohem Anteil als größter Mitbewerber



Quelle: ACC (2012)

duktentwicklung für einen Kältekompressor in Fürstenfeld gestartet. Drei Jahre später wurde mit der Realisierung der Fertigungslinien für die Eigenentwicklung namens *Kappa* begonnen. In Summe wurden 50 Millionen Euro am Standort Fürstenfeld investiert. Nach insgesamt 5-jähriger Entwicklungszeit ging Kappa in Serie.

Im Jahr 2003 verlieh die Republik Österreich dem Unternehmen das Staatswappen als Auszeichnung. Electrolux verkaufte das Unternehmen an die italienische ACC Group und seither firmiert es unter dem Namen ACC Austria GmbH. Im darauf folgenden Jahr wurden bereits 6

Millionen Stück von Kappa produziert.

Nachdem Kappa die maximale Produktionskapazität von 7 Millionen Stück erreicht hatte, wurde im Jahr 2008 die zweite Eigenentwicklung namens Delta gestartet. Zwei Jahre später befand sich Delta in Serienhochlauf. Die Produktplattform *Delta* wies im Vergleich zu Kappa wesentliche technische Innovationen⁶⁸ auf. Für die Entwicklung der neuartigen Kompressorplattform wurde das Unternehmen mit dem Hidden Champion 2010, Fast Forward Award 2010 und Staatspreis für Innovation 2011 ausgezeichnet.

Im Jahr 2010 wurde die dritte Eigenentwicklung gestartet. Die Entwicklungszeit dafür wird mit sechs bis siebeneinhalb Jahren anberaunt. Dabei wird im Gegensatz zu den vorangegangenen beiden Eigenentwicklungen auf eine Technologieentwicklung im Zuge des Innovationsprozesses gesetzt.

2.4 Strategische Innovationsausrichtung des Unternehmens

Die strategische Ausrichtung des Unternehmens hinsichtlich Innovationen kann anhand von fünf Kategorien klassifiziert werden, die im Folgenden behandelt werden:⁶⁹

- Innovationsauslöser,
- Leistungsfähigkeit bzw. Zeitpunkt des Markteintritts,
- Quelle der Technologien,
- Technologieverwertung und
- Schutz.

Die nachstehend fünf diskutierten Themen der strategischen Ausrichtung der Technologieentwicklung sind in Abbildung 2.2 dargestellt.

2.4.1 Innovationsauslöser

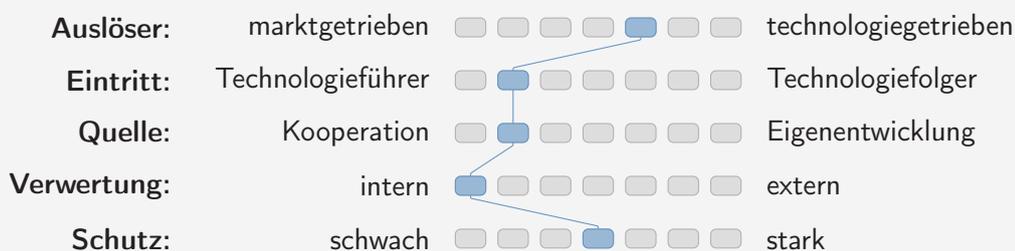
Das Unternehmen ACC formuliert seine Ausrichtung zu Innovationsauslöser mit:

Unsere Entwicklungstätigkeiten sind vorwiegend technologiegetrieben.

⁶⁸Als technische Innovation sind Produkte anzusehen, denen eine neue Technologie zu Grunde liegt, jedoch denselben Markt bedienen. Vgl. Reichwald u. Piller (2009), S. 122

⁶⁹vgl. ACC (2009b), S. 2 ff

Abb. 2.2: Schematische Darstellung der strategischen Ausrichtung der Technologieentwicklung an Hand der fünf Themen: Innovationsauslöser, Zeitpunkt des Markteintritts, Technologiequelle, Technologieverwertung und Schutz



Quelle: eigene Darstellung

Die Kältekompressorenindustrie für Haushaltskühlgeräte ist eine sich *langsam* weiterentwickelnde Industrie. Eine Führungskraft aus der Produktentwicklung schildert zu diesem strategischen Thema im Gespräch:⁷⁰

„Wir sehen die Entwicklungsgeschwindigkeit der Kältekompressorenindustrie als langsam an, im Vergleich bspw. zur Automobilindustrie. Bis kurz nach der Jahrtausendwende waren Produkterneuerungen zum Großteil inkrementelle Produktverbesserungen. [...] Um 1995, kurz nachdem die Europäische Union die Energieverbrauchskennzeichnung einführte,⁷¹ begannen Kühlgeräte- und Kältekompressorenhersteller sich zudem intensiver an diesen Anforderungen zu orientieren. Wir haben im Jahr 2008 den Kompressor DELTA auf den Markt gebracht. [...] Bei DELTA haben wir viele sprunghafte Verbesserungen realisiert. [...] Sprich: In den 60er Jahren lag das Gewicht eines Kältekompressors bei ca. 12 kg, in den 70ern bei 11 kg, in den 80ern bei 10 kg in den 90ern bei 9,5 kg und wir brachten in den 2000ern einen Kompressor mit 4 kg auf den Markt. Dadurch haben wir enormen Druck auf unsere Mitbewerber ausgeübt. Diese brachten kurze Zeit später Kältekompressoren mit 3 bis 5 kg Gewicht auf den Markt. Ähnliches gilt für den Wirkungsgrad, oder die von uns entwickelte Druckstrecke⁷² aus Kunststoff, die ein halbes Jahrhundert lang aus Gusseisen hergestellt wurde. [...] Wir dürften mit DELTA die Innovationsgeschwindigkeit in unserer Branche erhöht haben. Nicht drastisch, aber doch um einiges.“

Zur Gliederung der sogenannten Industriedynamik wurde in den 90er Jahren von Fine⁷³ das Konzept der *Industry Clock Speed* eingeführt. Er geht in seiner Betrachtung auf eine grobe

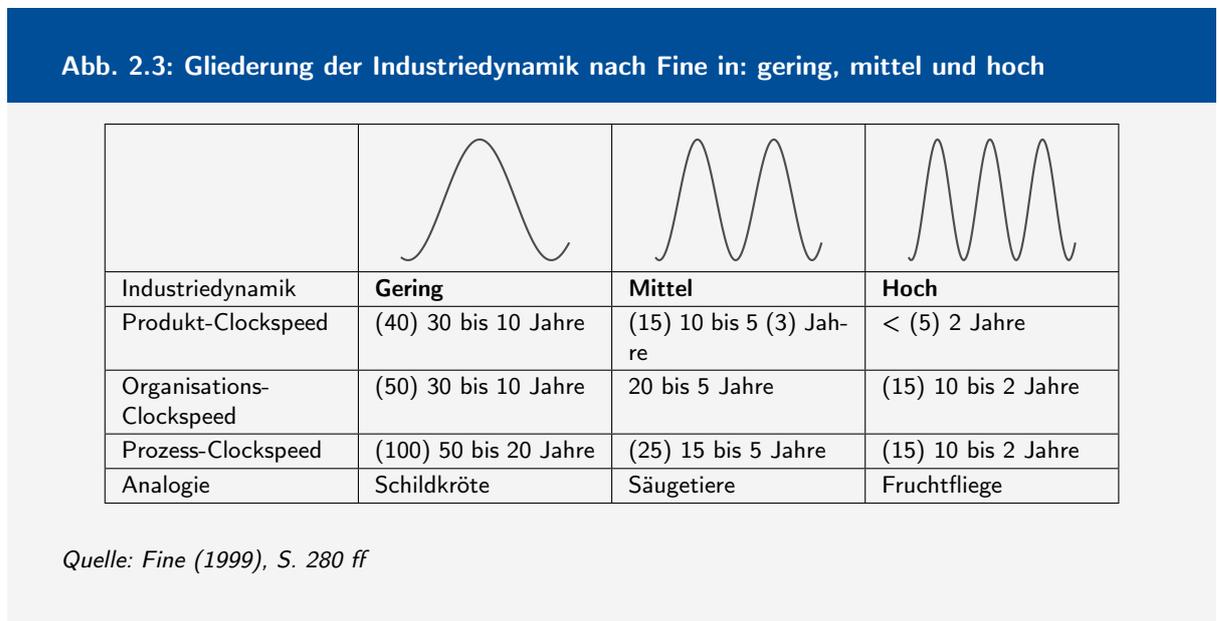
⁷⁰Interview vom 8. August 2012

⁷¹Anm.: Die Energieverbrauchskennzeichnung wurde im Jahr 1992 eingeführt.

⁷²Anmerkung des Autors: Die Druckstrecke ist jener Teil der Rohrleitung im Kompressor, zwischen Zylinderkopf und Anbindungsrohre des Kältekompressors an den Kühlschranks, in dem das komprimierte, überhitzte Kältegas vom Kompressor zum Kondensator strömt.

⁷³vgl. Fine (1999), S. 280 ff

Einschätzung der spezifischen Halbwertszeiten bzw. Taktfrequenzen ein. Fine unterscheidet drei Arten der Industriedynamik: gering, mittel und hoch. In Abbildung 2.3 wird die Gliederung der Industriedynamik nach Fine dargestellt.



Beschleunigende Technologieschübe und stets kürzer werdende Produkt- und Dienstleistungszyklen fordern zudem eine gedankliche Anpassung der Gliederung. Die oben angeführte sich *langsam* weiterentwickelnde Industrie kann in das Feld geringe bis mittlere Industriedynamik eingeordnet werden.

Wesentliche Orientierung der Kältekompressorenhersteller bei den Produktentwicklungen ist die Energieverbrauchskennzeichnung. Der Markt, im Sinne von Endkundenbedürfnissen, nimmt bedeutend wenig Einfluss auf den Fokus der Entwicklungstätigkeiten.

2.4.2 Leistungsfähigkeit bzw. Zeitpunkt des Markteintritts

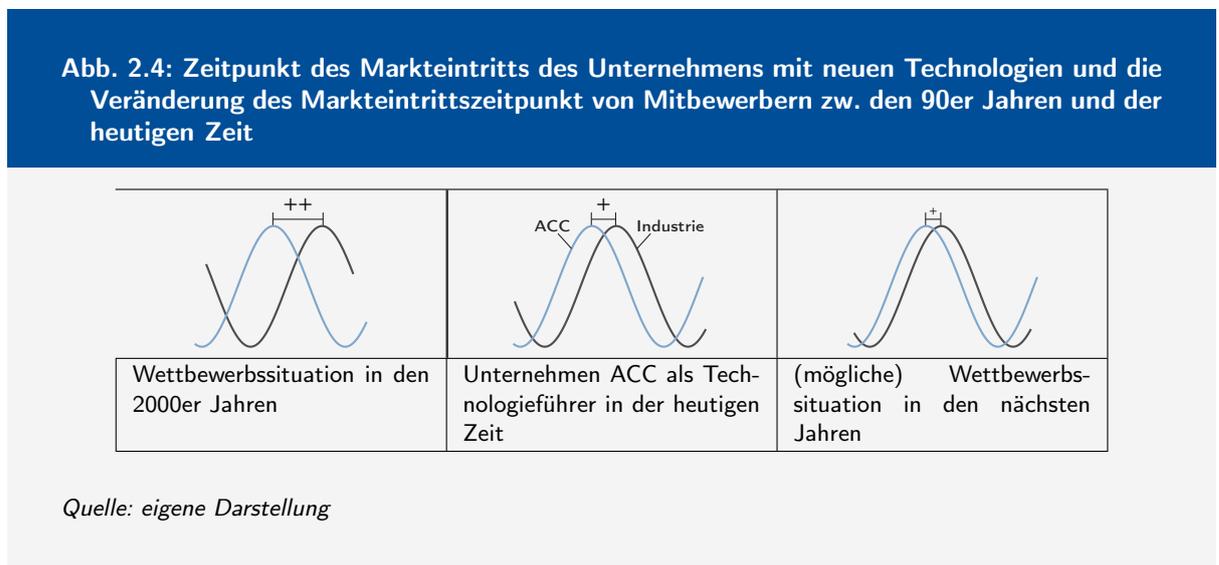
Das Unternehmen ACC formuliert seine Ausrichtung zur Leistungsfähigkeit bzw. Zeitpunkt des Markteintritts mit:

Branchenintern gehen wir den Weg der Technologieführerschaft. Branchenübergreifend verfolgen wir das Prinzip der Folgerschaft und adaptieren gelungene Erfindungen.

Eine Führungskraft aus der Produktentwicklung schildert zu diesem strategischen Thema im Gespräch:⁷⁴

„Den Ressourceneinsatz bei der Wissensgenerierung halten wir bewusst gering. [...] Den technologischen Vorsprung in unserer Branche möchten wir durch Lernen von den Erfolgreichen schaffen. Bei DELTA haben wir bspw. die Befestigung des Zylinderkopfes vom Kronkorkenverschlussprinzip der Getränkeflaschen abgeleitet. [...] Es waren zwar ein paar wesentliche Anpassungen notwendig, doch das realisierte Befestigungsprinzip des Zylinderkopfes am Zylinder ist das gleiche. Zudem sind viele Technologien in der Produktion bereits irgendwo erprobt und Erfahrungswerte liegen vor.“

Das Unternehmen sieht sich in der gesamten Maschinenbauindustrie, in diesem Sinn branchenübergreifend, in der Folgerschaft. Diese Position bringt dem Unternehmen und sämtlichen Mitbewerbern den Vorteil der Innovationsadaption. Innovationen aus anderen Branchen werden bei Anwendungstauglichkeit auf die Kältekompressorenbranche adaptiert. Branchenintern strebt das Unternehmen nach dem Vorantreiben der Technologieführerschaft. In Abbildung 2.4 wird der Markteintrittszeitpunkt des Unternehmens im Vergleich zur Industrie dargestellt, die Markteintrittsstrategie der Technologieführerschaft. Zudem wird die Veränderung des Markteintrittszeitpunkts von Mitbewerbern zw. den 90er Jahren und der heutigen Zeit schematisch abgebildet.



Acur et al. (2004) ordnen den Technologieführern und den Technologiefolger bestimmte Merkmale zu. Zudem differenzieren sie in frühe und späte Technologiefolger.⁷⁵ In Abbildung 2.5 werden die jeweiligen Merkmale, Vorteile und Risiken der verschiedenen Typen angeführt.

⁷⁴Interview vom 8. August 2012

⁷⁵vgl. Acur et al. (2004), S. 501

Bei Technologieführern sind die wesentlichen Merkmale die hohe F&E Intensität und die hohen Investitionen dazu. Zudem haben Technologieführer das Risiko zu tragen, ob ihre Inventionen⁷⁶ auch zu Innovationen werden. Der mögliche, entscheidende Vorteil ist ein technologischer Vorsprung gegenüber den Mitbewerbern am Markt.

Die wesentlichen Merkmale von Technologiefollowern sind die verfügbaren Informationen und Erfahrungen durch die Technologieführer. Technologiefollower sind in der Lage „die Guten ins Töpfchen, die Schlechten ins Kröpfchen“ zu geben und sozusagen die Spreu vom Weizen zu trennen. Lediglich erfolgreiche technologische Inventionen werden adaptiert. Die zu berücksichtigenden Risiken für Technologiefollower sind die Eintrittsbarrieren und die Zeit.

Smith und Reinertsen (1991) zeigen zwei entscheidende Vorteile der Technologieführerschaft gegenüber der Technologiefollowerschaft auf.⁷⁷ Der durch die Technologieführerschaft erzielte frühere Markteintritt bringt dem Unternehmen auf Grund der längeren Verkaufszeit ein höheres kumulatives Umsatzvolumen.

Zusätzlich kann das Unternehmen durch das Behaupten von Marktanteilen ebenso ein höheres kumulatives Umsatzvolumen erzielen. Anders formuliert, ein späterer Markteintritt führt einerseits zum Verlust von Marktanteilen und andererseits zum Verlust von hohen Gewinnmargen durch fehlende frühe Verkäufe.

Das Unternehmen ACC versucht die Vorteile der jeweiligen Strategievarianten zu vereinen. In der Position des Technologiefollowers, reduziert das Unternehmen das wesentliche Risiko, dass die Invention nicht zur Innovation wird, indem es erfolgreiche Inventionen aus anderen Branchen auf die eigenen Produkte adaptiert. Das Unternehmen wählt explizit jene erfolgreichen Inventionen aus, die für die eigenen Produkte in Frage kommen. Die Technologieentwicklung kann gezielt für bestimmte Bereiche durchgeführt werden. Die F&E Investitionen und Intensität bleiben dadurch überschaubar.

In der *eigenen* Branche strebt das Unternehmen ACC die Technologieführerschaft an. Die Risiken, welche dennoch zu einem gewissen Maße bestehen bleiben, sind Akzeptanz der Inventionen am eigenen Markt, das Etablieren von Standards⁷⁸ insbesondere bei Schlüsselkun-

⁷⁶Die Invention, auch als Erfindung bezeichnet, ist eine technische Realisierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder eine neue Kombination dieser. Vgl. Brockhoff (1994), S. 35

⁷⁷vgl. Smith u. Reinertsen (1991), S. 4

⁷⁸Anmerkung des Autors: Standards im Sinne von Regel- und Normungsfreie Richtlinien

Abb. 2.5: Zeitpunkt des Markteintritts des Unternehmens mit neuen Technologien

Markteintritt	Merkmale	Vorteile	Risiken
Technologieführer	<ul style="list-style-type: none"> → hohe F&E Investitionen und Intensität → Kooperationen für Produktion und Produktplanung → technologischer Vorsprung → hohes Risiko 	<ul style="list-style-type: none"> → Etablieren von Standards → (kurzfristige) Monopolstellung → Beziehungen zu Abnehmern → Kostenvorteile durch Erfahrungskurvenvorsprung 	<ul style="list-style-type: none"> → hoher Ressourcenaufwand für F&E → hohe Markteröffnungskosten → Invention wird nicht zur Innovation → Imagenachteile bei nicht ausgereiften Produkten → Standards werden nicht etabliert
Fast Follower	<ul style="list-style-type: none"> → hohe Entwicklungintensität → kurze Entwicklungszeiten → Kooperationen zw. Marketing/Vertrieb und F&E → ausgezeichnete Marktkenntnisse 	<ul style="list-style-type: none"> → bessere Kenntnis der Kundenbedürfnisse → geringe Markteröffnungskosten → Nutzung der Erfahrung des Technologieführers für effizientere Produktion und zielgerichtetes Marketing 	<ul style="list-style-type: none"> → kürzere Marktphase → zu später Markteintritt → Eintrittsbarrieren → Abnahmepräferenz für Technologieführer
Late Follower	<ul style="list-style-type: none"> → geringe F&E Aktivität → Fähigkeit neue Produkte schnell zu kopieren oder billiger herzustellen → aggressive Preispolitik → effiziente Produktion 	wie bei Fast Follower	wie bei Fast Follower

Quelle: Acur et al. (2004), S. 501

den in der Industrie⁷⁹ und etwaige Barrieren zur Markterschließung. Ein weiteres Risiko, das es zu berücksichtigen gilt, ist, dass auch andere Marktteilnehmer der Kältekompressorenindustrie diesen Ansatz verfolgen. Somit steht das Unternehmen im Wettlauf mit den Mitbewerbern hinsichtlich der Markteintrittszeit.

⁷⁹Anmerkung des Autors: Lehnen Schlüsselkunden die Invention ab, steigt das Risiko, dass die Invention von den anderen Marktteilnehmern (Kunden und Wettbewerb) abgelehnt wird. Die Folgen sind: Mögliche Einnahmen durch Lizenzen sind gefährdet. Die Invention kann mittel- bzw. langfristig schwer verkauft werden und es können Entwicklungskosten entstehen, um die Invention entsprechend den Kundenbedingungen anzupassen. Das Risiko eines Imageschaden ist zudem gegeben.

2.4.3 Quelle der Technologien

Das Unternehmen ACC formuliert seine Ausrichtung zur Bezugsquelle von Technologien und Leistungen im Innovationsprozess mit:

Wir arbeiten in der ersten Phase der Produktentwicklung, der Technologieentwicklung, intensiv mit Forschungseinrichtungen und Universitäten zusammen und beziehen das Wissen vorwiegend von diesen Institutionen. In der zweiten Phase der Produktentwicklung, der Vorentwicklung, arbeiten wir ebenso mit den genannten Institutionen und mit möglichen Lieferanten zusammen. Die Konzepte und Prototypen erarbeiten wir vorwiegend mit vorhandenen, internen Ressourcen. In der dritten Phase der Produktentwicklung, der Industrialisierung, stammen die Leistungen hauptsächlich von internen Ressourcen in enger Zusammenarbeit mit Lieferanten.

Eine Führungskraft aus der Produktentwicklung schildert zu diesem strategischen Thema im Gespräch.⁸⁰

„Wenn wir in unsere Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten außenstehende Institutionen⁸¹ integrieren, haben wir Zugang zu Expertenwissen und -erfahrungen aus erster Hand. Wir sind breiter aufgestellt und können gezielt in Bereichen forschen und entwickeln, in denen unser Unternehmen noch nicht erfahren genug ist. Wir können in Neuland vordringen; [...] zu einem angemessenen Risiko. Diese unternehmensübergreifende Form der Forschung und Entwicklung basiert vor allem auf Vertrauen. Wir schenken Vertrauen und hoffen – oder eigentlich, erwarten – Vertrauen von den Beteiligten. [...] Vertraulichkeitserklärungen untereinander gehören dazu und natürlich kann man alles vertraglich festhalten. Aber das Ganze basiert auf Vertrauen mit einem gewissen, verbundenen Risiko. [...] Dafür ist auch das Management der Technologieentwicklung verantwortlich, dieses zu managen.“

Dass der Umfang und die Bedeutung von Kooperationen in der F&E in den vergangenen Jahrzehnten stets zugenommen haben, betonen auch Gresse (2010) und Roberts (2001).⁸² Gresse (2010) führt ebenso den Anstieg der Förderungen von F&E-Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen an. Laut der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) werden im Vergleich zum Jahr 2000 verstärkt Unternehmen geför-

⁸⁰Interview vom 8. August 2012

⁸¹Anmerkung des Autors: außenstehende (=externe) Institutionen im Sinne von Universitäten, Forschungseinrichtungen, Entwicklungspartner und möglichen zukünftigen Lieferanten

⁸²vgl. Gresse (2010), S. 3 und Roberts (2001), S. 31

dert, die Kooperationen in ihrer F&E-Tätigkeit forcieren.⁸³ Seit der Einführung des ersten EU-Forschungsrahmenprogrammes ist die Anzahl der geförderten kooperativen Projekte kontinuierlich gestiegen.⁸⁴ Im Mehrjahresprogramm 2012-2014, herausgegeben von der FFG im November 2012, wird der Anstieg der Förderungen für bewilligte österreichische Partnerorganisationen und ForscherInnen seit dem Rahmenprogramm 4 bis zum Rahmenprogramm 7 verdeutlicht.⁸⁵ Durch die Intensivierung der Forschungsförderungen sieht sich das Unternehmen ACC motiviert, stärker Kooperationen mit Forschungsinstituten einzugehen.

2.4.4 Technologieverwertung

Das Unternehmen ACC formuliert seine Ausrichtung zur Technologieverwertung mit:

Entwicklungen verwerten wir ausschließlich innerhalb des Unternehmens.

Eine Führungskraft aus der Produktentwicklung schildert zu diesem Thema im Gespräch deutlich:⁸⁶

„Entweder setzen wir die Technologie im Kältekompressor ein oder nicht. Schluss und aus. Verkauf, Lizenzierungen oder sonstige Monetarisierungen an Dritte von Technologien machen wir nicht. Dafür ist ein zu großer Aufwand erforderlich. [...] Ohnehin, sehen wir dadurch nicht spezielle finanzielle oder strategische Vorteile.“

Schuh und Klappert (2011) führen zwei Grundarten der Technologieverwertung an:⁸⁷ interne und externe Technologieverwertung. Die interne Technologieverwertung entspricht der Nutzung der entwickelten Produkt- und Produktionstechnologien in eigenen Produkten und in der Fertigung. Die externe Technologieverwertung kann durch eine gemeinschaftliche Nutzung, Lizenzierung oder den Verkauf realisiert werden.

Wesentliches Motiv der externen Technologieverwertung ist nach den beiden Autoren die Vergrößerung des finanziellen Handlungsspielraums eines Unternehmens.⁸⁸ Neben dem primären finanziellen Motiv führen die Autoren weitere Motive an, wie beispielsweise die Eta-

⁸³vgl. <http://www.ffg.at> aufgerufen am 10. September 2013

⁸⁴vgl. Roediger-Schluga u. Barber (2007), S. 5 ff

⁸⁵vgl. FFG (2012), S. 17

⁸⁶Interview vom 8. August 2012

⁸⁷vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 242 f und S. 250

⁸⁸vgl. ebd.

blierung von Industriestandards, Unterstützung der Kommerzialisierung, die Schaffung einer vorteilhaften Branchenstruktur und Eintrittsbarrieren, Überwindung von Diffusionswiderständen und Erzielen von Lerneffekten. Im Zuge der externen Technologieverwertung sind Risiken wie der Verlust von Wettbewerbsvorteilen, Aufbau von Konkurrenz und die Bindung von Managementkapazitäten zu bewerkstelligen. Aus aktueller Sicht überwiegen für das Unternehmen ACC die Risiken bzw. der Aufwand die möglichen Vorteile.

2.4.5 Schutz

Das Unternehmen ACC formuliert seine Ausrichtung zum Schutz mit:

zum Produkt:

1. *Abstrakte Lösungsprinzipien^a, die wir als wegweisend bewerten, schützen wir durch Patente.*
2. *Inventionen, die uns einen wesentlichen technischen, wirtschaftlichen oder strategischen Vorteil bieten, schützen wir durch Patente.*

zum Herstellungsprozess

3. *Prozessinventionen werden nicht veröffentlicht.*

ad 1 und ad 2: Schutzgebiet: Österreich (Gebrauchsmuster), Deutschland, Slowenien, Slowakei, Vereinigte Staaten von Amerika und China.

^aabstrakte Lösungsprinzipien im Sinne von TRIZ

Eine Führungskraft aus der Produkt- und Prozessentwicklung schildert zu diesem strategischen Thema im Gespräch:⁸⁹

„In der Anfangsphase des Innovationsprozesses, das heißt in der Phase der Technologieentwicklung, erarbeiten wir mittels TRIZ verschiedenste Lösungsprinzipien. Unabhängig davon, ob diese mit den aktuellen Technologien in der Serienproduktion zu einem angemessenen Aufwand realisierbar sind, möchten wir diese abstrakten Lösungsansätze durch Patente schützen. [...] Obwohl oft nur ein Bruchteil dieser Ideen im endgültigen Produkt angewendet wird, beobachten wir bei bestimmten Mitbewerbern eine regelrechte Flut von Patenten. [...] Für die Unternehmen, die ein Patent anmelden, bringt das vor allem einen strategischen Vorteil. Leider sind Anmeldungen und das Aufrechterhalten von Patenten ausgesprochen teuer. [...] Wir haben vor, ausgewählte und vielversprechende Ideen bzw. Lösungsprinzipien

⁸⁹Interview vom 8. August 2012

sehr früh zu einem Patent anzumelden. [...] Jene vielversprechenden Ideen, aus denen wir zuerst fertige Lösungen am Produkt entwickeln und mit der Patentanmeldung warten, werden wir aber zumindest in der Vorentwicklung⁹⁰ zu Patenten anmelden. Im Grunde verfolgen wir eine selektive Schutzstrategie. [...] Ideen und Erfindungen im Herstellungsprozess behalten wir für uns und melden nichts daraus an. [...] Mitbewerbern fehlt die Möglichkeit, unsere Fertigungsprozesse einzusehen. Somit würden wir ihnen einen Gefallen tun, wenn wir Patente hierzu anmelden.“

Zur Gruppe der gewerblichen, technischen Schutzrechte zählen insbesondere für Unternehmen der Metallindustrie Patente und Gebrauchsmuster.⁹¹ Um ein Patent anmelden zu können, müssen drei Voraussetzungen gegeben sein:

1. Neuheit: *„Eine Erfindung gilt als neu, wenn sie nicht zum Stand der Technik gehört. Den Stand der Technik bildet alles, was der Öffentlichkeit vor dem Prioritätstag der Anmeldung durch schriftliche oder mündliche Beschreibung, durch Benützung oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht worden ist.“⁹²*
2. Erfinderische Tätigkeit: Erfindungen, die *„sich für den Fachmann nicht in naheliegender Weise aus dem Stand der Technik ergeben“.⁹³*
3. Gewerbliche Anwendbarkeit: Erfindungen, die auf irgendeinem gewerblichen Gebiet hergestellt oder benutzt werden können.⁹⁴

Das Gebrauchsmuster wird auch als „*Kleines Patent*“ bezeichnet. Laut Österreichischem Patentamt entspricht das Gebrauchsmuster sachlich dem Patent. Bei der Anmeldung eines Gebrauchsmusters wird dieses lediglich auf die formalen Anforderungen geprüft.⁹⁵ Die Überprüfung hinsichtlich Neuheit und Erfindungseigenschaft wird nicht durchgeführt. In Abbildung 2.6 werden die wesentlichen Unterschiede zwischen einem Patent und einem Gebrauchsmuster strukturiert gegenübergestellt.

Da das Gebrauchsmusterrecht inhaltlich nicht geprüft wurde, muss damit gerechnet werden, dass es einer gerichtlichen Überprüfung nicht stand hält. Hält das Gebrauchsmuster einer inhaltlichen Prüfung nicht stand, geht der Rechtsschutz rückwirkend verloren. Hält das Gebrauchsmuster einer inhaltlichen Prüfung stand, entfaltet es die gleichen Wirkungen wie ein

⁹⁰Anmerkung des Autors: in der zweiten Phase des Produktentwicklungsprozesses. In dieser werden Prototypen erarbeitet.

⁹¹Zu den gewerblichen, technischen Schutzrechten gehören ebenso der Sortenschutz für beispielsweise Pflanzenzüchtungen und der Halbleiterschutz.

⁹²vgl. § 3 Abs. 1 Österreichisches Patentgesetz 1970, Stand der Gesetzgebung: 1. Oktober 2012

⁹³vgl. § 1 Abs. 1 Österreichisches Patentgesetz 1970, Stand der Gesetzgebung: 1. Oktober 2012

⁹⁴vgl. Art. 57 Europäisches Patentübereinkommen und <http://www.dpma.de/patent/patentschutz/> aufgerufen am 1. Oktober 2012

⁹⁵vgl. http://www.patentamt.at/Alles_ueber/Gebrauchsmuster/ aufgerufen am 5. Oktober 2012

Abb. 2.6: Wesentliche Unterschiede zwischen einem Patent und einem Gebrauchsmuster

	Patent	Gebrauchsmuster
Prüfung durch das Patentamt	formal und inhaltlich	formal
Maximale Laufzeit	20 Jahre	10 Jahre
Schutzgegenstände	Technische Gegenstände, Chemische Erzeugnisse, Verfahren	Technische Gegenstände, Chemische Erzeugnisse
Schutzausschlüsse	u.a. Pflanzensorten, Tierarten	u.a. Verfahren, Pflanzensorten, Tierarten
Schutzveraussetzungen	Neuheit, Erfinderische Tätigkeit, Gewerbliche Anwendbarkeit	Neuheit, Erfinderischer Schritt, Gewerbliche Anwendbarkeit
Schonfrist für die Voraussetzung der Neuheit	keine	6 Monate
Dauer bis zur Eintragung bzw. Erteilung	ca. 2 und mehr Jahre	ca. 2 bis 5 Monate

Quelle: eigene Darstellung; Datenquellen Webseite Österreichisches Patentamt

Patent.

Neben den strategischen Überlegungen für ein Schutzrecht, sei es ein Gebrauchsmuster oder Patent, spielen die damit verbundenen finanziellen und zeitlichen Aufwände eine ebenso entscheidende Rollen. Trifft das Unternehmen ACC die Entscheidung, eine Erfindung zu schützen, bildet den Grundstein hierzu eine Anmeldung als Gebrauchsmuster in Österreich. Darauf aufbauend wird die sogenannte PCT-Anmeldung verfolgt.⁹⁶ Im Zuge des PCT-Verfahrens werden folglich Anträge für die Patenterteilung in den Vereinigten Staaten und in China und ein Antrag beim Europäischen Patentamt für die Erteilung eines Europäischen Patents⁹⁷ gemäß dem Europäischen Patentübereinkommen eingereicht. Wurde das Europäische Patent erteilt, werden die dafür notwendigen ‚nationalen Phasen‘ in Deutschland, Slowenien und Slowakei eingeleitet.

Der finanzielle Gesamtaufwand von der Anmeldung bis zur Begleichung der allerletzten Jahresgebühr beträgt im Unternehmen im Durchschnitt 165.000 Euro. Alle Anmeldungskosten

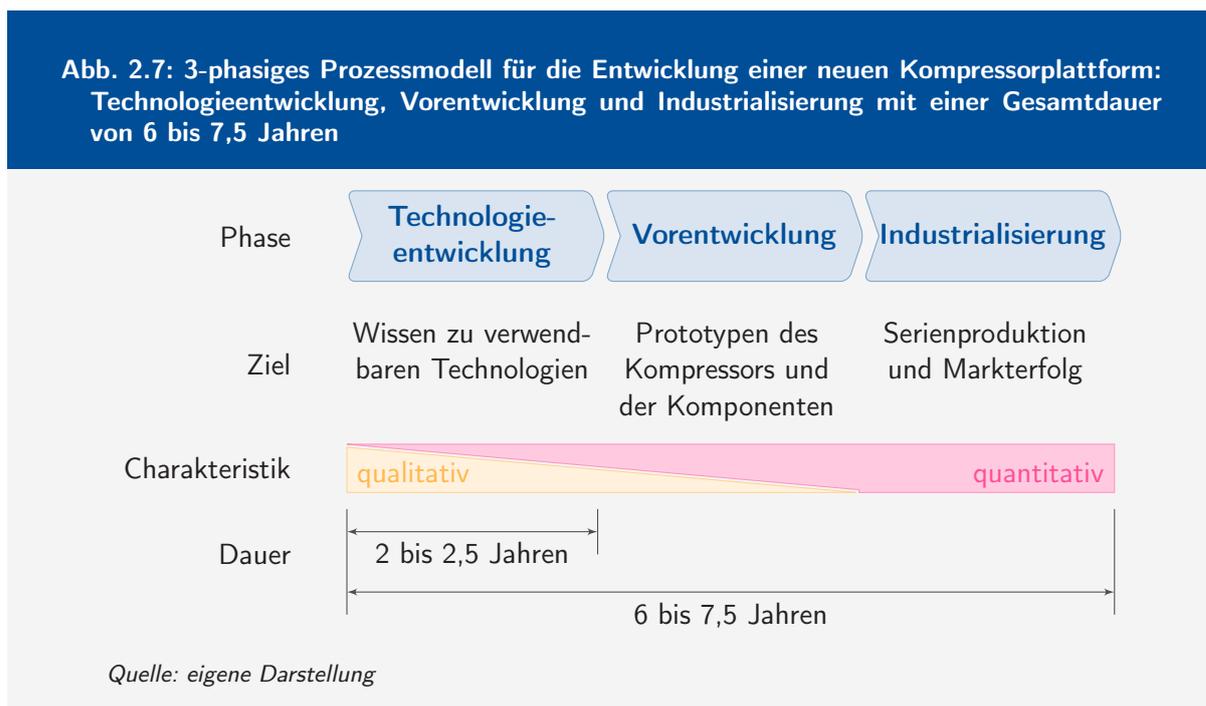
⁹⁶PCT = englische Abkürzung für Patent Cooperation Treaty, der Vertrag über die Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens. „Der PCT ist ein internationaler Vertrag zwischen mehr als 140 Ländern der Pariser Verbandsübereinkunft, der von der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO) verwaltet wird. Der PCT bietet die Möglichkeit, Patentschutz für eine Erfindung in jedem einzelnen Land einer Vielzahl von Ländern gleichzeitig zu beantragen, indem eine einzige ‚internationale‘ Patentanmeldung anstelle mehrerer getrennter nationaler oder regionaler Anmeldungen eingereicht wird.“ Vgl. http://www.wipo.int/export/sites/www/pct/de/basic_facts/faqs_about_the_pct.pdf aufgerufen am 10. Oktober 2012

⁹⁷Das Europäischen Patentamt prüft gemäß den im Europäischen Patentübereinkommen aufgeführten Artikeln und Regeln, ob eine Anmeldung die erforderlichen Bedingungen erfüllt.

aufsummiert, ergeben einen finanziellen Aufwand von ca. 47.000 Euro. Alle Jahresgebühren für das Gebrauchsmuster und die Patente in den jeweiligen Ländern ergeben in Summe ca. 118.000 Euro. Die Erteilung des letzten Patents erfolgt nach ca. sechs bis acht Jahren ab Anmeldung des Gebrauchsmusters in Österreich.

2.5 Produktentwicklung im Unternehmen

Die Produktlebensdauer eines Kühlgeräts liegt bei zehn bis 12 Jahren. Auf Grund der derzeitigen technologischen Möglichkeiten und den aktuellen Marktstandards bleibt ein Kältekompressor ein Kühlgeräteleben lang eingebaut und wird in der Regel beim Endkunden nicht ausgetauscht. Die Produktlebensdauer ist ebenso die gleiche Zeitspanne, in welcher das Unternehmen ACC eine neue Kompressorplattform⁹⁸ auf den Markt bringt. Jede Plattform erlebt drei bis vier Upgrades⁹⁹ im Abstand von ungefähr vier Jahren. In Abbildung 2.7 wird der Produktentwicklungsprozess schematisch dargestellt.



Die Entwicklungsdauer, beginnend bei den Marktstudien bis hin zur Serienproduktion eines Upgrades liegt im Unternehmen erfahrungsgemäß bei 18 bis 24 Monaten, die für eine

⁹⁸Bei einer neuen Kompressorplattform handelt es sich um einen neuen Kompressor, der vom *leeren Blatt Papier* entwickelt wird

⁹⁹Upgrades sind Weiterentwicklungen einer Plattform. Die Produkterneuerungen basieren auf einer Plattform und sind demnach von den vorgangenden Gegebenheiten eingeschränkt.

neue Plattform bei 6 bis 7,5 Jahren.¹⁰⁰ Die Verbesserungen eines Upgrades lassen sich durch die wesentlichen Parameter: Leistungszahl, Kälteleistungsbereich, Kosten (Material-, Lohn- und Maschinenkosten), Geräusch, Funktionsumfang und benötigter Bauraum im Kühlgerät des Kältekompressors beziffern. Als Referenz wird häufig der entscheidende Parameter Leistungszahl verwendet. Für ein Upgrade liegt die Verbesserung der Leistungszahl bei 4 bis 6 Prozentpunkten bezogen auf das vorherige Upgrade. Bei einer neuen Plattform liegt sie bei 8 bis 12 Prozentpunkten bezogen auf das letzte Upgrade der vorherigen Plattform.¹⁰¹

Die Entwicklung einer neuen Plattform durchläuft drei Phasen im Produktentwicklungsprozess. In der ersten Phase, der Technologieentwicklung, wird Wissen zu verschiedensten, möglich verwendbaren Technologien im Unternehmen aufgebaut. Mit dem gewonnenen Wissen werden in der zweiten Phase, der Vorentwicklung, Prototypen der einzelnen Baugruppen und des gesamten Kompressors entwickelt. In der dritten Phase, der Industrialisierung, wird die Serienproduktion und Markteinführung des Kompressors realisiert.

¹⁰⁰vgl. ACC (2012a)

¹⁰¹vgl. ACC (2009a)



Ergebnisse aus theoretischer Betrachtung

TEILZWEI



3

Grundlagen zur Forschungsthematik

In diesem Kapitel wird die wesentliche Terminologie hinsichtlich des Arbeitsfokus behandelt. Es werden u.a. Begriffe wie Technologie, Technik, Innovation, deren Zusammenhang, Grundlagen zu Technologien wie Merkmale, Lebenszyklus und Innovationsauslöser sowie die Aufgaben des Technologiemanagements und verschiedene Kennzahlen zum Controlling erläutert.

3.1 Relevante Begriffe

In diesem Abschnitt werden die für diese Arbeit relevanten Begriffe erläutert:

- Theorie, Technologie und Technik,
- Forschung und Entwicklung,
- Invention, Innovation und Imitation,
- Zusammenhang: Von der Idee bis zur Markteinführung und
- Management, Technologiemanagement und Innovationsmanagement.

3.1.1 Theorie, Technologie und Technik

In Strebel (2007) wird verdeutlicht, dass die Theorie ein Gebilde von logisch miteinander verbundenen Hypothesen darstellt, wobei Hypothesen mehr oder wenig deutlich ausformuliert sein können. Sie sind Hauptinformationsträger von wissenschaftlichen Erkenntnissen

und sind allgemeingültige Aussagensysteme. Mit Theorien sind wir in der Lage Ursachen und Wirkungen zu erklären.¹⁰²

Borcher et al. (2003) sieht in der Technik alle Prozesse, um die Erkenntnisse der Naturwissenschaften für den Menschen nutzbar zu machen.¹⁰³ Die Technik umschließt somit die Menge der nutzenorientierten, künstlichen und gegenständlichen Gebilde (so genannte Artefakte) und die menschlichen Handlungen und Einrichtungen, in denen Artefakte entstehen und verwendet werden.¹⁰⁴ Möller und Wilson (1995) fügen dazu an, dass die Technik nicht nur das bloße Wissen ist, sondern auch die Fähigkeit dieses Wissen auf ein bestimmtes Problem anzuwenden.¹⁰⁵

In Brockhoff (1994) wird die Technologie als das Wissen über Lösungswege zur technischen Problemlösung beschrieben. Sie umfasst Vorschriften über die Bereitstellung von Mitteln, mit denen eine bestimmte Wirkung erzielt werden soll.¹⁰⁶ Unter Technologien versteht man somit das Wissen um naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge, soweit es Anwendung bei der Lösung technischer Probleme finden kann, verbunden mit betriebswirtschaftlichen, organisatorischen, sozialen, politischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen.¹⁰⁷ Die Abgrenzung der eben erläuterten Begriffe wird in Abbildung 3.1 schematisch illustriert.

3.1.2 Forschung und Entwicklung

In Borcher et al. (2003) wird beschrieben, die Forschung und Entwicklung (F&E) verfolge das Ziel, neues Wissen, neue Erkenntnisse und Anwendungsmöglichkeiten systematisch, planvoll und nach methodischen Regeln zu suchen.¹⁰⁸ Die Forschung ist auf das Finden von neuen Erkenntnissen ausgerichtet, während die Entwicklung auf die Anwendung dieser ausgerichtet ist.¹⁰⁹ Die F&E, siehe Abbildung 3.2, kann hierzu in Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung gegliedert werden.¹¹⁰

→ Die Grundlagenforschung umfasst die experimentelle oder theoretische wissenschaftliche Arbeit. Das Hauptmerkmal der Tätigkeiten ist die Gewinnung von neuen Erkenntnissen

¹⁰²vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 17

¹⁰³vgl. Borcher et al. (2003), S. 11

¹⁰⁴vgl. Ropohl (2001), S. 16 ff

¹⁰⁵vgl. Möller u. Wilson (1995), S. 275

¹⁰⁶vgl. Brockhoff (1994), S. 32 ff

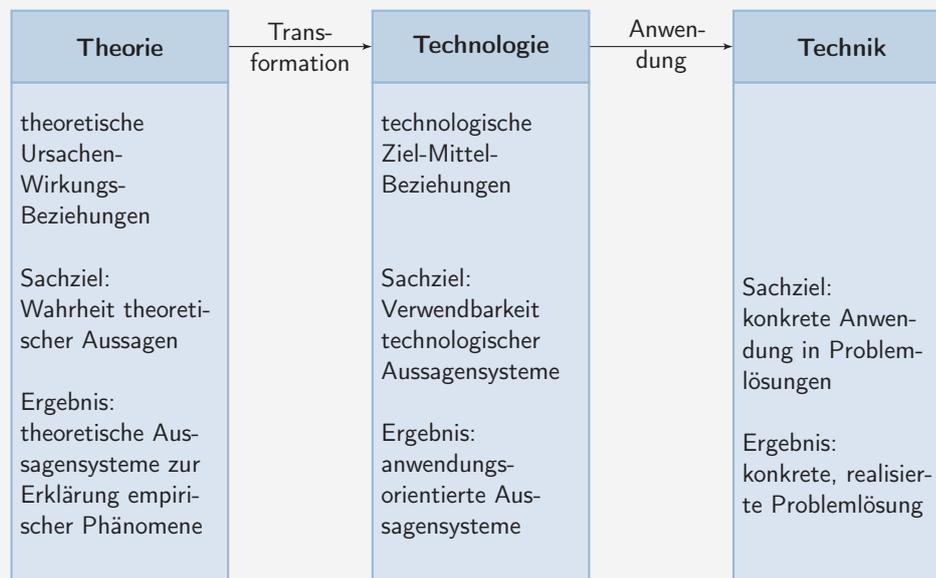
¹⁰⁷vgl. Borcher et al. (2003), S. 11 f

¹⁰⁸vgl. Borcher et al. (2003), S. 12

¹⁰⁹vgl. Specht et al. (2002), S. 16

¹¹⁰vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 19

Abb. 3.1: Abgrenzung der drei Begriffe Theorie, Technologie und Technik



Quelle: Specht et al. (2002), S. 13

über die Grundlagen von Phänomenen und beobachtbaren Tatbeständen, ohne dass eine Anwendung oder Nutzung angestrebt wird.

- Die angewandte Forschung, zum Teil auch als Technologieentwicklung bezeichnet,¹¹¹ ist dagegen bereits auf konkrete Anwendungsmöglichkeiten hin ausgerichtet. Sie stützt sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Grundlagenforschung und hat das Ziel, praktische Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen.
- Die Entwicklung beschäftigt sich mit der Herstellung von Produkten und Prozessen durch die Nutzung neuer naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung. Innovationen, die die Umsetzung und den wirtschaftlichen Erfolg zum Zweck haben, sind dabei von entscheidender Bedeutung.

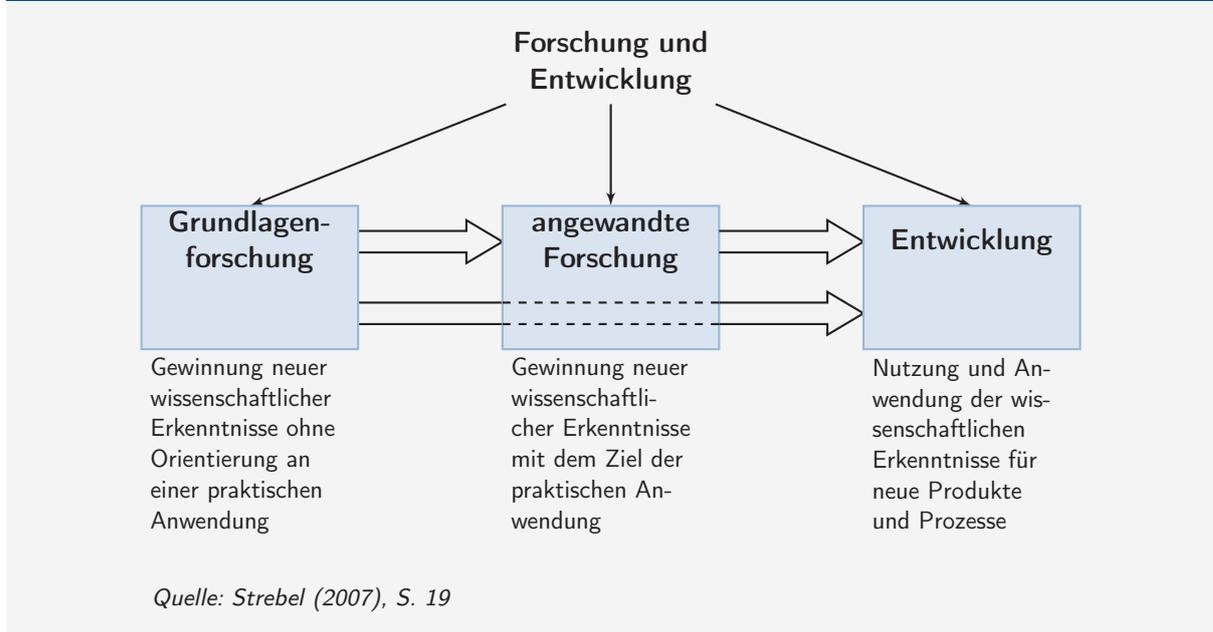
3.1.3 Invention, Innovation und Imitation

Die Invention, auch als Erfindung bezeichnet, ist eine technische Realisierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder eine neue Kombination dieser.¹¹² Sie ist das Resultat von

¹¹¹vgl. Specht et al. (2002), S. 15

¹¹²vgl. Brockhoff (1994), S. 35

Abb. 3.2: Gliederung von Forschung und Entwicklung in Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung



Technologieentwicklung und der Intuition des Erfinders.¹¹³ Die Invention ist somit die erstmalige technische Realisierung einer neuen Problemlösung und kann sowohl geplant als auch ungeplant entstehen.¹¹⁴

Die Innovation ist, im Gegensatz zur Invention, auf den wirtschaftlichen Erfolg ausgerichtet. Neben der konkreten Anwendung der Erfindung sind die Merkmale der Innovation die Umsetzung und Verwertung.¹¹⁵ Innovation zieht Zerstörung mit sich.¹¹⁶ Schumpeter (1997) beschreibt die Innovation als „schöpferische Zerstörung“, da eine Einführung von Neuem alte Strukturen, Produkte, Prozesse etc. ablöst und diese somit zerstört. Geoff Nicholson,¹¹⁷ der Erfinder des Post-Its bei 3M, beschreibt den Prozess von Forschung und Innovation mit „*Forschung ist die Transformation von Geld in Wissen. Innovation ist die Transformation von Wissen in Geld*“.¹¹⁸

¹¹³vgl. Borchert et al. (2003), S. 15

¹¹⁴vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 20 und Brockhoff (1994), S. 29

¹¹⁵vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 21

¹¹⁶vgl. Schumpeter (1997), S. 100 f

¹¹⁷Originalzitat von Geoff Nicholson aus einem Interview mit der englischen Zeitung The Guardian: „*Research is the transformation of money into knowledge. Innovation is the transformation of knowledge into money.*“ Nachzulesen im Artikel *Happy 30th birthday, Post-it notes* in der Onlineausgabe vom 25. April 2010: <http://www.guardian.co.uk/money/2010/apr/25/post-it-notes>

¹¹⁸vgl. Borchert et al. (2003), S. 14 f

Die Imitation ist eine wiederholte Anwendung einer Problemlösung und somit eine Verbreitung der Innovation durch andere. Die Abgrenzung zur Innovation kann hinsichtlich des zeitlichen Horizonts, des Anwendungs- und Verwendungsbereichs und der Technologie erfolgen. Die Grenzen werden dort gezogen, wo die wirtschaftliche Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse rechtlich geschützt ist.¹¹⁹

3.1.4 Zusammenhang: Von der Idee bis zur Markteinführung

Basierend auf einer Idee wird im nächsten Schritt im Zuge der F&E eine Grundlagenforschung, angewandte Forschung bzw. Entwicklung betrieben. Mittels Theorie, Technologie und Technik entsteht die geplante bzw. ungeplante Invention. Bei erfolgreicher Umsetzung und entsprechender Fertigung führt dies zur Einführung eines neuen Produktes oder Prozesses. Ist das Produkt am Markt wirtschaftlich erfolgreich, so spricht man von der Innovation, die durch wiederholte Anwendung durch andere zur Imitation mutiert.¹²⁰

3.1.5 Management, Technologiemanagement und Innovationsmanagement

Management ist als konzeptionelle Aufgabe der Führungskräfte zu sehen. Die Verwirklichung der Konzeption, d.h. das ausführende Handeln, ist die Konsequenz auf der operativen Ebene. Das Management umfasst nach Ulrich (1984) die Aufgaben Gestaltung, Lenkung und Entwicklung von Systemen:¹²¹

- Die Gestaltung beschäftigt sich mit der Schaffung eines institutionellen Rahmens, um eine handlungsfähige Einheit zu ermöglichen.
- Bei der Lenkung werden Ziele und Aktivitäten festgelegt, ausgelöst und kontrolliert.
- Die Entwicklung dient der Bewältigung von Veränderungsprozessen.

In Specht et al. (2002) wird der Umfang des Technologiemanagements durch die Aufgaben Planung, Gestaltung, Optimierung, Einsatz und Bewertung beschrieben. Die Aufgaben werden auf technische Produkte und Prozesse angewandt. Es werden Perspektiven wie Mensch, Organisation und Umwelt berücksichtigt. Des Weiteren schließt Technologiemanagement auch die Beschaffung von externem Wissen mit ein. Dabei wird der Bereitstellung, Speicherung und Verwertung von Wissen große Bedeutung zugemessen.¹²² Die Ziele des Technologiemanagements sind die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens und der

¹¹⁹vgl. Brockhoff (1994), S. 36

¹²⁰vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 22

¹²¹vgl. Ulrich (1984), S. 114

¹²²vgl. Specht et al. (2002), S. 25

Arbeits- und Lebensqualität für Organisationsmitglieder.¹²³

In der wissenschaftlichen Literatur¹²⁴ werden die Aufgaben des Technologiemanagements unterschiedlich, aber ähnlich definiert.¹²⁵ Bullinger (1996) gliedert die fünf Themen Planung, Gestaltung, Bewertung, Einsatz und Optimierung von technischen Produkten und Prozessen als relevante Aufgaben in der Technologieentwicklung.¹²⁶ In Strebel (2007) werden ähnliche Themen wie Planung, Bereitstellung, Speicherung, Durchsetzung und Verwertung von Technologien gefunden.¹²⁷ In Brockhoff (1994) werden die Aufgaben Beschaffung, Speicherung und Verwertung von Technologien als Aufgaben des Technologiemanagements gesehen.¹²⁸ Cetindamar et al. (2009) finden die Themen Identifikation, Erschließung, Erwerb, Wissensgewinnung, Auswahl und Schutz von Technologien für das Management relevant.¹²⁹ In Spur (1998) werden die Forschung, Entwicklung, Auswertung, Transfer, Anwendung und Abwicklung als Aufgaben des Technologiemanagements wahrgenommen. Bhalla (1987) definiert als Aufgaben Planung, Prognose, Überwachung, Prüfung, Bewertung, und Verbreitung von Technologien.¹³⁰ In Zahn (1995) werden Kreation, Überwachung, Beobachtung, Transfer, Nutzung und Akzeptanz angeführt.¹³¹

Obwohl die einzelnen Autoren differierende Schwerpunkte innerhalb des Technologiemanagements sehen, sind Gemeinsamkeiten zu erkennen. Die Vorschläge für Aufgaben repräsentieren zumeist strategisch ausgerichtete Sichtweisen auf das Technologiemanagement und orientieren sich vorwiegend entlang des Lebenszyklus von Technologien. Die Vorschläge können nach Schuh und Klappert (2011) in Technologiefrüherkennung, -planung, -entwicklung, -verwertung, -schutz und -bewertung kategorisiert werden. Zudem ist die Entwicklung bzw. Vorgabe einer Strategie im Technologiemanagement von entscheidender Bedeutung.¹³² In dieser Arbeit wird auf die Definition von Schuh und Klappert über die wesentlichen Grundaktivitäten des Technologiemanagements aufgebaut.

¹²³vgl. Brockhoff (1994), S. 39

¹²⁴vgl. Bullinger (1996), Perl-Vorbach (2007), Brockhoff (1994), Cetindamar et al. (2009), Spur (1998), Bhalla (1987), Zahn (1995a), Koruna u. Tschirky (1998)

¹²⁵vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 15

¹²⁶vgl. Bullinger (1996)

¹²⁷vgl. Perl-Vorbach (2007)

¹²⁸vgl. Brockhoff (1994)

¹²⁹vgl. Cetindamar et al. (2009), englische Originalbezeichnung: identification, exploitation, acquisition, learning, selection, protection

¹³⁰vgl. Bhalla (1987), englische Originalbezeichnung: planning, forecasting, monitoring, audit, assessment, diffusion

¹³¹vgl. Zahn (1995a)

¹³²vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 15

Im Gegensatz zum Technologiemanagement ist das Innovationsmanagement hauptsächlich auf den Kunden fokussiert. Mit dem Innovationsmanagement werden Veränderungsprozesse in allen, auch nicht technischen Bereichen des Unternehmens, eingeleitet und durchlaufen. Die Anregungen und Impulse kommen vom Markt, aus den Technologien und der Politik.¹³³ Vahs und Burmester (2005) sehen das Innovationsmanagement als Management, das alle wertschöpfenden Aktivitäten von der Grundlagenforschung bis hin zur Markteinführung einschließt.¹³⁴ Da das Innovationsmanagement über eine Zeitspanne andauert, wird in der Literatur vom Innovationsprozess gesprochen, dessen verschiedene Prozessmodelle in Kapitel 5 diskutiert werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Verwertung von Ideen.¹³⁵

3.1.6 Abgrenzung von Technologie-, F&E- und Innovationsmanagement

Nach Brockhoff (1999) können die themenverwandten Disziplinen im Management durch die Schwerpunktsetzung ihrer Aufgaben abgegrenzt werden, vergleiche hierzu Abbildung 3.3.¹³⁶ Das Technologiemanagement umfasst die Beschaffung, Speicherung und Verwertung von neuem technologischem Wissen. Dieses kann einerseits innerhalb eines Unternehmens durch die eigene Forschung und Entwicklung geschaffen werden oder andererseits extern erworben sein. Brockhoff sieht das F&E-Management als einen Teilbereich des Technologiemanagements.

Brockhoff (1999) sieht den Zweck des Technologiemanagements im Werterhalt des technologischen Wissens. Dabei nimmt die Speicherung eine wesentliche Rolle ein. Es umfasst die Dokumentation technologischen Wissens, den Schutz vor unbefugtem Zugriff, die Identifikation von Wissensträgern und die Wissensweitergabe, um eine andauernde Verankerung des technologischen Wissens im Unternehmen zu sichern. Brockhoff teilt das Innovationsmanagement in zwei Arten, die sich in ihrem Umfang unterscheiden. Das umfangreichere Innovationsmanagement im weiteren Sinne deckt die Forschung und Entwicklung ab und geht bis hin zur Markteinführung. Dem Innovationsmanagement im weiteren Sinne liegt ein Innovationsprozess im Unternehmen zu Grunde. Das Innovationsmanagement im engeren Sinne steht für die Produktionseinführung einer Neuerung und die Markteinführung dieser. Die Forschung und Entwicklung wird davon abgegrenzt.¹³⁷

Neben der sequentiellen Abfolge der oben genannten Schritte schreiben Kobe (2001), Her-

¹³³vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 30

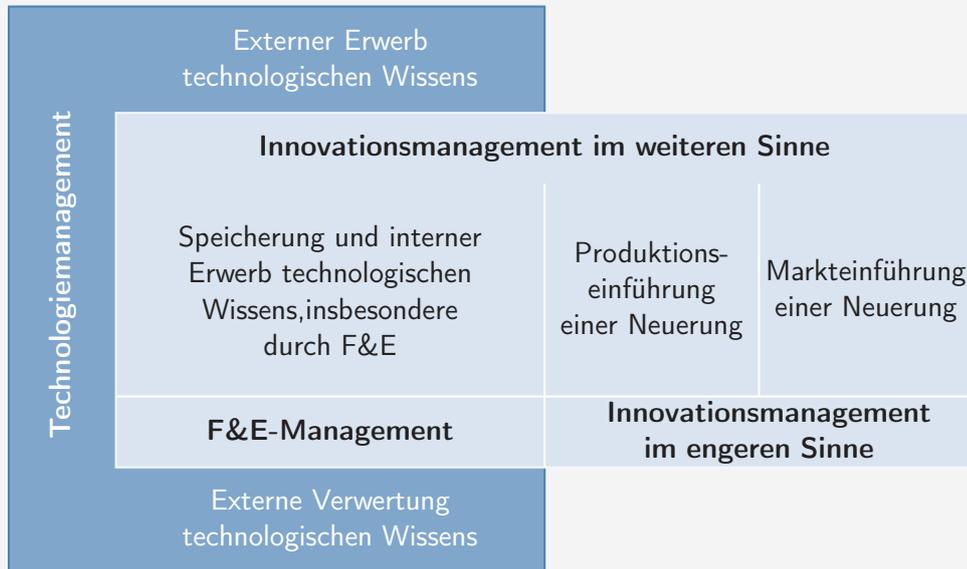
¹³⁴vgl. Vahs u. Burmester (2005a), S. 49 f

¹³⁵vgl. Specht et al. (2002), S. 24

¹³⁶vgl. Brockhoff (1999), S. 70 f

¹³⁷vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 8 f

Abb. 3.3: Abgrenzung und Einordnung von den themenverwandten Managementdisziplinen Technologie, F&E und Innovation nach Brockhoff



Quelle: Brockhoff (1999), S. 71

statt und Verwon (2007) und Schuh und Klappert (2011), dass eine Entkopplung der Technologieentwicklung vom Produktentwicklungsprozess sinnvoll ist.¹³⁸ Die Technologieentwicklung wird folglich unabhängig von der Produktentwicklung betrieben. Das gewonnene Wissen wird nach Abschluss der Technologieentwicklung mittels Technologietransfer der Produktentwicklung zur Verfügung gestellt. Durch die Entkopplung sollen die Entwicklungskomplexität, das Entwicklungsrisiko und die Entwicklungszeit reduziert werden.

Der Technologieentwicklungsprozess in dieser Arbeit ist in den Produktentwicklungsprozess integriert und folglich mit diesem gekoppelt. Diese Vorgabe wurde seitens des Unternehmens gegeben und war auf Grund der Überlegungen, die Technologieentwicklung aufbauend auf Produktspezifikationen zu betreiben, der begrenzt verfügbaren Ressourcen im Unternehmen und einen durchgängigen Produktentwicklungsprozess zu Schaffen getroffen worden. Die Hintergründe für diese Überlegung des Managements der Unternehmung ACC werden in Kapitel 6 näher behandelt.

3.2 Grundlagen zu Technologien

¹³⁸vgl. Kobe (2001); Herstatt u. Verwon (2007), S. 111 ff; Schuh u. Klappert (2011), S. 227

In diesem Abschnitt werden die drei Themen Merkmale von Technologien, Technologielebenszyklus und Innovationsauslöser behandelt. Technologien sind durch bestimmte Merkmale gekennzeichnet, die zu Beginn beschrieben werden. Technologien *durchleben* einen Zyklus, ähnlich wie Produkte. Es wurden bereits verschiedene Modelle entwickelt, um den Lebenszyklus von Technologien zu beschreiben. Am Ende dieses Abschnitts werden Innovationsauslöser behandelt. Diese können zum einen vom Markt gegeben sein, dem sogenannten *demand pull* und zum anderen aus dem Unternehmen heraus entstehend, dem so genannten *technology push*.

3.2.1 Merkmale von Technologien

Technologien können hinsichtlich ihrer Merkmale unterschieden werden. Dabei werden in der Literatur¹³⁹ die vier Merkmale Dynamik, Potential/Reifegrad, Substituierbarkeit und Vernetzung/Hierarchie aufgegriffen:

- **Dynamik:** Technologien entwickeln und verändern sich unstetig in Sprüngen und Diskontinuitäten. Dabei gibt es Phasen mit großem und Phasen mit kleinem Wachstum.
- **Potential/Reifegrad:** Im Allgemeinen werden Technologien am Anfang eher unterschätzt und am Ende eher überschätzt. Technologien sind in ihrem Potential nach oben hin begrenzt und stoßen an ihre Grenzen. Der Reifegrad ist das Verhältnis der aktuellen Leistungsfähigkeit zur Leistungsgrenzen. Je höher der Reifegrad, desto geringer der Abstand zwischen der aktuellen Leistungsfähigkeit und der technologischen Leistungsgrenze und desto geringer das Potential. Problematisch ist das Unvermögen, die Leistungsgrenze im Voraus abzuschätzen.
- **Substituierbarkeit:** Erreicht eine Technologie zunehmend ihre Leistungsgrenze, so wird sie durch eine andersartige Technologie ersetzt. Die Entscheidung für einem bestimmten Zeitpunkt zum Wechsel auf eine andere Technologie, kann durch das S-Kurven-Konzept¹⁴⁰ nach McKinsey sensibilisiert werden, Näheres im folgenden Abschnitt 3.2.2 über den Lebenszyklus von Technologien.
- **Vernetzung/Hierarchie:** Technologien stehen häufig mit anderen bzw. neueren Technologien in Wechselwirkung und beeinflussen bereits bekannte Technologien. Zusammen bilden

¹³⁹vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 42 ff, Specht et al. (2002), S. 63 ff

¹⁴⁰vgl. Bullinger (1994), S. 125

sie Technologiebündel, dessen einzelne Technologien unterschiedlich dominant sind. Dabei werden weniger dominante Technologien zu einer Anpassung forciert.

3.2.2 Der Lebenszyklus von Technologien

Der Lebenszyklus von Technologien wird in der Literatur¹⁴¹ häufig durch das Technologielebenszyklus-Modell (TLZ-Modell) nach Arthur D. Little (1986) beschrieben, zudem auch durch das S-Kurven-Konzept von McKinsey (1982). Daneben werden auch das TLZ-Modell von Ford und Ryan (1983)¹⁴² und jenes von Ansoff (1967)¹⁴³ beschrieben. Die verschiedenen Technologielebenszyklus-Modelle sind Instrumente des strategischen Innovationsmanagements, um die Position einer Technologie in ihrem Lebenszyklus bestimmen zu können.¹⁴⁴

Technologielebenszyklus-Modelle beschreiben im Wesentlichen einen Zusammenhang zwischen der Zeit (oder einer anderen Variable) und Parametern der Technologieentwicklung. In Schuh und Klappert (2011) wird auf die Grundproblematik in der Entwicklung von Technologielebenszyklus-Modellen hingewiesen. Diese liegt *„in der Angabe von Kriterien zur Definition und Abgrenzung der betrachteten Technologien, der Auswahl geeigneter Parameter zur Erfassung der Technologieentwicklung und der Ermittlung des Kurvenverlaufs. Weiterhin gestaltet sich bei allen Modellen die Positionsbestimmung auf dem Kurvenverlauf, die Abgrenzung einzelner Phasen und die Ableitung von entsprechenden Handlungsempfehlungen als schwierig“*.¹⁴⁵ Schuh und Klappert (2011) betonten, dass die Technologielebenszyklus-Modelle zur Entscheidungssensibilisierung eines Technologiewechsels beitragen und bei der Ableitung von strategischen Maßnahmen unterstützen. Die Technologieattraktivität und die Potentiale zur Weiterentwicklung können abgeschätzt werden.

3.2.2.1 Technologielebenszyklus-Modell von Arthur D. Little

Der Kurvenverlauf im TLZ-Modell von Arthur D. Little entspricht einer S-Form, siehe Abbildung 3.4. Der Lebenszyklus von Technologien kann in die vier Phasen Entstehung, Wachstum, Reife und Alter gegliedert werden. Gleichzeitig können Technologien auf Basis ihrer Lebensphase in die drei Typen Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologie klassifiziert werden. In den beiden letzten Phasen, d.h. Reife- und Altersphase, sind Technologien dermaßen

¹⁴¹vgl. Perl-Vorbach (2007), Goos u. Hagenhoff (2003), Abele (2006), Gerpott (1999), Saad et al. (1991), Billerbeck (2003) und Klaußer (2007)

¹⁴²vgl. Ford u. Ryan (1983)

¹⁴³vgl. Ansoff u. Steward (1967)

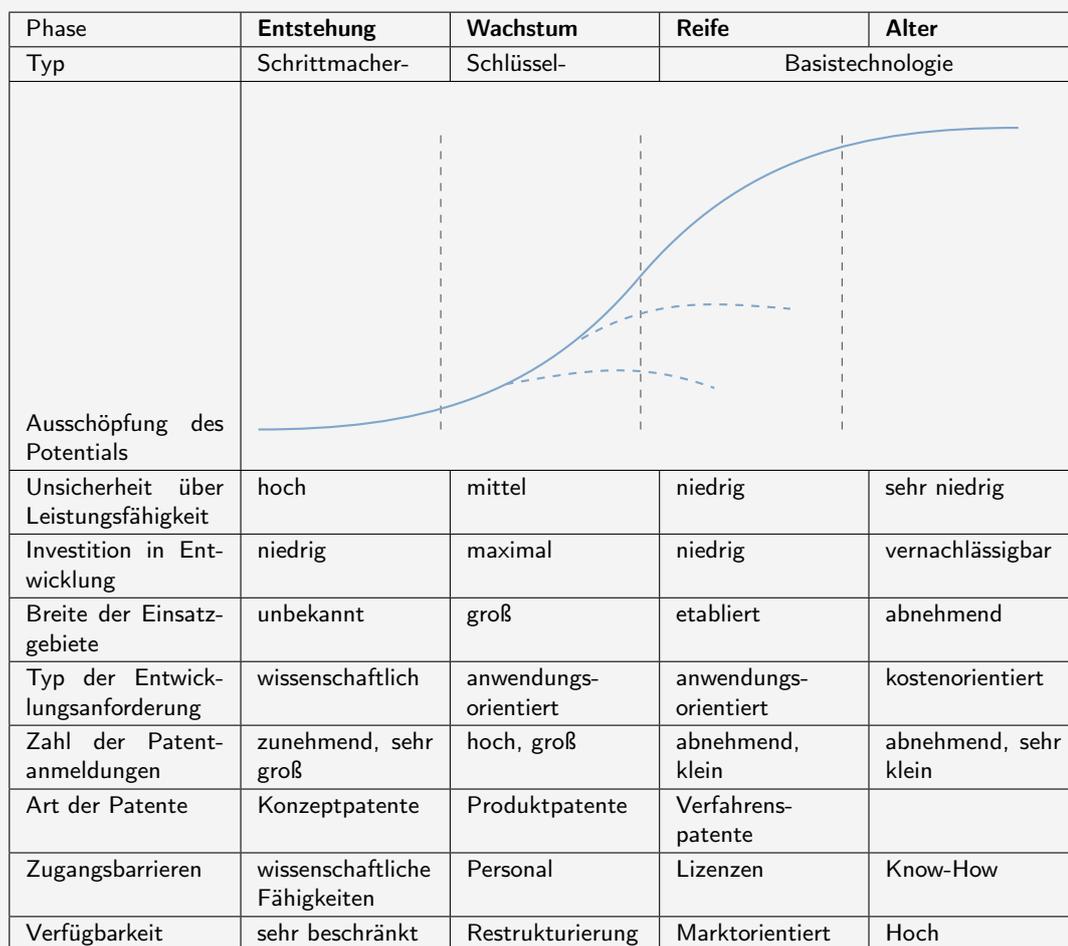
¹⁴⁴vgl. Goos u. Hagenhoff (2003), S. 41

¹⁴⁵vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 37

ausgereift, dass sie zu den Basistechnologien zählen.¹⁴⁶

Als Parameter auf der Ordinate wird der Grad der Ausschöpfung des Potentials der Technologie verwendet. Die Position der Technologie kann durch die Ausprägung der verschiedenen Indikatoren wie bspw. Unsicherheit über die Leistungsfähigkeit, Investitionen in die Technologieentwicklung, Breite des potentiellen Einsatzbereichs etc. ermittelt werden.

Abb. 3.4: Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little: Zur Positionsbestimmung einer Technologie im Lebenszyklus: Entstehung, Wachstum, Reife und Alter. Klassifizierung in Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologie



Quelle: Müller u. Deschamps (1986), S. 25

Schrittmachertechnologien, deren Know-How potentialstark und konkurrenzrelevant ist,

¹⁴⁶vgl. Goos u. Hagenhoff (2003), S. 41; Gerpott (1999), S. 115; Abele (2006), S. 28; Billerbeck (2003), S. 70 f und Klaußer (2007), S. 113

können den Markt zugänglich machen. Die Einflussfaktoren und die konkreten Einsatzgebiete dieser Technologien lassen sich kaum abschätzen. Die weitere Entwicklung von Schrittmachertechnologien ist nicht genau vorhersagbar, jedoch existieren bereits Pilot- bzw. Testanwendungen. Das Know-How zu Schlüsseltechnologien stellt eine zentrale Bedeutung für den Markterfolg dar. Zu diesen Technologien wird Wissen neu zur Verfügung gestellt, das einen spürbaren Fortschritt gegenüber dem Status Quo repräsentiert. Basistechnologien sind jene Technologien, über deren Know-How alle Anbieter am Markt mehr oder weniger gleichermaßen verfügen. Sie sind tragende technische Prinzipien, die jedoch nicht als innovativ gesehen werden. Die Verbesserungen sind meistens im Detail zu finden und weniger gravierend.¹⁴⁷

Das Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little berücksichtigt zudem, dass nicht alle Technologien den gesamten Lebenszyklus durchlaufen, sondern dass sie eben verdrängt und aufgegeben werden können. Die Ursachen können in fehlender Wettbewerbsbedeutung bzw. Verdrängung durch leistungsfähigere Technologien gefunden werden. In der Entstehungsphase sind insbesondere so genannte Schrittmachertechnologien präsent, während in der Wachstumsphase in der Regel so genannte Schlüsseltechnologien dominieren. In der Reife- und der Phase der Alterung findet man hauptsächlich Basistechnologien vor. Die beiden Autoren beschreiben den jeweiligen Technologietypus anhand der nachstehend angeführten acht Parameter:¹⁴⁸

- **Unsicherheit über die technische Leistungsfähigkeit der Technologie:** Je nach Lebensphase einer Technologie ist die Unsicherheit über die technische Leistungsfähigkeit unterschiedlich ausgeprägt. Zu Beginn ist die Unsicherheit am höchsten. Mit fortschreitendem Lebensalter hat man höhere Gewissheit über das technische Potential einer Technologie. Die Unsicherheit ist am Ende am geringsten.
- **Investitionshöhe in die Entwicklung:** Investitionen zu Beginn des Technologielebenszyklus werden gering gehalten. Erst bei vertretbarem Risiko werden Unternehmen größtmögliche Anstrengungen in die Entwicklung stecken. Je näher man der Potentialgrenze einer Technologie kommt, desto weniger Investitionen in Entwicklungstätigkeiten werden getätigt.
- **Breite der Einsatzgebiete und Anwendungsmöglichkeiten:** Während man am Anfang über die Breite des Einsatzgebietes einer Technologie noch wenig Auskunft geben kann, so hat man bereits in der Wachstumsphase der Technologie ausreichend Vorstellung über die Einsatzmöglichkeiten. Gegen Ende des Lebenszyklus wird die Technologie nur mehr in stets weniger werdenden Bereichen eingesetzt, da sie bereits von neueren abgelöst wurde.

¹⁴⁷vgl. Pepels (2004), S. 415

¹⁴⁸vgl. Müller u. Deschamps (1986), S. 25 ff in Arthur D. Little (1986)

- **Typ der Entwicklungsanforderung:** In der ersten Phasen wird hauptsächlich wissenschaftliche Forschung betrieben, um die Technologien zu verstehen. Ist genügend Know-how über die Technologie vorhanden, wird nach und nach anwendungsorientierte Entwicklung betrieben. Kostenorientierte Entwicklungstätigkeiten werden hauptsächlich am Ende durchgeführt.
- **Zahl und Art der Patentanmeldungen:** Patentanmeldungen sind zu Beginn vorwiegend konzeptorientiert. Zu dieser Zeit nimmt die Zahl der Anmeldung enorm zu. In der Wachstumsphase werden vorwiegend produktorientierte Erfindungen zum Patent angemeldet, deren Zahl ebenso hoch ist. Patentanmeldungen aus Inventionen in der Reifephase sind größtenteils Verfahrenspatente. Da gegen Lebenszyklusende hin das Potential der Technologie immer mehr ausgeschöpft wird, nimmt auch die Zahl der Patentanmeldungen ab.
- **Zugangsbarrieren:** Der Technologiezugang ist in allen vier Phasen verschieden. Zu Beginn, während die Technologie erforscht wird, ist der Zugang durch wissenschaftliche Fähigkeiten begrenzt. In der Wachstumsphase, während der anwendungsorientierten Entwicklung, ist die Kernstellschraube das Personal. In der Reifephase können Unternehmen durch Lizenzen Technologien erwerben und am Ende stellt das Know-how über eine Technologie die Zugangsbarriere dar.
- **Verfügbarkeit der Technologie:** Die Technologieverfügbarkeit zu Beginn des Lebenszyklus ist äußerst beschränkt. Erst nach und nach ist eine Technologie in verschiedene Anwendungsbereichen vorzufinden und erfährt eine Restrukturierung. Während der Reifephase ist eine Technologie am Markt umfangreich verfügbar und gegen Ende des Lebenszyklus äußerst hoch.

In Höft (1992) wird betont, dass das Technologielebenszyklus-Modell von Arthur D. Little bspw. bei der Risikobewertung von F&E-Investitionen angewandt wird.¹⁴⁹ Zur Analyse der potentiellen Auswirkungen auf die Wettbewerbsposition eines Unternehmens kann das Lebenszyklusmodell unterstützend beitragen.

3.2.2.2 S-Kurven-Konzept von McKinsey

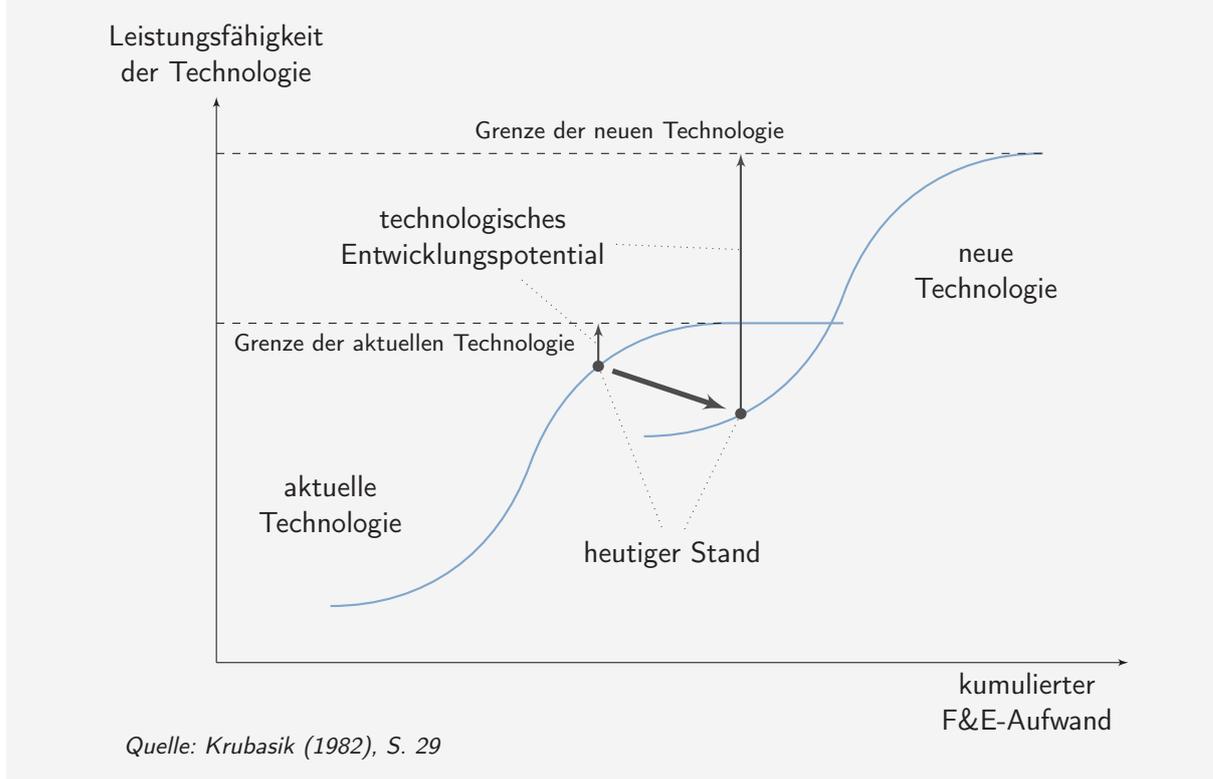
Die S-Kurve soll nach Krubasik (1982) als Sensibilisierungshilfe für das strategische Innovationsmanagement gesehen werden, die auf die Notwendigkeit für einen rechtzeitigen Technologiewechsel hinweist.¹⁵⁰ In Abbildung 3.5 wird das S-Kurven-Konzept verdeutlicht und soll veranschaulichen, „dass jede Technologie einem Alterungsprozess unterliegt und dementsprechend auch die F&E-Effizienz mit zunehmendem Alter der Technologie abnimmt. Diese Entwicklung

¹⁴⁹vgl. Höft (1992), S. 79

¹⁵⁰vgl. Krubasik (1982), S. 29 f

macht eine rechtzeitige Umschichtung von F&E-Ressourcen zu neuen Technologien mit einem höheren Entwicklungspotential erforderlich“.¹⁵¹

Abb. 3.5: S-Kurven-Konzept nach McKinsey ist ein Instrument des strategischen Innovationsmanagements: Eine Sensibilisierungshilfe über die Notwendigkeit für einen rechtzeitigen Technologiewechsel



Bei der Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Technologien werden naturwissenschaftlich-technische Leistungskriterien herangezogen. Der Gradient der Leistungsfähigkeit zu Beginn der F&E-Tätigkeit ist flach und nimmt progressiv zu. Mit zunehmendem F&E-Aufwand entwickelt sich der Gradient hin zu einer degressiven Veränderung bis der Gradient wieder abflacht, da die Leistungsfähigkeit der Technologie voll ausgenutzt wurde. Der Verlauf der Leistungsfähigkeit über dem kumulierten F&E-Aufwand hat sich zu einer S-Kurve ausgebildet. Weitere Investitionen in F&E-Tätigkeiten zur weiterführenden Technologieentwicklung sind weniger erfolgversprechend und ein Wechsel zu einer Substitutionstechnologie sollte spätestens hier erfolgen.¹⁵²

„In der Praxis weicht die tatsächlich erreichte Leistungsfähigkeit einer Technologie [...] in der Re-

¹⁵¹vgl. Schneider (2002), S. 46

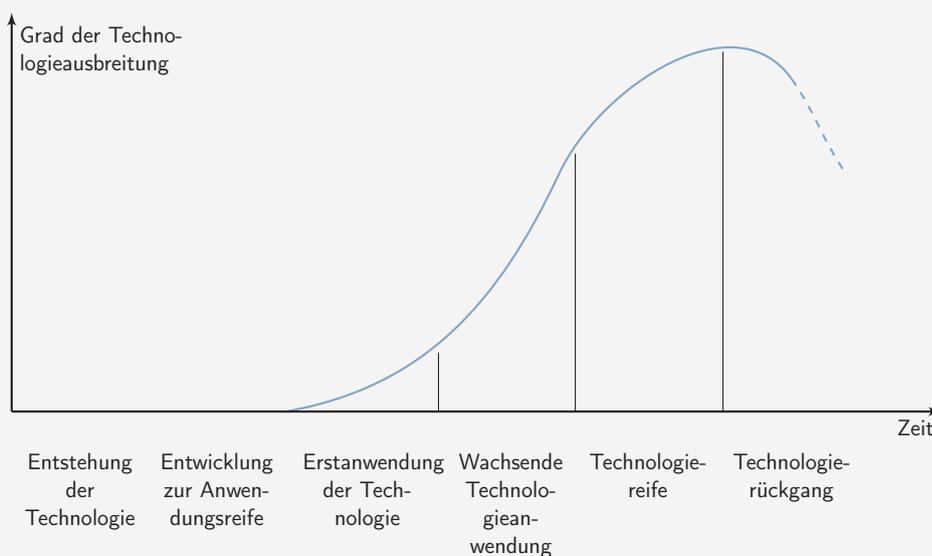
¹⁵²vgl. Goos u. Hagenhoff (2003), S 42 ff

gel von der durch die S-Kurve vorgegebenen theoretischen Leistungsgrenze ab.“¹⁵³ Das S-Kurven-Konzept von McKinsey soll dazu dienen, diskontinuierliche Technologiesprünge bzw. innovative Substitutionstechnologien zu identifizieren um einen Wechsel zu erfolgversprechenden Technologien zeitgerecht durchführen zu können.¹⁵⁴

3.2.2.3 Technologielebenszyklus-Modell von Ford und Ryan

Höft (1992) führt zudem das Technologielebenszyklus-Modell von Ford und Ryan (1981) an.¹⁵⁵ Als Parameter auf der Ordinate wird der Ausbreitungsgrad der Technologie¹⁵⁶ herangezogen. Das Konzept wird von den beiden Autoren Ford und Ryan insbesondere für Fragen zum Thema Technologietransfer relevant.¹⁵⁷ Abbildung 3.6 zeigt das Modell von Ford und Ryan. Insgesamt umfasst es sechs Phasen:¹⁵⁸

Abb. 3.6: Technologielebenszyklus-Modell nach Ford und Ryan bestehend aus sechs Phasen



Quelle: Ford und Ryan (1983), S. 120

¹⁵³vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 44

¹⁵⁴vgl. Schneider (2002), S. 46 f

¹⁵⁵vgl. Höft (1992), S. 74 ff

¹⁵⁶deutsche Übersetzung: vgl. Ford u. Ryan (1983), S. 22 ff; Originalwortlaut: Penetration of technology in Ford u. Ryan (1981), S. 117 ff

¹⁵⁷vgl. Ford u. Ryan (1981), S. 117 f und Ford u. Ryan (1983), S. 22 f

¹⁵⁸vgl. Höft (1992), S. 75 f; Ford u. Ryan (1981), S. 120 ff; Ford u. Ryan (1983), S. 22 ff; Billerbeck (2003), S. 70 f und Klaußer (2007), S. 113

1. Entstehung der Technologie:

Nach Ford und Ryan (1983) können Ergebnisse aus der Grundlagenforschung bereits auf potentiell wertvolle Technologien hinweisen. Die Breite der Möglichkeiten zum Einsatz bzw. zur Anwendung kann zu diesem Zeitpunkt jedoch leider nicht abgeschätzt werden. In dieser Phase sollen Unternehmen prüfen, ob der Einsatz dieser neuen Technologien mit den Zielen, Strategien und Ressourcen der Unternehmung übereinstimmt. Erst danach ist eine Weiterentwicklung durch unternehmensinternen Entwicklungsaufwand oder durch Kooperationen sinnvoll.

2. Entwicklung zur Anwendungsreife:

Im Zuge der Entwicklung zur Anwendungsreife wird die Entscheidung getroffen, ob eine Technologie bei einem Produkt oder Verfahren eingesetzt wird. Die Entscheidung hierzu ist maßgeblich von den mit der Entwicklung zur Anwendungs- und Marktreife verbundenen Kosten und Risiken abhängig.

3. Erstanwendung der Technologie:

Die Markteinführung einer Technologie wird nach Ford und Ryan (1983) als die Erstanwendung angesehen. Die Entwicklung der Technologie innerhalb des Unternehmens nimmt jedoch parallel zum Anwendungseinsatz seinen Lauf. In dieser Phase können weitere Einsatzfelder der Technologie erschlossen werden.

4. Wachsende Technologieanwendung:

Maßgeblich charakteristisch für diese Phase ist die wachsende Zahl der Anwendungsbereiche. In dieser Phase wird ein Hauptaugenmerk bereits auf eine Standardisierung der Technologie gelegt. Der Marktwert einer Technologie erreicht nach Ford und Ryan (1983) den Höhepunkt, da bei einem Verkauf des Know-hows oder der Lizenzen die Käufer bzw. Lizenznehmer noch vom Wachstumspotential der Technologie profitieren können.

5. Technologiereife:

Die Technologie wird in diesem Stadium zum einen vom Pionierunternehmen und zum anderen von Unternehmen aus den verschiedenen Anwendungsbereichen beherrscht. Der Zuwachs an Anwendungsfeldern der Technologie ist marginal und der Wert der Produkte, die auf diesen Technologien beruhen, hat sich stabilisiert.

6. Technologierückgang:

Die Fähigkeit zur Entwicklung der Technologie und die Potentiale zum Einsatz sind erschöpft und die Technologien werden nach und nach von anderen Technologien verdrängt.

Das Technologielebenszyklus-Modell von Ford und Ryan nimmt die Phasen Technologieentstehung und Entwicklung zur Anwendungsreife vor der Markteinführung bereits in den Lebenszyklus von Technologien mit auf.¹⁵⁹ Die Abgrenzung der einzelnen Phasen ist in diesem Modell kritisch anzusehen, da weder quantitative noch qualitative Kriterien von Ford und Ryan (1983) genannt werden.¹⁶⁰

3.2.2.4 Technologielebenszyklus-Modell von Ansoff und Steward

Das Technologielebenszyklus-Modell von Ansoff und Steward fokussiert die Dynamik der Technologien. Hierin unterscheiden die beiden Autoren in die drei Typen stabile, dynamische und turbulente Technologieentwicklung, siehe Abbildung 3.7. In Jacobs (2011) wird erläutert, dass Ansoff und Steward einen engen Zusammenhang zwischen Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklus sehen. Die am Markt zeitlich variierende Nachfrage kann nach Ansoff und Steward durch verschiedene Produkte, in welchen unterschiedliche Technologien verwendet werden, befriedigt werden.¹⁶¹

Die Entwicklung der Technologie bei einer stabilen Technologieentwicklung entsteht vor allem durch inkrementelle Verbesserungen, bedeutende technologische Sprünge treten hier nicht auf. In Abbildung 3.7 wird verdeutlicht, dass in stabilen Technologieentwicklungen die Verläufe von Markt- und Technologielebenszyklus beinahe identisch sind.¹⁶² Der Wettbewerbsvorteil für ein Unternehmen wird vorwiegend durch die Qualität, die Preise oder die Kosten erzielt. Stabile Technologieentwicklungen sind ein Zeichen für einen schwachen Innovationswettbewerb.

Die Geschwindigkeit der Entwicklung der Leistungsfähigkeit der Technologien in Märkten mit dynamischer Technologieentwicklung ist hoch. Die Verläufe von Markt- und Technologielebenszyklus sind weitestgehend identisch, jedoch kann ein einziges Produkt den Druck der leistungsfähigen Technologie nicht befriedigen. Auf Grund des hohen Wettbewerbs, insbesondere bei Innovationen, und der kurzen Produktlebenszyklen sind Unternehmen gezwungen, stets Produkte mit neuen Technologien auf den Markt zu bringen.¹⁶³ Kotler et al. (2007) betonen, sofern ein Unternehmen eine inadäquate Technologie in seine Produkte zur Erfüllung der Nachfrage einsetzen, so seien schon zu Beginn die Absatzmengen durch den Technologielebenszyklus begrenzt.¹⁶⁴ In Märkten mit turbulenter Technologieentwicklung finden häufig

¹⁵⁹vgl. Höft (1992), S. 71; Ford u. Ryan (1983) und Billerbeck (2003), S. 71

¹⁶⁰vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 39

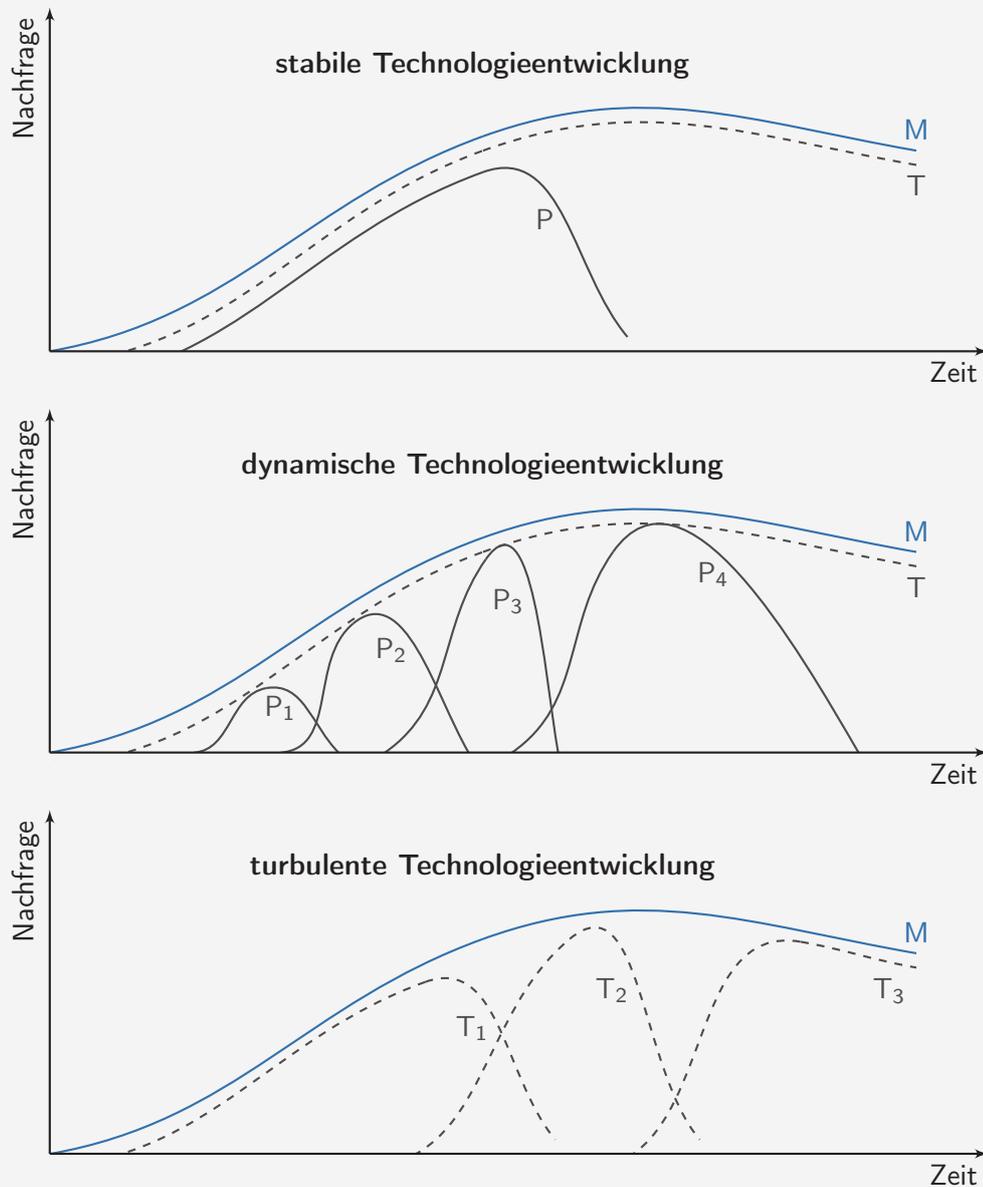
¹⁶¹vgl. Pepels (2006), S. 49; Jacobs (2011), S. 15 und Ansoff u. Steward (1967)

¹⁶²vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 39

¹⁶³vgl. Jacobs (2011), S. 15 und Herrmann (2010), S. 78

¹⁶⁴vgl. Kotler et al. (2007), S. 1003

Abb. 3.7: Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff mit den drei Typen stabile, dynamische und turbulente Technologieentwicklung: Die Autoren sehen engen Zusammenhang zwischen dem Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklus



M ... Marktlebenszyklus
 T ... Technologielebenszyklus
 P ... Produktlebenszyklus

Quelle: Ansoff (1984), S. 41

Sprünge von einer Technologie zu einer anderen Technologie statt. Sobald eine Technologie sich durchgesetzt hat, wird sie bereits durch neu entwickelte Technologien ersetzt. Die Konse-

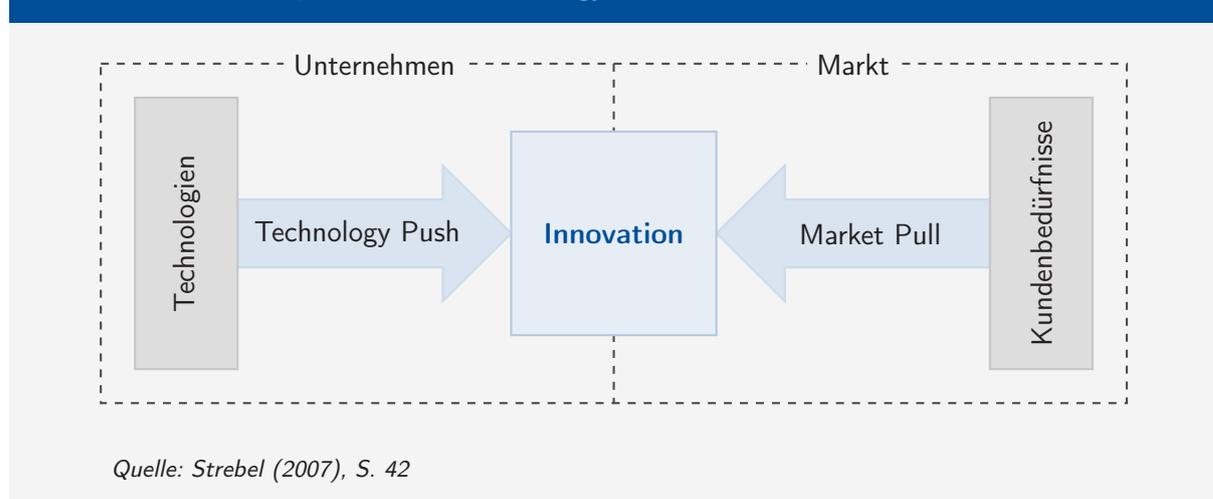
quenzen einer Fehlentscheidung sind erfolgskritisch. Aus diesem Grund ist die Technologiefrüherkennung und -bewertung von Relevanz.¹⁶⁵

Schuh und Klapper (2011) verdeutlichen: „für die Beschreibung, Analyse und Prognose von technologischen Entwicklungen ist das Modell allerdings nur sehr begrenzt einsetzbar, da unter anderem zu jeder Zeit ein Wechsel zwischen den unterschiedlichen Technologieentwicklungstypen auftreten kann.“¹⁶⁶

3.2.3 Innovationsauslöser: Technology Push und Market Pull

Die zentrale Frage bzgl. der strategischen Ausrichtung eines Unternehmens hinsichtlich ihrer Forschung ist, ob Innovationen durch einen Technology Push oder durch einen Market Pull induziert werden.¹⁶⁷ In Abbildung 3.8 wird der Zusammenhang dieser beiden Arten schematisch dargestellt. Bei Ersterem spricht man von technologieinduzierten Innovationen, bei denen der Anstoß durch einen technischen Fortschritt entweder externer oder interner Technologieentwicklung erfolgt. Bei Letzterem spricht man von nachfrageinduzierten Innovationen. Die Kunden verlangen durch ihre Bedürfnisse nach verbesserten Produkten.¹⁶⁸

Abb. 3.8: Wechselspiel zwischen Technology Push und Market Pull



Beim Technology Push bestimmt der technologische Fortschritt, was auf den Markt gebracht wird.¹⁶⁹ Pfeiffer et al. (1991) beschreiben im Zusammenhang damit, dass man „Märkte

¹⁶⁵vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 39 f

¹⁶⁶vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 40

¹⁶⁷vgl. Gassmann u. Kobe (2006), S. 145

¹⁶⁸vgl. Vahs u. Burmester (2005a), S. 80 und Strebel (2007), S. 41 f

¹⁶⁹vgl. Johnson et al. (2011), S. 404 f

bzw. Bedürfnisse erst schaffen“ müsse.¹⁷⁰ Bereits Henry Ford, Gründer der Ford Motor Company, hatte diese Auffassung und wird mit folgender Aussage zitiert: „Wenn ich die Menschen gefragt hätte, was sie wollen, hätten sie gesagt schnellere Pferde.“¹⁷¹

Bei technologiegetriebenen Innovationen ist die Marktunsicherheit in der Regel höher als bei nachfrageinduzierten Innovationen. Potentielle Markt-Applikationen sind bei einer Technology-Push-Strategie weitestgehend unbekannt, während eine Market-Pull-Strategie bereits das Wissen über mögliche Bedarfsfelder besitzt.¹⁷²

Die Erfolgswahrscheinlichkeit bei nachfrageinduzierten Innovationen ist nach Vahs und Burmester (2005) höher als bei technologiegetriebenen Innovationen.¹⁷³ Dabei handelt es sich um Produkt- bzw. Verbesserungsinnovationen. Prozessinnovationen sind bei dieser Art von Auslöser jedoch selten. Nach Specht et al. (2002) sollen Unternehmen eine ausgewogene Zusammensetzung aus technologie- und nachfrageinduzierten Innovationsarten finden, um langfristig die Position am Markt zu sichern.¹⁷⁴

3.3 Aufgaben des Technologiemanagements

Nachstehend werden die bereits im vorherigen Abschnitt angesprochenen Aufgaben des Technologiemanagements beschrieben. Zu den Kernaufgaben des Technologiemanagements zählen, wie in Abbildung 3.9 dargestellt, die Strategieentwicklung zum Technologiemanagement, Technologiefrüherkennung, -planung, -entwicklung, -verwertung, -schutz und Bewertung von Technologien.

3.3.1 Strategieentwicklung zum Technologiemanagement

Die Begriff Strategie stammt aus dem Altgriechischen. Das griechische zusammengesetzte Wort lautet STRATAEGEO und besteht aus STRATOS und IGO. Das Wort STRATOS steht für „etwas weit Ausgebreitetes und alles andere Überlagerndes (im geistigen und im materiellen Sinne); etwas, das alles andere umfasst, übergreift und in sich enthält; etwas, das deshalb in der Hierarchie der Zwecke und Ziele eine übergeordnete Bedeutung hat“.¹⁷⁵ Die Bedeutung des zweiten Wortes IGO lautet *tun und handeln*. Strategie bedeutet demnach, das Denken, Entscheiden und Handeln

¹⁷⁰vgl. Wenzel et al. (2011), S. 48 und Pfeiffer et al. (1991)

¹⁷¹vgl. Mörtenhummer u. Mörtenhummer (2008), S. 219

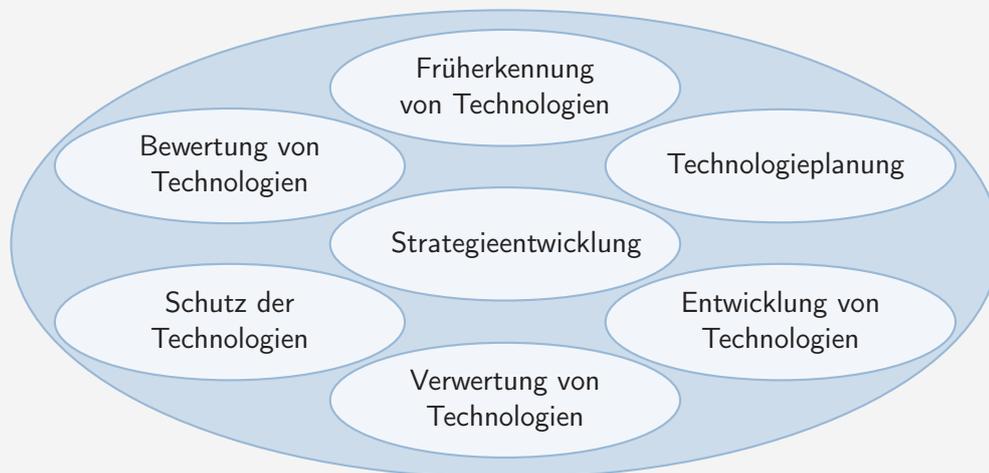
¹⁷²vgl. Gassmann u. Kobe (2006), S. 146

¹⁷³vgl. Vahs u. Burmester (2005a), S. 80

¹⁷⁴vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 41

¹⁷⁵vgl. Gälweiler (2005), S. 65

Abb. 3.9: Die Aufgaben des Technologiemanagements umfassen die Strategieentwicklung zum Technologiemanagement, Früherkennung von Technologien, Technologieplanung, Entwicklung von Technologien, Verwertung von Technologien, Schutz der Technologien und Bewertung von Technologien



Quelle: eigene Darstellung

an den übergeordneten bzw. obersten Zielen zu orientieren und sich dabei nicht durch vorergründliche Dringlichkeiten wie Augenblicksvorteile ablenken zu lassen.¹⁷⁶ Mintzberg und Waters (1985) definieren Strategie als „a pattern in a stream of decisions“¹⁷⁷ Übersetzt bedeutet dies soviel wie *ein Muster in einem Strom von Entscheidungen*.

Zahlreiche Studien belegen einen höheren Erfolgsfaktor von Unternehmen mit einer expliziten Technologiestrategie als von Unternehmen, denen eine schriftliche Vorgabe der strategischen Absicht fehlt.¹⁷⁸ Nach Schuh und Klappert (2006) beschreibt die Technologiestrategie, „wie ein Unternehmen mit Technologien verfahren sollte, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Sie definiert die technologischen Ziele und zeigt den grundsätzlichen Weg zur Zielerreichung auf. Eine Technologiestrategie gibt an, welche Technologien ein Unternehmen zu welchem Zweck einsetzt, welches technologische Leistungsniveau dabei jeweils erreicht oder angestrebt ist, zu welchem Zeitpunkt der Technologieeinsatz erfolgt und woher die jeweilige Technologie bezogen wird.“¹⁷⁹ In Abbildung 3.10 werden diese fünf Dimensionen schematisch gezeigt und später kurz erläutert. Verwertung und Auswahl von Technologien werden im Abschnitt 3.3.4 behandelt.

¹⁷⁶vgl. Gälweiler (2005), S. 65 f und Haak (Wien), S. 63 f

¹⁷⁷vgl. Mintzberg u. Waters (1985), S. 257

¹⁷⁸vgl. Felming (1991), S. 38 ff; Roberts (2001), S. 25 f und Schuh et al. (2006), S. 147 ff

¹⁷⁹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 56

Abb. 3.10: Themen der Strategieentwicklung für das Technologiemanagement beinhalten technologische Leistungsfähigkeit, Technologiezeitpunkt (Führerschaft oder Folgerschaft), Quelle der Technologie (Eigenerstellung oder Akquisition), Verwertung der Technologien und Auswahl der Technologien



Quelle: Schuh u. Klappert (2011), S. 68

Nach Gerpott (2005) und Wolfrum (1994) enthält die Technologiestrategie Informationen zu den einzelnen Technologien oder Technologiefeldern des Unternehmens. Die Zielsetzung der Strategie kann für jedes einzelne Technologiefeld verschieden sein, sodass Entscheidungen zum Inhaltlichen der jeweiligen Technologiefelder unterschiedlich getroffen werden. Üblicherweise existieren in Unternehmen neben den spezifischen Strategien zu den jeweiligen Technologiefeldern übergeordnete strategische Vorgaben, die für alle Technologien gelten.¹⁸⁰

Die Vorgehensweise bei der strategischen Ausrichtung des Technologiemanagements kann von innen heraus oder von außen nach innen erfolgen.¹⁸¹ Bei der Vorgehensweise von innen nach außen werden Ressourcen und Fähigkeitsbasis des Unternehmens so festgelegt, dass neue Technologiepotentiale entstehen.¹⁸² Bei der Vorgehensweise von außen nach innen steht das Unternehmensumfeld im Fokus. Dabei wird die Marktattraktivität ermittelt und

¹⁸⁰vgl. Gerpott (2005) und Wolfrum (1994)

¹⁸¹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 57 f

¹⁸²vgl. Binder u. Kantowsky (1999)

überlegt, wie sich das Unternehmen gegenüber dem Wettbewerb positionieren kann.¹⁸³ Liegt der Schwerpunkt der Vorgehensweise auf von außen nach innen, kann dies kritisch sein, da sich Märkte für gewöhnlich schneller entwickeln als Technologien.¹⁸⁴ Wie bereits oben angeführt, sollen nach Specht et al. (2002) Unternehmen eine ausgewogene Zusammensetzung aus technologie- und nachfrageinduzierten Innovationsarten finden, um langfristig die Position am Markt zu sichern.¹⁸⁵

Technologische Leistungsfähigkeit

Die technologische Leistungsfähigkeit ist die Charakterisierung der Technologie an Hand naturwissenschaftlich technischer Leistungskriterien¹⁸⁶ und beschreibt im Technologiemanagement den Entwicklungsvorsprung bzw. -rückstand gegenüber dem Stand der Technik bzw. gegenüber dem Wettbewerb.¹⁸⁷ In diesem Kontext werden die technologische Führerschaft und die technologische Präsenz unterschieden.¹⁸⁸

Die technologische Führerschaft ist gekennzeichnet von hoher Komplexität und konzentriertem Wissen. Mit fortschreitender Marktentwicklung wird dieses Wissen von anderen Marktteilnehmern aufgenommen.¹⁸⁹ Die technologische Führerschaft erfordert hohe Investitionen in die entsprechenden Technologien.¹⁹⁰ Verfolgen Technologieführer eine Differenzierungsstrategie¹⁹¹ können sich Unternehmen gegenüber dem Wettbewerb mit überlegenen Technologien oft abheben.¹⁹²

Die Strategie der technologischen Präsenz bedeutet für Unternehmen, sich auf einem Leistungsniveau im Durchschnitt zu bewegen. Eine Einzigartigkeit hinsichtlich eines technologischen Vorsprungs ist nicht gegeben.¹⁹³ Die Präsenz kann bei Unternehmen durch imitierende Produkt- bzw. Produktionskonzepte der Wettbewerber vorhanden sein, oder durch das inkrementelle, kundenorientierte Modifizieren der Produkte.¹⁹⁴ Das Risiko bei der technologischen Präsenz ist gegenüber einer Führerschaft geringer ausgeprägt.¹⁹⁵

¹⁸³vgl. Müller-Stewens u. Lechner (2005)

¹⁸⁴vgl. Eversheim (2003), S. 202 ff

¹⁸⁵vgl. Perl-Vorbach (2007), S. 41

¹⁸⁶vgl. Goos u. Hagenhoff (2003), S. 42

¹⁸⁷vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 69

¹⁸⁸vgl. Feldmann (2007), S. 107

¹⁸⁹vgl. Walgenbach (2006), S. 82

¹⁹⁰vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 69

¹⁹¹vgl. Abschnitt 1.2 zu den theoretischen Erläuterungen

¹⁹²vgl. Milberg (2004), S. 41

¹⁹³vgl. Höft (1992), S. 192

¹⁹⁴vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 69

¹⁹⁵vgl. Busch (2005), S. 29

Zeitpunkt für den Markteintritt: Führerschaft oder Folgerschaft

Die Beantwortung der Frage über den richtigen Zeitpunkt für den Markteintritt ist eine der wesentlichen, strategischen Themen für das Technologiemanagement, zumal die Lebenszyklen der Produkte enorm verkürzt sind und die Überlegungen einer Führer- oder Folgerschaft davon betroffen sind. Der Erfolg eines Produkts hängt immer stärker von dem Markteintrittszeitpunkt ab.¹⁹⁶ In Anlehnung an Robinson u. Fornell (1985) und Schnaars (1986) führt Remmerbach (1988) drei Arten der Markteintrittsstrategien an: Pionierstrategie und Folgerstrategie, welche gegliedert wird in frühe und späte Folgerstrategie.¹⁹⁷

Schuh (2012) stellt eine strukturierte Übersicht über die jeweiligen Charakteristika einer Führerschaft und Folgerschaft dar. Darin beleuchtet der Autor ausgehend vom Zeitpunkt für den Markteintritt die Strategien für die Beschaffung der Technologien, die Möglichkeiten zur Verwertung der Technologien und den Innovationsimpuls,¹⁹⁸ siehe Abbildung 3.11. Unternehmen der Technologie-Führerschaft entwickeln die Technologien vorwiegend selbst. Als Pionier am Markt beabsichtigen solche Unternehmen eine Eigenverwertung der Technologien. Unternehmen mit einer Strategie der Folgerschaft – sowohl frühe als auch späte – gehen häufig Kooperationen in der Forschung und Entwicklung ein, um Technologien zu entwickeln. Unter anderem werden Technologien auch zugekauft. Bei der Verwertung steht der kooperative Aspekt im Vordergrund.

Abb. 3.11: Charakteristika einer Führerschaft und Folgerschaft bei Beschaffung und Verwertung von Technologien

	Führerschaft	Folgerschaft
Beschaffung	Eigenentwicklung	Kooperative F&E und Akquisition
Verwertung	Eigennutzung	Kooperative Verwertung und Vermarktung

Quelle: Schuh (2012), S. 20

Die Nachhaltigkeit des Pioniers am Markt ist im Vergleich zum frühen und späten Folger hoch. Die Vorhersagbarkeit der Forschungsergebnisse, des Markterfolgs und des Forschungsaufwands ist für einen Pionier jedoch gering. Je länger sich die Folger Zeit lassen, desto höher

¹⁹⁶vgl. Schäppi et al. (2005), S. 199

¹⁹⁷vgl. Remmerbach (1988), S. 23 in Anlehnung an Robinson u. Fornell (1985) und Schnaars (1986)

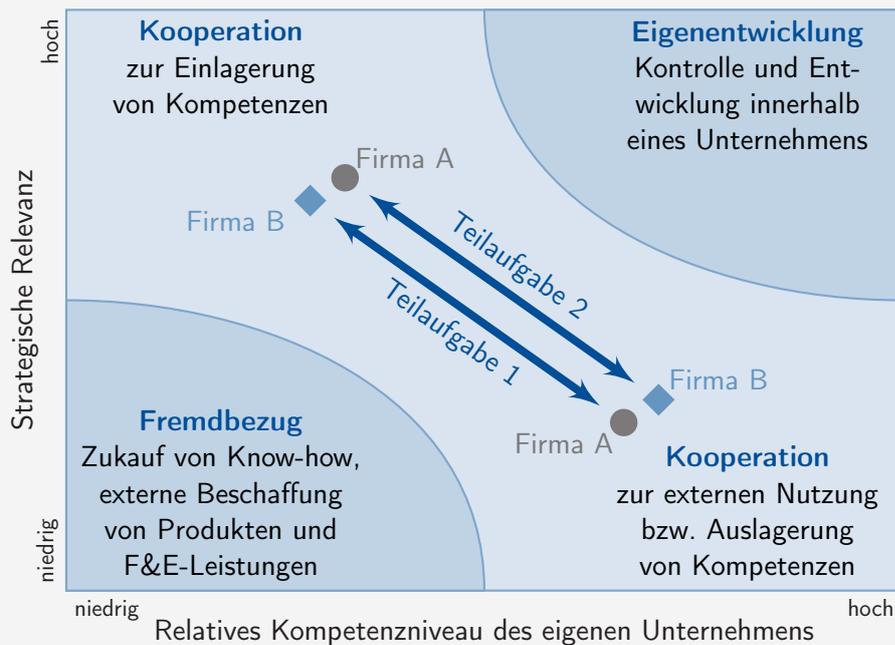
¹⁹⁸vgl. Schuh (2012), S. 20

wird die Vorhersagbarkeit. Zudem haben Unternehmen mit der Strategie der Folgerschaft mit fortwährender Zeit höheren Einblick in die F&E-Aktivitäten der Mitbewerber.¹⁹⁹

Quelle der Technologien: Eigenentwicklung oder Akquisition

Ein zentrales Thema bei der Beschaffung von Technologien sind die Überlegungen, ob Technologien selbst entwickelt (Eigenentwicklung), extern zugekauft (Akquisition) oder in Form von Kooperationen gemeinsam entwickelt werden. In Abbildung 3.12 werden grundsätzliche, strategische Ausrichtungen zur Eigenerstellung bzw. Akquisition von Technologien in Abhängigkeit von der strategischen Relevanz und dem relativen Kompetenzniveau des eigenen Unternehmens schematisch illustriert.²⁰⁰

Abb. 3.12: Grundsätzliche, strategische Ausrichtungen zur Eigenerstellung bzw. Akquisition von Technologien in Abhängigkeit von der strategischen Relevanz und dem relativen Kompetenzniveau des eigenen Unternehmens



Quelle: Gerybadze (2004), S. 19

Bei der Eigenentwicklung werden die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten innerhalb des eigenen Unternehmens durchgeführt. Das Unternehmen übernimmt die vollen Kosten und Risiken. Die Entwicklungen können dabei auf bereits existierende Fähigkeiten und

¹⁹⁹vgl. Corsten et al. (2006), S. 264 f und Little (1981), S. 14 ff

²⁰⁰vgl. Gerybadze (2004) S. 10 f

Ressourcen aufbauen. Teilweise gilt es, Entwicklung vom leeren Blatt Papier zu starten, was mit viel Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist.²⁰¹ Eigenentwicklungen sind dann sinnvoll, wenn das relative Kompetenzniveau des Unternehmens zu anderen Institutionen hoch ist und Technologien strategisch relevant sind. Fehlt das Know-how im Unternehmen und sind die Technologien strategisch weniger relevant, so wird durch Akquisition Know-how zugekauft. Zwischen den beiden Extremen Eigenentwicklung und Akquisition gibt es für Unternehmen Kooperationen. Zwecke können sowohl das Einlagern als auch das Nutzen und Auslagern von externen Kompetenzen sein.

3.3.2 Früherkennung von Technologien

In der wissenschaftlichen Literatur²⁰² werden die Basisaktivitäten der strategischen Früherkennung nach Krystek und Müller-Stewens (1993) referenziert.²⁰³ Die beiden Autoren unterscheiden zwischen einer Suche *innerhalb der Domäne* und einer Suche *außerhalb der Domäne*. Die Kategorisierung der Basisaktivitäten der strategischen Frühaufklärung wird in Abbildung 3.13 schematisch illustriert.

Eine erste allgemeine Beobachtung des Unternehmensumfelds kann durch das *Scanning* realisiert werden. Scanning beinhaltet eine allgemeine Überwachung sämtlicher umweltrelevanten Segmente und deren Wechselwirkungen, um frühe Anzeichen von möglichen Veränderungen der Umwelt zu identifizieren und Veränderungen der Umwelt, die bereits im Gange sind, zu erkennen.²⁰⁴

Im Prinzip sollen beim Scanning *immer und überall*, ähnlich einem 360-Grad-Radar, nach möglichen schwachen Signalen als Anzeichen für relevante Umweltveränderungen gesucht werden. Der intuitiven Bewertung der Relevanz, ausgehend vom Beobachtenden wird dabei eine besondere Bedeutung beigemessen.²⁰⁵ Hat der Beobachtende Signale identifiziert, erfolgt eine intensivere Prüfung dieser wahrgenommenen Auffälligkeit. Das Scanning geht nun in die Tätigkeit des Monitorings über.

Monitoring beinhaltet die Verfolgung der Entwicklung der Umwelt, einer Aneinanderrei-

²⁰¹vgl. Schuh (2012), S. 24

²⁰²vgl. Fahey u. Narayanan (1986), Schuh u. Klappert (2011), von der Oelsnitz (1994), Hauff (2009), Jacobs et al. (2012) und Schneider (2011)

²⁰³vgl. Krystek u. Müller-Stewens (1993), S. 177

²⁰⁴vgl. Fahey u. Narayanan (1986), S. 37 Originalsatzlaut: „Scanning entails general surveillance of all environmental segments and their interactions in order to (1) identify early signals of possible environmental change and (2) detect environmental change already under way.“

²⁰⁵vgl. Hauff (2009), S. 21

Abb. 3.13: Basisaktivitäten der strategischen Frühaufklärung: Suche innerhalb bzw. außerhalb der Domäne

	außerhalb der Domäne	innerhalb der Domäne	
Scanning	Abtasten nach Signalen ohne festen Themenbezug	Abtasten nach Signalen ohne festen Themenbezug	informal
	Abtasten nach Signalen mit speziellem Themenbezug	Abtasten nach Signalen mit speziellem Themenbezug	
Monitoring	Beobachtung und vertiefende Suche nach Informationen mit speziellem Themenbezug eines bereits identifizierten Signals	Beobachtung und vertiefende Suche nach Informationen mit speziellem Themenbezug eines bereits identifizierten Signals	formal
Scouting	Auftragsmäßige Beschaffung von Detailinformationen zu speziellen Technologien	Auftragsmäßige Beschaffung von Detailinformationen zu speziellen Technologien	

Quelle: Krystek u. Müller-Stewens (1993), S. 177 und Schuh u. Klappert (2011), S. 94

hung von Ereignissen oder Strömen von Aktivitäten.²⁰⁶ Beim Monitoring findet eine systematischere und fokussierte Informationssuche statt, die insbesondere zum Abbau von Unsicherheiten der sich anbahnenden Veränderungen dient. Der wesentliche Unterschied zum Scanning ist ein analytisches und strukturiertes Vorgehen. Nach Fahey und Narayanan (1986) sind die Ergebnisse des Monitorings spezifische Beschreibungen von Entwicklungen, die Identifikation von beobachteten Trends und die Identifikation von Beobachtungsbereichen.²⁰⁷

Schuh und Klappert (2011) führen nach dem Scanning und Monitoring zudem das *Scouting* als Element der Suche außerhalb der Domäne an. Das Scouting kann nach den beiden Autoren als Spezialfall des Monitorings angesehen werden und beschreibt die Detailsuche zu bestimmten Technologiethematen und Wissensträgern. Die Informationsbeschaffung erfolgt dabei im Grund auftragsbezogen. Das Suchfeld des Scoutings ist daher klar abgegrenzt und klein. Das wesentliche Ziel dabei ist, den aktuellen Kenntnisstand zu detaillieren und zu erweitern.²⁰⁸

²⁰⁶vgl. Fahey u. Narayanan (1986), S. 39 Originalsatzlaut: „Monitoring involves tracking the evolution of environmental trends, sequences of events, or streams of activities.“

²⁰⁷vgl. Fahey u. Narayanan (1986), S. 39

²⁰⁸vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 94

Innerhalb der Domäne können die Basisaktivitäten der strategischen Früherkennung über die Unterscheidung zwischen formaler und informaler Suche differenziert werden. Der informellen Suche liegt kein fester Themenbezug zu Grunde, der formalen Suche hingegen eine Fokussierung auf einen ausgewählten Themenbereich.²⁰⁹

In Bezug auf die Basisaktivitäten über den Ursprung der schwachen Signale können hierbei interne und externe Quellen unterschieden werden.²¹⁰ Informationen über das Unternehmen selbst können aus internen Aufzeichnungen, persönlichen Erfahrungen und Wissen der Unternehmensmitarbeiter und Ergebnisse aus eigenen Forschungsarbeiten gesammelt werden. Externe Informationsquellen stellen Veröffentlichungen jeglicher Art wie bspw. Zeitung, Zeitschriften, Bücher, wissenschaftliche Publikationen, Patente dar. Zudem bieten persönliche Informationsquellen aus Expertengesprächen, Seminaren oder Messen relevante Erkenntnisse.²¹¹ Ebenso bietet das Internet die Möglichkeit flexibel, zeitnah und ressourcenschonend an eine Vielzahl von Informationen zu gelangen.²¹²

Nach Hauff (2009) erfährt der strategische Ansatz durch die Art der ihm zu Grunde liegenden Informationen eine grundsätzliche Kritik.²¹³ Menschen neigen auf Grund der Komplexität der Umwelt zu einer selektiven Wahrnehmung und daher einer begrenzten Aufnahme von Informationen. Konrad (1991) betont seinen Zweifel an der Möglichkeit, dass Menschen schwache Signale wahrnehmen können, da das Verhalten des Menschen von Grund auf gegen die Aufnahme derartiger Signale ausgerichtet ist. Konrad stützt dies auf die Thesen zum menschlichen Verhalten, die besagen, dass Individuen lediglich über eine begrenzte Informationsverarbeitungskapazität verfügen, der Mensch bei seiner Zielerreichung ein befriedigendes Anspruchsniveau anstrebt, Individuen zur subjektiven Wahrnehmung der Umwelt neigen und Informationen die zu kognitiver Dissonanz²¹⁴ führen, ausgeblendet werden.²¹⁵

Nach Neumann (2004) liefern schwache Signale oft vage und teilweise mehrdeutige Informationen, die variierende Interpretations- und Vernetzungsmöglichkeiten zulassen. Die Ursache dafür kann in ihrem qualitativen Ursprung gefunden werden. Die Gefahr von Fehlinter-

²⁰⁹vgl. Hauff (2009), S. 22

²¹⁰vgl. Koslowski (1994), S. 78

²¹¹vgl. Krystek, S. 183 ff

²¹²vgl. Sonnenschein (2005), S. 60

²¹³vgl. Hauff (2009), S. 26

²¹⁴vgl. Betsch et al. (2011), S. 118; Kurzerklärung: „Bei der kognitiven Dissonanz handelt es sich um ein von Leon Festinger in die kognitive Psychologie eingeführtes Konzept, das einem motivationalen Spannungszustand (Gefühl des Unbehagens) beschreibt. Dieser unangenehme Spannungszustand entsteht, wenn sich Kognitionen widersprechen oder miteinander unvereinbar sind. Er zielt auf Reduktion, was durch Veränderung der betroffenen Kognitionen erreicht werden kann.“

²¹⁵vgl. Konrad (1991), S. 45 ff, S. 247 und S. 156 f

pretationen und -entscheidungen ist somit gegeben.²¹⁶ Zudem ist die Erfolgszurechnung der strategischen Früherkennung kritisch. Frühinformationen sind einerseits sehr vage und andererseits können sie nur in Verbindung mit den daraus abgeleiteten Maßnahmen nützlich sein. Daher ist der Nutzen der Früherkennung schwer bestimmbar.²¹⁷

3.3.3 Technologieplanung

In der relevanten²¹⁸ Literatur für Technologiemanagement wird der direkte Begriff Technologieplanung nicht verwendet. In Schuh und Klappert (2011) wird betont, dass einige Autoren²¹⁹ den Begriff Technologieplanung als Entwicklung der Technologiestrategie sehen und dabei die strategischen Entscheidungen, die Umsetzungsplanung sowie Analyse- und Controllingschritte mitberücksichtigen.²²⁰

Die Planung im Sinne des Technologiemanagements kann nach Strebel (2007) als die Ermittlung und Systematisierung sämtlicher technologiebezogener Aktivitäten, deren Ablauf sowie deren Kosten, Ressourcen und Termine gesehen werden. Sie stellt die geistige Vorwegnahme des zukünftigen Handelns dar.²²¹ Das Ziel der Technologieplanung ist nach Schuh und Klappert (2011) das Treffen der richtigen Entscheidung hinsichtlich Einsatz, Entwicklung und Beschaffung von Technologien.²²² Die Technologieplanung ist auf Grund ihrer Nähe zu den Kernaufgaben des Managements (Gestaltung, Lenkung und Entwicklung) als reines Managementthema zu sehen.²²³

Für die weitere Verwendung des Begriffs Technologieplanung wird der Begriff nach der Definition von Strebel (2007) verwendet.²²⁴ Die Technologieplanung, im Sinne von Planung eines institutionellen Rahmens, zur operativen Umsetzung der Technologiestrategie im Zuge der Technologieentwicklung kann als Planung der Technologieentwicklung verstanden werden. Dabei werden jene Aufgaben umfasst, für die Aktivitätenplanung der Technologieentwicklung anfallen.

²¹⁶vgl. Neumann (2004), S. 160

²¹⁷vgl. Hauff (2009), S. 27

²¹⁸vgl. Bullinger (1994), Eversheim u. Schuh (2005), Brockhoff (1994), Posch (2007), Möhrle u. Pannenbäcker (1996), Zahn (1995b), Spath (2004) etc.

²¹⁹vgl. Bleicher (2004), Gerpott (2005), Koruna u. Tschirky (1998)

²²⁰vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 172

²²¹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 219 aus Perl-Vorbach (2007)

²²²vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 172

²²³Abgeleitet von den Definitionen von Technologieplanung nach Strebel (2007) sowie von Management nach Ulrich (1984). Das Planen der Entscheidungen hinsichtlich Einsatz, Entwicklung und Beschaffung von Technologien wird im Zuge der Strategie zum Technologiemanagement abgedeckt, erläutert in Abschnitt 3.3.1 und das Treffen der Entscheidungen im Zuge der Managementdisziplin an sich, diskutiert in Abschnitt 3.1.5.

²²⁴vgl. Posch (2007), S. 227

Die Projektplanung stellt nach Bea et al. (2011) einen systematischen Prozess der Analyse und Strukturierung eines Projekts dar. Der Prozess dient zur Reduktion der Komplexität. Basierend auf dem magischen Dreieck des Projektmanagements können die drei Dimensionen Umfang, Kosten (d.h. Aufwand und Ressourcen) und Termine zugeordnet werden.²²⁵

3.3.4 Technologieentwicklung

Schuh und Klappert (2011) sehen die Technologieentwicklung als Teilaufgabe des Technologiemanagements. Es soll die Sicherstellung der Anwendungstauglichkeit von Technologien, die in Produkten und in Herstellungsprozessen angewandt werden, gewährleisten. Die Technologieentwicklung fokussiert den Effektivitätsgedanken, d.h. es gilt durch einen systematischen Prozess Technologien zu entwickeln, zu selektieren, zu validieren und anschließend, in Form von anwendungstauglichen, risikoarmen Technologien, an die Produkt- bzw. Prozessentwicklung zu transferieren. Die Kreativität, der Kundennutzen und die Innovationshöhe stehen in der Technologieentwicklung im Vordergrund, während Qualität, Kosten und Zeit wesentliche Faktoren der Produktentwicklung sind. Als Teilaufgaben der Technologieentwicklung ordnen die beiden Autoren Ideengenerierung, Basisstudien zum systematischen Sammeln von Informationen hinsichtlich prinzipieller Umsetzbarkeit und Tauglichkeit etc., die Entwicklung von Konzepten und von Prototypen ein.²²⁶ Zur Technologieentwicklung gehört nach Brockhoff (1994) und Cetindamar et al. (2009)²²⁷ auch die Beschaffung der Technologien.

Pepels (2004) betont, dass die Technologieentwicklung für das Management einen erhöhten Schwierigkeitsgrad darstellt, da *„es keinen unmittelbaren Bedarf an Technologien gibt, sondern nur einen solchen an Produkten (extern) bzw. Prozessen (intern) mit Hilfe dieser Technologien“*.²²⁸ Der Autor führt des Weiteren an, dass ein und derselbe Bedarf unter Anwendung verschiedenartiger Technologien befriedigt werden kann. Daneben kann eine Technologie zu verschiedenartigen Problemlösungen beitragen.

Wie in Müller und Deschamps (1986) angeführt, herrscht im Anfangsstadium des Lebenszyklus einer Technologie eine hohe Unsicherheit über die technische Leistungsfähigkeit.²²⁹ Dabei sind nach Schuh und Klappert (2011) die zwei großen Herausforderungen während der Technologieentwicklung die Effektivität und die Effizienz der Entwicklungsprojekte. Eine

²²⁵vgl. Bea et al. (2011), S. 131 ff

²²⁶vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 230 und S. 238

²²⁷vgl. Abschnitt 3.1.5

²²⁸vgl. Pepels (2004), S. 414 f

²²⁹vgl. Müller u. Deschamps (1986), S. 25 ff

zentrale Fragestellung der Technologieentwicklung ist es, die *richtigen* Ideen und Technologien zu priorisieren und jene Entwicklungsprojekte mit weniger hohem Potential rechtzeitig zu stoppen. Hierzu ist ein strukturierter Prozess und ein kontinuierliches Monitoring und die Bewertung des Fortschritts notwendig.²³⁰

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf Effektivität und Effizienz ist die Kreativität. Nach John Arnold ist Kreativität ein schöpferisches Denken und es „*ist jener geistige Vorgang, bei dem Erfahrungen der Vergangenheit kombiniert und wieder kombiniert werden, oftmals mit geistigen Verzerrungen, in einer solchen Art und Weise, dass man mit neuen Dingen, neuen Mustern, neuen Formen und Konfigurationen hervorkommt, die irgendwie dazu beitragen, Verbesserungen zu schaffen, die in irgendeiner Weise der Menschheit dienen*“. Im Kontext der Betriebswirtschaft und der Technik stellt Kreativität ein Gefüge intellektueller und nichtintellektueller, motivationaler, einstellungs- und temperamentsmäßiger Persönlichkeitszüge dar. Diese Persönlichkeitszüge sind die Grundlage für produktive, originäre, schöpferische Leistungen im Sinne von Prozessen des Ordners, Planens, Entwerfens, Erfindens und Entdeckens.²³¹

3.3.5 Verwertung von Technologien

Birkenmeier (2003) führt an, dass die Verwertung von Technologien in die beiden Dimensionen *interne Technologieverwertung* und *externe Technologieverwertung* gegliedert werden kann.²³² Die interne Technologieverwertung bezweckt die Nutzung der eigenen technologischen Fähigkeiten für bestehende und zukünftige Produkte und Prozesse des Unternehmens. Das Ziel der internen Verwertung ist das Schaffen eines nachhaltigen Wettbewerbsvorteils für das Unternehmen durch den Einsatz dieser technologischen Fähigkeiten. Des Weiteren soll die interne Verwertung von Technologien eine breite Nutzung von Technologien in verschiedenen Produkten, wie bspw. durch eine Plattformstrategie, ermöglichen.²³³

Das Ziel der externen Technologieverwertung ist ein Einsatz der entwickelten Technologien über die Unternehmensgrenzen hinweg, um das bestehende Technologiepotenzial weiter auszuschöpfen. In Schuh und Klappert (2011) wird eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten zur externen Verwertung von Technologien gegeben. Dabei werden die Verwertungsformen nach Birkenmeier (2003), Granstrand (2000), Brodbeck (1999), Wolfrum (1994) und Ford (1985) angeführt.²³⁴ Hierbei kann man die externe Technologieverwertung in drei

²³⁰vgl. Cooper (2007), S. 72 f und Schuh u. Klappert (2011), S. 228

²³¹vgl. Winkelhofer (2006), S. 9

²³²vgl. Birkenmeier (2003)

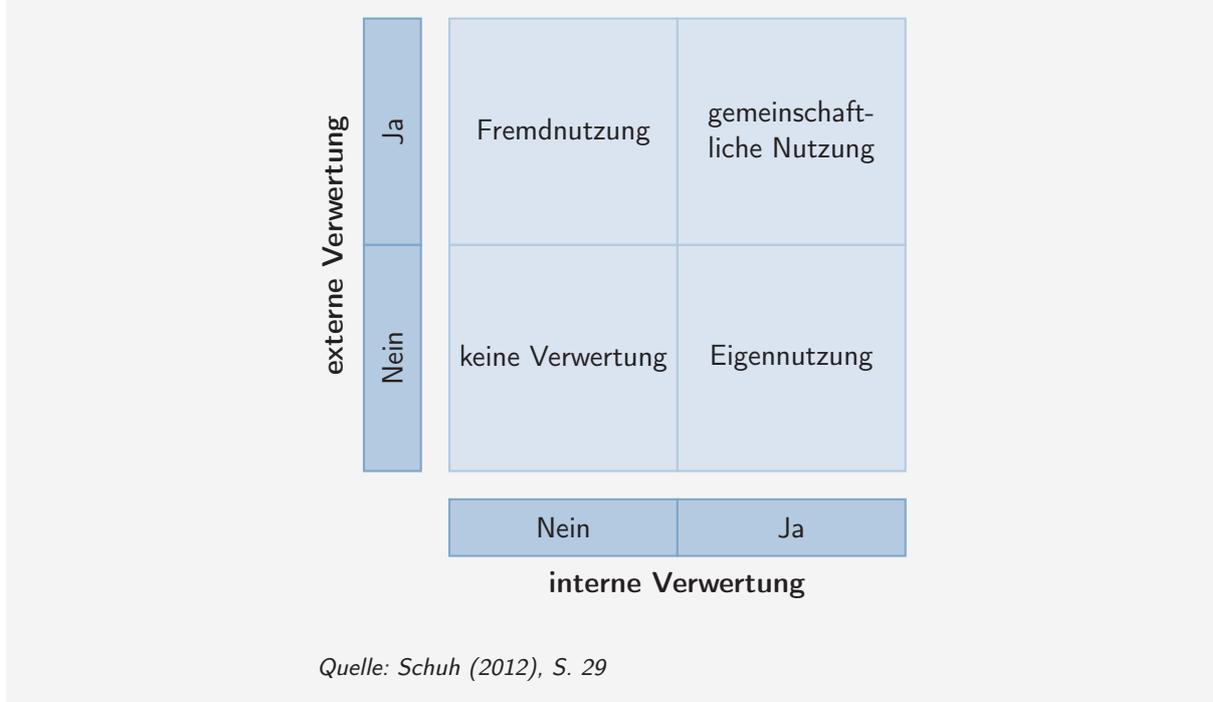
²³³vgl. Schuh u. Kampker (2011), S. 332

²³⁴vgl. Birkenmeier (2003), Granstrand (2000), Brodbeck (1999), Wolfrum (1994) und Ford u. Thomas (1985)

Arten gliedern: gemeinschaftliche Nutzung, Lizenzierung und Verkauf der Technologie.²³⁵

In Schuh (2012) werden insgesamt vier Arten der Verwertung aufgezählt: Eigennutzung, Fremdnutzung, gemeinschaftliche Nutzung und keine Verwertung.²³⁶ Diese vier Verwertungsmöglichkeiten können in die oben angeführten beiden Dimensionen interne und externe Technologieverwertung eingeordnet werden, siehe Abbildung 3.14. Die interne Technologieverwertung findet sich in der Eigennutzung wieder. Die Lizenzierung der Technologie kann in die gemeinschaftliche Nutzung aus Schuh (2012) eingeordnet werden. Ein Verkauf der Technologie schließt die Eigennutzung aus und ist demnach in der Fremdnutzung anzusiedeln.

Abb. 3.14: Vier Dimensionen der Technologieverwertung: Eigennutzung, Fremdnutzung, gemeinschaftliche Nutzung und keine Verwertung



Der große Vorteil der gemeinschaftlichen Nutzung einer Technologie ist die Risikoverteilung der Technologieinvestitionen auf verschiedene Partner. Dabei werden die Stärken der jeweiligen Partner untereinander genutzt. Der Gedanke der gemeinschaftlichen Nutzung entstand und wuchs insbesondere durch gestiegene F&E-Aufwendungen und kürzere Innovationszyklen.²³⁷ Die am häufigsten auftretende Form der gemeinschaftlichen Technologienut-

²³⁵vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 242 und S. 250

²³⁶vgl. Schuh (2012), S. 28

²³⁷vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 250

zung ist die Kooperation von F&E-Aktivitäten.²³⁸ Neben der Risikoverteilung werden F&E-Kooperationen zum Erwerb von externem technischen Know-how angestrebt.²³⁹

Technologien können im Zuge der gemeinschaftlichen Nutzung durch Lizenzierung Dritten zur Nutzung übertragen werden. Durch die Vergabe von einfachen Lizenzen kann die Technologie betriebsextern verwertet werden und gleichzeitig kann das Unternehmen die eigene Technologie uneingeschränkt nutzen.²⁴⁰ Sofern eine vorhandene Technologie bspw. nicht zur Grundorientierung des Unternehmens passt, weitere Verwertungsmöglichkeiten nicht mehr zu erwarten sind, etc. kann die Technologie verkauft werden.²⁴¹

3.3.6 Schutz der Technologien

Ein weiteres, relevantes Thema des Technologiemanagements sind die Überlegungen zum Schutz der Technologien gegenüber Imitationen. Ebenso ist der Verkauf von Plagiaten auf Märkten, in denen der Originalhersteller noch nicht vertreten ist, ein herausforderndes Thema.²⁴² Insbesondere kann es in stark wachsenden Märkten wie bspw. in Asien für den Originalhersteller problematisch sein, wenn Produktpiraten diese Märkte noch vor dem Originalhersteller betreten.²⁴³

Das wohl bekannteste Beispiel einer Imitation, das einem Industrieunternehmen im Maschinen- und Anlagenbau am Weltmarkt zuteil wurde, wird in Stuißer (2006) veröffentlicht. In China haben Produktpiraten in etwa 200 Seilbahnen bzw. Lifte des österreichischen Unternehmens Doppelmayr (Sitz in Wolfurt) kopiert (inklusive Unternehmenslogo) und verkauft und damit relevante Marktanteile eingenommen. Gewerbliche Schutzrechte gab es auf bestimmte technische Ausführungen jedoch nicht und eine rechtliche Belangung gegenüber den Imitationen war *praktisch* unmöglich.²⁴⁴

Neben den wirtschaftlichen Einbußen (Umsatzverlust) werden die Originalhersteller Opfer eines Imageverlustes, wenn Kunden minderwertige Produktkopien fälschlicherweise für die Originalprodukte halten. Die Differenzierung zwischen Original und Imitation wird stets diffiziler, da die Imitationen bzgl. äußerer Erscheinung und Verpackung schon sehr nah an das Original heranreichen. Dazu kommen etwaige unberechtigte Ansprüche aus Produkthaf-

²³⁸vgl. Müller (2003), S. 54

²³⁹vgl. Müller (2003), S. 15

²⁴⁰vgl. Schuh (2012), S. 29

²⁴¹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 249

²⁴²vgl. Abele et al. (2011), S. 17

²⁴³vgl. Meiwald et al. (2008), S. 6

²⁴⁴vgl. Stuißer (2006)

tungsklagen. Neemann (2007) führt drei mögliche Verhaltensweisen des potentiellen Käufers von Imitationen an, siehe Abbildung 3.15. Diese sind:²⁴⁵

- **Substitution bei höherem Nettonutzen der Imitation:** Der Kunde ist in der Lage, die Imitation vom Original zu unterscheiden und zieht das Original jedoch nur bei einem für ihn günstigeren Preis-Leistungs-Verhältnis vor. Das Original wird von der Imitation ersetzt, sofern die Imitation für den Kunden einen höheren Nettonutzen (Nutzen abzüglich Kosten) bietet. Für den Originalhersteller bedeutet dies einen Umsatzverlust.

Abb. 3.15: Drei mögliche Situationen für den potentiellen Käufer von Imitationen und Konsequenzen für den Originalhersteller

Identifizierbarkeit der Imitation durch den Kunden	Ja	Substitution bei höherem Nettonutzen der Imitation: <ul style="list-style-type: none"> · Umsatzverlust, · kein Imageverlust, · keine Produkthaftungsklagen 	keine Substitution: <ul style="list-style-type: none"> · kein Umsatzverlust, · kein Imageverlust, · keine Produkthaftungsklagen
	Nein	unbewusste Substitution: <ul style="list-style-type: none"> · Umsatzverlust, · ggf. Imageverlust bei Käufern der Imitation, · ggf. Kosten durch Produkthaftungsklagen bei Käufern der Imitation 	
		Nein	Ja
ausschließliche Präferenz des Kunden für das Original			

Quelle: Schuh und Klappert (2011), S. 287

- **keine Substitution:** Der Kunde ist in der Lage, die Imitation vom Original zu unterscheiden und zieht das Original vor. Ein Schaden für den Originalhersteller bleibt aus.

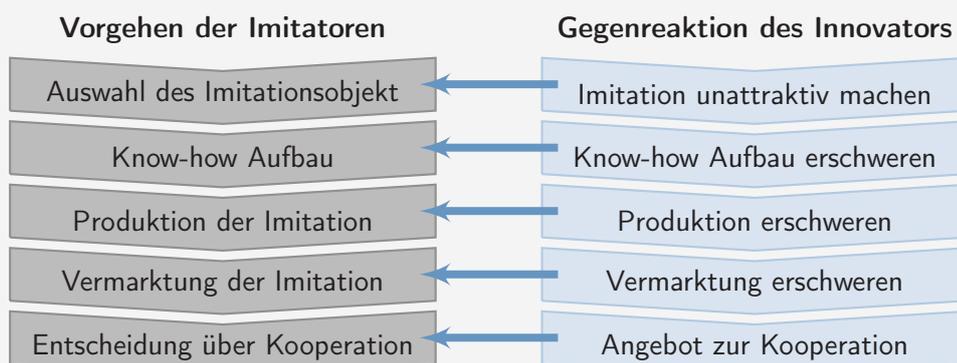
²⁴⁵vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 284 ff aus Neemann (2007)

→ **unbewusste Substitution:** Der Kunde ist nicht in der Lage, die Imitation vom Original zu unterscheiden. Der Umsatzverlust des Originalherstellers hängt davon ab, über welche Vertriebskanäle und in welchen Mengen die Imitate vertrieben werden. Ein Imageverlust für Originalhersteller kann durch eine qualitativ minderwertige Imitation und der, mit dem Originalhersteller verbundenen, ausbleibenden Leistungserfüllung einhergehen. Bei einer unbewussten Substitution sind bei Schadenseintritt Produkthaftungsklagen dem Originalhersteller gegenüber möglich.

Zusammenfassend formuliert, hängt die Kategorisierung in eine der drei Situationen zunächst von der Bedingung ab, ob der Kunde in der Lage ist, eine Imitation vom Original zu unterscheiden. Die zweite Bedingung ist, ob der Kunde das Original vorzieht, oder „*ob er bei einem für ihn ansprechenden Preis-Leistungs-Verhältnis auch wissentlich die Imitation kaufen würde*“.²⁴⁶

In Neemann (2007) werden fünf Gruppen an Schutzmechanismen gegenüber Imitatoren beschrieben, siehe Abbildung 3.16, die an unterschiedlichen Stellschrauben ansetzen, um dem Imitator die Arbeit zu erschweren bzw. diese zu verhindern. Die Stellschrauben sind entlang einem allgemeinen Vorgehensmodell beim Imitieren, ausgehend vom Originalprodukt bis zum Auftreten der Imitation, angeordnet. Nachstehend werden die fünf Gruppen an Schutzmechanismen kurz vorgestellt:²⁴⁷

Abb. 3.16: Fünf Gruppen der Schutzmechanismen im Imitationsablauf: Imitation unattraktiv machen, Know-how Aufbau erschweren, Produktion erschweren, Vermarktung erschweren und Angebot zur Kooperation



Quelle: Neemann (2007), S. 60

²⁴⁶vgl. Schuh u. Klappert (2011), S. 287

²⁴⁷vgl. Neemann (2007), S. 60 ff und Schuh u. Klappert (2011), S. 288 ff

1. Imitation unattraktiv machen

Die erste Gruppe der Maßnahmen, um den Imitator vom Vorhaben der Imitation abhalten zu versuchen, beinhaltet sämtliche Aktivitäten zur Vermeidung, dass der potentielle Imitator das Originalprodukt überhaupt in Erwägung zieht. Ein konventionelles Instrument hierzu sind **gewerbliche Schutzrechte**, wie Patente, Gebrauchs- und Geschmacksmuster, um die unrechtmäßige Nutzung von geistigem Eigentum zu schützen.

Kommt die Imitation eines Produktes im Vergleich zum Produktlebenszyklus erst spät auf den Markt, so kann man den Produktlebenszyklus bewusst durch die Markteinführung von Nachfolgeprodukten innerhalb kurzer Zeitabstände verkürzen. Im Fachjargon spricht man vom **Release Management**. Der Imitator benötigt eine bestimmte Adaptionszeit, d.h. eine Zeit vom Kennen des neuen Originalprodukts bis zum Markteintritt der Imitation, die jedoch nicht willkürlich verkürzt werden kann. Demnach würde die Imitation bereits einem alten Release der Originalprodukts entsprechen.

Durch eine **Produktdifferenzierung** werden die Produkte in ihrem Gestaltungs- und Leistungsumfang an den jeweiligen Markt angepasst. Insbesondere werden die Qualität, der Preis und die Marke an sich an die jeweiligen Rahmenbedingungen der Zielmärkte angepasst.

Eine weitere Maßnahme ist die bewusste Positionierung des eigenen Produktes im „Schatten“ eines Wettbewerbsproduktes. Man spricht dabei vom **Shadow Placement**. Dies ist jedoch nur möglich, wenn zumindest ein ebenso starker Wettbewerber ein Originalprodukt im betroffenen Markt anbietet und das Image dieses Wettbewerbs für die Kaufentscheidung von Relevanz ist. Imitatoren haben eher Interesse, den Marktführer zu kopieren.

Nimmt man Produkte aus der Massenproduktion und passt diese an einzelne Kundenwünsche an,²⁴⁸ wird dies häufig als **Mass Customisation** beschrieben. Dabei hat der Kunde zahlreiche (Aus-)Wahlmöglichkeiten für sein Produkt, das in der Fertigungslinie individuell hergestellt wird. Die für die Produktion, das Vertriebssystem und das Leistungsspektrum notwendigen Investitionen schrecken Imitatoren ab. Insbesondere ist bei Mass Customisation ein direkter Kontakt zum Endkunden erforderlich und bei Imitatoren fehlt in der Regel der direkte Kundenkontakt, da diese ihre Identität nicht preisgeben wollen.

Die sechste Möglichkeit, um die Imitation unattraktiv zu machen sind **fixkostenintensive Fertigungsverfahren**. Dies widerspricht dem Grundsatz und dem Bestreben vieler Unternehmen, ihre Kosten und Risiken in der Fertigung zu reduzieren. Der Produktimitator trägt da-

²⁴⁸vgl. Fahrzeugkonfiguration der OEM's wie bspw. Lautsprechersysteme in Standard-, Medium- oder Prämiumqualität etc. oder Farbe der Schnürsenkel, Sohle u.ä. bei Sportschuhen

bei ein noch viel höheres Risiko. Insbesondere wenn er eindeutig illegale Produktfälschungen herstellt, da er der Gefahr ausgesetzt ist, rechtlich verfolgt und gezwungen zu werden, seine Produktion einzustellen.

2. Know-how Aufbau erschweren

Das Erschweren des Know-how Aufbaus für den Imitator ist der nächste Schritt, um ihm die Imitation zu erschweren. Nachstehend werden fünf verschiedene Möglichkeiten kurz erläutert.

Chinese Walls sind das Sinnbild für unüberwindbare Hindernisse. Der Zweck der Chinesischen Mauer war zur *damaligen Zeit* der Schutz des chinesischen Kaiserreichs vor nomadischen Reitervölkern aus dem Norden. In der Ökonomie stehen sie heute für bewusst implementierte Informationsbarrieren zwischen verschiedenen organisatorischen Einheiten des Unternehmens oder innerhalb der Wertschöpfungskette.

Das Trennen verschiedener Informationsbereiche ermöglicht, dass einzelne Personen sämtliche Informationen über bspw. das gesamte Projekt haben. Jene Personen, die die Chinese Wall aufbauen, kennen nur die Definitionen der Schnittstellen zwischen den Informationsbereichen, jedoch nicht die dort erarbeiteten Themen.

Eine Form für externe Chinese Walls besteht darin, den Lieferanten nur eine Komponente produzieren zu lassen, ohne dass dieser bspw. die Feinjustierung vornimmt. Dies wird dann erst im eigenen Werk vorgenommen. Dem Zulieferer fehlt die Kenntnis über die Vorgänge der Feinjustierung, sodass dieser etwaige Imitatoren nicht bedienen kann.

Die zweite Möglichkeit besteht in der **Kodifizierung von Dokumenten**. Der Zweck ist die Verschleierung der Herkunft der Dokumente bzw. ihren Einsatzzweck. Die Kodifizierung kann realisiert werden, indem Firmenlogos und -bezeichnung entfernt werden, interne Produktnennungen verwendet und offizielle Produktnamen vermieden werden sowie das Implementieren von Akronymen und Abkürzungen anstelle von Klarnamen.

Eine etablierte Maßnahme, insbesondere für Software, ist die **Produktaktivierung**. Dabei wird bei der Installation ein Aktivierungscode gefordert, der gemeinsam mit den persönlichen Daten des Nutzers eingegeben wird. Bei dieser Maßnahme ist es nur erforderlich, einen kleinen Informationsumfang, den Aktivierungscode, zu schützen. Die Produktaktivierung kann ebenso für physische Produkte angewandt werden. Bei Nicht-Aktivierung können bspw. eine Beschränkung des Leistungsumfanges, zeitliche Einschränkung der Nutzung oder provozierte

Zerstörung des Produktes eintreten.

Eine Möglichkeit für den Imitator um Know-how aufzubauen stellt das Reverse Engineering dar. Dabei wird die Imitation, ausgehend vom Originalprodukt, rekonstruiert. Unter zu Hilfenahme von **Selbsterstörungsmechanismen** werden das Produkt oder wesentliche Komponenten zerstört, sobald versucht wird, diese zu zerlegen. Solche Mechanismen lassen sich jedoch nur für jene Komponenten anwenden, die der Endbenutzer bei sachgemäßer Verwendung nie zerlegt. Der Imitator muss diese Komponenten aber zerlegen, um ihre Funktion zu verstehen.

Um das Reverse Engineering zu erschweren bzw. unmöglich zu gestalten, werden **Black Boxes**, in denen bestimmte Funktionen des Produktes gekapselt werden, verwendet. Zum Einen lassen sich bedeutende Funktionen in eine nicht analysierbare Einheit zusammen zu fassen, ohne jene das Produkt nicht funktionsfähig ist. Zum Anderen kann man durch eine so genannte *Fake Black Box* das Vorhandensein einer funktionalen Black Box vortäuschen. Die Fake Black Box ist eine Attrappe.

3. Produktion der Imitation erschweren

Könnte der Imitator Know-how über das Produkt aufbauen, so kann der Originalhersteller die Komplexität der Produktion der Imitation erhöhen, um das Vorgehen des Imitators zu erschweren.

Die **De-Standardisierung** ist eine Möglichkeit um einzelne zentrale Komponenten nicht aus Standardteilen aufzubauen, sondern bewusst jene Bauteile zu verwenden, die für den Imitator nicht frei am Markt verfügbar sind bzw. die vom herkömmlichen Marktstandard abweichen. Üblicherweise sollen Standardbauteile es ermöglichen, einfach austauschbar zu sein und in dementsprechend guter Qualität extern zugekauft werden zu können. Durch Standardisierungen können Unternehmen Kosten und Risiken senken. Bei der De-Standardisierung wird dem Imitator die *Zusammenstellung* des Produkts aus Standardteilen erschwert.

Unter der Annahme, der Imitator kann ein bestimmtes Leistungsniveau nicht nachvollziehen, so kann der Originalhersteller eine **Erhöhung der Leistungsdichte** für bestimmte Komponenten implementieren. Die technischen Fähigkeiten des Imitators würden nicht mehr ausreichen, um diese Komponenten in der beim Originalhersteller vorhandenen Leistungsfähigkeit zu reproduzieren.

Ein weiterer Schritt zur Produktionserschwerung ist die **Eigenentwicklung von Betriebs-**

mitteln. Der Imitator kann das erforderliche Know-how nicht über eine Anlagenbeschaffung erwerben. Durch eine Eigenentwicklung und folglich einen Eigenbau der Betriebsmittel kann man das Risiko eines Know-how Erwerbs durch den Imitator minimieren und die Eintrittsbarrieren erhöhen.

Die fünfte Möglichkeit, um dem Imitator die Produktion zu erschweren, kann durch eine **Rationierung der Rohmaterialien** für Lieferanten, die für die Produktion notwendig sind, erreicht werden. Dafür sei vorausgesetzt, dass der Lieferant die Rohmaterialien nicht über den freien Markt erwerben kann bzw. er die exakte Spezifikation des Rohmaterials nicht kennt. Die Rohmaterialien werden dem Lieferanten in definierten Mengen zur Verfügung gestellt. Dadurch lässt sich verhindern, dass der Lieferant eventuell an Imitatoren ebenso verkauft.

4. Vermarktung erschweren

Hat der Imitator es geschafft, das Produktimitat zu produzieren, so kann der Originalhersteller dem Imitator die Vermarktung insbesondere durch Differenzierung erschweren. Bei der Auswahl zu imitierender Produkte orientieren sich Imitatoren oft nur an den umsatzstarken Produktvariationen. Bietet der Originalhersteller seine Produkte durch Vernetzen in Kombination an, ein so genanntes **Anbieten von Produktbündeln**, so bietet er gleichzeitig dem Kunden einen Mehrwert, der ihn von den Imitatoren differenziert.

Erweiterte Lebenszyklusleistungen verfolgen ähnlich den Produktbündeln das Ziel dem Kunden ein ergänzendes Angebot zu unterbreiten, das für den Imitator schwer bereitzustellen ist. Als erweiterte Lebenszyklusleistungen dienen bspw. Verlängerungen von Garantiezeiträume, Verfügbarkeit von Ersatzteilen, zur Verfügungstellen eines Kundendienstes, Integration der Produkte in die Wertschöpfungskette des Kunden und Anbieten von Finanzdienstleistungen wie Leasing.

Mit der **Produkt- und Komponentenidentifikation** können Produkte oder auch deren Teile durch spezielle Kennzeichnungen eindeutig und auch gerichtssicher identifiziert werden. Dabei dienen versteckte und offensichtliche Kennzeichnungen. Zweck der versteckten Kennzeichen ist es, dass der Imitator diese nicht erkennt. Gleichzeitig bedeutet dies, dass der Kunde diese ebenso nicht erkennen kann. Der Zweck von offensichtlichen Kennzeichnungen ist das Nicht-Nachahmen durch den Imitator bzw. einer alternativen Beschaffung durch den Kunden.

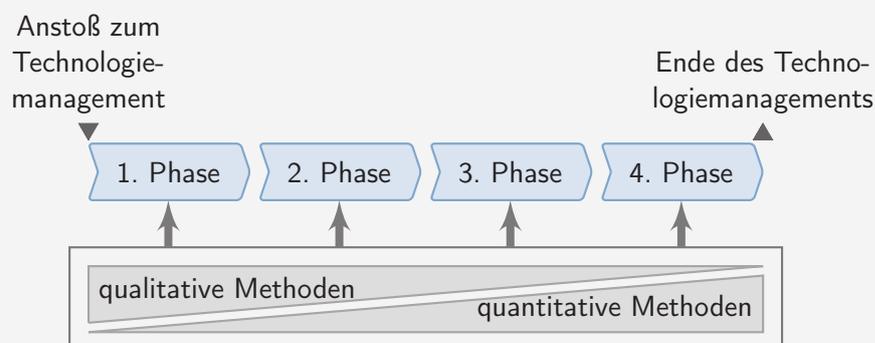
5. Angebot zur Kooperation

Als letzter Schritt und in manchen Fällen auch sinnvoller, gilt es mit dem Imitator eine Kooperation einzugehen. Dadurch kann der Originalhersteller einen Gewinnanteil des Imitators sichern und einen größeren Schaden reduzieren. Als Kooperationen eignen sich das Lizenzieren von gewerblichen Schutzrechten, Standards aktiv zu vermarkten oder auch direkt mit dem Imitator zusammenzuarbeiten.

3.3.7 Bewertung von Technologien

In verschiedenen Entscheidungssituationen werden Technologien hinsichtlich verschiedener Kriterien bewertet. Abhängig davon in welcher Phase welche Entscheidungen getroffen werden, sind für die frühe Phase eher qualitative Bewertungsmethoden und für die späte Phase eher quantitative Methoden geeignet. Siehe Abbildung 3.17 für eine schematische Darstellung der Arten der Bewertungsmethoden entlang der Zeitachse des Technologiemanagements. Unabhängig davon welche Methode angewandt wird, ist ein umfassendes Wissen und Verständnis der Bewertungslogik bei der Anwendung der Methoden unabdingbar.²⁴⁹

Abb. 3.17: Arten der Bewertungsmethoden entlang der Zeitachse des Technologiemanagements: in der frühen Phase eher qualitative, in der späten Phase eher quantitative Bewertungsmethoden



Quelle: eigene Darstellung

Die für eine Entscheidung notwendigen Informationen können sehr breit gestreut sein. Dies würde insbesondere einen Hinweis auf die Komplexität geben. Dazu würden Informationen oft nicht quantifizierbar sein und stark von den verschiedenen Terminologien der einzelnen Disziplinen beeinflusst werden. Die Meinungen können oft polarisieren und sowohl

²⁴⁹vgl. Schuh u. Klappert (2011), S.

von den Erfahrungen als auch von den Interessen der einzelnen Beteiligten abhängen. Die Auswahl eines geeigneten Bewertungsinstrumentes für die jeweilige Situation ist essentiell.²⁵⁰

3.4 Controllingkennzahlen im Technologieentwicklungsprozess

Arthur D. Little (1997) konnte in einer Studie nachweisen, dass jene Unternehmen, die ihre Innovationsleistung messen und bewerten, als Gesamtunternehmen erfolgreicher sind, als jene, die dies unterlassen. Ein konsequentes Controlling der F&E-Tätigkeiten mit einem vollständig ausgebildeten Regelkreis, einer ständigen Messung der F&E-Leistungen und der Implementierung von Verbesserungen werden nur in sehr wenigen Unternehmen umgesetzt.²⁵¹

In der wissenschaftlichen Literatur²⁵² wird das Controlling beim Innovationsmanagement unterschiedlich verstanden. Schön (2001) beschreibt die variierende Auffassung mit: *„Wie bei den Ansätzen der allgemeinen Controlling-Konzepte herrscht auch bei den Konzepten des IC [Anm. Innovationscontrolling] keine Einigkeit darüber, wie weit der Innovationscontrollingbegriff gefasst werden soll“*.²⁵³ Preißler (2000) führt den Gedankengang mit *„Jeder hat seine eigene Vorstellung darüber, was Controlling bedeutet oder bedeuten soll, nur jeder meint etwas anderes“* an.²⁵⁴

Nach Bösch (2007) sollte das Innovationscontrolling folgende fünf Aufgaben umfassen.²⁵⁵ Systembildende Koordination (Untergliederung des Innovationssystems in Subsysteme), systemkoppelnde Koordination (Koppelung der Subsysteme zur Sicherstellung des wechselseitigen Datenflusses), Informationsunterstützung (Informationsbeschaffung und -aufbereitung), Planungsunterstützung (Planung von Input und Output der Subsysteme) und *Performance Measurement* (Einhaltung der Pläne und regelmäßige Soll-/Ist-Vergleiche).

Hoffmann (1968) definiert das Controlling als *„die Unterstützung der Steuerung der Unternehmung durch Informationen“*.²⁵⁶ Preißler (2000) sieht das Controlling als ein *„funktionsübergreifendes Steuerungsinstrument, das den unternehmerischen Entscheidungs- und Steuerungsprozess durch zielgerichtete Informationser- und -verarbeitung unterstützt ... der Controller ist eine Art Zielerreichungslotse“*.²⁵⁷

²⁵⁰vgl. Mahshid Sotoudeh u. Schidler (2001), S. 17

²⁵¹vgl. Little (1997), S. 3 f und 14 f

²⁵²vgl. Peter (2011), Schön (2001), Baier (2008), Preißler (2000), Bösch (2007)

²⁵³vgl. Schön (2001), S. 85

²⁵⁴vgl. Preißler (2000), S. 10

²⁵⁵vgl. Bösch (2007), S. 81

²⁵⁶vgl. Hoffmann (1968), S. 2181

²⁵⁷vgl. Preißler (2000), S. 14

Das Controlling im Sinne des Projektcontrollings soll die Sicherstellung der geplanten und vereinbarten Ziele, die Realisierung der Erfolgsfaktoren und die Vermeidung von organisationalen und individuellen Verlusten gewährleisten.²⁵⁸

Für diese Arbeit soll eine Abgrenzung von Monitoring zu Controlling gezogen werden: Die Aufgaben des **Monitorings** umfassen das Erfassen, Protokollieren und Berichten von Informationen, von so genannten Indikatoren oder Kennzahlen. Zweck ist, dass insbesondere die an den Entscheidungen beteiligten Personen über den aktuellen Stand und die bisherige Entwicklung der Kennzahlen Bescheid wissen. Die Informationen dienen als Unterstützung bei der Entscheidungsfindung.²⁵⁹ Die Aufgaben des **Controllings** gehen über jene des Monitorings hinaus. Das Controlling nimmt innerhalb der Projekte eine unterstützende Rolle zur koordinierten Steuerung und Überprüfung der Projekte ein. Ziel des Controllings ist, dass die geplanten und vereinbarten Ergebnisse sichergestellt, die Erfolgsfaktoren realisiert und organisatorische und persönliche Reibungsverluste vermieden werden.²⁶⁰

Werner (2002) beschreibt eine Vielzahl an diversen Controllingkennzahlen für den Einsatz im Innovationsprozess. Der Autor gliedert ihre Prozessdimension in input-, prozess-, outputorientierte Kennzahlen und Kennzahlen aus der Kombination dieser Möglichkeiten. In diesem Abschnitt werden diese Kennzahlen vorgestellt.²⁶¹

3.4.1 Inputorientierte Kennzahlen

Werner (2002) beschreibt zwei wesentliche Arten von inputorientierten Kennzahlen: materielle und immaterielle Kennzahlen. In Abbildung 3.18 werden die verschiedenen inputorientierten Kennzahlen angeführt. Materielle Kennzahlen sind Kennzahlen über Personal, Sachmittel, externe Forschungsarbeiten und F&E im Gesamten. Immaterielle Kennzahlen sind Kennzahlen über Informationen und Know-how. Beide Arten der Kennzahlen zählen zu den quantitativen Kenngrößen. Werner (2002) betont für den Innovationsprozess die Wichtigkeit von Kennzahlen über Personal und Sachmittel.²⁶²

Personalkennzahlen können durch die Zahl der Mitarbeiter oder die Messung durch die Arbeitszeit für die Tätigkeiten, also durch Personenjahre, ausgedrückt werden. Die Zahl der Personenjahre ist meist direkt proportional zu den Personalkosten. Als Sachmittel werden Einrichtungen und Gegenstände gezählt, die für die F&E notwendig sind wie bspw. Forschungs-

²⁵⁸vgl. Koreimann (2003), S. 18 f und Brecht (2001), S. 215

²⁵⁹vgl. Lewis (2006), S. 185 f

²⁶⁰vgl. Koreimann (2003), S. 18 und Brecht (2001), S. 215

²⁶¹vgl. Werner (2002), S. 59

²⁶²vgl. Werner (2002), S. 60 f

Abb. 3.18: Inputorientierte Kennzahlen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen über Personal, Sachmittel, externe Forschungsarbeiten, F&E im Gesamten und Informationen und Know-how.

Bereich	Kennzahl
Personal	<ul style="list-style-type: none"> · Anzahl der Mitarbeiter (Personalkosten) · Arbeitszeitmessung (Personenjahre)
Sachmittel	<ul style="list-style-type: none"> · Anzahl der Forschungsgeräte /-laboratorien · Abschreibungen auf Geräte / Laboratorien · Investitionen · Gemeinkosten für F&E
Externe F&E	<ul style="list-style-type: none"> · extern vergebene Personenjahre · Anzahl extern vergebener Projekte · externe Forschungskosten
F&E im Gesamten	<ul style="list-style-type: none"> · gesamte F&E-Kosten · F&E-Budget
Information/ Know-how	<ul style="list-style-type: none"> · Zahl und Kosten der Bibliotheksbestände · Anzahl und Kosten von Konferenzteilnahmen oder Weiterbildungen

Quelle: Werner (2002), S. 60

einrichtungen, Laborbedarf etc. Kennzahlen zu Sachmittel werden unter anderem durch Kosten ausgedrückt: Investitionen, Abschreibungen auf Geräte, Aufwendungen für Sachmittel und Gemeinkosten für F&E. Zusätzlich können die Anzahl der Forschungsgeräte, Räumlichkeiten etc. als Kennzahlen über Sachmittel verwendet werden. Neben der eigenen Forschung und Entwicklung können externe Forschungstätigkeiten zugekauft werden. Diese können durch die Zahl der extern vergebenen Personenjahre, die Anzahl der externen Forschungsprojekte und die Höhe der externen Forschungskosten bewertet werden. Die F&E im Gesamten kann durch Kennzahlen über die Summe aller F&E-Kosten sowie durch das F&E-Budget beschrieben werden. Eine der großen Herausforderungen sind die Kennzahlen über Informationen und Know-how. Diese können nur indirekt bewertet werden, bspw. über die Zahl und Kosten der Bibliotheksbestände, die Teilnahmeanzahl bei und Kosten von Konferenzteilnahmen oder Weiterbildungen etc.²⁶³

²⁶³vgl. Werner (2002), S. 59 ff und Gräf u. Langmann (2011), S. 73

3.4.2 Prozessorientierte Kennzahlen

Gräf und Langmann (2011) fassen die prozessorientierten Kennzahlen aus Werner (2002) zusammen und strukturieren diese in Kennzahlen über Leistung/Qualität, Aufwand/Kosten und Termine/Zeit. In Abbildung 3.19 werden die prozessorientierten Kennzahlen aus Gräf und Langmann (2011) abgebildet.²⁶⁴

Hinsichtlich des Produktfortschritts gibt die Kennzahl der aufgetretenen Fehler Auskunft über die Qualität des entwickelten Produkts. Die Zahl der Arbeitspakete dient insb. dem internen Vergleich mit anderen Entwicklungstätigkeiten. Eine weitere Qualitätskennzahl ist die Kennzahl über den Erfüllungsgrad, der die quantitativen Zielvorgaben bspw. dem Leistungsparameter des Produktes mit den erreichten Werten der Leistungsparameter in Verhältnis bringt. Der Fortschritt der Entwicklungstätigkeit wird durch den Fertigstellungsgrad ausgedrückt, das Verhältnis der Anzahl der abgeschlossenen Arbeitspakete (AP) zu der Gesamtanzahl aller Arbeitspakete.

Abb. 3.19: Prozessorientierte Kennzahlen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen über Leistung/Qualität, Aufwand/Kosten und Termine/Zeit.

Bereich	Kennzahl
Leistung/Qualität	<ul style="list-style-type: none"> · Zahl der aufgetretenen Fehler · Zahl der Arbeitspakete · Erfüllungsgrad (%) = $\frac{\text{erreichte Leistungsdaten}}{\text{geforderte Leistungsdaten}}$ · Fertigstellungsgrad (%) = $\frac{\sum \text{abgeschlossene AP}}{\sum \text{alle AP}}$
Aufwand/Kosten	<ul style="list-style-type: none"> · Ist-Wert der Aufwände / Kosten · phasenmäßige / arbeitspaketbezogene Aufteilung der Kosten · Kostentreue (%) = $\frac{\sum \text{Ist-Kosten}}{\sum \text{Plan-Kosten}}$ · Plankosten-Index (%) = $\frac{\text{neue Plankosten}}{\text{alte Plankosten}}$
Termine/Zeit	<ul style="list-style-type: none"> · Terminabweichung (%) = $\frac{\text{Plandauer} - \text{Istdauer}}{\text{Plandauer}}$ · First-Pass-Yield (%) = $\frac{\sum \text{fertige AP (ohne Nacharbeit)}}{\sum \text{insgesamt fertige AP}}$ · Termintreue (%) = $\frac{\sum \text{fertige AP (ohne Verzug)}}{\sum \text{insgesamt fertige AP}}$

Quelle: Gräf u. Langmann (2011), S. 77

Nach Burghardt (1988) zählt der Personalaufwand zum größten Teil des Aufwands in F&E-

²⁶⁴vgl. Gräf u. Langmann (2011), S. 77

Tätigkeiten,²⁶⁵ dieser wird bspw. durch die absoluten Kosten für den Entwicklungsaufwand ausgedrückt. Die Kosten können des Weiteren auf die jeweiligen Phasen bzw. Arbeitspakete im Entwicklungsprozess aufgegliedert werden. Die daraus entstehende Datenstruktur gibt Auskunft über die entstandenen Kosten je Phase, Subphase, Arbeitspaketegruppe bzw. Arbeitspaket. Der Plankosten-Index soll Auskunft über die Planungsgenauigkeit bzw. nach einer Planrevidierung geben und ist das Verhältnis aus neuen Plankosten zu alten Plankosten.

Zu den zeitbezogenen Kennzahlen zählen Terminabweichung, First-Pass-Yield und Termintreue. Die Terminabweichung ist das Verhältnis aus der Differenz der Plan- und Istdauer zu der Plandauer. Die Kennzahl First-Pass-Yield gibt prozentuale Auskunft über jene Arbeitspakete, die im ersten Prozessschritt fehlerfrei sind und keine Nachbearbeitung benötigen.²⁶⁶

Gräf und Langmann (2011) führen an, dass die Kennzahlen der drei Bereiche parallel betrachtet werden sollen, um keine einseitigen und ggf. suboptimalen Entscheidungen bei der Steuerung von Entwicklungsprojekten zu treffen.²⁶⁷

3.4.3 Outputorientierte Kennzahlen

Im Innovationsprozess gibt es verschiedene Möglichkeiten, um den produzierten Output zu definieren.²⁶⁸ Zu Beginn des Innovationsprozesses kann dies bswp. die Anzahl der Ideen sein. Zu einem späteren Zeitpunkt, wenn ein Produkt vorhanden ist, umfasst der für das Unternehmen relevante Output Umsatz-, Gewinn- oder Marktanteilssteigerungen. Nach Brown und Svenson (1988) zählen zum Output die Dimensionen Qualität, Quantität und Geldwerte.²⁶⁹ Cordero (1990) führt den technischen Erfolg und Markterfolg aus Größen des Outputs an.²⁷⁰ Hauschildt (1993) führt neben dem technischen und ökonomischen Nutzen auch einen sonstigen Nutzen, wie bspw. wissenschaftliche Anerkennung, an.²⁷¹ Genter (1994) führt ähnliche Outputdimensionen wie Hauschildt (1993) an. Der Autor gliedert den Markterfolg bzw. ökonomischen Nutzen in monetäre und strategische Erfolgsfaktoren.²⁷² Brockhoff (1994) strukturiert den technischen Output des Weiteren in die Dimensionen Wissen und Produkt.²⁷³

Werner (2002) betont, dass der Output sich am Innovationsprozess orientiert. Hierzu glie-

²⁶⁵vgl. Burghardt (1988), S. 291

²⁶⁶vgl. Schmelzer u. Sesselmann (2008), S. 290

²⁶⁷vgl. Gräf u. Langmann (2011), S. 77

²⁶⁸vgl. Werner (2002), S. 89 ff

²⁶⁹vgl. Brown u. A. (1988), S. 11

²⁷⁰vgl. Cordero (1990), S. 185 f; Originalwortlaut in Englischer Sprache: technical success and market success

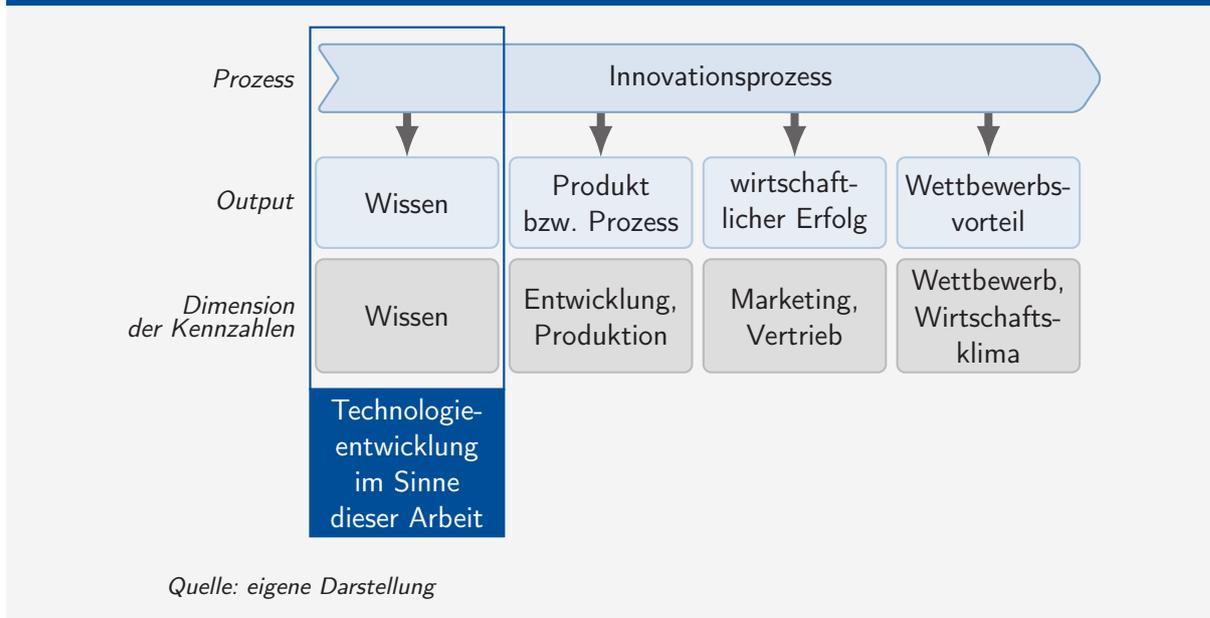
²⁷¹vgl. Hauschildt (1993), S. 320 ff

²⁷²vgl. Genter (1994), S. 100 ff; S. 130 ff und S. 137

²⁷³vgl. Brockhoff (1994), S. 218

dert der Autor diesen in vier Dimensionen, vergleichbar mit der sachlogischen Abfolge im Innovationsprozess. Zu Beginn des Innovationsprozesses wird lediglich Wissen generiert (1. Dimension: Wissen). Dieses Wissen wird in ein Produkt oder einen Prozess transformiert (2. Dimension: Entwicklung, Produktion). In weiterer Folge wird aus dem Produkt bzw. Prozess im günstigen Fall ein wirtschaftlicher Erfolg (3. Dimension: Marketing, Vertrieb). Aus dem wirtschaftlichen Erfolg kann dies zu einer Verbesserung der strategischen Marktposition führen (4. Dimension: Wettbewerb, Wirtschaftsklima).²⁷⁴ Der Fokus der outputorientierten Kennzahlen in dieser Arbeit liegt auf den Kennzahlen über Wissen, die nachstehend diskutiert werden.²⁷⁵ In Abbildung 3.20 wird die Abgrenzung der Kennzahlen hinsichtlich ihrer Relevanz für diese Arbeit schematisch dargestellt.

Abb. 3.20: Abgrenzung der vier outputorientierten Kennzahlendimensionen Wissen, Entwicklung u. Produktion, Marketing u. Vertrieb und Wettbewerb u. Wirtschaftsklima hinsichtlich ihrer Relevanz für diese Arbeit



wie bereits oben geschildert, entspricht die frühe Phase des Innovationsprozesses die Technologieentwicklung in dieser Arbeit. In dieser Phase wird Wissen akquiriert, generiert und in den darauffolgenden Phasen für die Produktentwicklung eingesetzt. In der Wissensgenerierung kann man vier Phasen der Wissensdokumentation unterscheiden: undokumentiertes, dokumentiertes, veröffentlichtes und patentiertes Wissen. Die ersten beiden Formen der Wissensdokumentation sind lediglich innerhalb des Unternehmens verfügbar und zugänglich.

²⁷⁴vgl. Werner (2002), S. 92 ff

²⁷⁵Für eine Übersicht bzw. detaillierte Beschreibung der verschiedenen Kennzahlen zu den anderen Dimensionen, vgl. Werner (2002), S. 95 bzw. S. 105 ff

Die letzten beiden Formen sind ebenso extern zugänglich.²⁷⁶ In Abbildung 3.21 werden die Kennzahlen der Dimension Wissen abgebildet und sind anhand der vier eben beschriebenen Wissensdokumentationsformen gegliedert.

Abb. 3.21: Outputorientierte Kennzahlen der Dimension Wissen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen der vier Formen der Wissensdokumentation: undokumentiertes, dokumentiertes, veröffentlichtes und patentiertes Wissen

(Wissens-)Bereich	Kennzahl
undokumentiert	<ul style="list-style-type: none"> · Zahl der Entdeckungen · Lernerfolge · Schwachstellenerkennung · Know-how-Aufbau · latent vorhandenes Wissen · Erfahrungswerte · Routinehandlungen von Experten · bis dato nicht beweisbare oder noch zweifelhafte wissenschaftliche Erfolge
dokumentiert	<ul style="list-style-type: none"> · Anzahl der Erfindungsmeldungen · Anzahl neuer Ideen · Anzahl Pflichtenhefte · Anzahl technischer Berichte · Anzahl Skizzen, Zeichnungen · Anzahl Prototypen · Anzahl durchgeführter Tests
veröffentlicht	<p><i>Wissenschaftliche Anerkennung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Anzahl Publikationen · Anzahl (Co-)Zitationen · Anzahl erhaltener wissenschaftlicher Preise und Ehrungen · Anzahl Konferenzbeiträge · Anzahl Besuche von Kongressen, Messen und Ausstellungen
patentiert	<ul style="list-style-type: none"> · Anzahl der Patentanmeldungen · Anzahl der Patenterteilungen

Quelle: Werner (2002), S. 95

Nach Werner (2002) ist undokumentiertes Wissen „unter quantitativ-objektiven Gesichtspunkt-

²⁷⁶vgl. Brockhoff (1994), S. 217 ff und Werner (2002), S. 94

ten praktisch nicht zu erfassen. Lernerfolge, Aufbau von Know-how, Schwachstellenerkenntnis oder das Lernen aus Fehlschlägen sind zwar für die spätere Innovation grundlegend wichtig, entziehen sich jedoch einer quantitativen Bewertung. Zu dieser Gruppe gehören auch bestimmte Bereiche des impliziten Wissens, also z.B. Routine- oder Erfahrungshandlungen von Wissenschaftlern, die niemals dokumentiert wurden.“²⁷⁷ Der Autor betont, dass erst wenn das Wissen in bestimmter Form dokumentiert wurde, quantitativ-objektive Bewertungsmaßstäbe anwendbar sind.

Das implizite, undokumentierte Wissen lässt sich nach Gladen (2011) „fast nur in persönlichen Gesprächen übertragen“.²⁷⁸ Die Weitergabe von Wissen mittels direkter Kommunikation in Fachgesprächen ist demnach entscheidend.²⁷⁹ Busch (2008) führt an, dass die Unternehmenskultur einen wesentlichen Einfluss auf den Transfer von Wissen nimmt.²⁸⁰ Neben den kulturellen Einflüssen kann die Wissensweitergabe an intellektuellen Hürden scheitern, wenn bspw. die Person nicht in der Lage ist, ihre Gedanken adäquat auszudrücken.²⁸¹

Eckert (2009) führt zahlreiche Möglichkeiten an, um undokumentiertes Wissen im Unternehmen zu transferieren.²⁸² Die in Anlehnung an Almeida u. Grant (1998)²⁸³ und Krogh u. Köhne (1998)²⁸⁴ entstandene Übersicht lässt sich in die folgenden drei Gruppen gliedern: *wobei, in welcher Form* und *wodurch* kann undokumentiertes Wissen transferiert werden. Der Autor führt an, dass insbesondere in Besprechungen, bei informellen Anlässen außerhalb der Arbeitszeit, im persönlichen Austausch, innerbetrieblichem Arbeitsplatzwechsel und Personalaustausch zwischen Unternehmenseinheiten das undokumentierte Wissen weiter gegeben werden kann. Das Wissen kann dabei in Wissensnetzwerken, Gesprächsräumen, Arbeits- und Projektgruppen bzw. Seminaren ausgetauscht werden. Als Möglichkeiten führt Eckert (2009) an, dass Wissen mittels Geschichtenerzählen, Vermittlung der Unternehmensvision und -mission, Routinen, Beobachtungen bzw. einer gemeinsamen Sprache zwischen Menschen transferiert werden kann.

Als bald Wissen in dokumentierter Form vorliegt, kann mittels quantitativer Kennzahlen der Erfolg gemessen werden. Mögliche Kennzahlen hierzu sind die Anzahl an Ideen, Erfindungsmeldungen, Pflichtenheften, Berichten, Skizzen, Zeichnungen oder durchgeführten Tests. Diesen Kennzahlen ist jedoch gemein, dass die Qualität des Outputs unberücksichtigt bleibt. Eine große Anzahl an bspw. Prototypen kann zum Einen auf einen hohen Ar-

²⁷⁷ vgl. Werner (2002), S. 96

²⁷⁸ vgl. Gladen (2011), S. 405

²⁷⁹ vgl. Hansen et al. (1999), S. 85 ff

²⁸⁰ vgl. Busch (2008), S. 134 f

²⁸¹ vgl. Wildemann (2003), S. 94 f

²⁸² vgl. Eckert (2009), S. 51 ff

²⁸³ vgl. Almeida u. Grant (1998)

²⁸⁴ vgl. Krogh u. Köhne (1998)

beitseinsatz²⁸⁵ zurückzuführen sein, zum Anderen jedoch ebenso auf einen falschen Weg zur Zielerreichung^{286, 287}.

In der universitären Forschung sind Veröffentlichungen und auch Patentierungen äußerst relevant. Daniel und Fisch (1986) führen an, dass Publikationsmaße mit Abstand am meisten zur Beurteilung der Forschungsleistung herangezogen wurden. Die Erkenntnis daraus stammt aus einer Befragung von über 150 Dekanen an amerikanischen Universitäten.²⁸⁸ In der industriellen Forschung und Entwicklung sind Veröffentlichungen bzw. teilweise auch Patentierungen nicht immer vorteilhaft.²⁸⁹ Gassmann und Bader (2011) betonen, dass insbesondere bei Herstellverfahren und Herstelltechnologien abzuwägen ist, ob eine Geheimhaltung längerfristig einen Wettbewerbsvorteil sichert. Die Autoren schreiben, *„ist dem Endprodukt oder der Technologie nicht ohne Weiteres anzusehen, auf welche Weise die Herstellung erfolgte, lässt sich auch eine Patentverletzung nur schwer nachweisen, ohne Einblick in die Fertigungstechnologien des Wettbewerbs nehmen zu können.“* Als Beispiel führen Gassmann und Bader (2011) das Unternehmen Coca-Cola an, das das Rezept für die bekannte Limonade geheim hält, um Nachahmungen zu vermeiden.²⁹⁰

Zu den Kennzahlen über veröffentlichtes und patentiertes Wissen zählen die Anzahl an Publikationen, Zitationen, Preise, Auszeichnungen, Konferenzbeiträgen bzw. Konferenzbesuchen, Patentanmeldungen und -erteilungen.²⁹¹ Welche Kennzahlen herangezogen werden, soll nach Barz (2013) für jedes Unternehmen branchenabhängig individuell festgelegt werden, damit sie den gewünschten Effekt entfalten.²⁹²

Diskussion der Theorie

Die Diskussion der Theorie hinsichtlich ihrer Relevanz für das Unternehmen wurde zum einen eingangs in Abschnitt 2.4 hinsichtlich der strategischen Innovationsausrichtung behandelt und wird zum anderen weiteres in Abschnitt 7.1 vorgenommen.

²⁸⁵entspricht einer effizienten Arbeitsweise

²⁸⁶entspricht einer ineffektiven Arbeitsweise

²⁸⁷vgl. Werner (2002), S. 96 f

²⁸⁸vgl. Daniel u. Fisch (1986), S. 153

²⁸⁹vgl. Werner (2002), S. 97

²⁹⁰vgl. Gassmann u. Bader (2011), S. 61

²⁹¹vgl. Werner (2002), S. 95

²⁹²vgl. Barz (2013), S. 31



4

Theorie des erfinderischen Problemlösens

Die möglichen Potentiale für Unternehmen unter Zuhilfenahme des TRIZ-Ansatzes wurden in der Einleitung diskutiert.²⁹³ Dieses Kapitel widmet sich den theoretischen Grundlagen und der Vorgehensweise von TRIZ.

Müller (2006) und Wenzke (2003) betonen die Relevanz des Lösens technischer und technisch-wirtschaftlicher Problemstellungen als zentrale Tätigkeit in Unternehmen, um Innovationen hervorzubringen.²⁹⁴ Werden in Unternehmen Methoden verwendet, die Systematik und Kreativität vereinen, sind die Unternehmen erfolgreicher als jene Unternehmen, die lediglich dem Weg der Kreativität folgen und Problemstellungen nach dem Prinzip des Versuchs und Irrtums bearbeiten.

In der Literatur²⁹⁵ wird mehrfach gezeigt, dass die Kombination aus Systematik und Kreativität den Innovationsprozess beachtlich unterstützt. Dabei wird in der Literatur häufig die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) referenziert. Töpfer (2009) führt an, dass TRIZ hilft, technisch-wissenschaftliche Aufgabenstellungen methodisch und systematisch zu entwickeln und „ohne Kompromisse“ in *robuste* Lösungen zu überführen. Dies wird vor allem auf Grund der Verbindung von Systematik und Kreativität mit Widerspruchsorientierung ermöglicht. Per definitionem besteht das Ziel im TRIZ-Ansatz.²⁹⁶

²⁹³vgl. Abschnitt 1.2.2

²⁹⁴vgl. Müller (2006), S. 17 f und Wenzke (2003), S. VII

²⁹⁵vgl. Pannenbäcker (2001), Mann (2002), Herb et al. (2000), Terninko et al. (1998a), Gundlach et al. (2006), Töpfer (2009), Orloff (2006), Möhrle u. Pannenbäcker (1996)

²⁹⁶vgl. Töpfer (2009), S. 190

- technische bzw. physikalische Widersprüche²⁹⁷ aufzudecken,
- diese kreativ und ohne Kompromisse mit vorhandenen Ressourcen (Wissen)
- einer präzisen, strukturierten Problemlösung zu unterziehen und danach
- zielorientiert in Richtung Erhöhung des Idealitätsgrades zu verbessern.

4.1 Allgemeines zu TRIZ

Der TRIZ-Ansatz wurde von Genrich Saulowich Altschuller in der ehemaligen Sowjetunion ab ca. 1956 entwickelt. Altschuller verfolgte den Gedanken, den Ideenfindungsprozess zu systematisieren. Sinn und Zweck dieses Gedankens war, dadurch die Zeit zur Ideenfindung zu verkürzen, den Zufall auszuschließen und den Problemlösungsprozess zu strukturieren um ein so genanntes *Durchbruchdenken* zu ermöglichen.²⁹⁸ Die Grundlage von TRIZ war eine von Altschuller durchgeführte Analyse von 200.000 Patentschriften.²⁹⁹ Dabei kam Altschuller zu zwei Feststellungen. Zum Einen lassen sich Erfindungen über einen Widerspruch charakterisieren, den sie überwinden helfen und zum anderen lassen sich trotz der Vielfalt an technischen Erfindungen Gemeinsamkeiten erkennen.³⁰⁰ Gundlach et al. (2006) führt zudem an, dass viele Probleme bereits in anderen Branchen unter anderem Namen, jedoch inhaltlich ähnlich gelöst wurden.³⁰¹

4.1.1 Grenzen herkömmlicher Problemlösungsansätze

Das traditionelle Vorgehen um Probleme zu lösen entspricht dem Prinzip von *Versuch und Irrtum*.³⁰² Die Verwendung dieser Bezeichnung wird erstmals von Jennings (1904)³⁰³ und Holmes (1907)³⁰⁴ verwendet. In Meyer (2011) wird zitiert, dass dieses Vorgehen ein Ergebnis der biologischen Evolution ist.³⁰⁵ Jennings (1904) führte einen Versuch mit einem Seestern durch und legt diesen auf seinen Rücken. Der physiologische Zustand des Seesterns induziert sofort in allen Armen das Gefühl eine Bewegung auszulösen. Das Tier versucht daraufhin mit den Füßchen einen festen Untergrund zu erreichen. Als bald dies einem Arm oder zwei Armen gelungen ist, wird dieser *Erfolg* von den anderen Armen anerkannt und die ursprünglichen

²⁹⁷Erläuterungen zu den Widersprüchen vgl. Abschnitt 4.2

²⁹⁸vgl. Klein (2007), S. 1

²⁹⁹vgl. Gausemeier et al. (2006), S. 367

³⁰⁰vgl. Orloff (2006), S. V

³⁰¹vgl. Gundlach et al. (2006), S. 14

³⁰²vgl. Altschuller (1973), S. 19

³⁰³vgl. Jennings (1904); Originalwortlaut in Englischer Sprache: *trial and error*

³⁰⁴vgl. Holmes (1907)

³⁰⁵vgl. Meyer u. Owzar (2011), S. 43

Anstrengungen werden eingestellt. Der physiologische Zustand hat sich nun zu einem Erfolgzustand geändert.³⁰⁶

Das Prinzip von Versuch und Irrtum stellt einen Weg des Lernprozesses dar. Betsch et al. (2011) schreibt: *„Versuch und Irrtum ist die Beschreibung einer ‚blinden‘ Problemlösungsmethode, also eines Problemlösens ohne Einsicht, bei dem so lange probiert wird, bis sich ein Erfolg einstellt.“*³⁰⁷ Mulder (2005) führt die Erkenntnisse vom amerikanischen Psychologen Thorndike an, *„dass Menschen (und andere Tiere) Bedürfnisse haben (Hunger, Durst, Sex) und dass das Verhalten primär im Dienste einer Befriedigung dieser (oder anderer) Bedürfnisse steht. Für das Streben nach Bedürfnisbefriedigung ist es von großer Bedeutung, dass das Verhalten variiert werden kann.“*³⁰⁸ Reichwald und Piller (2009) charakterisieren die Essenzen des Innovationsprozesses mit Problemlösen durch Versuch und Irrtum und die Rekombination vorhandenen Wissens.³⁰⁹

In Lefrançois (2003) wird beschrieben, dass für Thorndike³¹⁰ das *„Lernen aus der Bildung von Verbindungen zwischen Reizen und Reaktionen“* ist und dass Menschen unter anderem nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum als Funktion von Belohnung oder Strafe lernen.³¹¹

Für Altschuller war das durch Versuch und Irrtum entstehende *„Herumprobieren“* eine „Nicht-Methode“. Zobel (2007) beschreibt das Herumprobieren anhand einer schematischen Darstellung, siehe Abbildung 4.1. Darin werden Pfeile ausgehend von einem Punkt in verschiedene Richtungen abgebildet. Der Ausgangspunkt steht für die Aufgabenstellung. Ein Pfeil symbolisiert eine (spontan) gefundene Idee zur Lösungsfindung der Problemstellung und die Vielzahl der Pfeile steht für die mangels Lösungseignung verworfenen Ideen. Ausgehend von einer spontanen Idee des Erfinders *„folgt die theoretische und/oder praktische Überprüfung – und die Idee erweist sich meist als untauglich. Nun wird in einer anderen Richtung eine neue Idee gesucht, gefunden, erprobt, verworfen – und der Zyklus beginnt aufs Neue.“* Der Autor führt an, dass das konventionelle Denken die meisten Menschen dazu veranlasst, das zu denken, was andere vor ihnen auch schon gedacht haben. Die daraus gewonnenen Ideen können überwiegend als banal eingestuft werden.³¹²

Zobel (2007) betont, dass die Hauptkritik an Versuch und Irrtum die hohe Anzahl an Spontanideen ist, die überwiegend in Richtung des Trägheitsvektors liegen. Dieser *„Vektor charak-*

³⁰⁶vgl. Jennings (1904), S. 250

³⁰⁷vgl. Betsch et al. (2011), S. 174

³⁰⁸vgl. Mulder (2005), S. 130

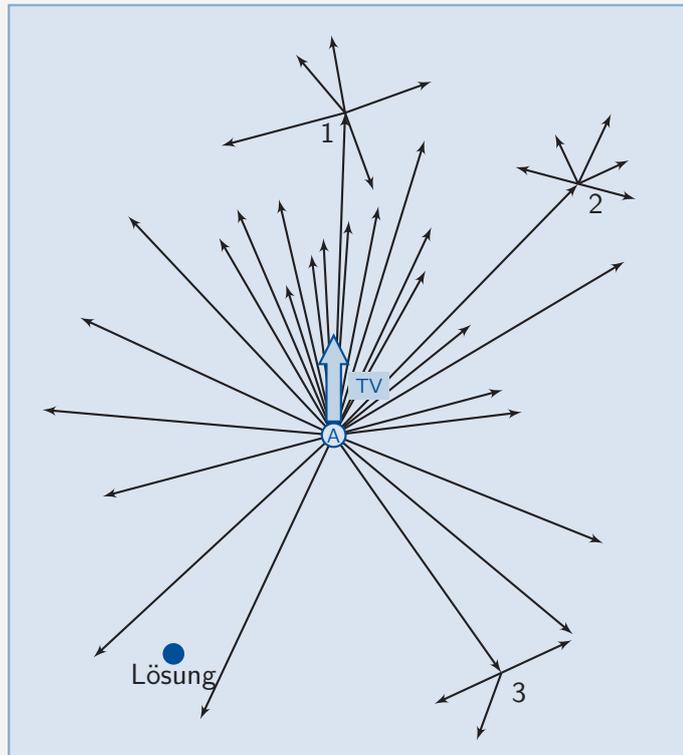
³⁰⁹vgl. Reichwald u. Piller (2009), S. 145

³¹⁰vgl. Thorndike (1913)

³¹¹vgl. Lefrançois (2003), S. 27

³¹²vgl. Zobel (2007), S. 5 f

Abb. 4.1: Schematische Darstellung des Verlaufs der Methode *Versuch und Irrtum*: Die Lösung des Problems einer Aufgabenstellung A liegt fast nie in Richtung des Trägheitsvektors TV, so dass auch die Sekundär-Ideen (1, 2, 3) nichts nützen. Nur wenige der Ideen gehen in die Richtung der Lösung, ein möglicher Treffer wäre Zufall.



Quelle: Zobel (2007), S. 5

terisiert gewissermaßen die Richtung des geringsten Widerstands“. Der Autor beschreibt den Menschen als denkträge und die konventionelle Denkrichtung von Versuch und Irrtum wird bevorzugt. Auch kreative Menschen würden nicht pausenlos überraschende Lösungen produzieren. Wie in Abbildung 4.1 erkennbar, ist die Wahrscheinlichkeit dort die Lösung des Problems gefunden zu haben am geringsten.³¹³ Frank (2010) führt ein Beispiel zur Verdeutlichung des Tragheitsvektors an:³¹⁴ *Es galt, geeignete Scheinwerfer für ein Raumfahrzeug (die Luna 16) zu entwickeln. Bei Versuchen zerbrachen jedoch stets die Glaskolben der Lampen. Die psychologische Trägheit führte zu einem Fehlschluss. Eine Glühbirne hat immer einen Glaskörper, ergo muss auch die Glühbirne für den Weltraum-Einsatz einen Glaskörper haben. Eine genauere Betrachtung indessen ermittelt den Fehler und bringt die Lösung: Der Glaskörper sorgt für das nötige Vakuum für den Glühfaden. Im*

³¹³vgl. Zobel (2007), S. 6

³¹⁴vgl. Frank (2010), S. 19

Weltraum herrscht ohnehin ein Vakuum, also ist auch kein Glaskörper nötig.

Bei Kreativitätstechniken wie bspw. dem Brainstorming werden die Ideen gestreut und es können Ideen aus unterschiedlichen Richtungen gefunden werden. Nachteilig wird hier angesehen, dass die Ideen außerhalb des Suchfelds liegen können und die Ideenbewertung zeitaufwändig ist. Der TRIZ-Ansatz ist eine Möglichkeit zum methodischen Erfinden. Dabei wird das Suchfeld deutlich eingegrenzt und Ideen werden zielgerichtet generiert.

4.1.2 Das ideale Endergebnis

Müller (2006) schreibt: *„Das methodische Erfinden kombiniert Systematik und Kreativität, weshalb es weiter reicht als die klassischen Kreativitätstechniken wie Brainstorming, Morphologie oder Synektik. Zum Einen wird der Anwender von TRIZ in seinen Denkprozessen zielgerichtet geleitet. zum anderen werden Kreativität und Intuition in einem effizienten Ausmaß stimuliert.“*³¹⁵ In Abbildung 4.2 wird die eben diskutierte, variierende Ideenstreuung beim Lösen einer Problemstellung unter Verwendung von TRIZ, Brainstorming und Versuch und Irrtum schematisch dargestellt.

Die optimale Lösung des Problems kann als idealisierter Zielpunkt gesehen werden. Altschuller bezeichnete diesen idealisierten Zielpunkt zunächst als *Ideale Maschine*³¹⁶ und fortan als *Ideales Endergebnis*,³¹⁷ Abk.: IER. Beim idealen Endergebnis *„handelt es sich um eine methodisch recht vorteilhafte Hilfskonstruktion, die den Kreativen davon abhält, irgendwelche Primitivlösungen im Ergebnis jener Spontanideen anzusteuern“*.³¹⁸

Gundlach et al. (2006) führt hierzu an, das IER *„ist ein Gedankenexperiment im Hinblick auf die Überwindung des psychologischen Trägheitsvektors. Das ideale technische System stellt die gewünschte Hauptfunktion zur Verfügung, ohne selbst zu existieren, wobei eine konkrete technische Realisierung zunächst unberücksichtigt bleibt. Das daraus resultierende Paradigma klingt im ersten Augenblick unglaubwürdig und erscheint oftmals unerreichbar, jedoch sind in der Praxis durchaus schon ideale Systeme ... realisiert worden.“*³¹⁹ Als Praxisbeispiele führt der Autor die Gefriertruhen ohne Deckel in Lebensmittelgeschäften, Überhitzungskontrollen bei Gleitlagern durch kapazitive Widerstände zwischen Innenring und Gehäuse, und das Lackieren ohne Lösungsmittel an.

Möhrle und Pannenbäcker (1996) führen vier wesentliche Vorteile von TRIZ gegenüber

³¹⁵vgl. Müller (2006), S. 20 und Möhrle u. Pannenbäcker (1996), S. 115 ff

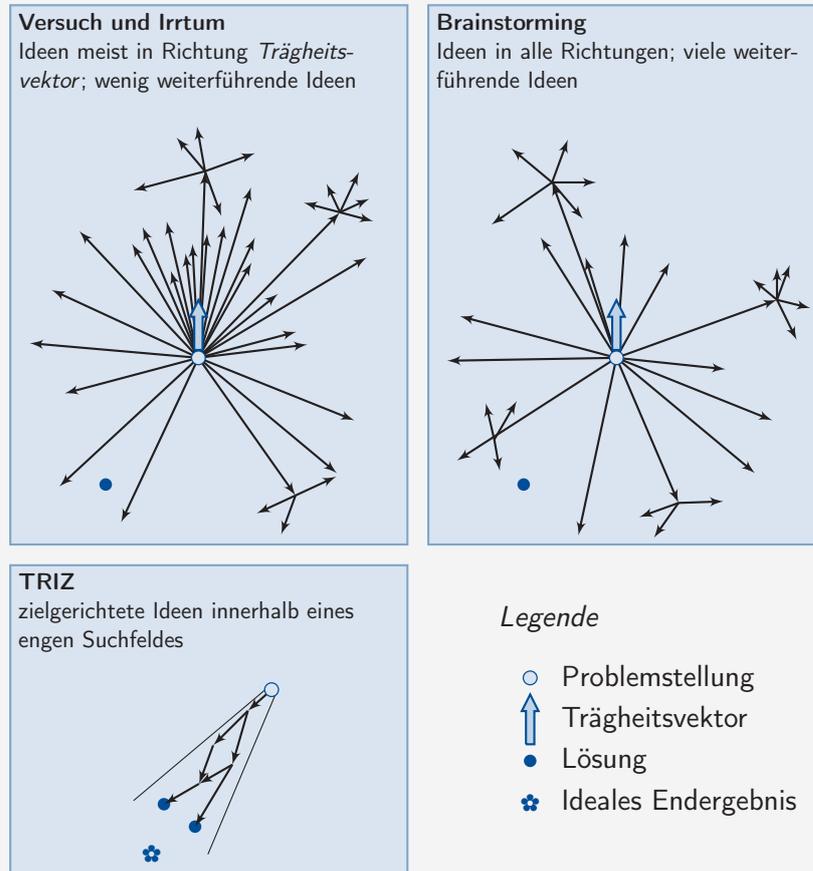
³¹⁶vgl. Altschuller (1973)

³¹⁷vgl. Altschuller u. Seljuckij (1983)

³¹⁸vgl. Zobel u. Hartmann (2009), S. 9

³¹⁹vgl. Gundlach et al. (2006), S. 20

Abb. 4.2: Schematische Darstellung der Ideenstreuung beim Lösen einer Problemstellung unter Verwendung von TRIZ, Brainstorming und Versuch und Irrtum



Quelle: Möhrle und Pannenbäcker (1996), S. 117

klassischen Kreativitätstechniken beim Problemlösen an:³²⁰ Das methodische Problemlösen ist

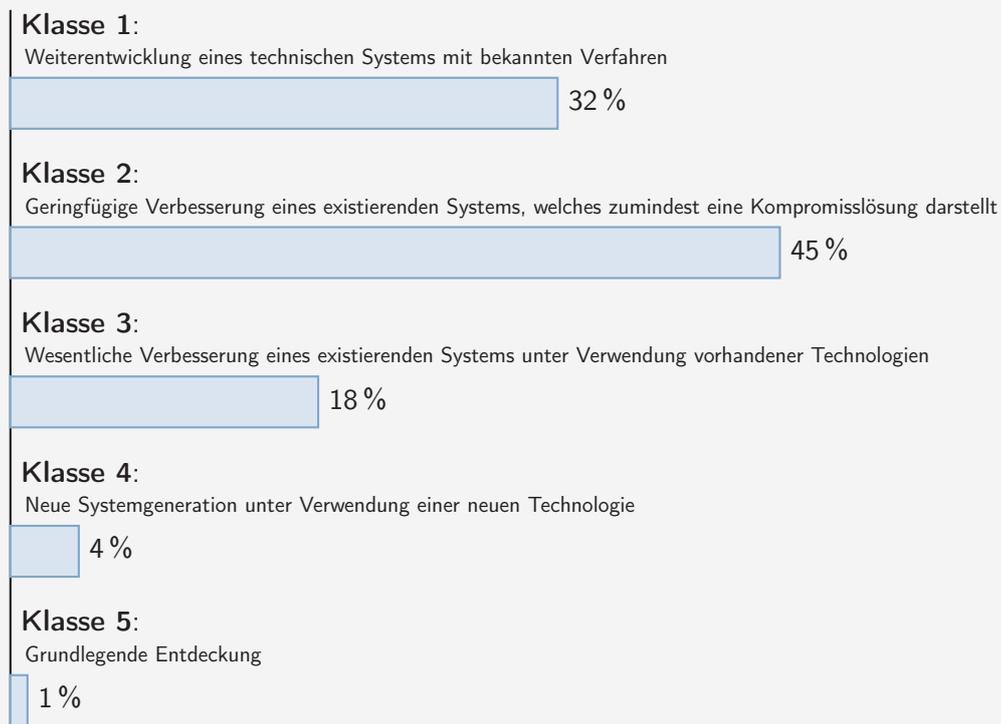
- ein umfassender Ansatz, der
- die Überwindung des *psychologischen Trägheitsvektors* durch eine vielfältige und wirksame Methodenanwendung sowie
- eine zielgerichtete Ideenstreuung innerhalb eines begrenzten Suchfeldes und
- mögliche unterschiedliche Lösungen mittels verschiedener Lösungswege infolge erlaubter Kreativität innerhalb des Suchfeldes ermöglicht.

³²⁰vgl. Möhrle u. Pannenbäcker (1996), S. 115 f

4.1.3 Die fünf Erfindungsklassen

Die Analyse der Patente brachte Altschuller die Erkenntnis, dass nicht alle Patente direkt mit einer Innovation gleichzusetzen sind. Der Großteil der Patente *bewegt sich oft nur auf der Ebene der Neuerungen*.³²¹ Altschuller kategorisierte die analysierten Patente in fünf Erfindungsklassen,³²² siehe Abbildung 4.3.

Abb. 4.3: Altschuller's fünf Erfindungsklassen und deren Auftrittshäufigkeit aus seiner Patentanalyse zwischen 1964 und 1974



Quelle: eigene Darstellung, Datenquelle: Gundlach et al. (2006), S. 14 f

Ungefähr ein Drittel aller Patente ordnete Altschuller in die Klasse 1 ein. Diese Klasse der Erfindungen gilt als eine Weiterentwicklung eines technischen Systems. Die Weiterentwicklung konnte vor allem mit bekannten Verfahren realisiert werden. Als Beispiel führen Gundlach et al. (2006) den Einsatz einer höheren Wandstärke zur Verbesserung der Festigkeit. Den Großteil aller Patente, nahezu die Hälfte, kategorisierte Altschuller in Klasse 2. Diese Klasse kennzeichnet, dass die Erfindungen eine geringfügige Verbesserung eines existierenden Systems sind. Nachteilig kann bei dieser Klasse die Kompromisslösung gesehen werden. Die

³²¹vgl. Klein (2007), S. 7

³²²vgl. Gundlach et al. (2006), S. 14

Erfindung zum Verschweißen von verschiedenen Materialien unter Einsatz eines Vermittlers zählt zur Klasse 2. Weniger als ein Fünftel der Patente sind Entwicklungen der dritten Klasse. Die Erfindungen sind bereits wesentliche Verbesserungen eines existierenden Systems unter Verwendung von vorhandenen Technologien. Zu dieser Klasse zählen Erfindungen wie bspw. der Einsatz von Halbleitern als Ersatz von elektrochemischen Relais oder der Einsatz einer Kardanwelle anstelle einer Kette beim Motorrad. Nur mehr 4 % aller Patente entsprachen dem Erfindungsniveau der Klasse 4. Diese Patente repräsentierten eine neue Systemgeneration unter Anwendung einer neuen Technologie. Dazu zählen etwa der Kopierer, die Dampfmaschine oder das Mikroskop. Lediglich 1 % der Patente war eine grundlegende Entdeckung. Zu diesen bandbrechenden Erfindungen gehören bspw. die von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckte Röntgenstrahlung, das von Alexander Fleming entdeckte Penicillin, supraleitende Materialien oder die Lasertechnologie.³²³

In Orloff (2006) werden die einzelnen Klassen nach Altschuller anhand verschiedener Parameter detaillierter beschrieben, siehe Abbildung 4.4. Zur nachstehend angeführten Beschreibung werden die folgenden Parameter verwendet:³²⁴

- Problemaspekt,
- Ausgangsbedingungen,
- Ressourcen des Problems und jener der Person, die es löst,
- Schwierigkeitsgrad,
- Transformationsregeln und
- Niveau der Neuartigkeit.

Erfindungen der Klasse 1 entstammen im Grunde aus konkreten Aufgabenstellungen mit einem Parameter, den es zu optimieren gilt. Die zur Erfindung notwendigen Kenntnisse eignet sich der Erfinder bereits in einer elementaren Berufsausbildung an und die dafür erforderlichen Ressourcen sind leicht zugänglich. Bei der Optimierung eben dieses technischen Parameters ist der Erfinder mit einer einfachen Aufgabe konfrontiert. Das Ergebnis ist eine geringe Veränderung des Parameters.

Erfindungen der Klasse 2 entstammen aus Aufgabenstellungen mit mehreren Parametern, bei denen strukturelle Analogien vorherrschen. Das notwendige Wissen, um aus dieser Problemstellung (meistens ein Standardproblem) eine Lösung zu entwickeln, wird durch eine traditionelle Berufsausbildung vermittelt. Das Funktionsprinzip der Lösungen entspricht häufig dem der Ausgangsstellung.

³²³vgl. Klein (2007), S. 7 und Gundlach et al. (2006), S. 14 f

³²⁴vgl. Orloff (2006), S. 19 f

Abb. 4.4: Beschreibung der fünf Erfindungsklassen nach Artschuller anhand der Parameter Problemaspekt, Ausgangsbedingungen, Ressourcen, Schwierigkeitsgrad, Transformationsregeln und Niveau

	Erfindungsklassen				
	1	2	3	4	5
Problem- aspekt	Rationalisierung	Modernisierung	Prinzip	Synthese	Entdeckung
Ausgangs- bedingungen	konkrete Aufgabenstellung mit einem Parameter	Aufgabenstellung mit mehreren Parametern; es bestehen strukturelle Analogien	schlecht strukturierter „Haufen“ von Aufgaben; es bestehen nur funktionale Analogien	viele Faktoren sind unbekannt; es bestehen keine funktional-strukturellen Analogien	die hauptsächlichsten Faktoren sind unbekannt; es gibt keine Analogien
Ressourcen des Problems und der Person, die es löst	Ressourcen sind offensichtlich leicht zugänglich; elementare Berufsausbildung	Ressourcen sind nicht offensichtlich zugänglich, aber existieren innerhalb des System; traditionelle Berufsausbildung	Ressourcen werden oft aus anderen Systemen und Niveaus entnommen; entwickeltes kombinatorisches Denken	Ressourcen aus verschiedenen Wissensbereichen; starkes assoziatives Denkvermögen, breites Wissen, Fähigkeit Stereotypen zu überwinden	Ressourcen bzw. ihre Anwendung sind vorher unbekannt; hohe Auswahl-motivation, frei von Stereotypen
Schwierig- keitsgrad	Aufgabe ohne Widersprüche	Standardprobleme	keine Standardprobleme	extreme Probleme	einzigartige Probleme
Transforma- tionsregeln	techn. Optimierungslösung	techn. Lösung auf Basis typisierter Analogien	erfinderische Lösung durch Kombinieren von Methoden	erfinderische Lösung durch Integration techn. Effekte	wissenschaftlich-technische Entdeckungen
Niveau der Erfindung	geringe Veränderung der Parameter von Elementen	originelle funktional-strukturelle Lösungen ohne Veränderung des Funktionsprinzips	bedeutende Erfindungen mit Systemeffekt; Veränderung des Funktionsprinzips	großartige Erfindungen mit Supersystemeffekt einer wesentlichen Veränderung der umgebenden Systeme	herausragende Erfindungen mit Supersystemeffekt einer grundlegenden Veränderung der Zivilisation

Quelle: Orloff (2006), S. 19

Erfindungen der Klasse 3 entstammen aus einer Vielzahl weniger gut strukturierter Aufgaben, bei denen lediglich funktionale Analogien bestehen. Um diese Problemstellungen, meis-

tens keine Standardprobleme, zu lösen, werden die Ressourcen aus anderen Systemen entnommen. Um das gewünschte Ergebnis zu erhalten, werden Lösungen mittels Kombination von Methoden entwickelt. Erfindungen dieser Klasse können als bedeutsam eingestuft werden. Ein Merkmal der Lösung ist, dass das Funktionsprinzip im Vergleich zur Ausgangslage sich verändert hat.

Erfindungen der Klasse 4 entstammen aus Problemstellungen, bei denen viele Faktoren unbekannt sind und keine funktional-strukturellen Analogien bestehen. Meist handelt es sich um einen Extremfall der Problemstellung, deren Lösung dann als großartige Erfindung mit einem Supersystemeffekt wahrgenommen wird. Orloff (2006) schreibt hierzu: *„Ein Supersystemeffekt ist ein Resultat, das vor der Erfindung nicht bekannt war und unmittelbar mit der Lösung des Widerspruchs im Ausgangssystem im Zusammenhang steht.“* Zur Lösung der Problemstellungen wird Wissen aus verschiedenen Bereichen benötigt, ein assoziatives Denkvermögen und die Fähigkeit Stereotype zu überwinden.

Erfindungen der Klasse 5 entstammen aus Problemstellungen ohne Analogien, bei denen die relevanten Zielfaktoren noch unbekannt sind. Solche Erfindungen verändern die Zivilisation grundlegend. Welche Ressourcen zur Problemlösung benötigt werden, ist zu Beginn unbekannt.

Klein (2007) führt an, dass die Patentanalyse zwar alt ist, man jedoch heute eine ähnliche Verteilung der Klassen vorfinden wird. Gundlach et al. (2006) betont, dass Altschuller sich insbesondere auf Problemlösungsverfahren konzentriert hatte, die zu Erfindungen der Klasse 2, 3 und 4 führten. Die Klasse 1 und 5 wurden außen vor gelassen, da Patente aus Klasse 1 keine erfinderische Komponente enthalten und Erfindungen aus Klasse 5 ein neu entdecktes Naturphänomen darstellen. Altschuller war der Auffassung, mit vordefinierten Denkmustern Erfindungen der Klasse 2, 3 und 4 zu erleichtern.³²⁵

4.2 TRIZ-Vorgehensmodell

Altschuller fand in seiner Patentanalyse verschiedenste Möglichkeiten zum Lösen von Problemen heraus. Beachtlich erwies sich, dass der Großteil der Problemstellungen anhand von Widersprüchen beschrieben und mittels definierter Prinzipien gelöst werden konnte. Ein Widerspruch kann ein Konflikt von Lösungen sein.³²⁶ Das heißt, die Verbesserung eines Parameters kann zur Verschlechterung eines anderen Parameters führen. Ein Konflikt von Lösungen

³²⁵vgl. Klein (2007), S. 7 und Gundlach et al. (2006), S. 15

³²⁶vgl. Gadd (2011), S. 30 und S. 98

ist bspw. die Optimierung der Wandstärke zur Reduzierung des Gewichts und der dadurch eintretende Anstieg der Geräuschemissionen. Gundlach et al. (2006) betont, dass ein Widerspruch besteht, „wenn ein Parameter in zwei gegensätzlichen Ausprägungen vorhanden ist. In der Literatur werden dafür auch die Begriffe *technische Widersprüche* oder *physikalische Widersprüche* verwendet.“³²⁷

Auf Basis der Patentanalyse leitete Altschuller eine Reihe von Prinzipien zum Lösen der Widersprüche ab. Ausgehend von einem spezifischen Problem wird dieses in Form von Widersprüchen *abstrakt* beschrieben. Durch das Anwenden von *abstrakten* Lösungsprinzipien kann das Problem auf der abstrakten Ebene gelöst werden. Später wird die abstrakte Lösung auf eine spezifische Lösung übertragen. Die *abstrakte Ebene* ist ein wesentliches Merkmal Altschullers Lösungsansatzes. In Abbildung 4.5 wird das allgemeine Vorgehen von TRIZ schematisch dargestellt, das aus den folgenden vier Schritten besteht:³²⁸

1. Analyse und Beschreibung des Problems,
2. Abstraktion des Problems und Beschreibung dieses durch die 39 technischen Parameter nach Altschuller,
3. Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren anhand der 40 innovativen Prinzipien nach Altschuller und
4. Spezifizierung der abstrakten Problemlösung in eine konkrete Problemlösung.

Das TRIZ-Vorgehen wird nachstehend erläutert und zu jedem Vorgehensschritt wird zur Verdeutlichung das Beispiel *Die Getränkedose* aus Mazur (1995) verwendet.³²⁹

4.2.1 Konkretes Problem analysieren und beschreiben

Klein (2007) schreibt über die Bedeutung der Aufgabenstellung, dass in der Praxis sich Entwickler lange und intensiv mit der Lösungsfindung beschäftigen. Weniger Zeit verwenden Entwickler bei den Anforderungen, den Trends und dem Umfeld der Aufgabe.³³⁰ Roth (2000) betont die Notwendigkeit einer guten Formulierung der Aufgabenstellung und führt dazu die damit verbundenen, weitreichenden Folgen für das Produkt an.³³¹

In diesem Schritt soll geklärt werden, welches Ziel erreicht bzw. welches Problem gelöst werden soll. Um das Problem und das Ziel zu kennen, ist es erforderlich das *ideale Endergeb-*

³²⁷vgl. Gundlach et al. (2006), S. 166

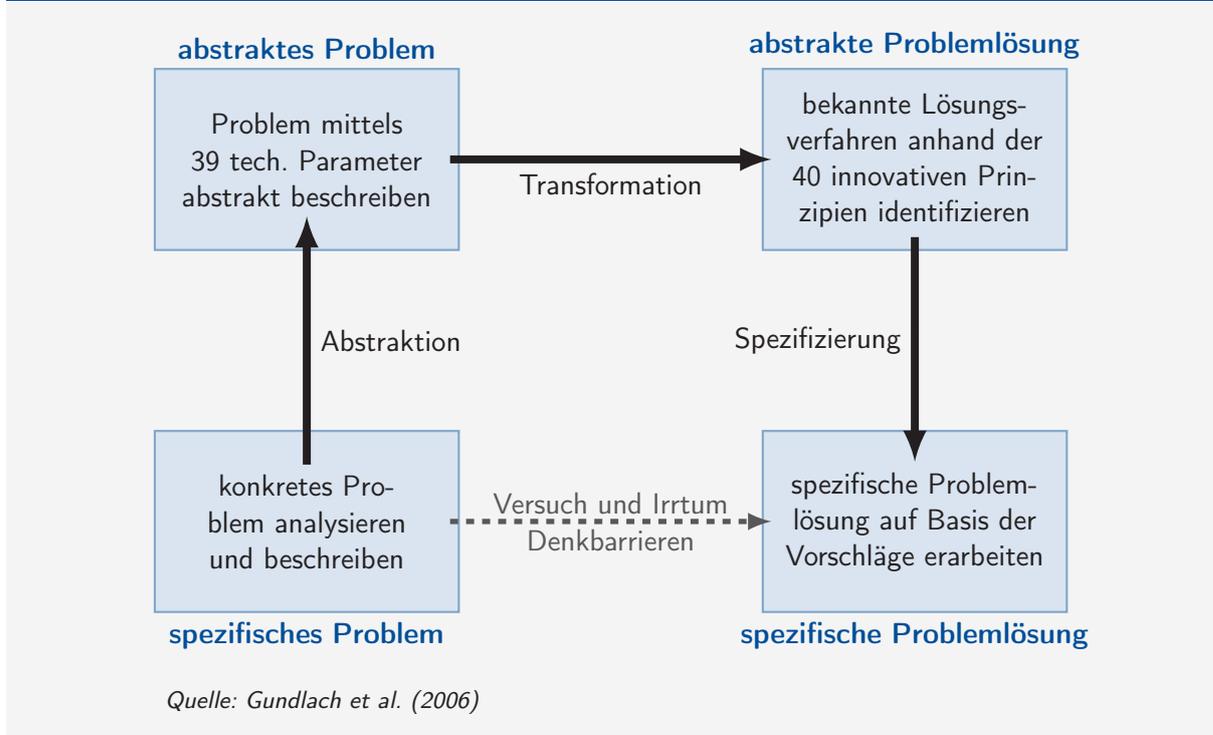
³²⁸vgl. Töpfer (2007), S. 157 f und Gundlach et al. (2006), S. 15 ff

³²⁹vgl. Mazur (1995), Internetseite aufgerufen am 28. März 2013

³³⁰vgl. Klein (2007), S. 13

³³¹vgl. Roth (2000), S. 57

Abb. 4.5: TRIZ-Vorgehensweise nach Altschuller in vier Schritten mit Problemdefinition, Abstraktion des Problems, Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren für abstraktes Problem und Spezifizierung in konkrete Lösung



nis zu definieren und zu beschreiben. Anschließend kann über den Vergleich zwischen idealem Endergebnis und aktueller Situation ein Verbesserungsbedarf abgeleitet werden. Wird das Problem schon zu Beginn als zu schwierig zu lösen wahrgenommen, ist es denkbar, die Aufgabenstellung lediglich umzukehren. Die Umkehrung würde unter Umständen einfacher zu lösen sein, als die Originalaufgabenstellung. Als Beispiel für Töpfer (2009) die Aufgabenstellung *Motor startet bei jeder Witterungslage an*. Diese Aufgabenstellung kann als sehr schwierig eingestuft werden. Ist dies der Fall, kehrt man die Originalaufgabenstellung zu Aufgabenstellung *Motor von Auto startet auf keinen Fall um*. Zum Einen würde man die Umkehrung einfacher lösen können und zum anderen kann der Kern des Problems deutlicher erfasst werden.³³² Ein umfassendes Verständnis über Ziel, Problem und Aufgabenstellung ist essentiell für die Lösungssuche.

Beispiel: Die Getränkedose

Schritt 1: Problemanalyse und ideales Endergebnis

Der Zweck der Dose ist die Aufbewahrung eines Getränks. Die Konstruktion ist

³³²vgl. Töpfer (2009), S. 190

eine bereits ausgereifte Entwicklung. Das Thema der Aufgabenstellung betrifft die Lagerung der Dosen. Die Dosen werden hierzu aufeinander gestapelt. Die relevanten Parameter sind Gewicht der gefüllten Dosen, Doseninnendruck und Steifigkeit auf Grund der Dosenkonstruktion. Die primär nützliche Funktion einer Dose ist die Aufbewahrung des Getränks. Zu den *schädlichen Auswirkungen* zählen sowohl Material- und Herstellungskosten der Dose als auch Verschwendung von Lagerplatz. Das *ideale Endergebnis* ist eine Dose, die das Gewicht von so vielen gefüllten Dosen Stand halten kann, die bis zu einer Höhe eines erwachsenen Menschen aufeinander gestapelt sind. Dabei sollen sowohl die Dosen als auch das Getränk unbeschädigt bleiben.

Die im Beispiel angesprochene *primär nützliche Funktion* entspricht dem Zweck bzw. der Hauptfunktion des technischen Systems aus. Die *primär schädliche Funktion* steht der primär nützlichen Funktion entgegen.³³³

4.2.2 Abstrahierung der Problemstellung

Bei der Abstrahierung der Problemstellung kommt die Formulierung von Widersprüchen ins Spiel. Gundlach et al. (2006) schreibt, dass eines der wesentlichen Elemente von TRIZ das *Erkennen, Verstärken und Überwinden von Widersprüchen in technischen Systemen* ist.³³⁴ Ebenso betont Klein (2007) die Relevanz der Widersprüche und schreibt, dass die Beseitigung eines existierenden Widerspruchs oder Zielkonflikts die wichtigste Besonderheit des technischen Fortschritts ist und regelmäßig zu neuen Lösungen führt. In TRIZ werden zwei Arten von Widersprüchen unterschieden:³³⁵

- **technischer Widerspruch:** Die Verbesserung eines Parameters bewirkt eine Verschlechterung eines anderen. Beispielsweise soll für eine Brücke entsprechend weniger Material verwendet werden, um *leichter* zu sein, dadurch leidet aber die Festigkeit. Durch Geometrie- oder Werkstoffmodifikationen ist es möglich, zum einen weniger Material zu verwenden und zum anderen die Festigkeit zu erhöhen.
- **physikalischer Widerspruch:** Ein Systemelement soll gleichzeitig zwei sich widersprechende Zustände einnehmen. Beispielsweise soll der Sessellift an Skipisten auf der Strecke schnell und an den Haltestellen langsam fahren. Indem der Sessel an den Haltestellen ausgekuppelt wird, ist es möglich, diesen Widerspruch entsprechend zu lösen.

³³³vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

³³⁴vgl. Gundlach et al. (2006), S. 28 ff

³³⁵vgl. Klein (2007), S. 38 ff und Terninko et al. (1998b), S. 65 und S. 78

Beide Arten der Widersprüche sind Barrieren bei der Entwicklung zur Verbesserung eines Systems. Schweizer (2008) betont, dass ein Ziel jedoch noch kein Widerspruch sei. Ein Widerspruch besteht erst, wenn man ein „Ziel auf einem bestimmten Weg erreichen will und dabei auf Widerstände bzw. Widersprüche stößt.“³³⁶ Zur Beschreibung von technischen und physikalischen Widersprüchen definierte Altschuller 39 technische Parameter. Die 39 Parameter werden im Anhang A.2 erläutert.

Bei der Abstrahierung wird die Problemstellung anhand dieser 39 technischen Parameter beschrieben.³³⁷ Als Unterstützungshilfe dient die so genannte Widerspruchsmatrix.³³⁸ Die Widerspruchsmatrix besteht aus 39 Zeilen und 39 Spalten, an dessen Eingänge die 39 technischen Parameter angeordnet sind. In Abbildung 4.6 ist ein Auszug der Widerspruchsmatrix schematisch dargestellt. Die mit hellblauer Farbe hinterlegten Felder stellen physikalische Widersprüche dar. Der zu verbessernde Parameter entspricht ebenso dem daraus resultierenden, verschlechternden Parameter. Sind die beiden Parameter unterschiedlich, spricht man von einem technischen Widerspruch. Eine detaillierte Erläuterung der Widerspruchsmatrix wird im nächsten Abschnitt behandelt. Die in der Abbildung gezeigten Parameter sind:

1. **Gewicht eines beweglichen Objektes:** Entspricht der von der Schwerkraft verursachten Kraft, die ein bewegtes Objekt auf die ihn vor dem Fallen bewahrende Auflage ausübt. Ein bewegtes Objekt verändert seine Position aus sich heraus oder aufgrund externer Kräfte.
2. **Gewicht eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht der von der Schwerkraft verursachten Kraft, die ein stationäres Objekt auf seine Auflage ausübt. Ein stationäres Objekt verändert seine Position weder aus sich heraus noch aufgrund externer Kräfte.
7. **Volumen eines beweglichen Objektes:** Entspricht dem Volumen eines Objektes, welches auf Grund interner oder externer Kräfte seine räumliche Position verändert.
8. **Volumen eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht dem Volumen eines Objektes, welches auf Grund interner oder externer Kräfte seine räumliche Position nicht verändern kann.

Mann (2002) betont, dass für technische Probleme der Kostenparameter eine entscheidende Rolle spielt, jedoch Kosten nicht explizit in der Parameterliste vorkommen. Grund dafür ist, dass Kosten sehr allgemein interpretierbar sind. Die definierten 39 technischen Parameter

³³⁶vgl. Schweizer (2008), S. 272

³³⁷vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

³³⁸vgl. Gundlach et al. (2006), S. 332

Abb. 4.6: Auszug der Widerspruchsmatrix mit den 39 Zeilen und 39 Spalten, an dessen Eingänge die 39 technischen Parameter angeordnet sind

	→ sich verschlechternder Parameter	Gewicht des beweglichen Objekts 1.	Gewicht des unbeweglichen Objekts 2.	...
↓ zu verbessernder Parameter				
1. Gewicht des beweglichen Objekts	Physikalischer Widerspruch		...	
2. Gewicht des unbeweglichen Objekts		Physikalischer Widerspruch	...	
...	...	...	Physikalischer Widerspruch	
7. Volumen eines beweglichen Objektes	...		...	Pf W
8. Volumen eines unbeweglichen Objektes		...	...

Quelle: Pahl et al. (2007), S. 138

beinhalten dafür unter anderem Parameter wie Fertigungsfreundlichkeit für Einmalkosten, Energieverbrauch für laufende Kosten und Zuverlässigkeit für Wartungskosten. Der Problemlöser soll *gezwungen* werden, die vage Denkweise in eine fokussierte Denkweise zu transformieren.³³⁹

Beispiel: Die Getränkedose

Schritt 2: Abstrakte Problembeschreibung

Der Rohstoffpreis zwingt uns, die Kosten zu senken. Daher soll die Dosenwandstärke dünn sein. Bei Reduzierung der Dosenwandstärke kann die Dose weniger Stapelgewicht der darüberliegenden Dosen standhalten und stützen. Die abstrakte Problembeschreibung wird durch einen physikalischen Widerstand ausgedrückt: Der vierte technische Parameter *Länge eines unbeweglichen Objektes* soll zum einen

³³⁹vgl. Mann (2002), S.174

niedrig und zum anderen hoch ausgeprägt sein. Die *Länge* kann sich zu jeder linearen Dimension wie Länge, Breite, Höhe, Durchmesser, Dicke etc. beziehen. Das heißt, die Dosenwandstärke soll dünn sein, um niedrigere Materialkosten zu gewährleisten und gleichzeitig dick sein, um ein entsprechend großes Stapelgewicht der darüberliegenden Dosen standzuhalten. Die Lösung des physikalischen Widerspruchs entspricht einer Realisierung eines idealen Systems.

4.2.3 Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren

Nach Altschuller lassen sich technische Widersprüche durch 40 innovative Grundprinzipien auflösen. Physikalische Widersprüche lassen sich nach Altschuller durch vier allgemein gültige Separationsprinzipien auflösen. Physikalische Widersprüche werden vorwiegend auf der Makroebene formuliert. Das Separationsprinzip zur Lösung von physikalischen Widersprüchen entspricht einem konzeptionellen Charakter. Anschließend werden hier Überlegungen zu den technischen Widersprüchen angewandt.³⁴⁰ In anderen Worten ausgedrückt, werden physikalische Widersprüche zunächst durch Separationsprinzipien aufgelöst. Es entstehen Widersprüche auf der Mikroebene. Hier wird das Problem erneut durch die technischen Parameter formuliert und es ergeben sich daraus technische Widersprüche. Die vier allgemein gültigen Separationsprinzipien sind:³⁴¹

1. **Separation im Raum:** Die zu verwirklichenden Anforderungen oder Funktionen werden auf verschiedene Orte oder Teile des technischen Systems verteilt, so dass sie nicht am gleichen Ort (Raum) wirken. Hier ist zu überlegen, wie ein technisches System in Teile bzw. Subsysteme räumlich zerlegt werden kann. Dazu ist die Frage zu klären, wie die sich widersprechenden Parameter den gebildeten Teilen bzw. Subsystemen zugeordnet werden können.
2. **Separation in der Zeit:** Die zu verwirklichenden Anforderungen oder Funktionen werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten verwirklicht. Dabei gilt es zu klären, ob die Eigenschaften des Systems zeitlich unterteilt werden können bzw. in welcher Reihenfolge diese benötigt werden oder stattfinden.
3. **Separation innerhalb eines Objekts:** Die zu verwirklichenden Anforderungen oder Funktionen werden auf verschiedene Teile des technischen Systems aufgeteilt. Die Frage ist zu beantworten, wie ein Objekt in Teile zerlegt werden kann, um diesen die einzelnen Eigen-

³⁴⁰vgl. Klein (2007), S. 39 ff

³⁴¹vgl. Pahl et al. (2007), S. 140; Gundlach et al. (2006), S. 30 f; Schweizer (2001), S. 8 f und Klein (2007), S. 41

schaften zuordnen zu können.

4. **Separation durch Bedingungswechsel:** Die Randbedingungen, unter welchen die Anforderungen oder Funktionen verwirklicht werden sollen, müssen geändert werden, sodass die Realisierung möglich ist. Dabei gilt es zu erfahren, wie die Eigenschaften unter veränderten Bedingungen (bspw. Phasenübergang fest auf flüssig) stattfinden können.

Um zu identifizieren, welche der 40 innovativen Grundprinzipien zum Lösen der Widersprüche in Frage kommen, wird die Widerspruchsmatrix zur Unterstützung verwendet. Die Widerspruchsmatrix ist ein zentrales Element von TRIZ.³⁴² Vertikal werden die 39 zu verbesserten Parameter angeführt und horizontal die sich verschlechternden Parameter. In den jeweiligen Matrixzellen, das heißt in den Kreuzungszellen der jeweiligen Spalte und Zeile, werden bis zu vier innovative Grundprinzipien angeführt. Anhand dieses Vorschlags kann der jeweilige technische Widerspruch gelöst werden.³⁴³ In Abbildung 4.7 wird der bereits oben illustrierten Auszug der Widerspruchsmatrix nochmals abgebildet. Der feine Unterschied liegt in der zusätzlichen Informationsdarstellung der innovativen Grundprinzipien zum Lösen des jeweiligen Widerspruchs. In diesem Beispiel ist der zu verbessernde Parameter das *Volumen eines beweglichen Objektes* und der daraus resultierende, sich verschlechternde Parameter das *Gewicht des beweglichen Objektes*. Zum Lösen dieses Widerspruchs können die folgenden vier innovativen Grundprinzipien dienen.³⁴⁴

IGP 2. Abtrennung

- a) Vom Objekt ist das „störende“ Teil, die „störende“ Eigenschaft, abzutrennen.
- b) Im Unterschied zum vorhergehenden Verfahren, in dem es um die Zerlegung des Objektes in gleiche Teile ging, wird hier vorgeschlagen, das Objekt in unterschiedliche Teile zu zerlegen.

IGP 26. Kopieren

- a) Anstelle eines unzugänglichen, komplizierten, kostspieligen, schlecht handhabbaren oder zerbrechlichen Objektes sind vereinfachte und billige Kopien zu benutzen.
- b) Das Objekt oder das System von Objekten ist durch seine optischen Kopien (Abbildungen) zu ersetzen.

IGP 29. Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen

Anstatt der schweren Teile des Objektes sind gasförmige oder flüssige zu benutzen,

³⁴²vgl. Magiera (2009), S. 69

³⁴³vgl. Rietsch (2007), S. 17

³⁴⁴vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

wie aufgeblasene oder mit Flüssigkeit gefüllte Teile, Luftkissen, hydrostatische oder hydroreaktive Teile.

IGP 40. Anwendung zusammengesetzter Stoffe

Von gleichen Stoffen ist zu zusammengesetzten Stoffen überzugehen.

Abb. 4.7: Auszug der Widerspruchsmatrix mit den 39 Zeilen und 39 Spalten, an dessen Eingänge die 39 technischen Parameter angeordnet sind. Die Einträge in den jeweiligen Matrixzellen dienen zur Identifikation der innovativen Grundprinzipien

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> ↓ zu verbessernder Parameter → sich verschlechternder Parameter </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Gewicht des beweglichen Objekts 1. </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> Gewicht des unbeweglichen Objekts 2. </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> ... </div> </div>			
1. Gewicht des beweglichen Objekts	Physikalischer Widerspruch		...
2. Gewicht des unbeweglichen Objekts		Physikalischer Widerspruch	...
...	...	...	Physikalischer Widerspruch
7. Volumen eines beweglichen Objektes	IGP: 2, 26, 29, 40		...
8. Volumen eines unbeweglichen Objektes		...	...

Quelle: Pahl et al. (2007), S. 138

Klein (2007) schreibt, dass unter sehr komplexen Verhältnissen die innovativen Grundprinzipien ebenso zu *unbefriedigenden Lösungen* führen können. Bei Transformation der technischen Widersprüche in physikalische, können dennoch angemessene Lösungen gefunden werden.³⁴⁵

Beispiel: Die Getränkedose

Schritt 3: Identifikation bekannter Lösungsverfahren

Der physikalische Widerspruch, ausgedrückt durch den Parameter *Länge eines un-*

³⁴⁵vgl. Klein (2007), S. 40

beweglichen Objektes, kann in einen technischen Widerspruch übergeführt werden. Reduzieren wir die Dosenwandstärke, wird auch das Stapelgewicht reduziert. Trotz Stapelgewichtsreduzierung kann durch die geringere Dosenwandstärke weniger Druck aufgenommen werden, ohne Verformungen zu bewirken. Der nun eingeführte Parameter wird mit *Spannung oder Druck* bezeichnet und entspricht der Intensität der auf ein Objekt einwirkenden Kräfte, gemessen als Kompression oder Spannung pro Fläche. Der technische Widerspruch lautet nun: Je mehr wir den Parameter Nr. 4: *Länge eines unbeweglichen Objektes* verbessern (also die Dosenwandstärke verringern), desto mehr verschlechtert sich Nr. 11: *Spannung oder Druck* der Dosenwand (also Steifigkeit der Dosenwand). Aus der Widerspruchsmatrix (siehe Anhang) entnehmen wir die drei innovativen Grundprinzipien zum Lösen dieses Widerspruchs, 1, 14 und 35:

IGP 1. Zerlegung bzw. Segmentierung

- a) Das Objekt ist in unabhängige, gleiche Teile zu zerlegen.
- b) Das Objekt ist zerlegbar auszuführen.
- c) Der Grad der Zerlegung des Objektes ist zu erhöhen.

IGP 14. Kugelähnlichkeit

- a) Von geradlinigen Konturen ist zu gekrümmten, von ebenen Flächen ist zu sphärischen überzugehen.
- b) Zu verwenden sind Rollen, Kugeln, Spiralen.
- c) Von der geradlinigen Bewegung ist zur Rotation überzugehen.

IGP 35. Veränderung des Aggregatzustandes

Hierzu gehören nicht nur einfache Übergänge, z. B. vom festen in den flüssigen Zustand, sondern auch die Übergänge in „Pseudo- oder Quasizustände“, z. B. die Quasiflüssigkeit und in Zwischenzustände, z. B. die Verwendung elastischer, fester Körper.

4.2.4 Rücktransformation in konkrete Lösung

Die für die jeweilige Problemstellung gefundenen innovativen Grundprinzipien werden im letzten Schritt auf das konkrete Problem angewandt. Die abstrakten Lösungsprinzipien werden in konkrete Lösungsprinzipien transformiert.³⁴⁶ Jantschgi (2008) betont, dass im Laufe der Zeit für Standardprobleme entsprechende Standardlösungen entwickelt wurden, die mit den Problemen verknüpft sind. *Wie in einer Checkliste können diese Standardlösungen nun bei jeder*

³⁴⁶vgl. Gundlach et al. (2006), S. 16

Problemlösung durchgearbeitet werden. So wird sichergestellt, dass möglichst keine Lösungskonzepte übersehen werden.³⁴⁷

Beispiel: Die Getränkedose

Schritt 4: Rücktransformation in konkrete Lösung

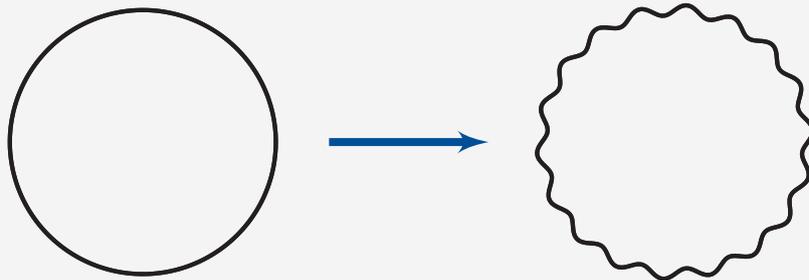
Für die Problemstellung der Getränkedose wurden die innovativen Grundprinzipien 1, 14 und 35 gefunden. Bei der Transformation des innovativen Grundprinzips in die konkrete Lösung sind ein entsprechendes Maß an Kreativität, an Logik und an technischem Verständnis wertvolle Unterstützungshilfen.

- Die Anwendung des innovativen Grundprinzips **1** wäre durch Modifikation der derzeit glatten Oberfläche in einer gerippten oder wellenförmigen Oberfläche denkbar. Dies würde die Kantenfestigkeit erhöhen bei gleichzeitiger Reduktion der Wandstärke, siehe Abbildung 4.8 a).
- Die Anwendung des innovativen Grundprinzips **14** wäre durch Modifikation des Übergangs von Dosedeckel zum Dosenmantel realisierbar. Der Dosedeckel wird mit dem Dosenmantel durch bspw. Verschweißung oder Verbiegung verbunden. Der Übergang vom Deckel zum Mantel wird kugelförmig ausgestaltet. Ebenso der Übergang vom Mantel zum Dosenboden. Die Spannungen fließen vom Deckel über Mantel in den Boden. Die Spannungen fließen nicht mehr wie bisher rein senkrecht, sondern an den Kanten über Radien, siehe Abbildung 4.8 b). Durch die Radien wird die Steifigkeit der Dose erhöht.
- Die Anwendung des innovativen Grundprinzips **35** wäre durch Modifikation des verwendeten Materials umsetzbar. Durch Verwenden eines Materials mit einer erhöhten Metallegierung kann die Steifigkeit der Dosen erhöht werden.

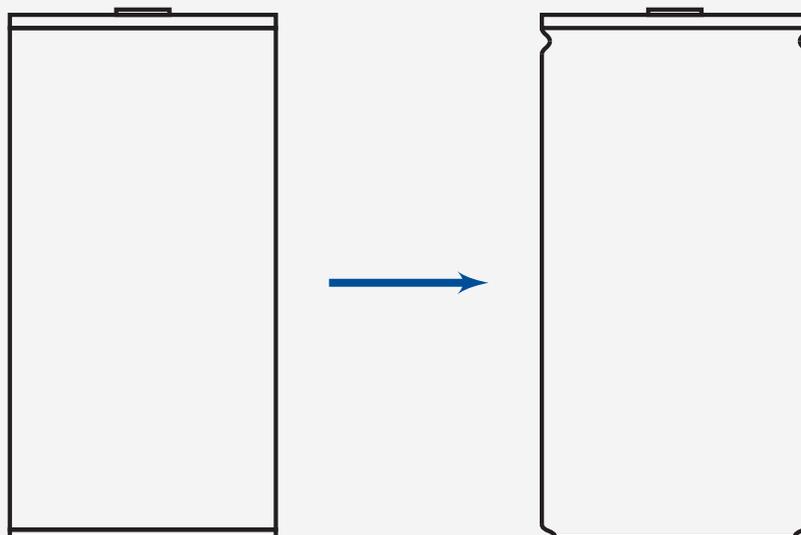
³⁴⁷vgl. Jantschgi et al. (2008), S. 7

Abb. 4.8: Beispiel: Die Getränkedose: Anwendung der innovativen Grundprinzipien und Transformation in konkrete Lösung

a) Anwendung des innovativen Grundprinzips 1: Modifikation der glatten Dosenwand in eine gerippte oder wellenförmige Dosenwand (Querschnitt der Dosenwand, Draufsicht)



b) Anwendung des innovativen Grundprinzips 14: Modifikation des Übergangs vom Dosendeckel zum Dosenmantel sowie vom Dosenmantel zum Dosenboden (Dose in Seitenansicht)



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Mazur (1995)



5

Prozessmodelle für Produktentwicklungen und Innovationen aus der Literatur

Der Innovationsprozess wird in der wissenschaftlichen Literatur intensiv behandelt.³⁴⁸ Verwon u. Herstatt betonen die Vielfältigkeit und Ausgestaltung der einzelnen Prozessmodelle. Dies hängt stark von der jeweiligen Zielsetzung des Unternehmens oder des Forschers ab.³⁴⁹ In diesem Kapitel werden die für das Unternehmen relevanten Prozessmodelle – insbesondere jene hinsichtlich Produktentwicklung – behandelt. Die Prozessmodelle werden kurz vorgestellt und die für das Unternehmen relevanten Charakteristika werden hervorgehoben. Zu den Prozessmodellen zählen:

- Ansatz von Brockhoff,
- Ansatz von Bullinger,
- Ansatz von Cooper,
- Ansatz von Eversheim,
- Ansatz von Herstatt,
- Ansatz von Thom und
- Ansatz von Ulrich und Eppinger.

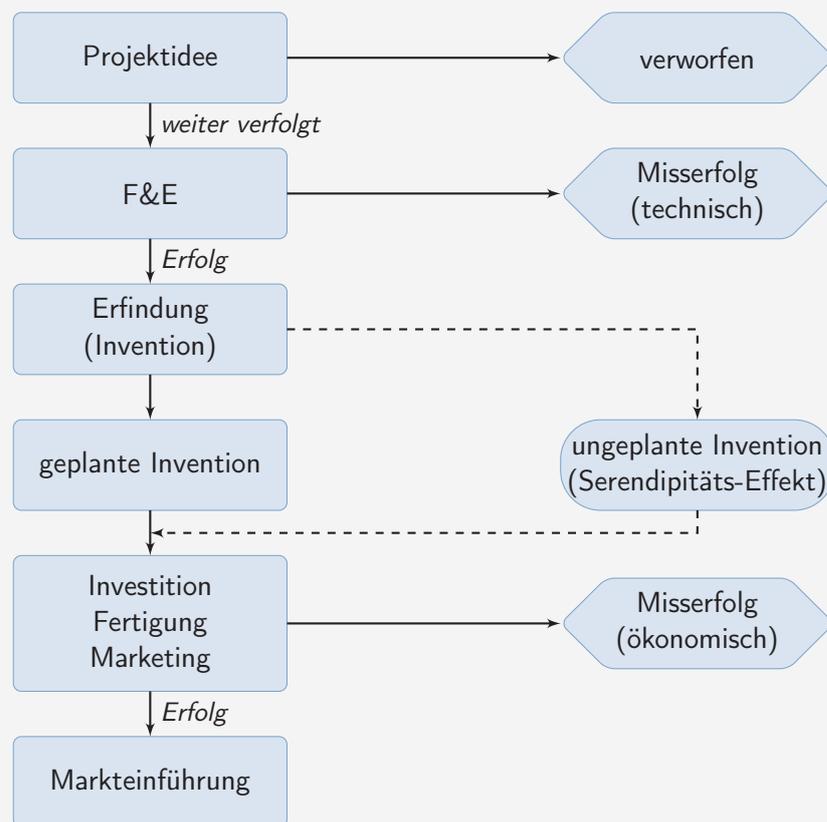
³⁴⁸vgl. für eine Übersicht über die Phasenmodelle in Aregger (1976), S. 106 - 114; Verwon u. Herstatt (2000), S. 3 - 11; Vahs u. Burmester (2005a), S. 85 - 92; Heesen (2009), S. 65 - 76

³⁴⁹vgl. Verwon u. Herstatt (2000), S. 1

5.1 Ansatz von Brockhoff

Das Modell von Brockhoff (1994) beginnt mit einer Projektidee und schließt mit der Markteinführung ab, siehe Abbildung 5.1. Er sieht in seinem Modell technische Misserfolge in der Forschung und Entwicklung vor, was zur Möglichkeit führt, den Prozess abzubrechen. Zudem sollen bei Verwendung seines Modelles auch ungeplante Inventionen berücksichtigt werden.³⁵⁰ Etwas kritisch kann man die Einordnung des ökonomischen Misserfolgs im Modell ansehen. Einen ökonomischen Erfolg oder Misserfolg einer Projektidee würde man erst nach Markteinführung feststellen können.

Abb. 5.1: Modell von Brockhoff für Innovationen mit den sechs Schritten: Projektidee, F&E, Erfindung, geplante bzw. ungeplante Invention, Investition inkl. Fertigung und Marketing und Markteinführung



Quelle: Brockhoff (1994)

Aus der für diese Arbeit gewählten Perspektive kann der Prozess von Brockhoff als sehr generisch gesehen werden. Auf Basis einer Idee wird Forschung und Entwicklung betrieben,

³⁵⁰vgl. Brockhoff (1994), S. 29

die, wenn sie erfolgreich ist, zu einer Invention führt. Der Ablauf im Prozess folgt einer entsprechenden Logik. Das wesentliche Merkmal dieses Prozesses ist, dass dieser mit einer Projektidee beginnt. Der entscheidende Punkt für die TRIZ-orientierte Technologieentwicklung liegt darin, dass man bei der TRIZ-Methode beim Problem beginnt. Darauf aufbauend findet man die abstrakte Lösung, die bei Transformation zur spezifischen Lösung folglich zur Invention führt. Zudem soll am Ende der Technologieentwicklung Wissen im Unternehmen verfügbar sein. Eine Adaption des Prozesses von Brockhoff für das Unternehmen wäre daher weniger unterstützend für die Technologieentwicklung. Ein Gedanke, der später jedoch weiter verfolgt wird, ist der Umgang mit weniger guten Ideen bzw. Lösungsprinzipien, die trotz eines möglichen Potentials nicht weiter verfolgt werden. Brockhoff führt das Verwerfen einer Idee in seinem Prozess schematisch an.

5.2 Ansatz von Cooper

Der so genannte Stage-Gate-Prozess³⁵¹ von Cooper (2010) gliedert den Innovationsprozess in mehrere Abschnitte und Tore³⁵². Vor jedem Abschnitt befindet sich ein Tor, an dem die Qualität der Ergebnisse auf die erforderlichen Kriterien abgestimmt wird, siehe Abbildung 5.2. Die Tore dienen als Checkpoint, wo über Fortsetzung oder Abbruch entschieden wird. Nach Cooper (2010) ist der Prozess zur Produktentwicklung notwendigerweise ein Qualitätsprozess, daher sei der Stage-Gate-Prozess ein systematischer Prozess. Der Prozess soll ermöglichen, Risiko zu managen. Dazu ist der Prozess in Abschnitte und Tore gegliedert. Der Prozess erfordert ein bereichsübergreifendes Team unter einem Teamleiter mit Autorität. Der Prozess geht vom Markt aus und ist am Kunden orientiert. Schlüsselaktivitäten werden zu Beginn des Prozesses ausgeführt, da hier der Grundstein für Erfolg oder Misserfolg gelegt wird.

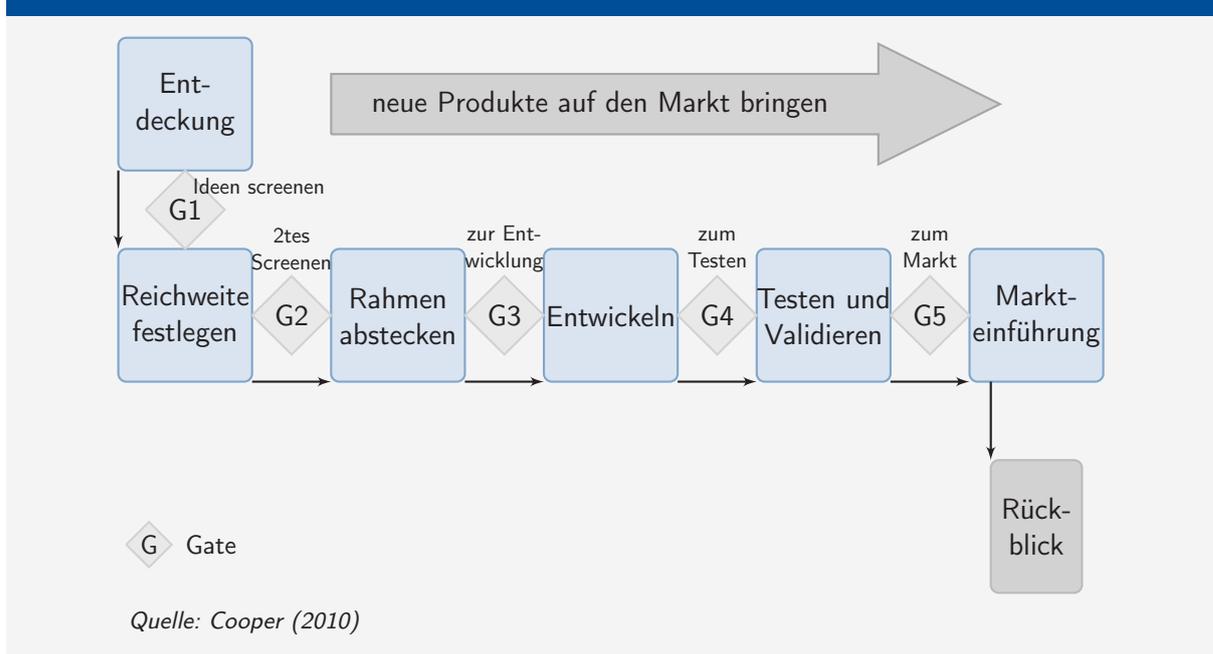
Ebenso beginnt bei Cooper der Prozess mit der (Ideen-)Entdeckung. Der wesentliche Prozessschritt bei TRIZ ist die Situationsanalyse zum Problemverständnis. Beachtenswert bei diesem Prozess ist die lange³⁵³ Prozessdauer bis zur Entwicklung der Idee zum Produkt. Cooper's Überlegungen, den Prozess als Qualitätsprozess anzusehen und das Schaffen einer Möglichkeit, das Risiko im Innovationsprozess mittels Abschnitte und Tore steuern zu können, wird später für den Technologieentwicklungsprozess von Relevanz sein. Insgesamt kann der Prozess von Cooper als guter Anhaltspunkt gesehen werden.

³⁵¹vgl. Cooper (2010), S. 146 ff

³⁵²Abschnitte und Tore: engl.: *stages and gates*

³⁵³Anmerkung des Autors: lange im Vergleich zu den übrigen Phasen: drei Phasen zur Ideengenerierung, -ausarbeitung und bewertung.

Abb. 5.2: Stage-Gate-Prozess von Cooper: von der Entdeckung bis zur Markteinführung

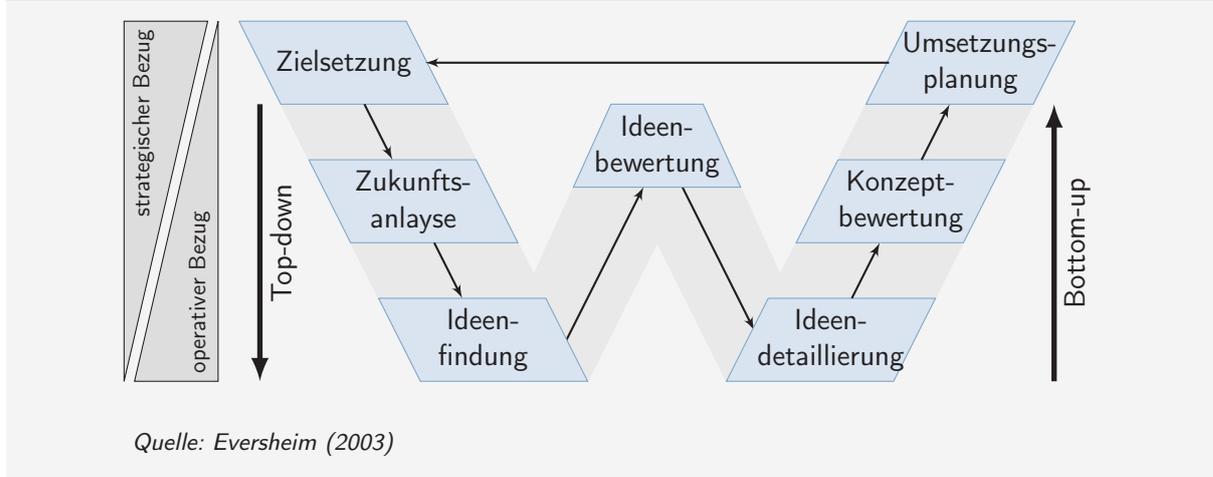


5.3 Ansatz von Eversheim

Der Ansatz von Eversheim (2003) umfasst sieben Phasen, von der Zielbildung bis zur Umsetzungsplanung. In Abbildung 5.3 wird der Ansatz abgebildet.³⁵⁴ Der Ansatz wird auf Grund seiner Form als *W-Modell* bezeichnet. Die beginnenden drei Phasen, Zielsetzung, Zukunftsanalyse und Ideenfindung, sind am Top-down-Prinzip orientiert. Die Zielsetzung, als allererste Phase, hat inhaltlich einen intensiven strategischen Bezug, die Ideenfindung einen intensiven operativen Bezug. Ein wesentlicher Baustein ist die Zukunftsanalyse. Das Ziel dabei ist das Identifizieren von Innovationspotenzialen. In der vierten Phase werden die gefundenen Ideen bewertet. Bei der Bewertung der Ideen werden sowohl strategische und operative Aspekte in Betracht gezogen. Die abschließenden drei Phasen, Ideendetaillierung, Konzeptbewertung und Umsetzungsplanung, sind am Bottom-up-Prinzip orientiert. Einen intensiven operativen Bezug weist die Ideendetaillierung auf. Jene Ideen, die für das Unternehmen als geeignet bewertet werden, werden nun vertieft ausgearbeitet und zu Konzepten weiter entwickelt. Diese Konzepte werden anschließend bewertet. Im abschließenden Schritt, der Umsetzungsplanung, werden die erarbeiteten Konzepte in einer so genannten *Roadmap* angeordnet. Wesentliches Ziel dabei ist es, kurz-, mittel- und langfristige Innovationsaktivitäten im Unternehmen ableiten zu können.

³⁵⁴vgl. Eversheim (2003), S. 33 ff

Abb. 5.3: Ansatz von Eversheim in Form eines „W“: Das W-Modell



Bei Eversheim's Prozess stehen zwei wesentliche Besonderheiten hervor: Zum einen ist es das Top-Down-Prinzip zu Beginn des Prozesses, dem logischerweise ein Bottom-Up-Prinzip folgt. Jede Produktentwicklung ist an strategische Überlegungen orientiert, folglich sind Entscheidungen entlang des Entwicklungsprozess logisch von der Strategie ableitbar. Eversheim bildet dies in seinem Prozess ab. Zum andern werden im Prozess Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung berücksichtigt.

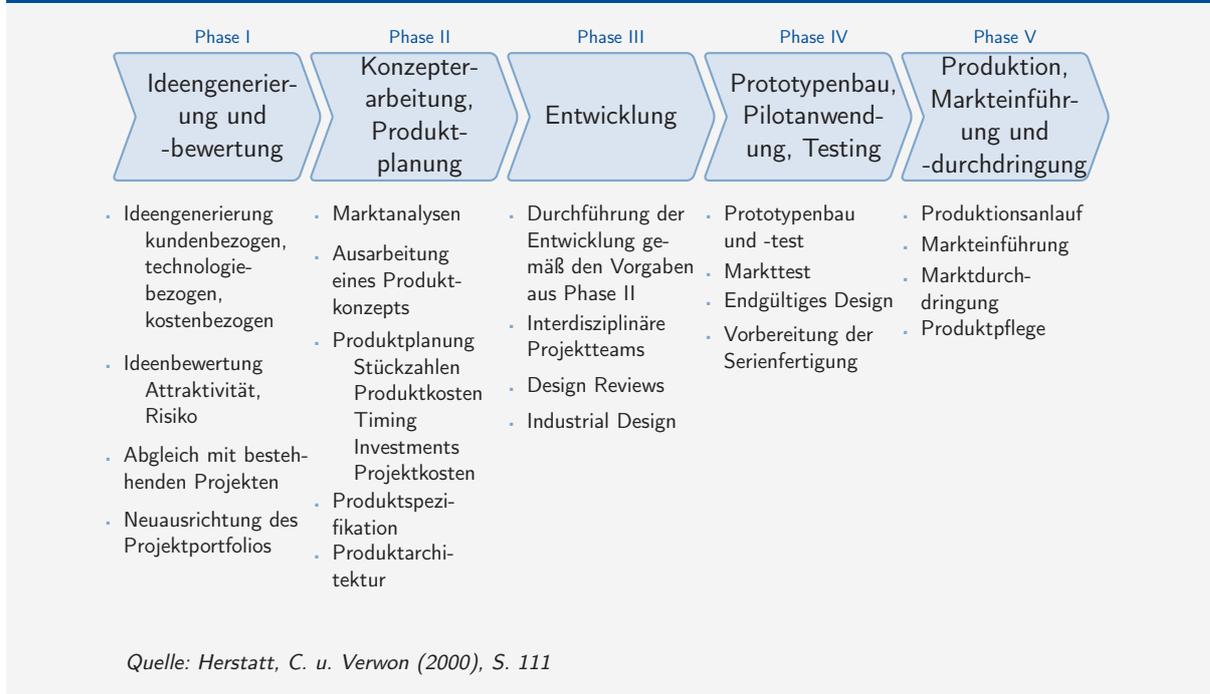
5.4 Ansatz von Herstatt

Ein weiteres Phasenmodell, siehe Abbildung 5.4, zum Innovationsprozess stammt aus dem universitätsnahen Bereich. Entwickelt wurde dieses von Herstatt.³⁵⁵ Der Prozess besteht aus fünf Phasen, die „eng miteinander verknüpft“ sind und an dessen Ende eine neue Leistung hervor kommt. Als neue Leistung kann ein neues Produkt oder ein neuartiger Service laut Herstatt gesehen werden. Bei einem Service fallen demnach die produktspezifischen Tätigkeiten wie Produktionsanlauf weg. Die Aufgaben in den jeweiligen Phasen können nach Aussage des Entwicklers iterativ bearbeitet werden.

Herstatt's Prozessmodell geht in die Richtung des gewünschten Technologieentwicklungsprozesses. Im Prozess werden Tätigkeiten abgebildet, mit den Ideen hinsichtlich ihrer Attraktivität und ihres Risikos bewerten. Daran anknüpfend finden strategische Überlegungen und Tätigkeiten ihren Platz. Etwas irritierend kann die Marktanalyse NACH der Ideengeneration

³⁵⁵vgl. Verworn u. Herstatt (2000), S. 111

Abb. 5.4: 5-phasige Innovationsprozess nach Herstatt von der Ideengenerierung bis zur Marktdurchdringung



gesehen werden. Betrachtet man das Prozessmodell von Herstatt aus einer anderen Perspektive, bei der man zuerst eine Idee hat und sich dann anschließend über mögliche Einsatzgebiete am Markt Gedanken macht, so würde dies das Modell sehr gut berücksichtigen. Für das Phasenmodell der Technologieentwicklung sind insbesondere die Ideenbewertung und die strategischen Tätigkeiten von weiterer Bedeutung.

5.5 Ansatz von Thom

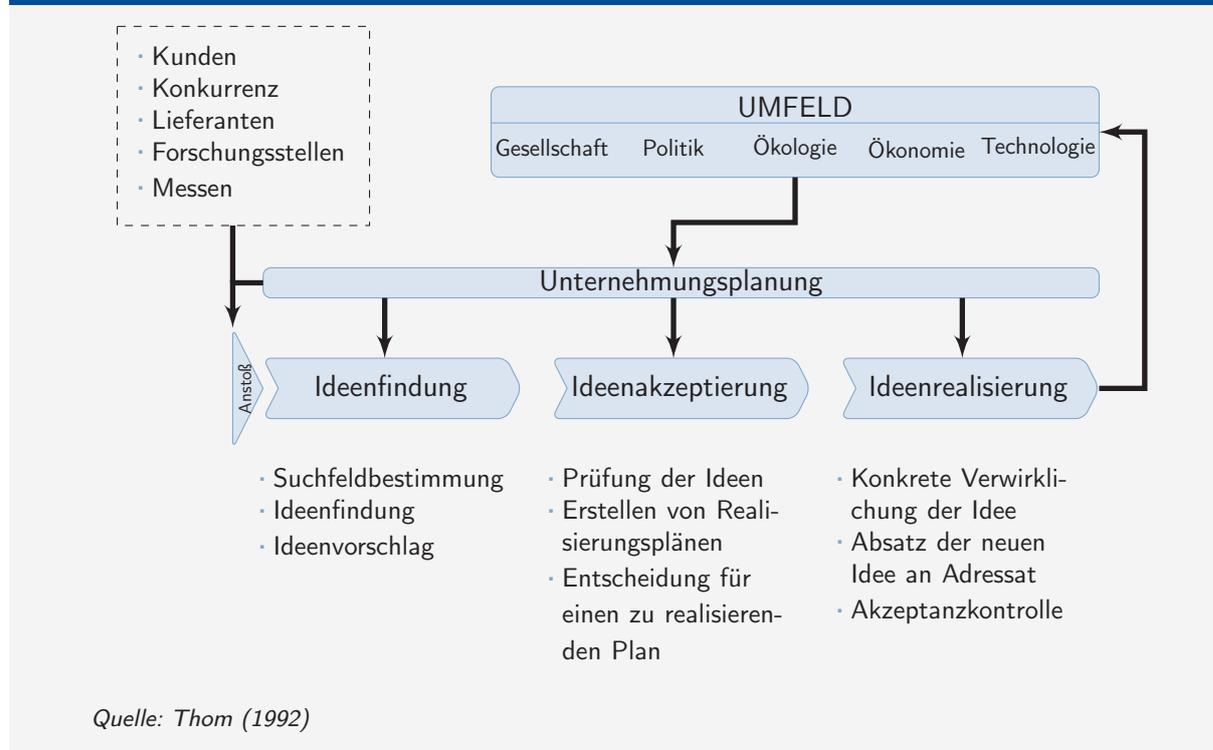
Eines der am häufigsten zitierten Prozessmodelle für den Innovationsprozess ist der Innovationsprozess von Thom. Entwickelt wurde es in den 80iger Jahren und ist in die drei Teilphasen Ideenfindung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung gegliedert. In Abbildung 5.5 wird das Prozessmodell schematisch dargestellt.³⁵⁶

Der Innovationsprozess von Thom kann als allgemeines Vorgehen bei Entwicklungen zur Markteinführung interpretiert werden. Der Prozess ist generell sehr generisch aufgebaut und lässt viel Spielraum bei der Ausgestaltung frei. Hierzu betonen Verwon und Herstatt (2000),

³⁵⁶vgl. Thom (1992), S. 9

dass die Übereinstimmung zwischen dem Modell und mit den real ablaufenden Innovationsprozessen größer bei geringem Detaillierungsgrad des Modells ist.³⁵⁷ Dies würde ein passabler Indikator für das häufige Zitieren dieses Modells sein. Zudem werden mit Thom's Modell die wesentlichen Bestandteile eines Innovationsprozesses von Beginn an bis zum Abschluss, hier: Akzeptanzkontrolle, abgedeckt. Der sehr generische Ansatz nach Thom deckt hinsichtlich Berücksichtigung des Umfelds die Vorstellungen eines Prozessmodells für die Technologieentwicklung gut ab.

Abb. 5.5: Innovationsprozess von Thom mit den drei Phasen: Ideenfindung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung



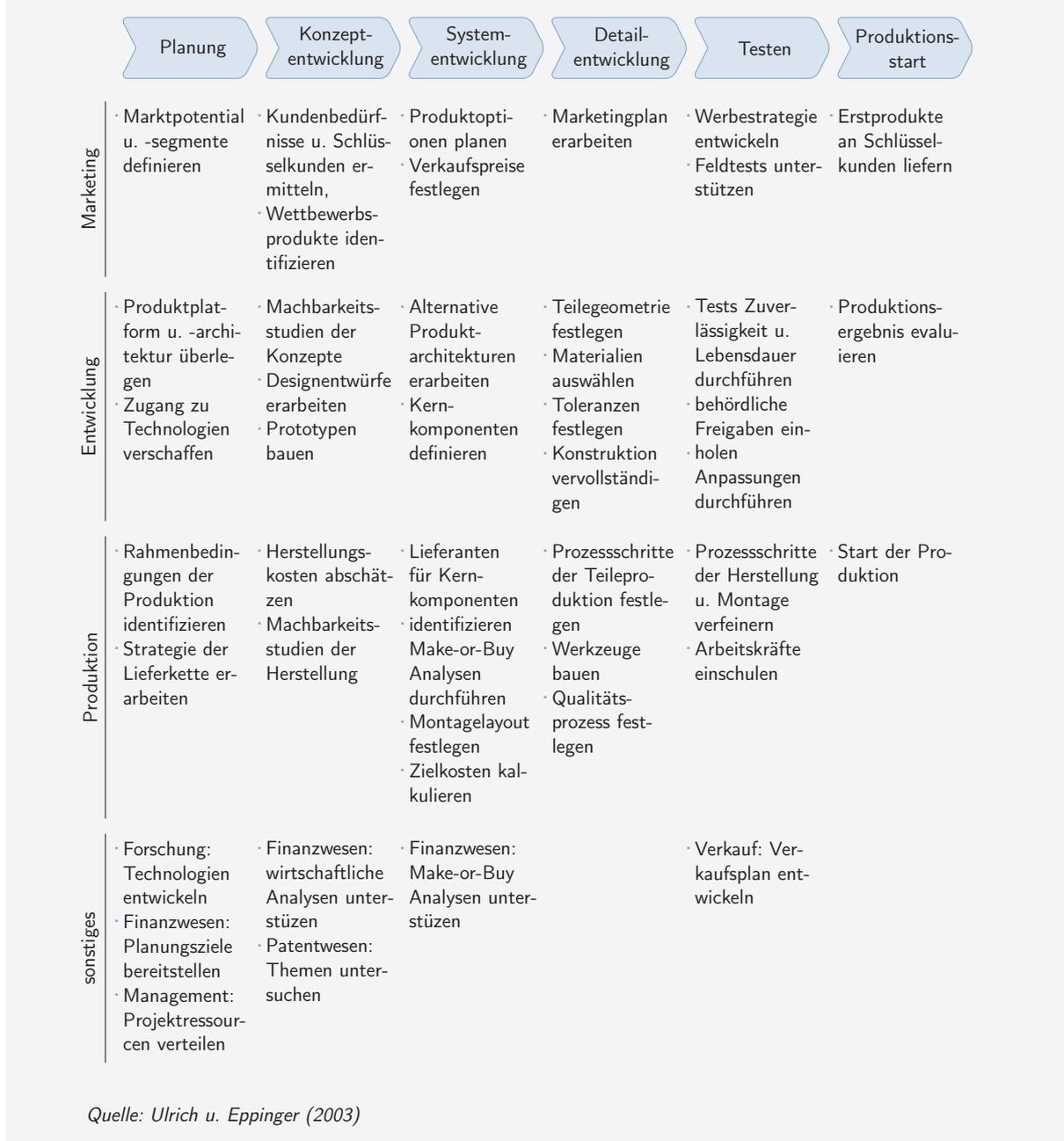
5.6 Ansatz von Ulrich und Eppinger

Ein weiteres Phasenmodell für die Produktentwicklung wird in Abbildung 5.6 dargestellt. Der von Ulrich und Eppinger entwickelte Ansatz umfasst fünf Phasen.³⁵⁸ Mit diesem Phasenmodell werden die unterschiedlichen Funktionen im Unternehmen in sämtliche Phasen des Entwicklungsprozesses integriert. Er integriert insbesondere die drei Unternehmensfunktionen Marketing, Entwicklung und Produktion.

³⁵⁷vgl. Verworn u. Herstatt (2000), S. 2

³⁵⁸vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 14

Abb. 5.6: Modell von Ulrich und Eppinger für eine Produktentwicklungen mit den sechs Phasen: Planung, Konzeptentwicklung, Systementwicklung, Detailentwicklung, Testen und Produktionsstart. Schwerpunkte sind Marketing, Entwicklung und Herstellung



Der Ansatz von Ulrich und Eppinger ist hinsichtlich der Integration diverser Unternehmensfunktionen in den Prozess schlüssig. Die beiden Prozessgestalter berücksichtigen ebenso den Technologiezugang am Anfang des Prozess. Die beiden ersten Phasen des Prozesses decken inhaltlich zu großen Teilen die Vorstellungen der Technologientwicklung ab.



Ergebnisse aus praktischer Anwendung

TEILDREI

6

Anforderungen an die Technologieentwicklung und den Phasenprozess des Unternehmens

In diesem Kapitel werden die Anforderungen für die Technologieentwicklung und den Phasenprozess des Unternehmens behandelt. Aus Experteninterviews und Workshopdiskussionen mit Führungskräften wurde eine Vielzahl an Anforderungen erarbeitet, die mit Aussagen aus der Literatur beleuchtet wurden. Eine abschließende Workshopdiskussion zur endgültigen Festlegung auf bestimmte Anforderungen wurde mit Führungskräften durchgeführt und die definierten Anforderungen wurden bestätigt.

Insgesamt wurden 21 Anforderungen für das Unternehmen festgelegt, die in die vier Gruppen: generelle Anforderungen für die Technologieentwicklung, formelle, inhaltliche und fortschrittsbezogene Anforderungen für den Phasenprozess eingeteilt wurden. Im Folgenden werden die einzelnen Anforderungen aufgelistet und erläutert. Die Anforderungen berücksichtigen insbesondere die Sichtweise der Führungskräfte des Unternehmens. Die Erläuterungen und Diskussion dieser wurden auch mit Aussagen aus der Literatur abgebildet. Die Anforderungen lauten:

→ generelle Anforderungen an die Technologieentwicklung

- Markt- und Kundenorientierung
- klar definierte und kommunizierte Innovationsstrategie
- Fokus auf Kernkompetenzen des Unternehmens in der Entwicklung
- Unterstützung durch das Management

- zukunftsorientierte, unterstützende Mitarbeiter
- klare Rollenverteilung in der Durchführung
- **formelle Anforderungen an den Phasenprozess:**
 - Dauer der Technologieentwicklung: 2 bis 2,5 Jahre
 - sinnvoller Ressourceneinsatz (finanziell und personell)
 - in Abschnitte gegliederter Prozess
 - nachvollziehbare Bezeichnung der Phasen
 - Phasenanzahl zwischen 4 und 6
- **inhaltliche Anforderungen an den Phasenprozess**
 - klare Zielformulierung und gelebte Zielorientierung
 - Beleuchtung von technischen Aspekten
 - Qualität der Entwicklungstätigkeiten
 - Fokus auf vielversprechende Entwicklungsthemen
 - Beleuchtung von ökonomischen Aspekten
 - sachlogische Abgrenzung der Phasen
 - Orientierung an TRIZ
- **fortschrittsbezogene Anforderungen an den Phasenprozess**
 - rigoroses Controlling
 - Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen
 - Fähigkeit, Entscheidungen über stillzulegende Projekte treffen zu können

6.1 Generelle Anforderungen an die Technologieentwicklung

Unter generelle Anforderungen fallen sämtliche makrobezogene Anforderungen, die nicht direkt am Prozess orientiert sind, sondern vielmehr allgemein gültig für das strategische und operative Management sind.

6.1.1 Markt- und Kundenorientierung

Die Begriffe Markt- und Kundenorientierung finden nach Talke (2005) zum Thema Innovationen große Beachtung.³⁵⁹ Kohli und Jaworski (1990) führen an, dass Marktorientierung *lediglich* die Umsetzung des Marketingkonzeptes ist. Das wesentliche Kennzeichen der Kundenorientierung ist die Orientierung am Kundennutzen.³⁶⁰ Deshpandé et al. (1993) und Ruekert (1992) verwenden die beiden Begriffe Markt- und Kundenorientierung synonym.³⁶¹ Kohli

³⁵⁹vgl. Talke (2005), S. 16

³⁶⁰vgl. Kohli u. Jaworski (1990), S. 3

³⁶¹vgl. Deshpandé et al. (1993), S. 24 und Ruekert (1992), S. 226

u. Jaworski (1990) und Frambach (1993) führen zum Begriff der Marktorientierung ebenso die Wettbewerbsorientierung an.³⁶² Sanzo et al. (2003) ordnet zur Marktorientierung auch die Orientierung am Unternehmensumfeld und an weiteren Marktteilnehmern ein.³⁶³

Für ein angemessenes Maß an Kundenorientierung führen Henard u. Szymanski (2001) die Kundeneinbindung in den Innovationsprozess an.³⁶⁴ Es sollen nicht wahllos viele Kunden angesprochenen und in den Unternehmensprozess integriert, sondern vielmehr gezielt ausgewählte Kunden berücksichtigt werden. Die Kundeneinbindung kann auf verschiedenste Weisen erfolgen, wie bspw. Testaktivitäten, Know-how-Transfer, Bedürfnisverständnis, Segmentierung der Kundengruppen etc. Ebenso betonen Kottkamp (1998), Rüdiger (1997) und Lettl (2004) die Kundenorientierung als wesentlichen Erfolgsfaktor.³⁶⁵

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁶⁶ *„Eine Innovation ist eine Erfindung, mit der ein Unternehmen am Markt erfolgreich ist. Sehr erfolgreiche Marktneuheiten werden über kurz oder lang nachgeahmt. Viele Marktteilnehmer orientieren sich dann an diesen Neuheiten und ähnliche, weitere sog. Neuheiten sprießen nur so hervor. Im Kern sind sie bloß Klone der Erfindung mit kleinen Anpassungen. Das Positive für uns dabei ist: Marktteilnehmer orientieren sich am Marktführer. Innovation ist Kundenbedürfnisverständnis gepaart mit Problemlösungsfähigkeit: Zu verstehen, weshalb der Kunde das Produkt braucht und welches Problem damit gelöst wird. Zu wissen, dass der eigene Beitrag wertvoll für den Kunden ist. Schlussendlich, mit dem Kunden eine Lösung dafür zu erarbeiten, die ihm einen Mehrwert bringt. [...] Zudem legen wir großen Wert auf Trendanalysen am Markt: Wie werden sich Restriktionen und Anforderungen seitens unserer Kunden und seitens der Behörden verändern? Mit welcher Geschwindigkeit steigen die Leistungsparameter entlang der Technologielebenskurve?“*

Aus den Aussagen kann abgeleitet werden, dass Markt- und Kundenorientierung bedeutenden Einfluss auf die Technologieentwicklung nehmen sollen. Im Zuge der Situationsanalyse und Zieldefinition sollen zudem die Anforderungen, Einflüsse und die Hauptrichtung der Technologieentwicklung aus den Erkenntnissen der Marktstudien definiert werden. In die Technologieentwicklung sollen Kunden, in diesem Fall Kühlschrankhersteller, integriert werden.

³⁶²vgl. Kohli u. Jaworski (1990), S. 6 und Frambach (1993), S. 387

³⁶³vgl. Sanzo et al. (2003), S. 387

³⁶⁴vgl. Henard u. Szymanski (2001), S. 368

³⁶⁵vgl. Kottkamp (1998), S. 37, Rüdiger (1997), S. 15 und Lettl (2004), S. 37

³⁶⁶Interview vom 8. August 2013

6.1.2 Klar definierte und kommunizierte Innovationsstrategie

Der Begriff *Strategie* ist seit vielen Jahrhunderten in den verschiedensten Zusammenhängen vorhanden. Der Ursprung kann in der griechischen Antike gefunden werden. Man verstand unter Strategie die Kunst der Heerführung (stratos = Heer, agos = Führer).³⁶⁷ Schuh und Kampker (2011) führen an, dass Anfang des 19. Jahrhunderts der Begriff für militärische Verwendung neu interpretiert wurde.³⁶⁸

Der Duden beschreibt Strategie³⁶⁹ als „genauer Plan des eigenen Vorgehens, der dazu dient, ein militärisches, politisches, psychologisches, wirtschaftliches o.ä. Ziel zu erreichen, und in dem man diejenigen Faktoren, die in die eigene Aktion hineinspielen könnten, von vornherein einzukalkulieren versucht“ Im Sinne einer Unternehmung wird Strategie als grundlegende und langfristige Verhaltensweise gegenüber dem Unternehmensumfeld angesehen.³⁷⁰

Entscheidend für eine kongruente Entwicklungslinie ist eine klar definierte und kommunizierte Innovationsstrategie des Unternehmens. Von dieser gelebten Innovationsstrategie können sämtliche Entscheidungen abgeleitet werden. Die Entwicklungstätigkeiten und -ausrichtung werden schlüssig wahrgenommen.³⁷¹ Es soll klar sein, ob das Unternehmen bspw. seine Ausrichtung technologiegetrieben (demand pull) oder marktgetrieben (market push) festlegt, ob das Unternehmen als Technologieführer oder -folger wahrgenommen werden möchte, ob das Unternehmen vermehrt Kooperationen zur Technologieentwicklung anstrebt, diese selbst entwickeln möchte oder Kompetenzen vollständig akquirieren möchte oder wie Technologien verwertet werden.³⁷²

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁷³ „Eine Innovationsstrategie zu haben, ist schön und gut. Wenn sie dann aber in einer Textdatei festgehalten und am Netzlaufwerk gespeichert wird, und keiner damit etwas anfangen kann, ist sogar der benötigte Speicherplatz am Laufwerk dafür zu schade. Sind Mitarbeiter mit der Innovationsstrategie vertraut, so berücksichtigen sie die Strategie bewusst bzw. unbewusst bereits bei ihrem täglichen Tun. Wir arbeiten effektiver und effizienter. Jeder weiß, in welche Richtung es geht.“

³⁶⁷vgl. Schuh u. Kampker (2011), S. 64

³⁶⁸vgl. ebd.

³⁶⁹vgl. <http://www.duden.de/rechtschreibung/Strategie>, Internetseite aufgerufen am 13. August 2013

³⁷⁰vgl. Amelingmeyer (2002)

³⁷¹In Abschnitt 3.2 werden verschiedene Ausrichtungen hierzu diskutiert.

³⁷²In Abschnitt 2.4 wird die strategische Innovationsausrichtung des Unternehmens behandelt.

³⁷³Interview vom 8. August 2013

Der oben diskutierte wissenschaftliche Hintergrund zur Strategie wird von der interviewten Führungskraft ebenso geteilt. Der angeführte Zusatz „klar definiert und kommuniziert“ ist äußerst entscheidend. Zum einen soll die Innovationsstrategie definiert und klar beschrieben sein. Zum anderen ist es essentiell, dass die Innovationsstrategie insbesondere im Unternehmen kommuniziert und gelebt wird. Führungspersonen und Mitarbeiter sollen mit der strategischen Ausrichtung vertraut sein, sie verstehen und entsprechend handeln.

6.1.3 Fokus auf Kernkompetenzen des Unternehmens in der Entwicklung

Ulrich und Eppinger (2003) führen an, dass zukünftige Produkte erfolgreicher entwickelt werden können, wenn Erfahrungen aus vorangegangenen Entwicklungstätigkeiten vorhanden sind.³⁷⁴ Die Fähigkeit, Know-how und Erfahrung einzusetzen, unterstützt das Unternehmen effektiv eine Produktentwicklung zu betreiben. Den Gedanken des gezielten Einsatzes von Know-how pflegt auch Cooper (2010).³⁷⁵ Das Zusammenspiel der Kernkompetenzen in der Entwicklung sei lebenswichtig für die Unternehmung. Wenn irgendwie „möglich, sollten neue Produkte nur aus einer Position der Stärke heraus in Angriff genommen werden.“³⁷⁶ Aus dem richtigen Einsatz der Kernkompetenzen und dem Zusammenspiel dieser können entscheidende Synergieeffekte genutzt werden.³⁷⁷

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁷⁸ *„Der Löwenanteil unserer Entwicklungstätigkeiten ist an unseren Kernkompetenzen orientiert. Um Know-how aufzubauen, kooperieren wir mit Forschungseinrichtungen, Universitäten und ausgewählten Lieferanten und Kunden. Dadurch gewinnen wir schrittweise mehr Wissen zu neuen Technologien. Erst wenn unser Wissensstand zu bestimmten Technologien auf entsprechendem Niveau ist und wir dieses Wissen für die Entwicklung heranziehen und verwenden können, intensivieren wir den Eigenentwicklungsanteil zum Technologieaufbau.“*

6.1.4 Unterstützung durch das Management

Die Unterstützung durch das (Top-)Management garantiert nach Cooper (2010) zwar nicht den Erfolg, jedoch kann diese Unterstützung auf dem Weg zum Erfolg hilfreich sein.³⁷⁹ Die Unterstützung durch das Management soll dabei nicht in der Form verstanden werden, als wären sie täglich in die Entwicklungsarbeit involviert.

³⁷⁴vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 3

³⁷⁵vgl. Cooper (2010), S. 106 f

³⁷⁶vgl. ebd.

³⁷⁷vgl. ebd.

³⁷⁸Interview vom 8. August 2013

³⁷⁹vgl. Cooper (2010), S. 107

Im Interview mit einer Führungskraft aus der Produktentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁸⁰ *„Bedeutende Entwicklungsprojekte ohne Managementunterstützung realisieren zu wollen, ist ein sehr gewagtes Spiel. Mit einer Unterstützung durch das Management wird uns (Anm.: Projektleiter und -mitarbeiter) der Rücken freigehalten. Das Management übernimmt auch das Lobbying unternehmensintern und vor allem bei möglichen Kunden des entwickelten Produktes. [...] Wir hatten die Erfahrung gemacht, ohne Unterstützung des Top-Managements ein umfangreiches Entwicklungsprojekt zu Ende führen zu wollen. Mit den Widerständen, die sonst durch den ‚Rüstungsschutz‘ des Top-Managements abgeblockt wurden, mussten wir selbst klar kommen. Das Team wurde dadurch stark zerrüttet und der Wille das Projekt tatsächlich abzuschließen schwand nach und nach, bis dann das Projekt auch ‚inoffiziell‘ auf Eis gelegt wurde.“*

Die Sonderstellungsrolle der Technologieentwicklung im Unternehmen ist für die Führungskraft ein wesentlicher Aspekt. Was Cooper (2010) als unterstützend aber nicht zwingend erforderlich einordnet, sieht die Führungskraft als erfolgskritische Anforderung für die Technologieentwicklung und vermittelt dies überzeugend im Gespräch. Ebenso legt die Führungskraft glaubhaft dar, dass das Entwicklungsteam bei fehlender Managementunterstützung mit erheblichen Herausforderungen konfrontiert sei.

6.1.5 Zukunftsorientierte, unterstützende Mitarbeiter

Interdisziplinarität zählt zu den Erfolgsverstärkern bei Innovation.³⁸¹ Die Organisationsstruktur für Produktinnovationen ist ein zentrales Thema. Ausprägungen der Organisation würden sich längerfristig auf die Unternehmenskultur auswirken. Raabe (2011) fand eine positive Korrelation zwischen einer zukunftsorientierten und unterstützenden Unternehmenskultur und dem Erfolg von Innovationen in einer empirischen Untersuchung heraus. Heinrich Nordhoff (Anm.: ehemaliger Vorstandsvorsitzender der Volkswagen AG) wird zitiert: *„Den Wert eines Unternehmens machen nicht die Gebäude, nicht die Maschinen und auch nicht seine Bankkonten aus. Wertvoll an einem Unternehmen sind die Menschen, die dafür arbeiten und der Geist, in dem sie es tun.“*³⁸²

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁸³ *„Die Aussage von Nordhoff sehe ich ebenso. Mitdenkende und mitwirkende Mitarbeiter, die mit Herz und Seele dabei sind, sind das Um und Auf. Ich*

³⁸⁰Interview vom 9. August 2013

³⁸¹vgl. Raabe (2011), S. 4

³⁸²vgl. Internetseite <http://www.perspektive-blau.de/artikel/0912a/0912a.htm> aufgerufen am 9. August 2013

³⁸³Interview vom 8. August 2013

denke, wir haben ein großartiges Entwicklungsteam. Andernfalls kann ich mir den Staatspreis³⁸⁴ nicht erklären. Zusätzlich soll angemerkt sein, auch kompetente und motivierte Mitarbeiter benötigen eine entsprechende Mitarbeiterführung. Der Projektleiter oder der Vorgesetzte im Allgemeinen nimmt die Vorbildrolle ein.“

Die Bedeutung von Mitarbeitern und Mitarbeiterführung teilt die Führungskraft der Produkt- und Prozessentwicklung mit den Erfahrungen bekannter Führungskräfte. Die folgende Aussage von Alfred Sloan (Anm.: ehemaliger Präsident von General Motors) teilt die Führungskraft ebenso: *„Die gleichen Rohstoffe stehen allen zur Verfügung, die gleiche betriebliche Ausstattung wird jedem geliefert, der sie bezahlen kann. Die technische Entwicklung ist im Allgemeinen jedermann zugänglich. Arbeitskräfte können von jedermann zu ungefähr gleichen Bedingungen angeworben werden. Die gleichen Finanzierungsmittel werden jedermann zur Verfügung gestellt, der ein entsprechendes Programm vorlegt und für seine Durchführung gerade stehen kann. Der Unterschied zwischen dem einen und dem anderen Unternehmen besteht nur in der Menschenführung und in der Menschenauswahl.“³⁸⁵*

6.1.6 Klare Rollenverteilung in der Durchführung

Innovationen betreffen nicht nur eine Abteilung, sondern erfordern ein Zusammenspiel von verschiedensten Abteilungen. Ebenso zählt die Verantwortung der Entscheidungsfindung zu den entscheidenden Faktoren. Wer trifft Entscheidungen? Entscheidungsfindung durch ein Team oder eine Person? Cooper (2010) betont die Notwendigkeit von zum einen, einem bereichsübergreifenden, mit Befugnissen ausgestatteten Team und zum anderen einer autoritären Person in der Funktion als Teamleiter.³⁸⁶ Dies wird auch von Raabe (2011) bestätigt.³⁸⁷

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:³⁸⁸ *„Das sogenannte ‚Abteilungsdenken‘ kann in Konzernen einen beachtlichen Einfluss auf das effiziente Erledigen von Tätigkeiten nehmen. Viele Schnittstellen und die Abschottung durch die Funktionsorientierung und Hierarchie der Organisation können für schlanke und flexible Forschungs- bzw. Entwicklungsprojekte sehr hinderlich sein. [...] Aus unserer Erfahrung hat sich gezeigt, dass bedeutende F&E-Projekte eigenständig bzw. frei in der Organisation anzuordnen sind. Wir können damit MitarbeiterInnen aus verschiedenen Abteilungen integrieren und zudem unternehmensweiten Zuspruch für das F&E-Projekt erzielen. [...] Innerhalb des Teams ist zwin-*

³⁸⁴Anmerkung des Autors: Staatspreis für Innovation 2011

³⁸⁵vgl. Internetseite <http://www.teialehrbuch.de/Kostenlose-Kurse/Personalmangement/32330-Der-Mitarbeiter-als-strategischer-Erfolgsfaktor.html> aufgerufen am 8. August 2013

³⁸⁶vgl. Cooper (2010), S. 107

³⁸⁷vgl. Raabe (2011), S. 4

³⁸⁸Interview vom 8. August 2013

gend eine Regelung erforderlich, wer wofür verantwortlich ist. Insbesondere gilt dies bei der Entscheidungsfindung. Ist die Rollenverteilung bzgl. Entscheidungskompetenzen mehr oder minder ‚schlecht‘ geregelt, kann man davon ausgehen, dass das Projekt nicht gut geführt und auch nicht gut ausgeführt wird.“

Entscheidungen innerhalb eines Projektteams dürfen und sollen von der Gruppe getroffen werden.³⁸⁹ Die Aufgabenverteilung innerhalb des Teams soll durch ein selbst organisierendes Team ermöglicht werden. Für jedes Projektteam wird zudem ein Projekt- bzw. Teamleiter eingesetzt. Das Team soll Ausarbeitungen über alternative Verwendungsmöglichkeiten von Ergebnissen aus Projekten, die tendenziell einem Misserfolg zuzuordnen sind, frei entscheiden können.

6.2 Formelle Anforderungen an den Phasenprozess

Formelle Anforderungen beziehen sich auf die Form des Prozesses und der Subphasen, jedoch nicht auf den Inhalt derer. Sie sind maßgeblich dafür, wie der Prozess gestaltet sein soll, wie lange der Prozess dauern soll, ob bspw. Subphasen sequentiell oder parallel durchlaufen werden sollen oder ob bspw. der gesamte Prozess in der Länge kurz, dafür sehr tief strukturiert ist.

6.2.1 Dauer der Technologieentwicklung: 2 bis 2,5 Jahre

Aus den von Ulrich und Eppinger (2003) definierten Faktoren kann die Entwicklungszeit in den Bereich Formalität eingeordnet werden.³⁹⁰ Relevant ist die Entwicklungszeit eines Produktes im Unternehmen insbesondere im Vergleich zum Wettbewerb.³⁹¹ Eine entscheidende Frage, die es zu beantworten gilt, ist: Wie lange darf bzw. soll die Entwicklungsdauer in Bezug auf die Marktbedingungen sein?

Die durchschnittliche Produktlebensdauer von Kältekompressoren liegt bei zehn bis 12 Jahren. Alle drei bis vier Jahre bringen die Hersteller ein Upgrade eines Kältekompressors auf den Markt, so auch das Unternehmen ACC Austria GmbH. Auf Grund der langen Produktlebensdauer erleben neue Plattformen eine Markteinführung im Branchendurchschnitt alle acht bis 14 Jahre.³⁹²

³⁸⁹Anweisung festgehalten in *Memo zur Technologieentwicklung*

³⁹⁰vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 3

³⁹¹vgl. Cooper (2010), S. 107

³⁹²vgl. ACC (2012a), S. 5

Das Unternehmen präsentiert alle zehn Jahre eine neue Plattform. Im Unternehmen nimmt die Produktentwicklungsdauer einer Plattform zwischen sechs bis siebeneinhalb Jahre in Anspruch und ist in drei Phasen gegliedert. Die Dauer jeder Phase ist gleich lang. Der zeitliche Umfang der Technologieentwicklung im Unternehmen entspricht zwei bis zweieinhalb Jahre.

6.2.2 Sinnvoller Ressourceneinsatz (finanziell und personell)

Ulrich und Eppinger (2003) definieren des Weiteren Entwicklungskosten, Cooper (2010) den Ressourceneinsatz und Raabe (2011) führt gut organisiertes Ressourcenmanagement an.³⁹³ Unter Ressourceneinsatz können sowohl finanzielle Ressourcen als auch personelle Ressourcen gezählt werden. Die Entwicklungskosten können demnach als Ressourcen im Allgemeinen gesehen werden. Ebenso gilt es hier, den Einsatz der Ressourcen entsprechend der Unternehmensstrategie anzupassen.

Das Unternehmen ACC hat seine strategische Ausrichtung zur Technologieführerschaft innerhalb der Kältekompressorenbranche festgelegt und möchte den Ressourceneinsatz zur Technologieentwicklung *gering* halten. Unternehmen, die die Strategie der Technologieführerschaft verfolgen, entwickeln die Technologien vorwiegend selbst und haben einen hohen finanziellen und personellen Ressourceneinsatz.³⁹⁴ Gleichzeitig sieht sich das Unternehmen ACC in der Technologiefolgerschaft branchenübergreifend, demnach im Vergleich zur gesamten Maschinenbauindustrie. Technologien, die einen hohen Ressourceneinsatz zum Wissensaufbau benötigen, sollen aus anderen Branchen herangezogen und für den Kältekompressor adaptiert werden. Hierzu dienen vorwiegend Kooperationen³⁹⁵.

6.2.3 In Abschnitte gegliederter Prozess

In Bezug auf die Gestaltung des Prozesses führt Cooper (2010) als unterstützenden Faktor den Stage-Gate-Prozess an. Cooper betont, der Innovationsprozess in vielen Unternehmen sei ein *„reines Flickwerk. Auslassungen und falsche Anweisungen reihen sich aneinander, sodass nicht geschieht, was geschehen müsste, wann es geschehen müsste, und auch nicht in der Qualität, mit der es geschehen müsste.“*³⁹⁶

Ulrich und Eppinger (2003) führen die Möglichkeit zur Rückkopplung zwischen den einzelnen Phasen und zum sequentiellen und parallelen Durchlaufen der Phasen an. Wie oben

³⁹³vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 3, Cooper (2010), S. 107 und Raabe (2011), S. 4

³⁹⁴vgl. Abschnitt 3.2

³⁹⁵Das Eingehen von Kooperationen zur Technologieentwicklung ist ein wesentliches Charakteristikum für Unternehmen der Technologiefolgerschaft. Vgl. Abschnitt 3.2

³⁹⁶vgl. Cooper (2010), S. 123

diskutiert, sollen eine klare Abgrenzung der Phasen und sogenannte Stopp-Weiter-Entscheidungen dem Erfolg mehr dienen. Die von Ulrich und Eppinger angeführten beiden Möglichkeiten würden dies weniger unterstützen und könnten das Controlling erschweren.

Der gesamte Produktentwicklungsprozess des Unternehmens ist in drei Phasen gegliedert. Die beiden letzten Phasen, Vorentwicklung und Industrialisierung, sind ebenso in weitere Abschnitte strukturiert und beinhalten so genannte *Gates*³⁹⁷. Die Technologieentwicklung soll ebenso in einzelne Abschnitte mit Gates gegliedert sein.

6.2.4 Nachvollziehbare Bezeichnung der Phasen

In der wissenschaftlichen Literatur³⁹⁸ wird die sachlogische Abgrenzung der Phasen hinsichtlich einer klaren Abgrenzung der Aufgaben hervorgehoben. Die daraus abgeleiteten Phasenbezeichnungen gewährleisten ein einheitliches Verständnis der Aufgaben. Zudem dient eine inhaltliche Abgrenzung zwischen den jeweiligen Phasen als Motivation, sich mit neuen Aufgaben zu beschäftigen. Die Bezeichnung der jeweiligen Phase ergibt sich aus dem Inhalt der Phasen.

Albert Einstein wird zitiert mit: „*Make everything as simple as possible, but not simpler.*“ Diese Formulierung wird im Unternehmen häufig im täglichen Tun herangezogen. Die Überlegung hier ist, dass Mitarbeiter des Unternehmens aus der Phasenbezeichnung direkt auf den inhaltlichen Fokus der jeweiligen Phase schließen können.

6.2.5 Phasenanzahl zwischen 4 und 6

In der Literatur³⁹⁹ wird eine angemessene Gliederung des Prozesses in einzelne Phasen betont. Ein hoher Detaillierungsgrad würde zu einer zu strikten Festlegung der Aktivitäten führen und den Freiraum der Mitarbeiter eingrenzen. Holmes und Campbell (2004) führen hierzu eine Phasenanzahl von vier bis sechs an, die als angemessen angesehen werden kann.⁴⁰⁰

Die gesamte Dauer der Technologieentwicklung umfasst zwei bis zweieinhalb Jahre. Bei vier bis sechs Phasen in der Technologieentwicklung würde jede Phase zwischen vier und etwas mehr als sieben Monate dauern. Die Durchlaufzeit der einzelnen Phasen im Zuge der

³⁹⁷ vgl. Abschnitt 5.2

³⁹⁸ vgl. Heesen (2009), S. 66; Milling u. Maier (1996), S. 22; Padmore et al. (1998), S. 605; Staudt u. Auffermann (1999), S. 16 f und S. 37; Winkler (1998), S. 38; Kobe (2001), S. 63; Reichert (2002), S. 114 f

³⁹⁹ vgl. ebd.

⁴⁰⁰ vgl. Holmes u. Campbell (2004), S 47

Vorentwicklung und Industrialisierung entspricht einem Zeitraum zwischen fünf und sechs Monaten. Für die Technologieentwicklung sollten ähnliche Durchlaufzeiten festgelegt werden.

6.3 Inhaltliche Anforderungen an den Phasenprozess

Inhaltliche Anforderungen beziehen sich auf Themen, die im Zuge der Technologieentwicklung behandelt werden sollen. Hierbei geht es vor allem um die Fragen: Welche Ergebnisse sollen aus der Technologieentwicklung hervorkommen? Mit welchen Methoden können die Ziele erreicht werden?

6.3.1 Klare Zielformulierung und gelebte Zielorientierung

Raabe (2011) führt eine gelebte Zielorientierung an.⁴⁰¹ Ebenso betont Cooper die klare Zielformulierung.⁴⁰² Ziele, die klar formuliert und verfolgt werden und sich insbesondere messen lassen, lassen sich auch operationalisieren. Wie in Abschnitt 3.2 diskutiert, ist die Unsicherheit über die Leistungsfähigkeit einer Technologie im Anfangsstadium sehr hoch. Gerade hierbei ist es entscheidend, klare Zielvorgaben festzulegen. Eine zu hohe Zielorientierung kann jedoch nach Raabe (2011) auch zu einer starken Ausprägung der Forderung nach sichtbarem Erfolg führen.⁴⁰³

6.3.2 Beleuchtung von technischen Aspekten

Cooper (2010) führt an, dass das Produkt an sich entscheidend für den Erfolg ist.⁴⁰⁴ Für eine quantifizierte Bewertung der Technologien soll das Verbesserungspotential, das mit der jeweiligen Technologie realisiert werden kann, bewertet werden. Zur Bestimmung des Potential werden, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, technische Parameter beleuchtet.

6.3.3 Qualität der Entwicklungstätigkeiten

Ulrich und Eppinger (2003) führen Produktqualität als inhaltliche Voraussetzung an.⁴⁰⁵ Auch Cooper (2010) betont die Qualität der Erarbeitungen.⁴⁰⁶ Bei den Entwicklungstätigkeiten sei es ein entscheidender Vorteil, die *Dinge* schon beim ersten Mal richtig zu machen und

⁴⁰¹vgl. Raabe (2011), S. 4

⁴⁰²vgl. Cooper (2010), S. 107

⁴⁰³vgl. Raabe (2011), S. 48

⁴⁰⁴vgl. Cooper (2010), S. 107

⁴⁰⁵vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 3

⁴⁰⁶vgl. Cooper (2010), S. 107

beim Ausführen der Tätigkeiten auf die Qualität zu achten. Im Projektmanagement werden in Bezug auf Auswirkungen auf die Qualität die drei Elemente Inhalt, Dauer und Aufwand angeführt.⁴⁰⁷ Im Element Inhalt wird die Fragestellung geklärt: Was soll erreicht werden? Im Element Dauer wird geklärt: Bis wann sollen die Ergebnisse vorliegen? Im Element Aufwand wird geklärt: Mit welchem Ressourceneinsatz soll das Projekt bearbeitet werden? Zusammengefasst, die Qualität der Entwicklungstätigkeiten ist von entscheidender Bedeutung und zudem von formellen Einflussfaktoren betroffen. Die Kosten eines Produktes werden insbesondere zu Beginn im Entwicklungsprozess festgelegt. Die Kostenfestlegung erfolgt zwar am Anfang, die Kostenentstehung jedoch erst später.⁴⁰⁸

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:⁴⁰⁹ *„Wer billig kauft, kauft zweimal. Einmal ordentliche Arbeit gemacht, dann kann man lange davon profitieren. [...] Fangen wir erst einmal damit an, halbe Sachen zu machen, wird sich das durch den gesamten Prozess ziehen und womöglich durch's gesamte Unternehmen. Lieber einmal die Aufgaben ordentlich erledigen, dafür sich auf das Ergebnis dann später verlassen können.“* Der Qualitätsgedanke in der Entwicklung spielt für das Management und die Mitarbeiter im Unternehmen eine zentrale Bedeutung.

6.3.4 Fokus auf vielversprechende Entwicklungsthemen

Raabe (2011) beschreibt ein gut organisiertes Portfoliomanagement als Erfolgsfaktor.⁴¹⁰ Dies würde im Sinne einer Fokussierung auf die vielversprechendsten Entwicklungsthemen übergeführt werden können. Zudem werden in den in dieser Arbeit beschriebenen Prozessmodellen Potentialabschätzungen von Ideen und von Märkten berücksichtigt. Im Zusammenhang mit der Anforderung *sinnvoller Ressourceneinsatz* nimmt die Bedeutung über den Fokus auf vielversprechende Entwicklungsthemen entscheidend zu. Stehen lediglich begrenzte Ressourcen zur Verfügung, ist es für eine erfolgreiche Entwicklung erforderlich, diese entsprechend sinnvoll zu investieren.

6.3.5 Beleuchtung von ökonomischen Aspekten

Ulrich und Eppinger (2003) führen Produktkosten als Erfolgsfaktor an.⁴¹¹ Aus Unternehmenssicht können diese in Kostenpotentiale des Produkts (bzw. folglich der Technologien)

⁴⁰⁷ vgl. Wytrzens (2010), S. 25

⁴⁰⁸ vgl. Schweizer (2008), S. 200

⁴⁰⁹ Interview vom 8. August 2013

⁴¹⁰ vgl. Raabe (2011), S. 4

⁴¹¹ vgl. Ulrich u. Eppinger (2003), S. 3

übergeführt werden. Kostenpotentiale werden mittels ökonomischer Parameter beleuchtet.

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:⁴¹² „Wir bewerten beinahe alles vom Kompressor in Euro.⁴¹³ Zum Beispiel: Wir wissen, welchen Betrag der Kunde⁴¹⁴ und der Endkunde⁴¹⁵ für die Einsparung von 1 Kilowattstunde Energieverbrauch im Jahr bereit sind zu bezahlen. [...] Oder: Wenn wir ein Konzept zur Einsparung des Einbauplatzbedarfs des Kompressors im Kühlschrank haben, dann wird die Entscheidung für oder gegen dieses Konzept durch die Wirtschaftlichkeitsrechnung unterstützt. Üblicherweise fallen durch Integration eines neuen Konzepts höhere Kosten in der Fertigung an. Gleichzeitig legen wir rechnerisch dar, wie viel Kühlvolumen durch das neue Konzept gewonnen wird und was der Kunde und der Endkunde bereit sind, dafür zu bezahlen.“

Die Beleuchtung von ökonomischen Aspekten der Technologien soll insbesondere für die Bewertung der Technologien und für die Entscheidungsbildung eine Rolle spielen. Die interviewte Person legte es glaubhaft dar, dass das Unternehmen in der Vergangenheit positive Erfahrungen hiermit gemacht hat.

6.3.6 Sachlogische Abgrenzung der Phasen

In der wissenschaftlichen Literatur⁴¹⁶ wird die sachlogische Abgrenzung der Phasen hinsichtlich einer klaren Abgrenzung der Aufgaben hervorgehoben.⁴¹⁷ Eine inhaltliche Abgrenzung zwischen den jeweiligen Phasen dient als Motivation, sich mit neuen Aufgaben zu beschäftigen. Die Bezeichnung der jeweiligen Phase ergibt sich aus dem Inhalt der Phase.

6.3.7 Orientierung an TRIZ

Die Möglichkeiten von TRIZ wurden bereits intensiv in Kapitel 4 diskutiert.

6.4 Fortschrittsbezogene Anforderungen an den Phasenprozess

Fortschrittsbezogene Anforderungen beziehen sich auf das Controlling des Fortschritts, den Umgang mit Risiken oder auch den Willen und die Fähigkeit Entscheidungen zu treffen.

⁴¹²Interview vom 8. August 2013

⁴¹³Anmerkung des Autors: der Kompressor und seine Subkomponenten werden wirtschaftlich beziffert.

⁴¹⁴Anmerkung des Autors: Kunde im Sinne von direkter Kunde des Unternehmens ACC

⁴¹⁵Anmerkung des Autors: Kunden der Kunden des Unternehmens ACC. Bspw: Endverbraucher

⁴¹⁶vgl. Heesen (2009), S. 66; Milling u. Maier (1996), S. 22; Padmore et al. (1998), S. 605; Staudt u. Auffermann (1999), S. 16 f und S. 37; Winkler (1998), S. 38; Kobe (2001), S. 63; Reichert (2002), S. 114 f

⁴¹⁷Wurde bei den formellen Anforderungen bereits hinsichtlich Phasenbezeichnung angeführt.

6.4.1 Rigoroses Controlling

Ein Verfechter von gnadenlosen Kontrolltribunalen ist Cooper (2010).⁴¹⁸ Er führt an, dass Entscheidungspunkte für einen harten Stopp-Weiter-Entschluss ein zentraler Motivator und Erfolgsfaktor für Projekte sind. *„Ein weiteres Problem besteht in zu vielen Projekten im Verhältnis zu den begrenzten verfügbaren Ressourcen. Dies liegt an der Abneigung, Projekte aufzugeben.“* Die Folge ist, dass sukzessive Ressourcen von Projekten abgezogen werden, es jedoch keinen klaren Schlusstrich gibt, bis die Projekte schließlich nur mehr so wenig Ressourcen erhalten, um gezwungenermaßen als Fehlschläge zu enden.

Das Controlling der Technologieentwicklungsprojekte soll zum einen dem Management als Feedback und Entscheidungsunterstützung dienen, ob die gewünschte Entwicklungsrichtung weiterhin angepeilt wird und über den Fortschritt der jeweiligen Projekte berichten. Zum anderen soll das Controlling den ausführenden Mitarbeitern als Feedback über den Entwicklungsstand innerhalb der Technologieentwicklung dienen.

6.4.2 Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen

Raabe (2011) betont eine gelebte Erfolgsorientierung und die bewusste Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen.⁴¹⁹ Ein mögliches Problem bei der Bewertung und Priorisierung kann im Fehlen eines Schemas liegen.

Im Interview mit der Leitung der Produkt- und Prozessentwicklung werden folgende Aussagen zu diesem Kriterium festgehalten:⁴²⁰ *„Bevor wir die operative Technologieentwicklung starten, soll uns allen klar und bewusst sein, in welchen Bereichen ein entsprechendes Potential zu sehen ist und wo wir folglich die Entwicklung voran treiben sollen. [...] Unter Umständen stoßen wir auf ein Technologiefeld, bei denen wir noch unerfahren sind oder wir das Risiko schwer einschätzen können. Um den Erfolg der Technologieentwicklung zu gewährleisten, müssen wir dennoch einen Weg finden, wie wir mit dieser Unsicherheit umgehen. [...] In der Vergangenheit hat sich oft das schrittweise Vortasten bewährt. [...] Als wir uns damals⁴²¹ ins Neuland der Kunststoffe bewegten, haben wir zunächst über Diplomarbeiten den ersten Schritt gewagt. So haben wir Zugang zu neuem Wissen geschaffen und haben mögliche zukünftige Mitarbeiter kennen gelernt. Waren die Ergebnisse erfolgsversprechend, haben wir weitere finanzielle und personelle Ressourcen darin investiert. Wir haben sukzessive externe Kompetenzen aufgebaut, bis wir sie schließlich vollständig ins Unternehmen integriert haben.“*

⁴¹⁸vgl. Cooper (2010), S. 106 f

⁴¹⁹vgl. Raabe (2011), S. 4

⁴²⁰Interview vom 8. August 2013

⁴²¹Anmerkung des Autors: damals im Sinne von vor 5 Jahren

6.4.3 Fähigkeit, Entscheidungen über stillzulegende Projekte treffen zu können

Neben der Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen und damit auch neue Wege zu beschreiten, gilt es die Kehrseite der Medaille zu betrachten und auch Entscheidungen über stillzulegende Projekte treffen zu können. Wie oben bereits vermerkt, hat eine Entwicklung lediglich bestimmte Ressourcen zur Verfügung. Werden Ressourcen von Projekten schrittweise abgezogen, kann die erwünschte Qualität mit den verbleibenden Ressourcen unter Einhaltung der zeitlichen Vorhaben nicht mehr erreicht werden.⁴²² Entweder man passt die Zielanweisungen für das an Ressourcen reduzierte Projekt an, was jedoch dem kollektiven Strategiegedanken der Technologieentwicklung widerspricht, oder man legt ein Projekt gleich auf Eis.

Zusammenfassung

An Hand von Experteninterviews und Workshopdiskussionen wurden 21 Anforderungen an die Technologieentwicklung identifiziert. Diese können in die vier Gruppen: generelle Anforderungen an die Technologieentwicklung, formelle, inhaltliche und fortschrittsbezogene Anforderungen an den Phasenprozess eingeteilt werden. Im Folgenden dienen die Anforderungen zur Gestaltung des Phasenprozesses, der im nächsten Kapitel behandelt wird.

⁴²²vgl. Abschnitt 6.3.3



7

Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen

In diesem Kapitel wird der entwickelte Phasenprozess vorgestellt. Die Modellierung der Prozessablaufstruktur resultierte aus den Erarbeitungen in den Workshopdiskussionen. Die Ablaufstruktur wurde auf Grund der starken TRIZ-Orientierung an das TRIZ Vorgehensmodell⁴²³ angepasst. Auf Basis der Erkenntnisse aus der Literaturstudie wurden zudem die relevanten Vorteile der in Kapitel 5 vorgestellten Prozessmodelle in den Technologieentwicklungsprozess integriert. Der inhaltliche Schwerpunkt, die Ergebnisse und die Kriterien bei der Überprüfung der Ergebnisse der jeweiligen Phasen wurden auf Basis von Experteninterviews mit dem F&E-Führungskreis definiert. Zudem wurden für das Unternehmen relevante Erkenntnisse aus der Literatur berücksichtigt. Die Auswahl der empfohlenen Methoden für die Bearbeitung der Tätigkeiten basierte zum einen auf Empfehlungen aus der Literatur. Zum anderen wurden die Mitarbeiter, die mit den Methoden arbeiteten, befragt, die für sie am besten geeignetste(n) Methode(n) für die jeweilige Tätigkeit auszuwählen. Erfahrung mit bestimmten Methoden nahm hierbei ebenso Einfluss auf die Auswahl.

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels werden die für den Technologieentwicklungsprozess relevanten Charakteristika der in Kapitel 5 vorgestellten Prozessmodelle behandelt. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Technologieentwicklung werden eingangs schematisch im gesamten Produktentwicklungsprozess dargestellt. Im darauf folgenden Abschnitt wird die Modellierung der Ablaufstruktur vorgestellt. Der Modellierung folgt eine detaillierte Beschreibung der

⁴²³vgl. Abschnitt 4.2

Ergebnisse der jeweiligen Prozessphasen. Am Ende dieses Kapitels werden die Instrumente für das Controlling behandelt, die die Basis für das Kapitel 8 bilden.

Relevante Charakteristika aus den vorgestellten Prozessmodellen

Bei der Gestaltung des Technologieentwicklungsprozesses wurden relevante Charakteristika von den im Kapitel 5 vorgestellten Prozessmodellen berücksichtigt. Nachstehend werden die relevanten Charakteristika für den Technologieentwicklungsprozess der jeweiligen Prozessmodelle angeführt.

- **Brockhoff (1994)**: Er sieht in seinem Modell technische Misserfolge in der Forschung und Entwicklung vor, was zur Möglichkeit führt, den Prozess abzubrechen.
- **Cooper (2010)**: Cooper sieht den Produktentwicklungsprozess als Qualitätsprozess und ordnet Schlüsselaktivitäten zu Beginn ein. Eines der markantesten Charakteristika, die bei der Gestaltung berücksichtigt wurde, ist der Stage-Gate Aufbau des Prozesses. Der Rückblick am Ende wird auch als relevant für das Unternehmen eingestuft.
- **Eversheim (2003)**: Aus dem Prozess von Eversheim werden das Top-Down bzw. Bottom-Up Prinzip und die Zukunftsanalyse mit Trendermittlung und Potentialabschätzung berücksichtigt.
- **Herstatt (2000)**: Die Potentialbewertung kann ebenso bei Herstatt gefunden werden. Des Weiteren integriert er den Einfluss der Strategie.
- **Thom (1992)**: Der Prozess von Thom berücksichtigt den Einfluss aus dem Umfeld und der Stakeholder.
- **Ulrich (2003)**: Die beiden ersten Phasen des Prozesses decken inhaltlich zu großen Teilen die Vorstellungen der Technologientwicklung ab.

7.1 Einordnung der Aufgaben der Technologieentwicklung im gesamten Produktentwicklungsprozess des Unternehmens

In Abbildung 7.1 werden die wesentlichen Fokusthemen der gesamten Produktentwicklung dargestellt. Dabei sind die Themen den jeweiligen Phasen zugeordnet. Aus den bisherigen Überlegungen und der Zuordnung der Fokusthemen können folgende Schwerpunkte für die Technologieentwicklung identifiziert werden:

- Analyse der Situation,
- Zukunftsprognose, Erhebung der Kundenbedürfnisse /-wünsche und Zielbeschreibung,

- Problemidentifikation, -beschreibung, -analyse und -verständnis,
- abstrakte Lösungsgenerierung,⁴²⁴
- Technologiefrüherkennung, -akquise und -schutz,
- spezifische Lösungserarbeitung⁴²⁵ und
- Wissensdokumentation.

Abb. 7.1: 3-phases Prozessmodell für die Entwicklung einer neuen Kompressorplattform: Fokusthemen der jeweiligen Phase



Quelle: eigene Darstellung

Während der Fokus der Technologieentwicklung auf der Wissensgenerierung liegt, wird in der Vorentwicklung an der realen Umsetzung der erstellten Konzepte gearbeitet. In der Vorentwicklung werden hierzu ebenso der technische Bereich abgedeckt sowie der wirtschaftliche. Unter anderem werden aus technischer Sicht Berechnungen und Simulationen durchgeführt. Aus Grob-Skizzen werden am Computer detaillierte Zeichnungen erarbeitet. Die ersten realen Teile (Prototypen) werden häufig mittels Rapid Prototyping hergestellt. Versuche werden an den Prototypen durchgeführt. Aus wirtschaftlicher Sicht werden Kalkulationen zur Bestimmung der Materialkosten in der Herstellung erstellt. Eine weitere wesentliche Kalkulation ist in der Vorentwicklung die Investitionsrechnung in der Fertigung für die darauf folgende Phase Industrialisierung.

In der Industrialisierung werden die Prototypen zu Serienteilen bzw. -produkten weiter entwickelt. Zudem werden Investitionen für den Aufbau der Fertigungsline getätigt. Serienzeichnungen, erste Kundenmuster, Pilotlose, Qualitätstests und -abnahmen, Prüfverfahren

⁴²⁴vgl. TRIZ-Vorgehensmodell Abschnitt 4.2

⁴²⁵vgl. ebd.

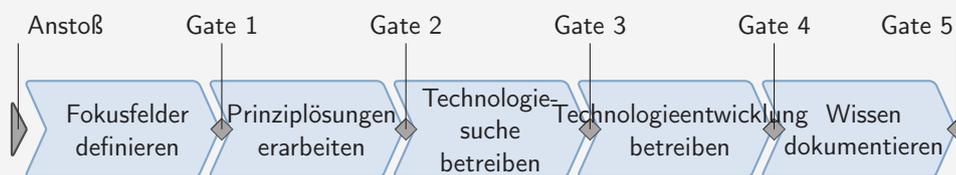
und der Vorverkauf finden in dieser Phase statt.

Abgleich der theoretischen Grundlagen

Die in Abschnitt 3.3 beschriebenen Aufgaben zum Technologiemanagement sind in großen Teilen in der obigen Abbildung 7.1 wieder zu finden. Die *Strategieentwicklung* wird hingegen bereits vor Beginn der Technologieentwicklung gefordert, wie bereits in Abschnitt 6.1 detailliert beschrieben. Die Strategieentwicklung ist somit nicht explizit Aufgabe im Zuge des Technologieentwicklungsprozesses. Die Aufgabe der *Früherkennung von Technologien* wird als Aufgabe der Technologieentwicklung im Unternehmen gesehen. Die *Technologieplanung* wird ebenso als Aufgabe gesehen und dient zur Planung der Technologieentwicklungsprojekte. Die Aufgabe *Entwicklung* der Technologien wird im Unternehmen vorwiegend durch Kooperationen realisiert. Eine reine unternehmensinterne Entwicklung von Technologien findet weniger statt. Die *Verwertung von Technologien* wird ausschließlich unternehmensintern durchgeführt. Lizenzierungen oder sonstige Monetarisierungen von Erfindungen sind aus aktueller Sicht nicht relevant. Der *Schutz von Technologien* spielt hingegen eine entscheidende Rolle. So werden bereits abstrakte Konzeptlösungen zu Patentanmeldungen weiter verfolgt. Zudem werden konkretere Erfindungen, die später in der Vorentwicklung oder auch Industrialisierung hochkommen, ebenso durch Patentanmeldungen geschützt. Die *Bewertung von Technologien* findet in regelmäßigen Abständen im Zuge der Technologieentwicklung statt.

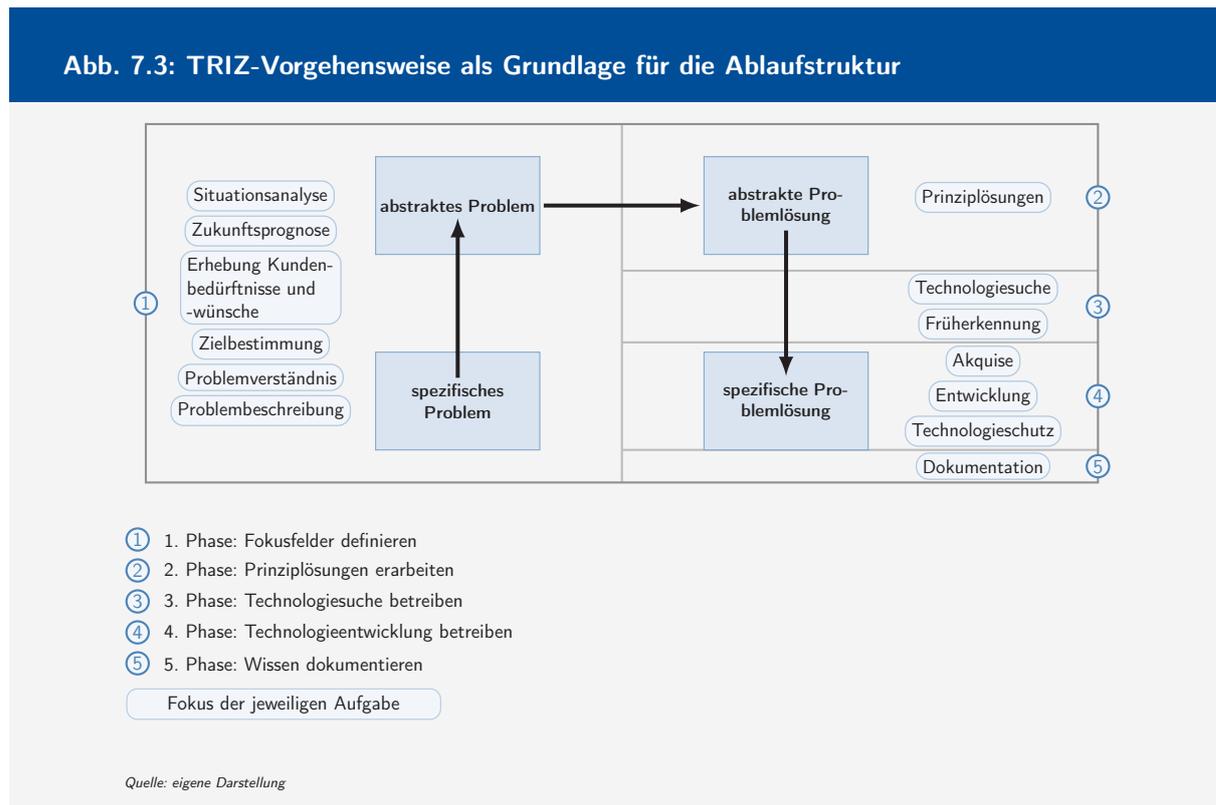
Die Bearbeitung der oben angeführten Fokusthemen der Technologieentwicklung erfolgt entsprechend des Prozesses, schematisch in Abbildung 7.2 dargestellt, im Unternehmen. Der Prozess umfasst insgesamt fünf Phasen, um das gewünschte Ergebnis, aufbereitetes Wissen zu Technologien, zu realisieren.

Abb. 7.2: Der fünf-phasige Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen



Quelle: eigene Darstellung

Die Ablaufstruktur wurde vom TRIZ-Vorgehensmodell abgeleitet. Auf Grund der Fokusthe-
men der Technologieentwicklung ergaben sich zudem geeignete Schnittstellen, die als Meilen-
steine im Prozess dienen und den Prozess in mehrere Abschnitte gliedern. Daraus ergaben
sich fünf Prozessschritte für das Phasenmodell. Der Technologieentwicklungsprozess ist für
Entwicklung von Produkttechnologien ausgelegt, nicht jedoch für die Entwicklung von Fer-
tigungstechnologien. In Abbildung 7.3 wird der Zusammenhang zwischen der erarbeiteten
Ablaufstruktur und dem TRIZ-Vorgehensmodell schematisch abgebildet.



7.2 Modellierung der Ablaufstruktur

Die Beschreibung der Ablaufstruktur umfasst fünf entscheidende Informationen zu den jeweiligen Prozessphasen: Bezeichnung, Auslöser, Zweck, Input und Output. Die Struktur der Phasen ist ähnlich. Jede Phase benötigt einen bestimmten Auslöser, um gestartet zu werden. Jede Phase hat einen exklusiven Zweck, der sich grundlegend von den übrigen Phasen unterscheidet. Werden alle Phasen zusammengebracht, ist der Zweck der Technologieentwicklung vollkommen. Der zeitliche Umfang der einzelnen Phasen ist innerhalb der vorgegebenen Zeit für die Technologieentwicklung variabel gestaltbar.

Die jeweiligen Prozessphasen werden auf Makroebene in diesem Abschnitt beschrieben. In jeder Phase stehen den ausführenden Personen gewisse Ausgangsinformationen zur Verfügung. Auf Basis dieser und mit diesen werden die Tätigkeiten der jeweiligen Phase bearbeitet. Das Team analysiert die Tätigkeiten und leitet die benötigten Ergebnisse ab.

Das Controlling der Technologieentwicklung findet am Ende der Phasen statt. Die jeweiligen Ergebnisse werden hinsichtlich der Anforderungskriterien der dazugehörigen Gates bewertet. Zudem werden die für das Controlling erforderlichen Kennzahlen während der Phasen protokolliert. Erfüllen die Ergebnisse und die Kennzahlen zu einem bestimmten Grad die Anforderungen, so gilt die Phase für das jeweilige Projekt als abgeschlossen. In dieser Arbeit entspricht der Output die Gesamtheit der Ergebnisse, die anhand der Kriterien bewertet und bestätigt wurden.

Phase 1: Fokusfelder definieren

Der Phasenprozess der Technologieentwicklung ist in fünf Phasen gegliedert. Die erste Phase *Fokusfelder definieren*, siehe Abbildung 7.4 dient zur Situationsanalyse, Ziel- und Problembeschreibung. Insbesondere soll das Verständnis des Problems sichergestellt werden. Den Beteiligten soll der Schwerpunkt der Technologieentwicklung bewusst sein. Die wesentlichen Inputinformationen für den Start dieser Phase und somit den Start der Technologieentwicklung sind Unternehmensziele und -strategie, Kompetenzen der Entwicklungsmannschaft, Produkt und Fertigungsverfahren. Den Output bilden die Ziel- und Problembeschreibung, Technologiefelder, Widerspruchstabelle und Projektorganisation.

Abb. 7.4: Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 1: Fokusfelder definieren

**Auslöser:**

Das Management entscheidet, eine neue Produktplattform in den nächsten sechs bis sieben Jahren auf den Markt zu bringen und gibt den Anstoß für die Technologieentwicklung.

Zweck:

Die Prozessphase dient zur Situationsanalyse, Ziel- und Problembeschreibung. Insbesondere soll das Verständnis des Problems sichergestellt werden. Den Beteiligten soll der Schwerpunkt der Technologieentwicklung bewusst sein.

Input:

- Unternehmensziele
- Unternehmensstrategie
- Kompetenzen
- Produkt

**Output:**

- Zielbeschreibung
- Problembeschreibung
- Widerspruchstabelle
- Technologiefelder
- Projektorganisation

Quelle: eigene Darstellung

Phase 2: Prinziplösungen erarbeiten

Entsprechen die Ergebnisse den Anforderungen, wird über den Start der einzelnen Projekte entschieden. Folglich beginnt die Phase 2 *Prinziplösungen erarbeiten*, siehe Abbildung 7.5. Diese Prozessphase dient zur Identifikation der aus TRIZ bekannten Lösungsverfahren, um die gefundenen Widersprüche der Problemstellung(en) auf abstrakter Ebene zu lösen. Der Input für diese Phase stammt direkt aus den Erarbeitungen der vorherigen Phase. Die Qualität der Erarbeitungen aus Phase 2 hängt stark von der Qualität der Erarbeitungen aus Phase 1 ab, insbesondere wie ausführlich das Problemverständnis vorhanden ist. Der Output der Phase 2 *Prinziplösungen erarbeiten* ist dann erreicht, wenn alle Widersprüche mittels mehrerer Lösungsverfahren gelöst sind. Die TRIZ-Widerspruchsmatrix findet in dieser Phase ihre Anwendung.

Abb. 7.5: Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 2: Prinziplösungen erarbeiten



Auslöser:

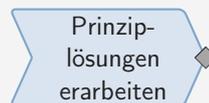
Die Phase 1 ist entsprechend den Gate-Anforderungen abgeschlossen und die Entscheidung für den Start der Projekte wurde gefällt.

Zweck:

Die Prozessphase dient zur Identifikation bekannter Lösungsverfahren, um die gefundenen Widersprüche der Problemstellung(en) auf abstrakter Ebene zu lösen.

Input:

- Zielbeschreibung
- Problembeschreibung
- Technologiefelder
- Widerspruchstabelle
- Projektorganisation



Output:

- alle Widersprüche mittels mehrerer Prinziplösungen gelöst

Quelle: eigene Darstellung

Phase 3: Technologiesuche betreiben

Wurden alle Widersprüche gelöst, kann die Suche nach passenden Technologien beginnen. Die Phase 3 wird gestartet, siehe Abbildung 7.6. Zweck der Prozessphase 3 *Technologiesuche betreiben* ist die Identifikation eventuell in Frage kommender Technologien. Die Suche hierzu soll innerhalb und außerhalb der Domäne⁴²⁶ betrieben werden. Es gilt zu berücksichtigen, dass mit den gefundenen Technologien einzeln oder in Technologiebündeln die Widersprüche gelöst werden können. Der entscheidende Input wird durch die Unternehmenstrategie, Widersprüche und abstrakte Prinziplösungen gewährleistet. Nach Abschluss der Tätigkeiten umfasst der Output eine Liste, Grobbeschreibung und Bewertung der Technologien.

⁴²⁶Anmerkung des Autors: innerhalb der Domäne im Sinne von innerhalb der Kältekompressorenbranche und außerhalb der Domäne im Sinne von branchenübergreifend

Abb. 7.6: Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 3: Technologiesuche betreiben



Auslöser:

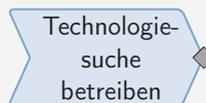
Wurden alle Widersprüche gelöst, kann die Suche nach passenden Technologien beginnen.

Zweck:

Zweck dieser Prozessphase ist die Identifikation eventuell in Frage kommender Technologien innerhalb und außerhalb der Domäne, mit denen einzeln oder in Technologiebündeln die Widersprüche gelöst werden können.

Input:

- Unternehmensstrategie
- Widersprüche
- Prinziplösungen



Output:

- Liste und Grobbeschreibung der Technologien

Quelle: eigene Darstellung

Phase 4: Technologieentwicklung betreiben

Ist bekannt, welche Technologien oder Technologiebündel für das Lösen der jeweiligen Widersprüche in Frage kommen, kann die Phase 4 *Technologieentwicklung betreiben* beginnen. Diese Prozessphase hat zum Zweck, aus den abstrakten Lösungsverfahren in Verbindung mit den gefundenen Technologien bzw. Technologiebündeln spezifische Konzepte (Problemlösungen) zu erarbeiten. Der Output der vorherigen Phase und die Widersprüche bilden den Input für die Tätigkeiten in dieser Phase. Am Ende sollen für alle Widersprüche konkrete, spezifische Lösungskonzepte erarbeitet sein. Dieser Prozessschritt kann als die schwierigste Phase der Technologieentwicklung empfunden werden.

Abb. 7.7: Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 4: Technologieentwicklung betreiben



Auslöser:

Ist bekannt, welche Technologien oder Technologiebündel für das Lösen der jeweiligen Widersprüche in Frage kommen, beginnt die Phase 4.

Zweck:

Diese Prozessphase hat zum Zweck, aus abstrakten Lösungsverfahren mittels der Technologien bzw. Technologiebündeln spezifische Problemlösungen (Konzepte) zu erarbeiten.

Input:

- Widersprüche
- Liste, Grobbeschreibung und Bewertung der Technologien



Output:

- mehrere Lösungskonzepte für jeden Widerspruch
- Patentanmeldungen

Quelle: eigene Darstellung

Phase 5: Wissen dokumentieren

Nachdem die konkreten, spezifischen Lösungskonzepte für die Widersprüche erarbeitet wurden, wird in der letzten Phase *Wissen dokumentieren* das Wissen zu den Technologien und Technologiebündeln dokumentiert. Basierend auf Widersprüchen und Lösungskonzepten wird eine entsprechende Dokumentation erstellt. Die Technologieentwicklung gilt als abgeschlossen, wenn für jeden Widerspruch konkrete, spezifische Lösungskonzepte erarbeitet wurden und das Wissen für die zu verwendenden Technologien dokumentiert wurde.

Abb. 7.8: Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 5: Wissen dokumentieren



Auslöser:

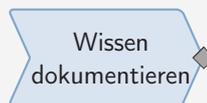
Erarbeitete, spezifische Lösungen für die Widersprüche.

Zweck:

Mit dieser Phase soll das Wissen zu den Technologien dokumentiert werden.

Input:

- Widersprüche
- Lösungskonzepte



Output:

- Dokumentation

Quelle: eigene Darstellung

7.3 Relevanz der TRIZ-Werkzeuge für das Unternehmen

Nachstehend werden die vorgestellten Werkzeuge hinsichtlich ihrer Relevanz für das Unternehmen beleuchtet. Zur Bewertung der Relevanz wurden die Mitarbeiter im Unternehmen, die mit den Methoden arbeiteten, befragt, die für sie am besten geeigneten Methoden auszuwählen. Erfahrung mit bestimmten Methoden nahm hierbei ebenso Einfluss auf die Auswahl.

- **Innovationscheckliste:** Auf Grund des vorgefertigten, umfangreichen Schemas, sieht man im Unternehmen die Gefahr, zu sehr eingeschränkt zu sein. Vielmehr möchte man im Unternehmen die Möglichkeit nutzen, die verschiedenen, verfügbaren TRIZ-Werkzeuge bei Bedarf anzuwenden.
- **Ressourcen:** Die Identifikation aller Ressourcen soll eine fundierte Ausgangslage schaffen, die Problemstellung zu analysieren.
- **Ideales Endergebnis:** Als Kernelement von TRIZ nimmt das *Ideale Endergebnisse* eine rele-

vante Stellung im Problemlösungsprozess für das Unternehmen ein.

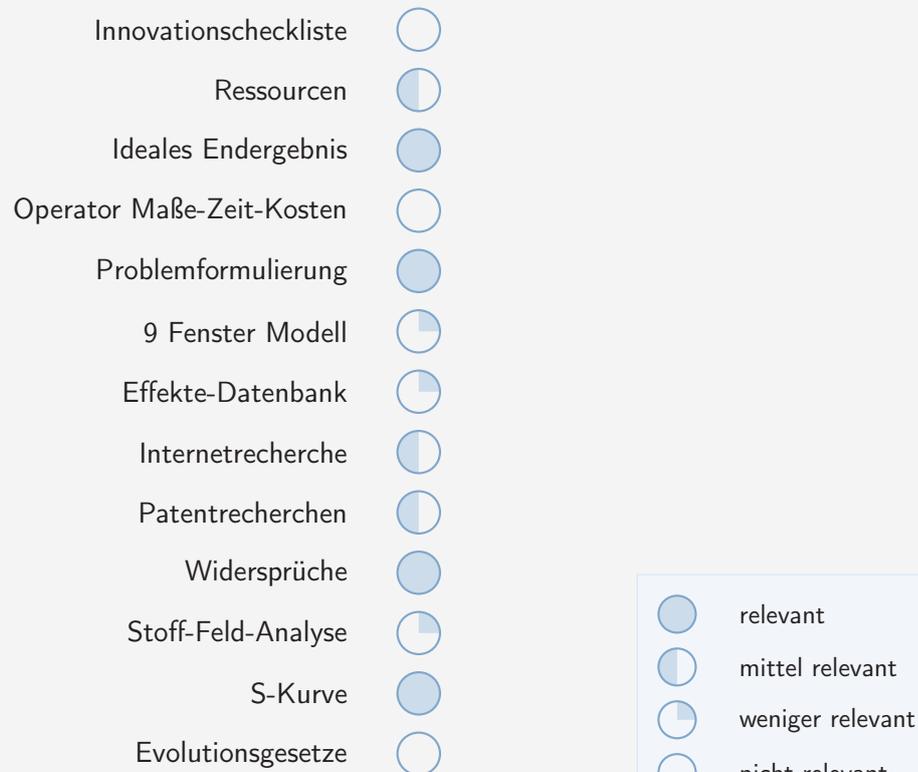
- **Operator Maße-Zeit-Kosten:** Dieses Werkzeug wird auf Grund der fragwürdigen Tauglichkeit hinsichtlich der Gelegenheiten aus der Sicht des Unternehmens als weniger relevant eingestuft.
- **Schlaue Zwerge:** Das Werkzeug *Schlaue Zwerge* ist vor allem Grund des Grundprinzips *Mache dir das Fremde vertraut und entfremde das Vertraute* und der zugrunde liegenden Synektik-Methode von großem Stellenwert für das Unternehmen.
- **Problemformulierung / Funktionsanalyse:** Zur Analyse der Funktion ist das Werkzeug äußerst relevant für das Unternehmen.
- **9 Fenster Modell:** Das Werkzeug kommt in dieser Form weniger zur Anwendung. Die strukturierte Vorgehensweise bei diesem Werkzeug stellt zwar einen wesentlichen Vorteil dar, man möchte jedoch anstelle des *9 Fenster Modells* andere, besser geeignete (aus der Sicht des Unternehmens) Werkzeuge anwenden.
- **Effekte-Datenbank:** Sie stellen einen möglichen Zugang zur Ideenfindung dar, sind für das Unternehmen jedoch weniger relevant.
- **Internet- & Patentrecherchen:** Die Recherchen via Internet und in Patentdatenbanken sind für das Unternehmen von hoher Bedeutung.
- **Widersprüche:** Technische und physikalische Widersprüche gelten neben dem idealen Endergebnis als Hauptbestandteile.
- **Stoff-Feld-Analyse:** Das Werkzeug kann zur Analyse der Problemstellung verwendet werden. Für die Problemanalyse hat man sich im Unternehmen bereits auf ein anderes Werkzeug festgelegt, bei dem man überzeugt ist, aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten.
- **S-Kurve:** Das Werkzeug wurde bereit in den theoretischen Grundlagen zur Technologieentwicklung behandelt. Es soll zur Analyse der historischen Entwicklung von Technologien und zur strategischen Entscheidungsfindung einen Mehrwert für das Unternehmen darstellen.
- **Evolutionsgesetze:** Diese Methode soll auf Grund bisheriger minder erfolgversprechender Erfahrungen nicht verwendet werden.

In nachstehender Abbildung 7.9 wird die oben qualitativ beschriebene Relevanz der Werkzeuge abgebildet. Dabei werden vier Stufen der Relevanz unterschieden: relevant, mittel relevant, weniger relevant und nicht relevant.

7.4 Detailbeschreibung der Phasenergebnisse

Im Folgenden werden die Phasen im Detail beschrieben.

Abb. 7.9: Schematische Darstellung der TRIZ-Werkzeuge hinsichtlich ihrer Relevanz für das Unternehmen



Quelle: eigene Darstellung

7.4.1 Anstoss zur Technologieentwicklung

Der erste Hinweis, um den Prozess der Entwicklung einer neuen Plattform zu starten, ist gegeben, wenn ein Problem bzw. ein Unbehagen mit der aktuellen Situation wahrgenommen wird. Der Prozess der Technologieentwicklung beginnt, wenn die Forderung nach einem neuen und deutlich *besseren* Produkt bewusst wird und hierzu die Entscheidung für ein neues Produkt und somit für den Start der Technologieentwicklung getroffen wurde. Die Entscheidung für den Beginn des Prozesses wird im Unternehmen vom Management der Forschung und Entwicklung in Abstimmung mit der Unternehmensführung getroffen. Mit dem Anstoß der Technologieentwicklung sollen drei wesentliche Informationen bereit gestellt werden:

→ **Unternehmensziel(e), Unternehmens- und Innovationsstrategie:** Entscheidend für eine kongruente Entwicklungslinie ist eine klar definierte und kommunizierte Strategie des Un-

ternehmens und die dazugehörigen Ziele. Von dieser gelebten Strategie können sämtliche Entscheidungen abgeleitet werden. Die Entwicklungstätigkeiten und -ausrichtung werden schlüssig wahrgenommen.

- **Grobziel der Produktentwicklung:** „Nur wer sein Ziel kennt, findet den Weg.“ von Lao-tse beschreibt deutlich die Wichtigkeit eines Zieles. Für den Technologieentwicklungsprozess ist es relevant zu wissen, ob ein neuer Kompressor, ein Kühlsystem oder ein gesamte Kühl-schrank entwickelt wird. Die beteiligten und zukünftigen Stakeholder können für die eben angeführten drei Grobziele unterschiedlich sein. Die Rahmenbedingungen innerhalb der Forschungs- und Entwicklungsstruktur können hierzu ebenso variieren. Der Aufwand, um das jeweilige Produkt und auch die Technologieentwicklung zu realisieren, hängt zudem von den verfügbaren Ressourcen und dem verfügbaren Know-how im Unternehmen ab.

- **Erstprojektstruktur:** Das Bereitstellen der Erstprojektstruktur umfasst die finanziellen und personellen Ressourcen für die erste Phase der Technologieentwicklung. In dieser Phase wird der Fokus der Technologieentwicklung festgelegt und auch die erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen für die weiteren vier Prozessphasen bereitgestellt und zugeordnet. Ein wesentlicher Aspekt der Erstprojektstruktur ist die Teamzusammensetzung und Rollenverteilung.

7.4.2 Fokusfelder definieren

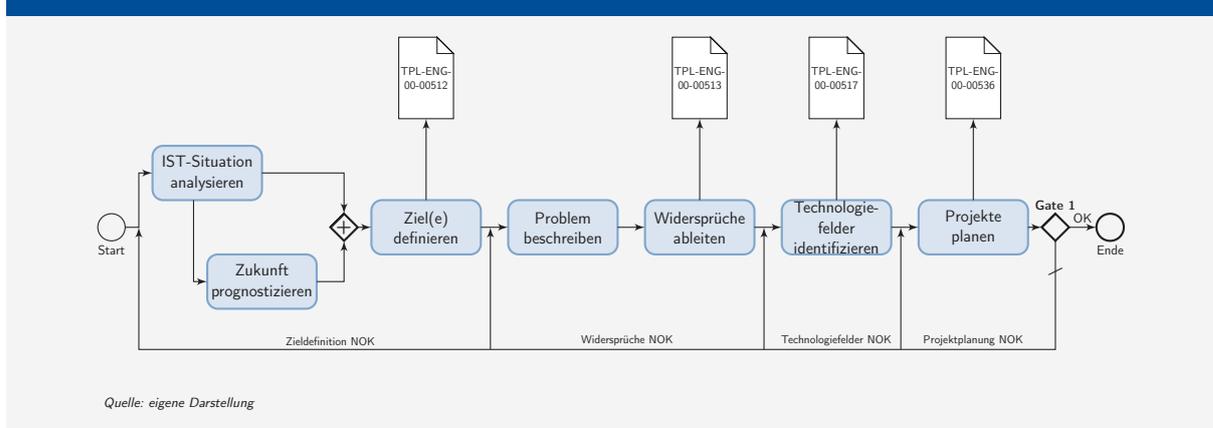
Die Prozessphase *Fokusfelder definieren* besteht aus insgesamt sieben Schritten, die in Abbildung 7.10 als Prozess dargestellt sind. Nachstehend werden zunächst die Kriterien für das Gate 1 je Ergebnis spezifiziert. Dieser Spezifizierung folgt eine detaillierte Ergebnisbeschreibung. Am Ende dieses Abschnitts werden der Prozessablauf für die Realisierung der Ergebnisse erläutert und die vorgeschlagenen Methoden angeführt. Die Struktur der Beschreibung wird für jede Phase angewandt.

7.4.2.1 Gate-Kriterien

Die Kriterien für das Gate 1 sind je Ergebnisteil spezifiziert:

- **Zielbeschreibung:**
 - ✓ Das in weiterer Folge fertig entwickelte Produkt ist durch ein Wort oder einen Satz beschrieben.

Abb. 7.10: Prozess der Tätigkeiten der Phase 1: Technologiefelder definieren



- ✓ Die USP⁴²⁷ des Produktes sind durch aussagekräftige Charakteristika ausgedrückt.
- ✓ Die Ist- und Zielwerte der technischen Produktdaten sind zumindest durch die Parameter Leistungszahl, Materialkosten, Schalldruckpegel und Baugröße angegeben.
- ✓ Für das Produkt ist das Verbesserungspotential in Euro angegeben.
- ✓ Für jede Komponente ist das Verbesserungspotential in Euro aufgeschlüsselt.

→ **Problembeschreibung:**

- ✓ Für jede zu verbessernde Komponente wurde zumindest ein Widerspruch definiert.
- ✓ Ein Widerspruch besteht aus je einem zu verbessernden Parameter und je einem sich verschlechternden Parameter.
- ✓ Die Parameter zur Widerspruchsbeschreibung entstammen aus den 39 technischen Parametern laut TRIZ.
- ✓ Die Widersprüche wurden hinsichtlich ihres Verbesserungspotentials bewertet.
- ✓ Die Summe der hinsichtlich des Verbesserungspotentials bewerteten Widersprüche entspricht dem wertmäßigen Verbesserungspotential des gesamten Produktes.

→ **Technologiefelder:**

- ✓ Es wurden aussagekräftige Technologiefelder definiert.
- ✓ Jeder Widerspruch wurde zumindest einem, jedoch maximal zwei⁴²⁸ Technologiefeldern zugeordnet.

⁴²⁷ engl. unique selling proposition [Abk.: USP] USP ist ein „*einzigartiges Verkaufsversprechen bei der Positionierung einer Leistung. Der USP soll durch Herausstellen eines einzigartigen Nutzens das eigene Produkt von den Konkurrenzprodukten abheben und den Konsumenten zum Kauf anregen.*“ Vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/unique-selling-proposition-usp.html> aufgerufen am 13. Dezember 2013

⁴²⁸ Die Zuordnung zu höchstens zwei Technologiefeldern wurde in den Workshopdiskussionen als geeignet befunden.

- ✓ Das Verbesserungspotential der Widersprüche wurde wertmäßig auf die Technologiefelder übertragen.
- ✓ Die Technologiefelder wurden priorisiert.

→ **Projektaufträge:**

- ✓ Die Projektaufträge umfassen Ziel des Projekts, Fertigstellungstermin, Arbeitspaketeliste, verfügbare finanzielle und personelle Ressourcen, Teammitglieder, Teamleiter und Rollenverteilung.
- ✓ Die Höhe der verfügbaren Ressourcen ist für die Zielerreichung plausibel.
- ✓ Der Fertigstellungstermin ist realistisch.
- ✓ Die Projektaufträge wurden vom Auftraggeber und Auftragnehmer erteilt.

7.4.2.2 Beschreibung des Ergebnisse

Die **Zielbeschreibung** beinhaltet die Bezeichnung des in weiterer Folge fertig entwickelten Produktes. Zudem beinhaltet sie die Darlegung der besonderen Merkmale dessen und umfasst die wesentlichen, bezifferten Parameter⁴²⁹ je Komponente des Produktes abgebildet in einem Strukturbaum. Im Strukturbaum werden für jede Komponente die Verbesserungspotentiale der jeweiligen Parameter abgebildet. Das Verbesserungspotential eines ökonomischen Parameters entspricht der Differenz aus seinem Ist- und dem Zielwert. Sind Werte eines Parameters auf physikalische Einheiten bezogen, wie zum Beispiel die Bauraumgröße in dm^3 (Kubikdezimeter), so sind diese zusätzlich in ökonomische Einheiten zu transferieren (z.B. $1 \Delta\text{dm}^3 \hat{=} 0,3 \text{ €}$). Die Differenz aus dem Ist- und Zielwert für die Bauraumgröße sei $1 \Delta\text{dm}^3$ und entspricht somit einem Verbesserungspotential von $0,3 \text{ €}$.⁴³⁰ Dieser Transfer gilt ebenso für dimensionslose Parameter, wie bspw. die Leistungszahl (COP) oder für Parameter mit qualitativer Beschreibung. Auf Grund der hoch qualitativen Charakteristik der Technologieentwicklung soll durch die Quantifizierung der Grundstein für eine fundierte Entscheidungsfindung gelegt werden. Addiert man alle Euro-Beträge der Verbesserungspotentiale je Komponente, erhält man das Gesamtverbesserungspotential des Kompressors in Euro. Die Ergebnisse zur Zielbeschreibung werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00512 in der Wissensdatenbank *ACC Space* des Unternehmens gespeichert.

⁴²⁹Parameter wie Leistungszahl, Kälteleistungsbereich, Kosten (Material-, Lohn- und Maschinenkosten), Geräusch und benötigter Bauraum im Kühlgerät. Vgl. Abschnitt 2.5
Komponenten wie Gehäuse, Antrieb, Steuerung, Verdichtereinheit, Saug- und Druckstrecke, Kühltischverbindung

⁴³⁰Der für den Transfer der physikalischen Parameter in ökonomische Parameter benötigte Algorithmus wurde im Unternehmen entwickelt. Die Details des Algorithmus dürfen auf Grund von Vertraulichkeitsbestimmungen nicht in dieser Arbeit veröffentlicht werden.

Die **Problembeschreibung** entspricht der Widerspruchstabelle je Komponente. Die Widerspruchstabelle umfasst die Widersprüche der jeweiligen Komponente. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass ein Widerspruch aus je einem zu verbesserten Parameter und je einem sich verschlechternden Parameter besteht.⁴³¹ Die Parameter zur Problembeschreibung bzw. Widerspruchsbeschreibung werden aus den 39 technischen Parametern von TRIZ entnommen. Zudem sollen die verwendeten Parameter hinsichtlich ihrer Ausprägung beschrieben werden. Des Weiteren werden die Widersprüche je Komponente hinsichtlich ihres Verbesserungspotentials gewichtet. Die Ergebnisse zur Problembeschreibung werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00513 in der Wissensdatenbank gespeichert.

In Abbildung 7.11 wird eine Bewertung des Verbesserungspotentials von 18 Widersprüchen dargestellt, die der Widerspruchsbewertung des Unternehmens entspricht. Bemerkenswert hierbei ist, dass wenige Widersprüche einen hohen Wertanteil der gesamten Wertemenge besitzen und viele Widersprüche einen geringen. Der Fokus aller Widersprüche kann in zehn Technologiefeldern gefunden werden. Wie in der Abbildung dargestellt, wurde jeder Widerspruch zwei Technologiefeldern zugeordnet. Am Beispiel von Widerspruch 12 wird dies farblich hervor gehoben.

Die Kategorisierung der **Technologiefelder** entsprechend einer ABC-Analyse⁴³² zur Prioritätensetzung unterstützt die Entscheidungsträger der Technologieentwicklung, die Ressourcen (finanziell und personell) für die Projekte schwerpunktmäßig zu verteilen und die Wichtigkeit eines Technologiefeldes zu identifizieren. Die Widersprüche werden in einem, jedoch maximal in zwei Technologiefelder mit gleichen Anteilen wertspezifisch eingeordnet. Hierzu werden entsprechende Bezeichnungen für Technologiefelder festgelegt. Der Wert eines Technologiefeldes entspricht der Summe der Widerspruchswerte, die dem Technologiefeld zugeordnet sind. Die Summe der Technologiefelderwerte ergibt wiederum das Verbesserungspotential des Kompressors.

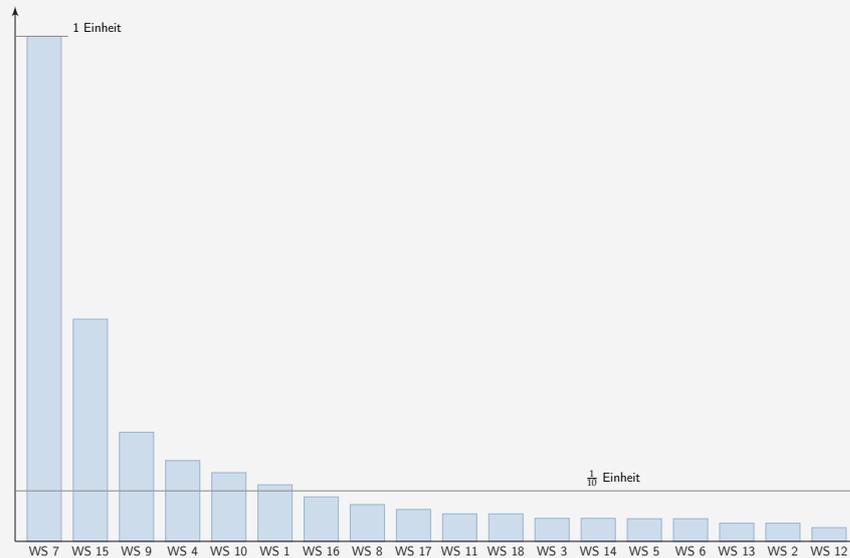
Ein Technologiefeld kann somit zum einen durch die Anzahl der zugeordneten Widersprüche und zum anderen durch das Verbesserungspotential und zudem mittels ABC-Analyse hinsichtlich seiner Priorität beziffert werden. Die Ergebnisse zu den Technologiefeldern werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00517 in der Wissensdatenbank gespeichert. Wild (2002) schlägt für die ABC-Analyse eine Kategorisierung in die drei Gruppen A, B und C nach folgenden Kriterien vor:⁴³³

⁴³¹vgl. Abschnitt 4.2.2

⁴³²„Die ABC-Analyse ist ein Verfahren zur Bestimmung der Schwerpunkte und Untersuchungen.“ Vgl. Cordts u. Lensing (1987), S. 2

⁴³³vgl. Wild (2002), S. 40

Abb. 7.11: Schematische Darstellung einer Bewertung des Verbesserungspotentials von 18 Widersprüchen (WS) und die Zuordnung zu Technologiefelder (TF)



- TF 1 = {WS 7}
 TF 2 = {WS 12, WS 14, WS 15}
 TF 3 = {WS 3, WS 5, WS 9, WS 12}
 TF 4 = {WS 2, WS 4, WS 6, WS 8, WS 11, WS 16, WS 17, WS 18}
 TF 5 = {WS 7, WS 8, WS 10, WS 11, WS 13, WS 14}
 TF 6 = {WS 1, WS 3, WS 6, WS 15, WS 17}
 TF 7 = {WS 2, WS 4, WS 5, WS 13, WS 16, WS 18}
 TF 8 = {WS 1}
 TF 9 = {WS 10}
 TF 10 = {WS 9}

Quelle: eigene Darstellung

A: ca. 10 % der Einheiten mit einem Wertanteil von 66,6 %

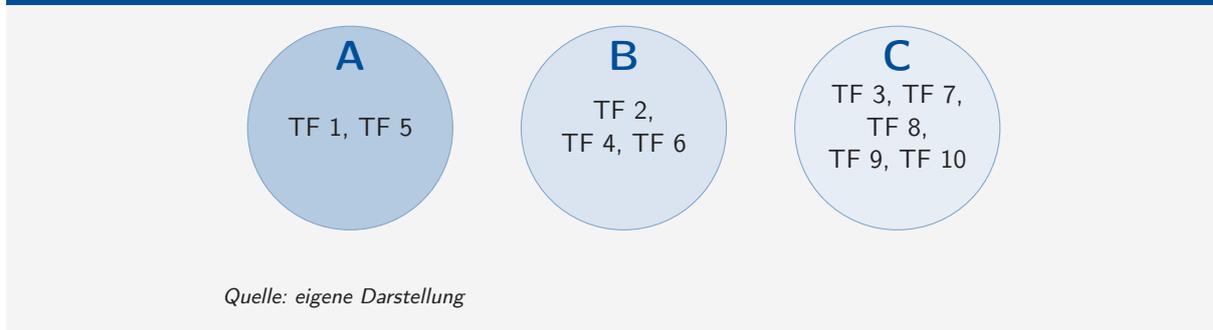
B: ca. 20 % der Einheiten mit einem Wertanteil von 23,3 %

C: ca. 70 % der Einheiten mit einem Wertanteil von 10,1 %

Die ABC-Gruppierung unter Zuhilfenahme einer ABC-Analyse für das oben angeführte Beispiel kann zu einer Zuordnung von zwei Technologiefeldern (TF) in Gruppe A, drei TF in Gruppe B und fünf TF in Gruppe C führen. Die Gruppierung ist in Abbildung 7.12 schematisch dargestellt.

Die Berechnung der Wertigkeit der Technologiefelder dient insbesondere der Identifizierung der Schwerpunkte in der Technologieentwicklung. Die Entscheidungsträger können auf

Abb. 7.12: Schematische Darstellung der ABC-Gruppierung der Technologiefelder (TF)



Basis der Wertigkeit eines Technologiefeldes die finanziellen und personellen Ressourcen direkt proportional dem dazugehörigen Technologieentwicklungsprojekt zuordnen.

In den **Projektaufträgen** sind die Ziele jedes Projektes und das Fertigstellungsdatum festgehalten. Die für die Zielerreichung notwendigen Arbeitspakete werden definiert und hierin ebenso abgebildet. Projektteamzusammenstellung, Rollenverteilung und Entscheidungsbefugnisse und die dafür verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen⁴³⁴ sollen für klare Verhältnisse sorgen. Die Ergebnisse zu den Projektaufträgen werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00536 in der Wissensdatenbank gespeichert.

7.4.2.3 Prozessablauf und empfohlene Methoden zur Bearbeitung

Die in Abbildung 7.10 dargestellten sieben Schritte werden nachstehend hinsichtlich des Zwecks beschrieben. Zudem werden für jeden Schritt empfohlene Methoden zu Bearbeitung angeführt. Die Struktur der Beschreibung der einzelnen Schritte wird für jede Phase angewandt.

IST-Situation analysieren

Zweck: Der erste Schritt der Technologieentwicklung hat zum Zweck, ein Verständnis über den Status-Quo des Produktes zu schaffen. Das Ziel ist eine Gliederung des Produktes in seine Systembestandteile in Form einer Modelldarstellung. Zudem sollen sämtliche Funktionen der Systembestandteile in Form von Ursache-Wirkungs-Beziehungen dargestellt sein.

Empfohlene Methoden: Funktionsanalyse,⁴³⁵ Benchmark (Mitbewerberanalyse)

⁴³⁴Anmerkung des Autors: Personelle Ressourcen im Sinne von Personenstunden

⁴³⁵vgl. Abschnitt *Problemformulierung* in Abschnitt A.1.1

Zukunft prognostizieren

Zweck: Im zweiten Schritt wird die zukünftige Entwicklung des Marktes, die Erwartungen der Stakeholder und die Veränderungen der Rahmenbedingungen prognostiziert. Ziel dieses Schrittes ist es, ein Bild von der möglichen Zukunft zu zeichnen.

Empfohlene Methoden: Lead-User-Analyse, Quality Function Deployment, S-Kurve⁴³⁶ in Kombination mit Expertenbefragung, Patent- und Internetrecherche⁴³⁷

Ziel(e) definieren

Zweck: Dieser Schritt bezweckt eine qualitative⁴³⁸ und quantitative⁴³⁹ Beschreibung des Sollzustandes. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00512 dokumentiert.

Empfohlene Methode(n): Ideales Endergebnis⁴⁴⁰

Problem beschreiben

Zweck: Der Schritt *Problem beschreiben* dient zur Schaffung des Verständnisses über das Problem. Insbesondere geht es um die Beschreibung des spezifischen Problems, weshalb zum aktuellen Zeitpunkt der Sollzustand nicht erreicht werden kann. Die Beschreibung des spezifischen Problems entspricht dem abschließenden Teil des 1. Schrittes aus dem TRIZ Vorgehensmodell⁴⁴¹.

Empfohlene Methode(n): Funktionsanalyse⁴⁴²

Widersprüche ableiten

Zweck: Die Beschreibung des spezifischen Problems soll an Hand der verfügbaren TRIZ-Parameter in ein abstraktes Problem übergeführt werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00513 dokumentiert. Der Schritt *Widersprüche ableiten* entspricht dem 2. Schritt aus dem TRIZ Vorgehensmodell.⁴⁴³

Empfohlene Methode(n): Parameteridentifikation und -beschreibung sowie Parametervergleich zur Widerspruchsbildung mittels Widerspruchsmatrix,⁴⁴⁴ Separationsprinzipien⁴⁴⁵

⁴³⁶vgl. Abschnitt 3.2.2.2

⁴³⁷vgl. Abschnitt *Patentrecherche* und *Internetrecherche* in Abschnitt A.1.1

⁴³⁸durch Worte

⁴³⁹durch Parameter mit dazugehörigen Werten

⁴⁴⁰vgl. Abschnitt 4.1.2

⁴⁴¹vgl. Abschnitt 4.2.1

⁴⁴²vgl. Abschnitt *Problemformulierung* in Abschnitt A.1.1

⁴⁴³vgl. Abschnitt 4.2.1

⁴⁴⁴vgl. Anhang A.2

⁴⁴⁵vgl. Abschnitt 4.2.3

Technologiefelder identifizieren

Zweck: Dieser Schritt bezweckt die Kategorisierung der Widersprüche in Fokusfelder. Auf Basis der Kategorisierung und der Bewertung des Potentials eines Technologiefeldes können die Entscheidungsträger den Schwerpunkt der Technologieentwicklung festlegen und steuern. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00517 dokumentiert.

Empfohlene Methode(n): Expertenbefragung

Projekte planen

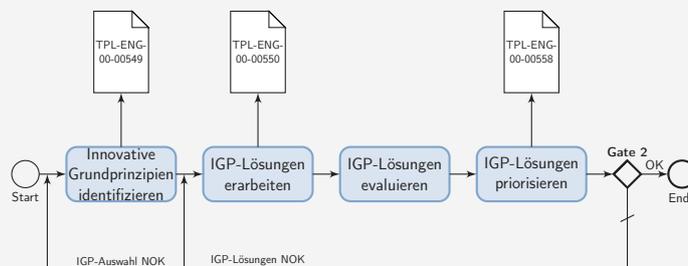
Zweck: Die Projektplanung für die folgenden vier Prozessphasen der Technologieentwicklung soll durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00536 dokumentiert.

Empfohlene Methode(n): keine besonderen Methoden erforderlich

7.4.3 Prinziplösungen erarbeiten

Die Prozessphase *Prinziplösungen erarbeiten* besteht aus insgesamt vier Schritten, die in Abbildung 7.13 als Prozess dargestellt sind.

Abb. 7.13: Prozess der Tätigkeiten der Phase 2: Prinziplösungen erarbeiten



Quelle: eigene Darstellung

7.4.3.1 Gate-Kriterien

Die Kriterien für das Gate 2 sind je Ergebnisteil spezifiziert:

- **Innovative Grundprinzipien:**
 - ✓ Für jeden Widerspruch wurden innovativen Grundprinzipien identifiziert.
- **Abstrakte Prinziplösungen:**
 - ✓ Jeder Widerspruch ist mittels abstrakter Prinziplösungen gelöst.

- ✓ Die Entscheidungsträger bestätigten zumindest⁴⁴⁶
 - ✓ zehn zukunftssträchtige Prinziplösungen je Widerspruch eines Technologiefelds der Kategorie A⁴⁴⁷.
 - ✓ fünf zukunftssträchtige Prinziplösungen je Widerspruch eines Technologiefelds der Kategorie B.
 - ✓ drei zukunftssträchtige Prinziplösungen je Widerspruch eines Technologiefelds der Kategorie C.

7.4.3.2 Beschreibung des Ergebnisse

Die Identifikation der **innovativen Grundprinzipien** (IGP) für jeden Widerspruch stellt die Ausgangslage für diesen Abschnitt der Technologieentwicklung dar. Als Ergebnis sollen sämtliche Widersprüche in einer tabellarischen Übersicht mit den identifizierten Grundprinzipien dargestellt und beschrieben sein.

Wie in Abschnitt 4.2.3 am Beispiel der Getränkedose ausführlich dargelegt, kann ein spezifisches Problem nach Transformierung in ein abstraktes Problem durch mehrere Widersprüche beschrieben werden. Überträgt man den Widerspruch in die Widerspruchsmatrix kann man aus den jeweiligen Matrixzellen die IGP zum Lösen des betroffenen Widerspruchs identifizieren. Die Ergebnisse hierzu werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00549 in der Wissensdatenbank gespeichert. In Abbildung 7.14 ist beispielhaft ein Auszug aus der Widerspruchstabelle abgebildet.

Auf Basis der identifizierten IGP sollen **abstrakte Prinziplösungen** erarbeitet werden. Die Beschreibung des jeweiligen IGP liefert den gedanklichen Anstoß, um dieses IGP auf die Problemstellung anzuwenden. Das Ergebnis soll aus Prinzipskizzen und schriftliche Erläuterungen bestehen. Die erarbeiteten Prinziplösungen werden eingescannt und elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00550 in der Wissensdatenbank gespeichert. Die erarbeiteten Prinziplösungen werden ebenso hinsichtlich ihres Potentials evaluiert und folglich priorisiert. Die Ergebnisse werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-559 gespeichert, siehe Beispiel in Abbildung 7.15

7.4.3.3 Prozessablauf und empfohlene Methoden zur Bearbeitung

Die in Abbildung 7.13 dargestellten Schritte werden nachstehend hinsichtlich des Zwecks beschrieben. Zudem werden für jeden Schritt empfohlene Methoden zur Bearbeitung ange-

⁴⁴⁶Die jeweilige Anzahl der zukunftssträchtigen Prinziplösungen wurde in den Experteninterviews von der F&E-Führungskraft empfohlen.

⁴⁴⁷Anmerkung des Autors: Kategorie A laut ABC-Analyse

Abb. 7.14: Auszug aus der Widerspruchstabelle mit identifizierten Grundprinzipien für drei Widersprüche

WS	Gruppen		IGP	IGP-Titel
WS 7	A	A	2	Abtrennung
			26	Kopieren
			29	Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen
			40	Anwendung zusammengesetzter Stoffe
WS 4	B	C	10	Vorgezogene Wirkung
			15	Dynamisierung
			14	Kugelähnlichkeit
			7	„Steckpuppe“
WS 15	B	B	13	Funktionsumkehr
			17	Übergang zu höheren Dimensionen
			35	Veränderung des Aggregatzustandes

WS ... Widerspruch

IGP ... innovatives Grundprinzip

Gruppen ... ABC-Gruppen der Technologiefelder, denen der Widerspruch zugeordnet ist

Quelle: eigene Darstellung

Abb. 7.15: Ergebnisauszug der priorisierten, abstrakten Prinziplösungen für einen Widerspruch auf Basis zweier innovativer Grundprinzipien

WS	Gruppen		IGP	PL-Nr	PL-Titel	Priorität
WS 7	A	A	2	IGP02-WS07-001	„Splitting“	Hoch
				IGP02-WS07-002	Schräg geteilt	Niedrig
				IGP02-WS07-003	Wellig abgetrennt	Hoch
				IGP02-WS07-004	Einfach abgetrennt	Mittel
			26	IGP26-WS07-005	Duplikat	Mittel
				IGP26-WS07-006	Gespiegelt	Hoch

WS ... Widerspruch

IGP ... innovatives Grundprinzip

Gruppen ... ABC-Gruppen der Technologiefelder, denen der Widerspruch zugeordnet ist

PL ... Prinziplösung

Priorität: Hoch - Mittel - Gering

Quelle: eigene Darstellung

führt.

Innovative Grundprinzipien identifizieren

Zweck: Dieser Schritt bezweckt die Identifikation der innovativen Grundprinzipien für jeden Widerspruch. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00549 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Widerspruchsmatrix⁴⁴⁸

Prinziplösungen erarbeiten

Zweck: Dieser Schritt bezweckt eine Überführung der innovativen Grundprinzipien in Prinziplösungen für die Problemstellungen.

Empfohlene Methoden: Methode 6-5-3, Schlaue Zwerge,⁴⁴⁹ Galeriemethode, Patent- und Internetrecherche⁴⁵⁰

Prinziplösungen evaluieren

Zweck: Mit diesem Schritt sollen die Prinziplösungen hinsichtlich ihres Potential qualitativ evaluiert werden.

Empfohlene Methoden: Präsentation, Expertenbefragung, Ja-Nein-Vielleicht-Bewertung⁴⁵¹

Prinziplösungen priorisieren

Zweck: Die qualitativ evaluierten Prinziplösungen sollen in diesem Schritt priorisiert werden und in verschiedene Prioritätsklassen eingeordnet werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00558 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: ABC-Analyse

7.4.4 Technologiesuche betreiben

Die Prozessphase *Technologiesuche betreiben* besteht aus insgesamt zwei Schritten, die in Abbildung 7.16 als Prozess dargestellt sind.

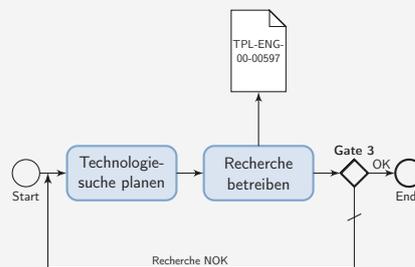
⁴⁴⁸vgl. eingelegter A3-Bogen mit dem Titel *Widerspruchsmatrix*

⁴⁴⁹vgl. Abschnitt *Schlaue Zwerge* in Abschnitt A.1.1

⁴⁵⁰vgl. Abschnitt *Patentrecherche* und *Internetrecherche* in Abschnitt A.1.1

⁴⁵¹Die *Ja-Nein-Vielleicht-Bewertung* ist eine qualitative Gruppenbewertungsmethode, deren Ergebnis quantifiziert wird. Die Gruppenmitglieder geben ihre Stimme zur Unterstützung bspw. einer Idee mit *Ja* ab. Die *Ja*-Stimme wird mit 3 Punkten gewertet. Eine Gegenstimme wird mittels *Nein* bekannt gegeben und wird mit -3 Punkten gewertet. Ist ein Gruppenmitglied nicht vollkommen von dieser Idee überzeugt, hat dieser die Möglichkeit eine *Vielleicht*-Stimme abzugeben, die mit 1 Punkt gewertet wird. Nach verdeckter Stimmabgabe, bspw. durch verschlossene Zettel, werden die Stimmen ausgewertet und die Punkte einer Idee berechnet. Die Methode dient insbesondere zur Quantifizierung von subjektiven Entscheidungen.

Abb. 7.16: Prozess der Tätigkeiten der Phase 3: Technologiesuche betreiben



Quelle: eigene Darstellung

7.4.4.1 Gate-Kriterien

Die Kriterien für das Gate 3 sind wie folgt spezifiziert:

→ Technologien:

- ✓ Für jeden Widerspruch wurden Technologien identifiziert, die zur spezifischen Lösungsfindung beitragen.
- ✓ Experten bestätigen die Relevanz der identifizierten Technologien.

7.4.4.2 Beschreibung des Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Phase entsprechen einer Liste über die identifizierten Technologien. Eine Evaluierung der Technologien wird in dieser Phase rudimentär und qualitativ durch Experten durchgeführt. Die Suche nach Technologien soll zum einen innerhalb und zum anderen außerhalb der Domäne erfolgen. Außerhalb der Domäne finden, wie Fahey und Narayanan (1986) es bezeichnen, das Scanning und Monitoring Anwendung.⁴⁵² Für die Suche innerhalb der Domäne dienen insbesondere interne Aufzeichnungen, persönliche Erfahrungen und Wissen der Unternehmensmitarbeiter sowie extern durch Kooperationen gewonnene Informationen und Veröffentlichungen jeglicher Art wie bspw. Zeitung, Zeitschriften, Bücher, wissenschaftliche Publikationen, Patente. Die Ergebnisse dieser Phase werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00597 gespeichert.

7.4.4.3 Prozessablauf und empfohlene Methoden zur Bearbeitung

Die in Abbildung 7.16 dargestellten Schritte werden nachstehend hinsichtlich des Zwecks beschrieben. Zudem werden für jeden Schritt empfohlene Methoden zur Bearbeitung ange-

⁴⁵²vgl. Fahey u. Narayanan (1986), S. 37

führt.

Technologiesuche planen

Zweck: Mit diesem Schritt soll die in weiterer Folge durchzuführende Recherche geplant werden. Insbesondere soll der Suchbereich beschrieben werden

Empfohlene Methoden: keine besonderen Methoden erforderlich

Recherche betreiben

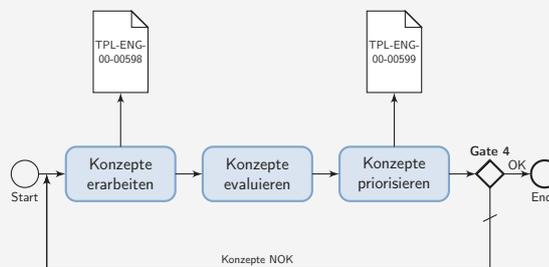
Zweck: Dieser Schritt bezweckt die Identifikation von Technologien. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00597 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Patent- und Internetrecherche,⁴⁵³ Kooperationen, Expertengespräche

7.4.5 Technologieentwicklung betreiben

Die Prozessphase *Recherche betreiben* besteht aus insgesamt drei Schritten, die in Abbildung 7.17 als Prozess dargestellt sind.

Abb. 7.17: Prozess der Tätigkeiten der Phase 4: Technologieentwicklung betreiben



Quelle: eigene Darstellung

7.4.5.1 Gate-Kriterien

Die Kriterien für das Gate 4 sind folgendermaßen spezifiziert:

⁴⁵³vgl. Abschnitt *Patentrecherche* und *Internetrecherche* in Abschnitt A.1.1

→ **Spezifische Konzeptlösungen:**

- ✓ Abstrakte Prinziplösungen wurden in zukunftssträchtige spezifische Konzeptlösungen transformiert.
- ✓ Die Konzeptlösungen wurden hinsichtlich technischer Parameter evaluiert.

7.4.5.2 Beschreibung des Ergebnisse

Auf Basis der erarbeiteten Prinziplösungen und der identifizierten Technologien sollen **Konzeptlösungen** für das spezifische Problem erarbeitet werden. Die Skizzen und Beschreibungen der Prinziplösungen und die vorhandenen Informationen zu den Technologien liefern den Anstoß, diese Konzepte entstehen zu lassen. Die skizzierten und beschriebenen Konzepte werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00598 gespeichert. Die Konzepte sollen zudem hinsichtlich ihres technischen Verbesserungspotentials evaluiert werden. Die Parameter zur Evaluierung des technischen Verbesserungspotentials sollen jenen aus der Zieldefinition⁴⁵⁴ entsprechen. Nach der Priorisierung werden die Ergebnisse elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00599 gespeichert.

7.4.5.3 Prozessablauf und empfohlene Methoden zur Bearbeitung

Die in Abbildung 7.17 dargestellten Schritte werden nachstehend hinsichtlich des Zwecks beschrieben. Zudem werden für jeden Schritt empfohlene Methoden zur Bearbeitung angeführt.

Konzeptlösungen erarbeiten

Zweck: Die abstrakten Prinziplösungen sollen in Konzeptlösungen für das spezifische Problem transformiert werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00598 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Methode 6-5-3, Galeriemethode

Konzepte evaluieren

Zweck: Die erarbeiteten Konzepte wurden hinsichtlich ihrer Anwendung technisch evaluiert.

Empfohlene Methoden: Expertenbefragung

⁴⁵⁴vgl. Abschnitt 7.4.2.2

Konzepte priorisieren

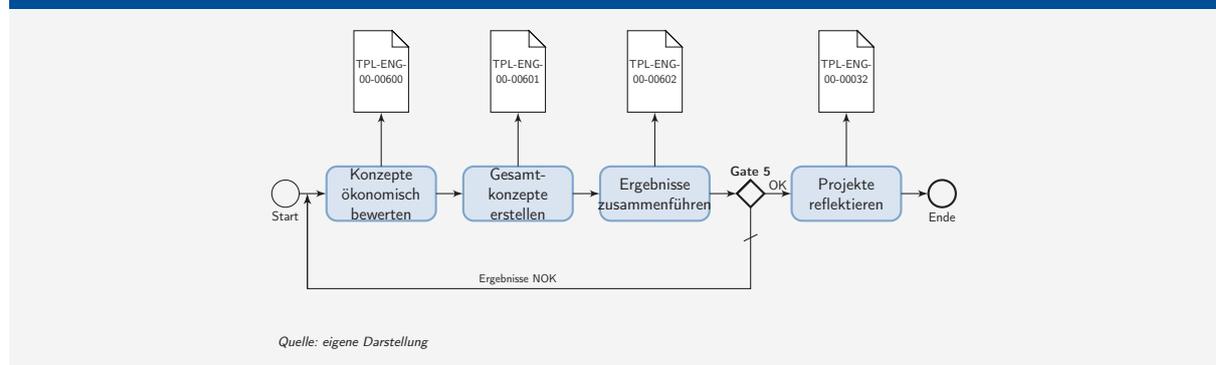
Zweck: Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00599 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Ja-Nein-Vielleicht-Bewertung

7.4.6 Wissen dokumentieren

Die Prozessphase *Wissen dokumentieren* besteht aus insgesamt drei Schritten, die in Abbildung 7.18 als Prozess dargestellt sind.

Abb. 7.18: Prozess der Tätigkeiten der Phase 5: Konzepte erarbeiten



7.4.6.1 Gate-Kriterien

Die Kriterien für das Gate 5 sind je Ergebnisteil spezifiziert:

→ Ökonomische Bewertung:

- ✓ Die erarbeiteten spezifischen Konzeptlösungen wurden hinsichtlich ihres Verbesserungspotentials ökonomisch bewertet.
- ✓ Der Investitionsbedarf für die Vorentwicklung wurde berechnet.

→ Gesamtkonzept:

- ✓ Zumindest ein Gesamtkonzept für den Kompressor wurde erarbeitet.
- ✓ Die Gesamtkonzepte wurden technisch und ökonomisch hinsichtlich ihres Verbesserungspotentials bewertet.

→ Dokumentation:

- ✓ Sämtliche erarbeiteten Ergebnisse je Komponente wurden zu einem Dokument zusammengeführt und elektronisch abgelegt.

→ **Nächste Produktentwicklungsphase:**

- ✓ Die aufbereiteten Ergebnisse aus der Technologieentwicklung wurden den verantwortlichen Personen der Vorentwicklung übermittelt und kommuniziert.
- ✓ Der Abschluss der Technologieentwicklungsphase wird den verantwortlichen Personen der Vorentwicklung gemeldet.

7.4.6.2 Beschreibung des Ergebnisse

Die **ökonomische Bewertung** der erarbeiteten Konzepte je Komponente sollen entsprechend der Methodik aus Prozessschritt 1 *Fokusfelder definieren* erfolgen.⁴⁵⁵ Hierzu werden die Verbesserungspotentiale eines technischen Parameter mittels der entsprechenden Gleichung ökonomisch bewertet. Mit der ökonomischen Bewertung soll eine weitere Unterstützung bei der Entscheidungsfindung für oder gegen ein Konzept einer Komponente gegeben sein. Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00600 gespeichert.

Aus den Konzepten der einzelnen Komponenten soll zumindest ein **Gesamtkonzept** für den Kompressor erarbeitet werden. Die Konzepte werden zusammengeführt und untereinander technisch abgestimmt. Auf Grund möglicher Einschränkungen oder Rahmenbedingungen im Zusammenspiel der einzelnen Komponenten, soll das Gesamtkonzept zum einen technisch und zum anderen ökonomisch bewertet werden. Die Ergebnisse zur Gesamtkonzepterstellung werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00601 gespeichert.

Schlussendlich sollen sämtliche, dokumentierte Ergebnisse entlang der Technologieentwicklung, die einer bestimmten Komponente zugeordnet sind, zusammen getragen werden und in Form einer **Abschlussdokumentation** gesammelt abgelegt werden. Die Ergebnisse zur Dokumentation werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00602 gespeichert. Mit Abschluss der Technologieentwicklung sollen die durchgeführten Projekte reflektiert und die gewonnenen Erkenntnisse und Anregungen für zukünftige Projekte dokumentiert und kommuniziert werden. Diese Anregungen werden elektronisch auf Basis der Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00032 gespeichert.

7.4.6.3 Prozessablauf und empfohlene Methoden zur Bearbeitung

Die in Abbildung 7.18 dargestellten Schritte werden nachstehend hinsichtlich des Zwecks beschrieben. Zudem werden für jeden Schritt empfohlene Methoden zur Bearbeitung ange-

⁴⁵⁵vgl. Abschnitt 7.4.2.2

führt.

Konzepte ökonomisch bewerten

Zweck: Die erarbeiteten Konzepte für jede Komponente sollen wirtschaftlich bewertet werden. Die Kosten-Parameter (Material, Lohn und Fertigung) der Zielwerte sollen für die jeweiligen Konzepte berechnet werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00600 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Werteanalyse

Gesamtkonzepte erstellen

Zweck: Mehrere Gesamtkonzepte für den Kompressor sollen aus den verschiedenen Komponentenkonzepten erstellt werden. Diese sollen technische und wirtschaftlich bewertet werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00601 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: Morphologischer Kasten

Ergebnisse zusammenführen

Zweck: Sämtliche Aufzeichnungen sollen zusammengeführt werden und für die nächste Phase der Produktentwicklung aufbereitet werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00602 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: keine besonderen Methoden erforderlich

Projekte reflektieren

Zweck: Aus den Projekterfahrungen der Technologieentwicklung sollen Anregungen für künftige Projekte (lessons learned) weiter gegeben werden. Die Ergebnisse werden mittels Dokumentvorlage TPL-ENG-00-00032 dokumentiert.

Empfohlene Methoden: keine besonderen Methoden erforderlich

7.5 Controlling für den Technologieentwicklungsprozess

Der fünf-phasige Technologieentwicklungsprozess kann nun in die Unternehmensprozesse integriert und umgesetzt werden. Zur Gewährleistung der Planung, Koordination, Kontrolle, Kurskorrektur der Technologieentwicklung und Informationsversorgung für die Entscheidungsträger ist zudem ein entsprechendes Controlling für den Technologieentwicklungsprozess erforderlich.

zess erforderlich. Für das Controlling wurden in Experteninterviews mit dem F&E Führungskreis zwei Instrumente festgelegt:

- Jour Fixe während der Phasen und
- Controlling-Tribunale an den Gates der Phasen.

Während der einzelnen Phasen der Technologieentwicklung werden in regelmäßigen zeitlichen Abständen **Jour Fixe** abgehalten. In den Jour Fixe werden inhaltliche Themen wie den aktuellen Projektstatus, Herausforderungen und nächsten Schritte besprochen. Die teilnehmenden Personen sind Projektleiter der jeweiligen Technologieentwicklungsprojekte und das Management der F&E. Mittels der Jour Fixe sollen die Teilnehmer auf denselben Wissensstand hinsichtlich der jeweiligen Projektstätigkeiten gebracht werden. Für die Technologieentwicklung im Unternehmen wurde ein zeitliches Interval von 3 Wochen für das Abhalten der Jour Fixe vereinbart.

Die **Controlling-Tribunale** finden hingegen nur einmal in jeder Phase der Technologieentwicklung und zwar an den Gates der jeweiligen Phase statt. Bei den Controlling-Tribunalen werden zum einen die erarbeiteten Ergebnisse hinsichtlich der Gate-Kriterien geprüft. Zum anderen wird über den weiteren Fortschritt des jeweiligen Projektes, die Schwerpunkte der jeweiligen Projekte, das Hinzu- bzw. Abziehen von Ressourcen u.a. entschieden.

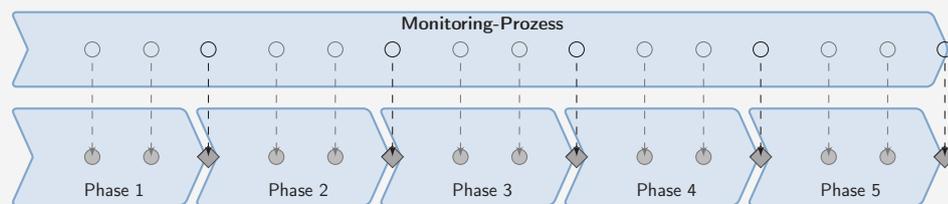
In Abbildung 7.19 sind die Charakteristika der beiden Controllinginstrumente zusammenfassend dargestellt. Die Jour Fixe dienen zum Abgleich inhaltlicher Themen der aktuellen Phase der Technologieentwicklungsprojekte. Die Controlling-Tribunale bezwecken, den weiteren Verlauf der jeweiligen Projekte für die folgende Phase zu klären.

Abb. 7.19: Charakteristika der Controllinginstrumente Jour Fixe und Controlling-Tribunale

	Jour Fixe	Controlling Tribunale
Häufigkeit je Phase	mehrmals	einmal
bzgl. formeller Themen		
bzgl. inhaltlicher Themen		
Fokus auf:	aktuelle Phase	nächste Phase

Entlang der einzelnen Phasen der Technologieentwicklung werden Kennzahlen protokolliert. Die Kennzahlen dienen insbesondere dem Projektcontrolling an den Gates. Die Parameter für die Kennzahlen werden durch Unterstützung eines Monitoring-Tools während der Prozessphasen erfasst und festgehalten. Der Monitoring-Prozess läuft parallel zu den jeweiligen Phasen der Technologieentwicklung ab, siehe Abbildung 7.20. Die Tätigkeiten im Monitoring-Prozess sind repetitiv. Die Informationsflüsse hinsichtlich der relevanten Kennzahlen bzgl. Jour Fixe und Controlling-Tribunale sind mit den jeweiligen Phasen im Technologieentwicklungsprozess abzustimmen. Die wesentlichen Aufgaben der Projektleiter im Monitoring-Prozess sind das Erfassen der relevanten Informationen für das Controlling und die Einspeisung dieser in das Monitoring Tool in einem bestimmten Intervall. Die Kennzahlen und das Monitoring-Tool werden im folgenden Kapitel 8 behandelt.

Abb. 7.20: Schematische Zuordnung des Monitoring-Prozesses entlang des Technologieentwicklungsprozesses



○ - - - ● Informationsfluss hinsichtlich relevanter Kennzahlen bzgl. Jour Fixe und Controlling-Tribunale

Quelle: eigene Darstellung



8

Monitoring der Technologieentwicklung im Unternehmen

Eine qualitativ hochwertige Realisierung der Technologieentwicklungsziele, das rechtzeitige Korrigieren des Kurses, die Sicherstellung der geplanten Ergebnisse und das Schaffen einer einheitlichen Informations- und Kommunikationsbasis erfordern ein System, das dies unterstützt. Für den im vorherigen Kapitel behandelten Technologieentwicklungsprozess für das Unternehmen wurden bereits die beiden Controlling-Instrumente Jour Fixe und Controlling-Tribunale vorgestellt. Bei der Anwendung der Controlling-Instrumente werden bestimmte Indikatoren bzw. Kennzahlen herangezogen, die für die Entscheidungsfindung im Controlling erforderlich sind. Diese werden regelmäßig erfasst, protokolliert und aufbereitet, sozusagen *gemonitort*.

Im ersten Abschnitt des Kapitels werden die Kennzahlen für das Monitoring vorgestellt. In umfangreichen Workshopdiskussionen und Experteninterviews mit dem F&E Führungskreis wurden die Kennzahlen definiert. Auf Basis der Kennzahlen wurden Anforderungen an das Monitoringtool aus den Expertengesprächen abgeleitet, die im zweiten Abschnitt des Kapitels gemeinsam mit den aus Unternehmenssicht in Frage kommenden Monitoring-Tools vorgestellt werden. Die Bewertung der Monitoring Tools und die Entscheidung für ein Tool mit Begründung werden anschließend dargelegt.

8.1 Kennzahlen für und Anforderungen an das Monitoring

Im Zuge der Technologieentwicklung werden, wie im vorherigen Kapitel behandelt, Technologiefelder definiert, denen zumindest ein Projekt oder mehrere Projekte zugeordnet werden. Basierend auf den Erkenntnissen der Literaturanalyse⁴⁵⁶ und den Anforderungen seitens des Unternehmens werden für jedes Projekt Kennzahlen aus den drei Dimensionen entlang der Technologieentwicklung protokolliert. Es wird zudem die Veränderung der einzelnen Kennzahlen während der Dauer der Technologieentwicklung erfasst. Folgende Kennzahlen wurden definiert:

→ **personelle Ressourcen**

- **Anzahl der am Projekt mitwirkenden Personen:** Diese Kennzahl gibt Auskunft über die Anzahl sämtlicher Personen, die am jeweiligen Projekt mitwirken. Die Kennzahl soll lediglich jene am Projekt mitwirkende Personen erfassen, die direkt vom Unternehmen das Entgelt beziehen. Personen, die am Projekt mitwirken, jedoch bspw. über eine Personaldienstleistungsunternehmung in der Unternehmung beschäftigt sind, werden hier nicht erfasst.
- **Anzahl der Personenstunden der jeweiligen mitwirkenden Person:** Diese Kennzahl berücksichtigt den Umfang an Personenstunden der jeweiligen Person im jeweiligen Projekt. Das Ausführen einer Tätigkeit konsumiert Personenstunden. Jede Tätigkeiten ist einem Arbeitspaket zugeordnet. Jedes Arbeitspaket ist einem Projekt zugeordnet. Folglich kann jede Personenstunde zusätzlich einer Tätigkeit und einem Projekt zugeordnet werden. Es können nur jene Personenstunden von Personen erfasst werden, die ebenso in der Kennzahl *Anzahl der am Projekt mitwirkenden Personen* erfasst werden.

→ **finanzielle Ressourcen**

- **im Projekt verfügbare finanzielle Mittel:** Mit dieser Kennzahl werden sämtliche finanziell verfügbaren Mittel des Projekts abgebildet. Ebenso wird Personalaufwand von Personen, die nicht direkt vom Unternehmen ihr Entgelt beziehen, hierin erfasst.

→ **Projektfortschritt**

- **Anzahl der Arbeitspakete:** Diese Kennzahl gibt Auskunft über die Anzahl der Arbeitspakete innerhalb eines Projektes. Für jedes Projekt wurden bestimmte Arbeitspakete in der Projektplanung definiert, die in der Technologieentwicklung von Unternehmenspersonal oder externem Personal bearbeitet werden.
- **Experteneinschätzung:** Diese Kennzahl wird ab Phase 3 *Technologiesuche betreiben* erfasst. Sie gibt die Einschätzung des jeweiligen Experten des Projekts über den Projekterfolg

⁴⁵⁶vgl. Abschnitt 3.4

wieder. Der Experte trifft auf einer 5-stufigen Skala⁴⁵⁷ seine Einschätzung, die protokolliert wird.

Auf Basis der definierten Kennzahlen wurden in Experteninterviews folgende Basisanforderungen an das Monitoring Tool abgeleitet:⁴⁵⁸

funktionale Anforderungen:

Planen, Erfassen und Aufbereiten von Informationen zu finanzielle Aufwendungen, Personenstunden, Projektfortschritt

allgemeine Anforderungen:

Benutzerfreundlichkeit	hoch: geringer Schulungsaufwand, Umgang mit dem Tool soll intuitiv erlernbar sein
Sicherheit	hoch: den Sicherheitsstandards des Unternehmens entsprechend
Anbieterverfügbarkeit	lange: das Unternehmen plant eine lange Geschäftspartnerschaft zu kultivieren

8.2 Monitoring-Tools zur Bewertung

Für die Bewertung wurden auf Basis eines entwickelten Unternehmensprozesses Monitoring Tools ausgewählt.⁴⁵⁹ Die Monitoring-Tools PSI Projectmanagement, Oracle Primavera, Sciforma Projectmanagement, SAP Projektmanagement, Microsoft Project, Projectplace und ein für diesen Zweck unternehmensintern entwickeltes Monitoringinstrument *ACC SDT*⁴⁶⁰ werden nachstehend kurz beschrieben:

→ **SAP Projektsystem** ist eine serverbasierte Projektmanagement Software. Die Software ermöglicht zudem die Realisierung von Projektstrukturplänen, Ablaufdiagrammen und bie-

⁴⁵⁷Skala von 0 bis 5. Skalenbeschreibung:

5: Projektziele erreicht, 4: Projekterfolg wahrscheinlich, 3: Projekterfolg möglich, 2: Gefahr des Nicht-Erreichens der Projektziele ist vorhanden, 1: Nicht-Erreichen der Projektziele höchst absehbar, 0: keine plausible Einschätzung möglich

Der Duden beschreibt das Adjektiv *wahrscheinlich* mit „*ziemlich gewiss; mit ziemlicher Sicherheit in Betracht kommend*“, vgl. <http://www.duden.de/suchen/dudenonline/wahrscheinlich>, aufgerufen am 14. Dezember 2013
Das Adjektiv *möglich* wird im Duden mit folgenden Worten beschrieben: „*denkbar, infrage, in Betracht kommend*“, vgl. <http://www.duden.de/rechtschreibung/moeglich>, aufgerufen am 14. Dezember 2013

⁴⁵⁸vgl. Hösch (2013), S. 50

⁴⁵⁹vgl. Hösch (2013), S. 51

⁴⁶⁰englisch: self developed tool [Abk.: SDT], zu deutsch: selbst entwickelt

tet eine Schnittstelle zum ERP des Systems von SAP an.⁴⁶¹

- **Oracle Primavera** ist eine serverbasierte Projekt- und Projektportfoliomanagement Software. Die Software umfasst außerdem Funktionen des Risiko-, Arbeitsablauf- und Dateimanagements. Eine standardisierte Schnittstelle ermöglicht die Integration in das ERP System von Oracle.⁴⁶²
- **PSI Projectmanagement** ist eine serverbasierte Multiprojekt- und Multiressourcenmanagement Software zur Projektplanung und zum -controlling. Die Software ist für parallel und sequentiell ablaufende Projekte geeignet und kann Interdependenzen zwischen Projekten und Ressourcen berücksichtigen. Eine standardisierte Schnittstelle ermöglicht die Integration in das Enterprise-Resource-Planning (ERP) System des Anbieters.⁴⁶³
- **Projectplace** ist ein webbasiertes Projektmanagement System. Die Verfügbarkeit laut Hersteller liegt bei 99,97 %, was einer Ausfallszeit von ungefähr drei Stunden im Jahr entspricht. Das System umfasst zudem Module für das Datei-, Freigabe- und Ressourcenmanagement sowie das Planen und Verfolgen von Meetings.⁴⁶⁴
- **Sciforma Projectmanagement** ist ein webbasiertes Projekt- und Projektportfoliomanagement System. Daneben umfassen die Funktionen sowohl Abbildungen der Unternehmens- und Projektstruktur als auch -hierarchie. Sämtliche Veränderungen werden aufgezeichnet und können zu einem späteren Zeitpunkt abgefragt werden.⁴⁶⁵
- **Microsoft Project** ist ein Teil der gesamten Microsoft Office Familie und für Projektmanagement inkl. Ressourcen-, Budgetplanung sowie -controlling geeignet. Die Software ist als serverbasierte und auch als clientbasierte Software verfügbar. Eine standardisierte Schnittstelle ermöglicht die Integration von Microsoft Word und Microsoft Excel Dateien. Für die Bewertung wird als Referenz die endbenutzerbasierte Software herangezogen.⁴⁶⁶
- **ACC SDT** wäre eine Eigenentwicklung des Industrieunternehmens zum Monitoring der Technologieentwicklungsprojekte. Das System würde individuell an die Bedürfnisse und Anforderungen des Unternehmens angepasst werden.

⁴⁶¹vgl. <http://www.sap.de>, aufgerufen im März 2013

⁴⁶²vgl. <http://www.oracle.com/de>, aufgerufen im März 2013

⁴⁶³vgl. <http://www.psi.de>, aufgerufen im März 2013

⁴⁶⁴vgl. <http://www.projectplace.de>, aufgerufen im März 2013

⁴⁶⁵vgl. <http://www.oracle.com>, aufgerufen im März 2013

⁴⁶⁶vgl. <http://www.microsoft.de>, aufgerufen im März 2013

8.3 Bewertung der Monitoring Tools

Die im vorherigen Abschnitt angeführten Monitoring Tools werden sowohl wirtschaftlich als auch hinsichtlich ihres Nutzwert bewertet. Nachstehend werden die Ergebnisse aus den beiden Bewertungen beschrieben.

8.3.1 Wirtschaftliche Bewertung

Die wirtschaftliche Bewertung der Monitoringinstrumente wurde nach dem Total Cost of Ownership (TCO) Ansatz durchgeführt. In der wissenschaftlichen Literatur⁴⁶⁷ werden häufig die TCO Ansätze nach Gartner Group, Consultants Forrester Research und META Group beschrieben. Hinsichtlich der Anforderungen des Monitoringinstruments wird für die wirtschaftliche Bewertung der TCO Ansatz nach Gartner Group verwendet. In Wild und Herges sowie in Schwickert⁴⁶⁸ werden indirekte Kosten, hauptsächlich verursacht durch den Endbenutzer, wie Eigensupport, „Herumblödeln“ etc., im TCO Ansatz nach Consultants Forrester Research nicht abgebildet. Ebenso werden Kosten auf Grund Unproduktivität im TCO Ansatz nach META Group nicht berücksichtigt.

Nachstehend werden in Kürze die einzelnen Kostenblöcke des TCO-Ansatzes der Gartner Group erläutert, die in die zwei Kategorien direkte und indirekte Kosten geteilt werden können.⁴⁶⁹ Direkte Kosten einer IT-Infrastruktur⁴⁷⁰ enthalten planbare Kosten, die für die Erbringung der Leistungen erforderlich sind. Zu den direkten Kosten können bspw. folgende Kostenteile hinzugezählt werden: Anschaffungskosten, Prozesskosten zur Beschaffung, Kosten für Schulungssoftware, Wartung und Support, Abschreibungen, Leasingkosten und dergleichen. Die Genauigkeit der Ermittlung dieser Kosten entspricht einem hohen Standard. Zu den direkten Kosten werden im Ansatz der Gartner Group folgende drei Kategorien gezählt:

- **Hard-/Software:** Zu dieser Kostenkategorie zählen sämtliche Ausgaben, die durch die Beschaffung und die Benutzung der IT-Infrastruktur aus Hardware und Software anfallen. Zur Hardware gehören bspw. technische Grundausstattung, Ersatzteile, Wartungsmaterial und technische Upgrades. Zur Software gehören bspw. Betriebssystem, Anwendungssoftware, Datenbanksystem, Help Desk Management Software und Schulungssoftware.
- **Administration:**⁴⁷¹ Zu den Kosten des betrieblichen Einsatzes zählen Gehälter, Löhne und

⁴⁶⁷vgl. Wild u. Herges (2000), S. 7 ff; Biedermann (2008), S. 2 f und Schwickert (2004), S. 5 f

⁴⁶⁸vgl. Wild u. Herges (2000), S. 17 und Schwickert (2004), S. 10

⁴⁶⁹vgl. Wild u. Herges (2000), S. 9 ff und Riepl (1998), S. 8 ff

⁴⁷⁰„IT-Infrastruktur bezeichnet alle materiellen und immateriellen Güter, die den Betrieb von (Anwendungs-)Software ermöglichen.“ Vgl. Patig (2012)

⁴⁷¹engl.: operations

Honorare für externe Dienstleistungen. Diese entstehen durch den technischen Support während der Hard- und Software Integration in das Unternehmen sowie während der Benutzung. Zudem werden Planungstätigkeiten und das Prozessmanagement und Verwalten der Datenbank(en) hier eingeordnet.

- **Verwaltungsaufwand:** Durch die Administration und die Organisation des Teams, das die IT-Infrastruktur betreut, fallen Kosten aus Gehältern und Löhne für Controlling und Finanzwesen und Schulungen für das IT Personal und für Endbenutzeren.

Indirekte Kosten einer IT-Infrastruktur entstehen auf Grund ineffizienter Prozesse während der Benutzung der IT-Infrastruktur. Darunter kann man sich jene Zeit vorstellen, die Mitarbeiter auf Grund einer nicht verfügbaren Software unproduktiv an ihrem Arbeitsplatz verbringen. Man spricht hierbei von Ausfallszeiten⁴⁷², sei es geplant oder ungeplant. Zudem können als indirekte Kosten sämtliche zeitliche Aufwendungen bei der Benutzung der Software gesehen werden, die zu unproduktiven Tätigkeiten gezählt werden können. Dies können der zeitliche Aufwand für Einschulungen oder das *Kennen lernen* der Software *durch Handeln*⁴⁷³ sein. Die Erfassung der indirekten Kosten ist weniger trivial.

In Abbildung 8.1 werden die Ergebnisse der Total Cost of Ownership Kalkulation abgebildet. Die Kalkulation wurde für einen Zeitraum von drei Jahren und zehn Benutzer durchgeführt.⁴⁷⁴ Hierzu wurde eine Rate für das simultane Benutzen des Monitoring-Tools von 30 % angenommen. Zeitliche Aufwendungen der internen Arbeitskräfte wurden mit einem Betrag von 40 € pro Stunde berücksichtigt, Serviceleistungen einer externer Arbeitskraft mit 150 €. Kosten für Hardware, Software und weitere Positionen der TCO wurden durch Einholen freibleibender Angebote durch das Unternehmen ACC ermittelt.

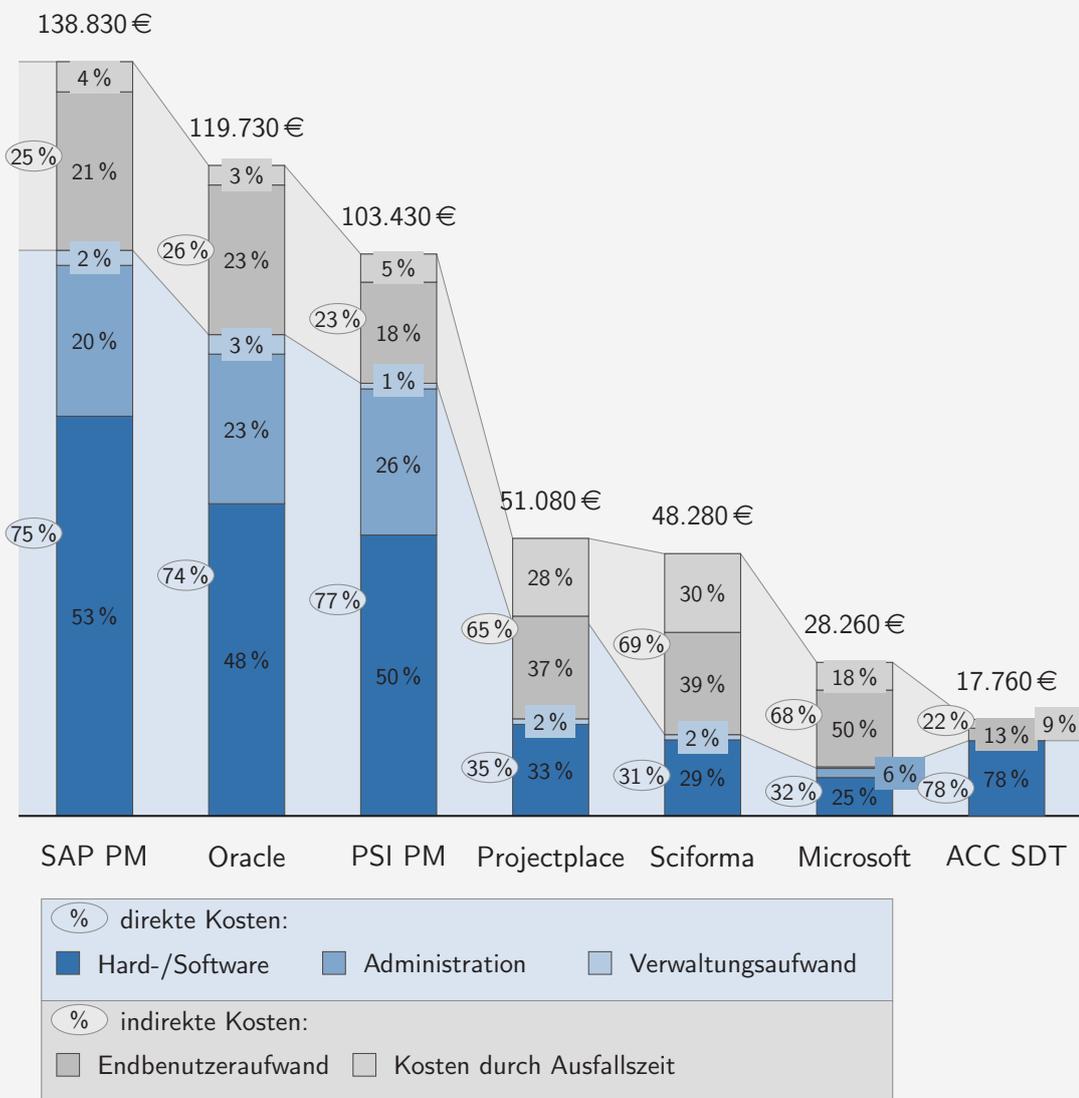
Die TCO-Kalkulation wurde in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Personen der IT-Abteilung erarbeitet. Das kostengünstigste Tool ist das unternehmensintern entwickelte Tool ACC SDT mit 17.760 € Kosten. Den Löwenanteil der errechneten Kosten mit 78 % betreffen Kosten für die unternehmensinterne Programmierung der Software. Der Kostenanteil für Einschulungen für Endbenutzer wurde mit 13 % berechnet und Ausfallszeiten wurden mit 1.600 € berücksichtigt, die in diesem Fall 9 % der Gesamtkosten entsprechen. An zweiter Stelle rangiert das Tool Microsoft Project mit 28.260 €. Im Vergleich mit dem unternehmensintern entwickelten Tool fallen bei Microsoft Project geringere Kosten für Software an, da hierbei die Lizenzkosten für 3 Endbenutzer für einen Zeitraum von 3 Jahren anfallen und

⁴⁷²engl.: down time

⁴⁷³engl.: learning by doing

⁴⁷⁴Anmerkung des Autors: Der Zeitraum und die Benutzeranzahl wurden von den F&E Führungskräften definiert. Zehn Benutzer für mögliche zehn Projektleiter. Drei (Wirtschafts-)Jahre für eine mögliche Dauer von drei Jahren Technologieentwicklung.

Abb. 8.1: Total Cost of Ownership von verschiedenen Monitoring-Tools: ACC SDT am kostengünstigsten mit 17.760 €, serverbasierte Monitoringinstrumente am kostenintensivsten zwischen 103.430 und 138.830 €



Quelle: eigene Darstellung

keine Kosten wegen Programmierung. Deutlich höhere Kosten sind den Endbenutzeraktivitäten zu zuordnen. Der Anteil wurde mit 50% berechnet. Dazu zählen intensive Schulungen durch externe Dienstleister für den professionellen Umgang mit der Software. Zudem kann auf Grund des höheren Funktionsumfangs von Microsoft Project im Vergleich zu ACC SDT mehr Zeit beim *Durchforsten* der Software „verschwendet“ werden. Die beiden webbasierten Tools Projectplace und Sciforma weisen die höchsten Kosten in der Kategorie Ausfallszeit auf.

Die webbasierten Tools zeigen hinsichtlich Ausfallszeit ein höheres Risiko als sämtliche andere Tools. Die Dauer der Wiederinbetriebnahme nach einem Ausfall steht außerhalb des Einflusses des Unternehmens. Die Höhe der jeweiligen Kostenkategorien der beiden Tools sind in etwa gleich hoch. Die drei kostenintensivsten Tools sind die serverbasierten Tools SAP Projekt-system, Oracle Primavera und PSI Projectmanagement. Auf Grund der Hardware-Anforderungen sind eigene Server von Nöten, die einerseits angeschafft und erhalten werden müssen und andererseits eine entsprechende Betreuung benötigen. Die hohe Software-Komplexität schlägt sich ebenso in den indirekten Kosten nieder.

8.3.2 Bewertung des Nutzens

Zur Bewertung des Nutzens wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Bewertung wurde von vier Personengruppen durchgeführt. Die Personengruppen waren ein externes IT-Beratungsunternehmen, das intern verantwortliche IT-Personal, F&E Führungskreis und Personen, die das Tool anwenden. Für die Nutzwertanalyse wurden in Workshopdiskussionen mit den Personengruppen fünf Kriterienfelder definiert und in einer darauffolgenden Sitzung die Nutzwertanalyse durchgeführt. Die Kriterien werden nachstehend beschrieben und in Abbildung 8.4 (am Ende des Kapitels) werden die Ergebnisse der Nutzwertanalyse für die Tools abgebildet.

→ Allgemeine Kriterien

- **Referenzen:** lobende oder weniger lobende Auskünfte über den jeweiligen Software-Anbieter von vertrauenswürdigen Personen des Unternehmens ACC oder aus dem Unternehmensumfeld
- **Beratung:** Umfang der Beratungstätigkeit des Software-Anbieters vor Vertragsabschluss
- **Support:** Umfang der Beratungstätigkeit und des Supports im Zuge der Realisierung des Tools im Unternehmen

→ Technische Kriterien

- **Technologie:** Neuheitsgrad der verwendeten Technologie des Tools
- **Datenschnittstelle:** Einfachheit der Anbindung zu bestehenden Datenbanken im Unternehmen
- **Lizenzkonzept:** Einfachheit des Lizenzkonzeptes in der Erstumsetzung, Aufrechterhaltung und Verlängerung
- **Einfachheit: Software Umsetzung:** Einfachheit der Realisierung der Software hinsichtlich der Anforderungen
- **Funktionalität:** Erfüllungsgrad der Funktionalität auf Basis der Anforderungen
- **Einfachheit: Hardware Installation:** Einfachheit der Installation der Hardware im Un-

ternehmen

- **Einfachheit: Software Installation:** Einfachheit der Installation der Software im Unternehmen

→ **Kriterien hinsichtlich Sicherheit** (hohe Sicherheit führt zu hoher Bewertung)

- **Sicherheit gegen Software-Viren:** Fehleranfälligkeit der Software bzw. Virenanfälligkeit
- **Sicherheit gegen Hardware-Schäden:** Fehleranfälligkeit der empfohlenen Hardware bzw. Risiko bzgl. Hardware-Schäden

→ **Strategische Kriterien**

- **Abhängigkeit vom Software-Anbieter:** Machtposition gegenüber dem Software Anbieter (ausgeglichene Verhältnisse führen zu guter Bewertung, Abhängigkeit zu einer niedrigen Bewertung, Dominanz führt zu einer hohen Bewertung)
- **Langfristige Verfügbarkeit des Software-Anbieters:** Einschätzung über die Verfügbarkeit des Software-Anbieters in den nächsten fünf bis zehn Jahren

→ **Kriterien hinsichtlich Anwendung**

- **Einfachheit des Erlernens:** Grad des intuitiven Erlernens der Software
- **Benutzerfreundlichkeit:** Einfachheit der grafischen Benutzeroberfläche hinsichtlich benötigter Funktionen. (hohe Bewertung für wenige Mausklicks für das Durchführen einer Eingabe)
- **Plausibilitätsüberprüfungen:** Grad der Überprüfung der Benutzereingaben auf Plausibilität

Den höchsten Nutzwert in der Analyse erzielte Microsoft Project mit 387 von maximal 500 Punkten⁴⁷⁵, siehe Abbildung 8.2. Damit erfüllt das Tool zu 62 % die Anforderungen des Unternehmens. An zweiter Stelle mit 60 % werden die beiden serverbasierten Tools PSI Projectmanagement und Oracle Primavera angeführt. Mit 56 % liegt SAP Projektsystem knapp dahinter. Das Schlusslicht bilden die beiden webbasierten Tools Sciforma Projectmanagement und Projectplace mit 51 % und 50 %.

8.4 Auswahl eines Monitoring Tools

Die Ergebnisse aus der TCO-Kalkulation und der Nutzwertanalyse werden zur Klassifizierung in einer 2x2 Matrix dargestellt, siehe Abbildung 8.3. Die Positionen der Tools entlang der Abszisse entsprechen den Ergebniswerten aus der TCO-Kalkulation (TCO). Die Positionen der Tools entlang der Ordinate entsprechen den Ergebniswerten aus der Nutzwertanalyse (NW). Zur Bestimmung der Maximal- und Minimalwerte der jeweiligen Achsen wurden die

⁴⁷⁵mindest mögliche Punktzahl liegt bei 100

Abb. 8.2: Ermitteltes Ranking aus der Nutzwertanalyse

1.	Microsoft Project	387	(72 %)
2.	PSI Projectmanagement	340	(60 %)
3.	Oracle Primavera	339	(60 %)
4.	SAP Projektsystem	322	(56 %)
5.	Sciforma Projectmanagement	303	(51 %)
6.	Projectplace	300	(50 %)

Quelle: Hösch (2013), S. 74

Minimal- und Maximalwerte aus der TCO-Kalkulation und Nutzwertanalyse herangezogen. Zur Berechnung der Positionen der horizontalen und vertikalen Matrixfeldtrennlinien wurde das arithmetischen Mittel der Stichprobe herangezogen. Die Tools wurden den Typen der jeweiligen Felder zugeordnet:

→ **Gut geeignete Tools:**

hoher Nutzwert bei geringem TCO-Wert (in der Abbildung: Tools im blau gefärbten Feld, links oben)

→ **Mittel geeignete Tools:**

hoher Nutzwert bei hohem TCO-Wert oder niedriger Nutzwert bei niedrigem TCO-Wert (in der Abbildung: Tools in den grün gefärbten Feldern, links unten und rechts oben)

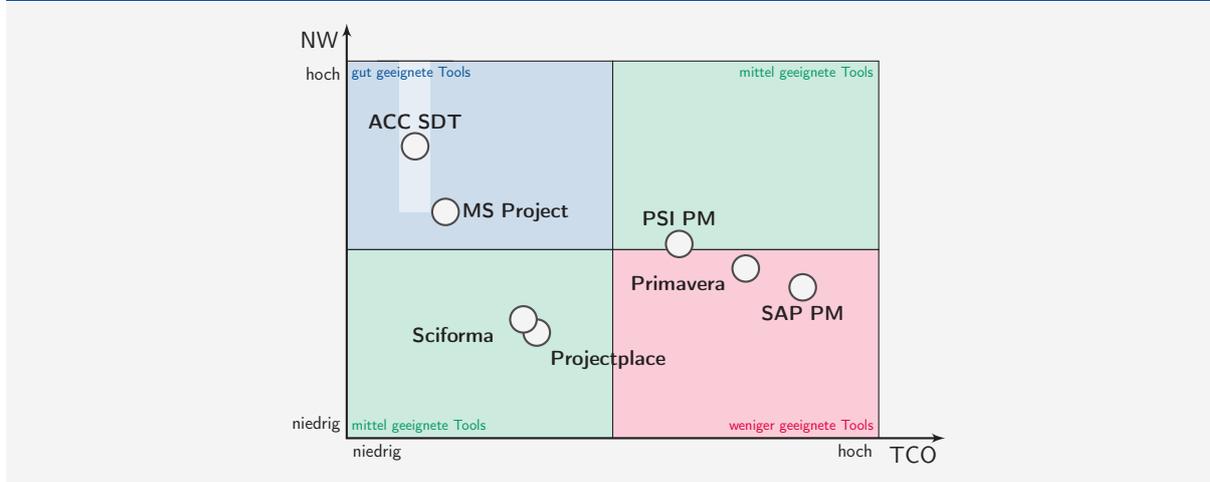
→ **Weniger geeignete Tools:**

niedriger Nutzwert bei hohem TCO-Wert (in der Abbildung: Tools im rot gefärbten Feld, rechts unten)

SAP Projektsystem und Oracle Primavera wurden zu den weniger geeigneten Tools eingeordnet. Sciforma Projektmanagement und Projectplace zählen zu den mittel geeigneten Tools. PSI Projectmanagement befindet sich zwischen den beiden Kategorien der weniger geeigneten Tools und der mittel geeigneten Tools. Microsoft Project und im Falle, dass der Nutzwert von ACC SDT höher als das arithmetischen Mittel ist, zählen zu den gut geeigneten Tools. Da eine Nutzwertanalyse für ein Tool im Voraus (bevor es entwickelt wird) nicht durchgeführt werden kann, stellt die obige Annahme zum Nutzwert von ACC ein entsprechendes Risiko dar.

Microsoft Project und das unternehmensintern entwickelte Tool ACC SDT wurden folglich als geeignete Tools klassifiziert. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurde in einer abschließenden Diskussion des F&E Führungskreises mit IT Experten über das zu verwendende Tool entschieden. Die Entscheidung fiel auf das unternehmensintern entwickelte Tool

Abb. 8.3: Total Cost of Ownership von verschiedenen Monitoring-Tools: ACC SDT am kostengünstigsten mit 17.760 €, serverbasierte Monitoringinstrumente am kostenintensivsten zwischen 103.430 und 138.830 €



ACC SDT. Die Entscheidung wurde neben den Ergebnissen aus der TCO-Kalkulation und der Nutzwertanalyse unter Berücksichtigung folgender Aspekte gefällt:

- exakte Gestaltung des Tools hinsichtlich der Unternehmenserwartungen,
- auch nach Integration in die Prozesse ist das Tool vollständig anpassbar,
- vollständige Unabhängigkeit gegenüber Software-Anbieter,
- Know-how, um ein Tool zu entwickeln, ist im Unternehmen vorhanden und
- Ressourcen für die Entwicklung, Implementierung und spätere Anpassung sind vorhanden.

Basierend auf der getroffenen Entscheidung wurde ein Monitoring Tool unternehmensintern entwickelt und in der Software-Umgebung des Unternehmens implementiert. Die unternehmensintern getroffenen Annahmen, die bei der TCO-Kalkulation einfließen, über die Dauer und den Ressourceneinsatz der Toolentwicklung und den zeitlichen Aufwand der Einschulung, entsprachen beinahe den tatsächlich angefallenen Aufwendungen. Die tatsächliche Dauer zur Toolentwicklung wurde entsprechend den Projektvorgaben eingehalten. Der angefallene Ressourceneinsatz verschlang lediglich 83 % des anberaumten Budgets und der tatsächliche zeitliche Schulungsaufwand je Mitarbeiter war um 14 % geringer als kalkuliert.

Abb. 8.4: Ergebnisse der Nutzwertanalyse

Kriterien	Gewichtung		PSI PM		Oracle		Sciforma		MS Project		SAP PM		Projectplace	
	Knoten	Ebene	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW
Allgemeine Kriterien	10													
Referenzen	30	3,00	2	6,00	4	12,00	1	3,00	4	12,00	4	12,00	1	3,00
Beratung	25	2,50	4	10,00	3	7,50	3	7,50	3	7,50	3	7,50	3	7,50
Support	45	4,50	4	18,00	3	13,50	4	18,00	3	13,50	3	13,50	4	18,00
Technische Kriterien	25													
Technologie	10	2,50	4	10,00	3	7,50	5	12,50	4	10,00	4	10,00	5	12,50
Datenschnittstelle	15	3,75	3	11,25	3	11,25	3	11,25	3	11,25	3	11,25	3	11,25
Lizenzkonzept	15	3,75	4	15,00	3	11,25	3	11,25	4	15,00	3	11,25	3	11,25
Software Umsetzung	10	2,50	4	10,00	4	10,00	3	7,50	5	12,50	3	7,50	3	7,50
Funktionalität	20	5,00	4	20,00	4	20,00	4	20,00	3	15,00	2	10,00	2	10,00
Hardware Installation	15	3,75	2	7,50	2	7,50	5	18,75	4	15,00	2	7,50	5	18,75
Software Installation	15	3,75	2	7,50	2	7,50	5	18,75	3	11,25	2	7,50	5	18,75
Kriterien hinsl. Sicherheit	25													
Sicherheit gegen SW-Viren	65	16,25	4	65,00	4	65,00	2	32,50	4	65,00	4	65,00	2	32,50
Sicherheit gegen HW-Schäden	35	8,75	4	35,00	4	35,00	2	17,50	5	43,75	4	35,00	2	17,50
Strategische Kriterien	25													
Abhängigkeit von SW-Anbieter	30	7,50	3	22,50	2	15,00	3	22,50	3	22,50	2	15,00	3	22,50
Langfristige Verfügbarkeit	70	17,50	3	52,50	4	70,00	3	52,50	5	87,50	4	70,00	3	52,50
Kriterien hinsl. Anwendung	15													
Einfachheit des Erlernens	20	3,00	3	9,00	2	6,00	3	9,00	3	9,00	2	6,00	3	9,00
Benutzerfreundlichkeit	50	7,50	3	22,50	3	22,50	3	22,50	3	22,50	2	15,00	4	30,00
Plausibilitätschecks	30	4,50	4	18,00	4	18,00	4	18,00	3	13,50	4	18,00	4	18,00
				339,75		339,50		303,00		386,75		322,00		300,50

Quelle: Hösch (2013), S. 83 f. : Bew. = Bewertung (Skala von 1 bis 5); NW = Nutzwert

9

Lessons learned aus der Prozesseinführung

Der konzipierte Technologieentwicklungsprozess wurde in der Unternehmung ACC von Anfang September 2011 bis Ende September 2013 im Zuge der Produktentwicklung angewendet. In diesem Kapitel werden zwei Themen behandelt: Im ersten Teil des Kapitels wird die Vorgehensweise der Prozesseinführung in das Unternehmen dargelegt. Im zweiten Teil werden die wesentlichen gewonnenen Erkenntnisse (*lessons learned*) aus der Erarbeitung des Forschungsthemas und der Umsetzung beschrieben.

9.1 Vorgehensweise der Prozesseinführung in das Unternehmen

Die Vorgehensweise für die Prozesseinführung in das Unternehmen wurde gemeinsam mit den Führungskräften der F&E erarbeitet. Insgesamt wurden sechs Bereiche definiert, an denen die Vorgehensweise festgemacht wurde. Die folgenden sechs Bereiche werden nachstehend näher erläutert:

- Prozessvorstellung,
- Akzeptanzkontrolle,
- unterstützende Maßnahmen,
- Fixierung des Prozesses,
- begleitende Workshopmoderationen und
- Verwertung der Erkenntnisse.

9.1.1 Prozessvorstellung

Die Prozessvorstellung wurde sukzessive anhand von vier Schritten durchgeführt, die dem Grundsatz *vom Groben ins Detail* entsprachen:

- **Vermittlung der Notwendigkeit und Dringlichkeit eines Technologieentwicklungsprozesses:** Der allerersten Schritt im Zuge der Prozessvorstellung wurde vom F&E Führungskreis initiiert. In einem Impulsvortrag wurde erstmals die Notwendigkeit des Technologieentwicklungsprozesses aufgezeigt und erläutert. Der wesentliche Grundgedanke dabei war, ein Bewusstsein für die Notwendigkeit und Dringlichkeit zu schaffen. Die darauf folgenden Wochen waren stark von informellen Gesprächen über den Sinn eines Technologieentwicklungsprozesses geprägt. Das Ziel war, mittels Bewusstheitsschaffung die nach Veränderung strebenden Kräfte zu stärken und die Anzahl der beteiligten Personen, die das Vorhaben unterstützen, zu erhöhen. Ein weitere Maßnahme zur Stärkung war die Integration eines neuen Mitarbeiters, der für die Technologieentwicklung verantwortlich war und den Prozess gestaltete und betreute.⁴⁷⁶
- **Vorstellung des Zwecks des Prozesses und der jeweiligen Phasen:** Zu Beginn der Technologieentwicklung wurde der Prozess im Groben vorgestellt, der Zweck der Technologieentwicklung erneut aufgezeigt und die Integration in den gesamten Produktentwicklungsprozess vorgestellt. Als Vermittlungsmethode wurde die Präsentation gewählt. Sämtliche am Produktentwicklungsprozess beteiligten Mitarbeiter wurden diesbezüglich eingeladen. In der Präsentation wurden zudem die einzelnen Prozessschritte der Technologieentwicklung hinsichtlich des Zwecks und der erforderlichen Ergebnisse behandelt. Den Abschluss der Informationsveranstaltung bildete eine offene Diskussion.
- **Darlegung der erforderlichen Ergebnisse je Phase und Bewertungskriterien:** In Kleingruppen wurde zu Beginn jeder Phase die jeweilige Prozessphase im Detail vorgestellt. Die Tätigkeiten der jeweiligen Phase wurden entsprechend ihrer Reihenfolge mit den Mitarbeitern und den zukünftigen Projektleitern besprochen. Ziel dieser Workshops war die Schaffung des Verständnisses der jeweiligen Phase und der einzelnen Tätigkeiten. Zudem wurden die erforderlichen Ergebnisse im Detail erläutert, die Kriterien der Gates vermittelt und die Dokumententvorlagen besprochen.
- **Erläuterung der Dokumentation:** Einen begleitenden Bestandteil der Prozessvorstellung hatte die Erläuterung der Dokumentation. Wie in Abschnitt 7.4 hervorgehoben, wurden für einige Tätigkeiten Dokumententvorlagen zur Ergebnisdokumentation geschaffen. Der

⁴⁷⁶Anmerkung des Autors: Dieser Mitarbeiter war der Autor.

Autor übernahm eine begleitende und beratende Rolle und betreute bei Bedarf Mitarbeiter bei der Verwendung der Dokumentenvorlagen zur Ergebnisdokumentation.

9.1.2 Akzeptanzkontrolle

Im Zuge der Prozesseinführung war die Information über die Akzeptanz des Technologieentwicklungsprozesses erforderlich. Um zu überprüfen, ob der entwickelte Prozess im Unternehmen gelebt wird, wurden drei Bereiche während der Technologieentwicklung beobachtet:

- **Durchführen der Tätigkeiten je Phase:** Der erste Indikator über die Prozessakzeptanz war von Beginn an die Beobachtung der Qualität der durchgeführten Tätigkeiten im Hinblick auf die erforderlichen Ergebnisse. Zudem wurde beobachtet, ob sämtliche im Prozess angeführten Tätigkeiten in der jeweiligen Reihenfolge bearbeitet wurden.
- **Anwendung der empfohlenen Methoden:** Der zweite Indikator über die Methodenakzeptanz gab Auskunft, in wie weit die Methoden, die größtenteils von den Mitarbeitern selbst vorgeschlagenen wurden, dann auch angewandt wurden. Ebenso wurde ein Augenmerk darauf gelegt, wie hoch die Akzeptanz jener Methoden war, die vom Management vorgegeben wurden.
- **Dokumentation:** Der dritte Indikator war die Kontrolle zur Akzeptanz der erarbeiteten Dokumentvorlagen für die Ergebnisdokumentation. Hierbei wurde darauf geachtet, wie leicht die Mitarbeiter sich mit den Vorlagen anfreunden konnten und wie gut die Dokumentation im Endeffekt war.

Die Akzeptanzkontrolle wurde während der ersten Monate intensiv durchgeführt. Die Indikatoren basierten stets auf subjektiven Einschätzungen. Insbesondere wurde in Gesprächen mit den Mitarbeitern die Zufriedenheit mit dem Prozess in Erfahrung gebracht. In Workshops konnte man sich über die Stimmung der einzelnen Mitarbeiter ein Bild von der Akzeptanz machen. Ein entscheidender Aspekt, der subjektiv erfasst wurde, war die wahrgenommene Freude der Mitarbeiter an den Tätigkeiten. Zur Steigerung der Akzeptanz wurden die Mitarbeiter intensiv bei der Methodenauswahl in den Gestaltungsprozess miteinbezogen. Man versuchte dadurch den Mitarbeitern das Vertrauen des Managements zu schenken und eine Teilverantwortung innerhalb der Technologieentwicklung zu übertragen.

9.1.3 Unterstützende Maßnahmen

Als unterstützende Maßnahmen zur Prozesseinführung wurden bei Bedarf Workshops und Meetings einberufen, um Raum für offene Fragen, Unstimmigkeiten, Anregungen und Vorschläge zu sämtlichen Themen aus der Technologieentwicklung zu schaffen. Zudem wurden Gespräche mit den Mitarbeitern geführt, um Feedback einzuholen.

9.1.4 Fixierung des Prozesses

Nachdem der Prozess gestaltet war und von dem F&E Führungskreis bestätigt wurde, waren einige formelle Tätigkeiten erforderlich, um den Prozess innerhalb des Unternehmens zu fixieren. Gemeinsam mit der verantwortlichen Person für unternehmensinternen Workflow wurde die Prozessdarstellung und -beschreibung in das elektronische Datensystem gespeist. Der Prozess wurde anschließend von prozessverantwortlichen Personen des F&E Führungskreises elektronisch freigegeben.

9.1.5 Begleitende Workshopmoderation

Während der gesamten Technologieentwicklung wurden die Workshops zu den jeweiligen Tätigkeiten vom Autor begleitet und moderiert. Durch die intensive Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern bei der Tätigkeitsausarbeitung konnten wertvolle Anregungen und Erfahrungen mitgenommen werden. Diese wurden zum Teil bereits im Prozess berücksichtigt. So wurden beispielsweise (Bewertungs-)Methoden den Tätigkeiten zugeordnet, die Mitarbeiter vorgeschlagen oder selbst entwickelt haben.⁴⁷⁷

9.1.6 Verwertung der Erkenntnisse

Wie oben bereits beschrieben wurden die gewonnenen Erkenntnisse zum Teil bei der Prozessdetailgestaltung integriert. Der Prozess wurde entsprechend angepasst. Die Integration eines Prozesses erfüllt die Unternehmung mit zusätzlichem Leben, sodass weiterhin Erkenntnisse aus der Prozessdurchführung gewonnen und in den Prozess zur Anpassung und Weiterentwicklung fließen.

⁴⁷⁷Hierzu zählt die Ja-Nein-Vielleicht-Bewertung mit Punktvergabe.

9.2 Lessons learned

Während der Prozessgestaltung, -einführung und -anwendung gab es Zeiten, die von Herausforderungen geprägt waren. Nachstehend werden die wesentlichen Erkenntnisse daraus dargelegt. Jeder Abschnitt repräsentiert eine wesentliche, gewonnene Erkenntnis. Hierzu werden in jedem Abschnitt eingangs das Problem bzw. die Herausforderung beschrieben. Dem folgt eine Erläuterung, wie damit bei der Problemlösung im Unternehmen umgegangen wurde. Abschließend werden Informationen dargelegt, wie sich die Situation nach der Problemlösung entwickelt hat und welche Erkenntnisse man daraus mitnehmen konnte.

9.2.1 Qualität der Tätigkeiten in der ersten Prozessphase der Technologieentwicklung bildet das Fundament für den späteren Erfolg

Die Kriterien der Ergebnisse bei Gate 1 sind im Vergleich zu sämtlichen Kriterien der übrigen Gates sehr anspruchsvoll hinsichtlich der Qualität der Ausarbeitungen.⁴⁷⁸ Die grundsätzliche Überlegung hierbei war, dass zuerst ein umfangreiches Verständnis über die Situation, das Ziel und vor allem über die Problemstellung vorhanden sein soll. Um dies zu gewährleisten, sind die Mitarbeiter gefordert, sich umfangreich und intensiv mit der Thematik auseinander zusetzen. Bevor der Phasenprozess im Unternehmen angewandt wurde, hatte der Autor die Überlegung, die Phase 1 *Fokusfelder definieren* in zwei Phasen mit je einem Gate aufzuteilen. Dabei wäre in der ersten das spezifische Problem beschrieben und in der zweiten die spezifische Problembeschreibung in eine abstrakte Problembeschreibung TRIZ-basierend transformiert worden. Wie sich gezeigt hatte, brachte die Zusammenlegung der spezifischen und abstrakten Problembeschreibung eine Steigerung der Qualität der Ergebnisse zur Problembeschreibung und zudem eine Steigerung der Prozessdisziplin.

Die Qualität der abstrakten Problembeschreibung ist proportional zur Qualität der spezifischen Problembeschreibung. Die Tätigkeiten zur spezifischen und abstrakten Problembeschreibung wurden mehrmals im Unternehmen durchgeführt. Mängel in der Durchführung der Funktionsanalyse des Kompressors und der jeweiligen Komponenten bzw. folglich in der spezifischen Problembeschreibung führten dazu, dass die abstrakte Problembeschreibung weniger treffend formuliert war. Die Konsequenz daraus war ein teilweises oder sogar vollständiges Wiederholen der Funktionsanalysen und eine Überarbeitung der spezifischen und abstrakten Problembeschreibung. Der Prozess zur Problembeschreibung war iterativ. Wäre diese Phase in zwei Phasen geteilt gewesen und die abstrakte Problembeschreibung wäre, wie erlebt, am Anfang weniger zufriedenstellend gewesen, so wäre lediglich eine Überarbeitung der

⁴⁷⁸Vgl. Abschnitt 7.4.2

abstrakten Problembeschreibung laut Phasenprozess notwendig, obwohl die Qualitätsmängel bereits früher in der spezifischen Problembeschreibung auftraten. Da auf Grund einmal bestätigter Ergebnisse bei den Gates, es lediglich ein Voranschreiten gibt und kein zurück, wirken sich Qualitätsmängel in der Problembeschreibung auf sämtliche Tätigkeiten entlang des Technologieentwicklungsprozesses aus. Denn: Sämtliche TRIZ-Methoden sind an den Widersprüchen (abstrakte Problembeschreibung) ausgerichtet. Alternativ hätte man die Entscheidung trotz Ergebnisbestätigung über die spezifische Problembeschreibung revidieren und von vorne neu starten können. Die Gate-Akzeptanz als Meilensteine mit Stopp-Weiter-Entscheidung wäre dadurch weniger gegeben sein, wenn Gate-Kriterien nachträglich geändert werden.

Fazit: Durch die Zusammenlegung der spezifischen und abstrakten Problembeschreibung in der erste Phase sind die Tätigkeiten zwar mit viel Aufwand wegen möglicher Überarbeitungen verbunden, dafür haben die Mitarbeiter ein qualitativ hochwertiges Fundament für sämtliche weitere Technologieentwicklungstätigkeiten gelegt. Zudem kann man auf die Entscheidungen an den Gates vertrauen und eine Revidierung von Entscheidungen an den Gates wurde dadurch von Beginn an außen vor gelassen.

9.2.2 Mitarbeiter bei Teilen der Prozessgestaltung involvieren und sie verantwortlich partizipieren lassen

Die Entscheidung, einen Technologieentwicklungsprozess in den Produktentwicklungsprozess zu integrieren, wurde vom F&E-Management getroffen. Die Notwendigkeit und Dringlichkeit für einen solchen Technologieentwicklungsprozess für das Unternehmen ACC wurde jedoch von ein paar Mitarbeitern weniger geteilt. Bei diesen Mitarbeitern war eine **grundsätzliche Ablehnung** gegen einen neuen Prozess gegeben. In Gesprächen wurden insbesondere generalisierte Aussagen wie: „so etwas brauchen wir nicht“, „hat bisher auch ohne eigenen Technologieentwicklungsprozess gut geklappt – haben den Innovationsstaatspreis⁴⁷⁹ mit der bewährten Vorgehensweise gewonnen, wozu was Neues“ oder „wieder ein neuer Prozess, der dann nach einem Jahr nicht weiter verfolgt wird“ getätigt. Zudem waren unter den dem Prozess abgeneigten Mitarbeitern, ein paar leitend für das Meinungsbild in der Abteilung.

Die oben geschilderte Ablehnung gegenüber dem Vorhaben war insbesondere wegen des Risikos einer möglichen Analogie zum Sprichwort *Ein fauler Apfel verdirbt den ganzen Korb*. von bedeutender Relevanz. Die anfängliche Ablehnung durch ein paar bestimmende Mitarbeiter könnte zu einer kollektiven Ablehnung in der Abteilung führen. Die Akzeptanz der Technologieentwicklung und die Sicherstellung qualitativer Ergebnisse wären dadurch gefährdet

⁴⁷⁹Anmerkung des Autors: Staatspreis für Innovation 2011

gewesen.

Die von bestimmten Mitarbeitern vermittelte Ablehnung und Skepsis wurde vom Autor und dem Management wahrgenommen, jedoch wurde dem kein Raum geschenkt. Vielmehr nahm der Autor eine vermittelnde Rolle ein, indem er Mitarbeiter durch einen partizipativen Ansatz in die Prozessgestaltung, Methodenauswahl und Prozesseinführung miteinbezog und Vertrauen zu den Mitarbeitern aufbaute. Im Laufe der Zeit konnten dadurch auch die Hintergründe für die Ablehnung und Skepsis in Erfahrung gebracht werden. Jene Mitarbeiter, die eine grundsätzliche Ablehnung gegenüber den Prozess hatten, hatten insbesondere Bedenken, dass das methodische Vorgehen für die durchzuführende Tätigkeiten äußerst detailliert vorgegeben und wenig bis gar kein Raum für Eigeninitiative sei. Spannend war, dass jene Mitarbeiter sich jedoch mit dem Zweck des Vorhabens identifizieren konnten und auch die Vorgaben hinsichtlich der TRIZ-Vorgehensweise und der erforderlichen Ergebnisse verständlich waren. Ein Mitarbeiter beschrieb dies mit: *„Der Grundgedanke für einen Technologieentwicklungsprozess ist verständlich – wir haben dann eine Struktur, also ein Schema F wie wir vorgehen. Traurig ist es, wenn uns dann wieder ein Prozess von oben einfach so vorgesetzt wird. Wir haben uns auch Gedanken gemacht, wie wir die Ziele⁴⁸⁰ erreichen können. Umsetzen müssen wir es, nicht die⁴⁸¹.“*

Auf Basis der Erkenntnisse wurden Mitarbeiter, vor allem bei der Methodenauswahl für die durchzuführenden Tätigkeiten, konsultiert. Die Struktur der Dokumentvorlagen für die Ergebnisdokumentation wurde in Workshops mit den Mitarbeitern erarbeitet. Die Abstimmung der Dokumentvorlagen mit den Anforderungen des F&E-Managements führte der Autor im Dialog mit dem F&E-Management. Somit wurde ein Kompromiss aus dem ursprünglich angedachten Top-down Ansatz und dem von den Mitarbeitern gewünschten Bottom-up Ansatz erzielt. Durch die Partizipation der Mitarbeiter bei der Gestaltung konnten vor allem weitere Fürsprecher und Unterstützer gewonnen werden. Im Umgang mit dieser Herausforderung konnten folgende Effekte wahrgenommen werden:

- Mitarbeiter fühlen sich mehr für den Erfolg Technologieentwicklung verantwortlich.
- Mitarbeiter haben sich bereits früh mit dem Prozess und den Methoden auseinandergesetzt. Der Zusammenhang einzelner Phasen und Tätigkeiten war ihnen bereits vor Start des Prozesses verständlich. Weniger *Einschulungsaufwand* war erforderlich.
- Höhere Akzeptanz des Prozesses ist bei den Mitarbeitern gegeben.
- Die Partizipation förderte das Klima innerhalb der Abteilung. Die Stimme der Mitarbeiter wurde gehört, wertgeschätzt und floss in die Gestaltung des Prozesses mit ein.

⁴⁸⁰Anmerkung des Autors: Ziele der Technologieentwicklung

⁴⁸¹Anmerkung des Autors: im Sinne von das Management im Allgemeinen

Der Erfolg im Umgang mit dieser Herausforderung kann insbesondere anhand zweier Fähigkeiten festgemacht werden: Es ist eine Frage der Kommunikation und die Fähigkeit Vertrauen zu schenken und aufzubauen.

9.2.3 Abwechslung zu TRIZ bringt frischen Wind

In Phase 4 *Konzepte erarbeiten* werden abstrakte Lösungen in spezifische Lösungen transformiert. Die zuvor gefundenen Technologien werden mit den erarbeiteten abstrakten Prinziplösungen kombiniert und zu Konzepten ausgearbeitet. Diese Phase wurde als die schwierigste von allen fünf Phasen wahrgenommen.

Während der Abhaltung eines dreistündigen TRIZ-Workshops in Phase 4 mit einer Kleingruppe waren die Motivation und Einsatzbereitschaft der Teilnehmer an einem Tiefpunkt angelangt. Die Qualität der Ausarbeitungen entsprach bei Weitem nicht der üblichen Qualität. Im Laufe des Workshops nahm man beim Großteil der Teilnehmer aufkeimende Verzweiflung an der Aufgabenstellung wahr. Manche Teilnehmer begannen sich über die Aufgabe zu amüsieren. Zudem breitete sich flott Sarkasmus unter den Teilnehmern aus. Aus dem Sarkasmus entwickelte sich lautstarker Humor. Ein engagiertes Mitwirken zur Erarbeitung der Konzepte hat nun endgültig gefehlt. Die Effektivität des Workshops war dahin. Während der Autor an der gedanklichen Planung der Neuausarbeitung des Workshops arbeitete und die Teilnehmer die Situation weniger verbissen sahen, wurde eine entscheidende Erkenntnis mitgenommen: Humor mindert Denkblockaden. In Urban (2004) wird betont, dass man durch Humor „gleichzeitig Abstand und Nähe zu einem Gegenstand“ hat und man in der Lage „zu mehrperspektivischer Betrachtung“ ist.⁴⁸² Schlicksupp (1995) führt an, dass durch die „kognitive Funktion des Humors“ von üblichen Denkbahnen abgewichen wird und Sichtweisen verändert werden.⁴⁸³ Humor befreit von Zwängen. Er steht in enger Korrelation zu Kreativität.

Im Anschluss an den Workshop wurde mit den Mitarbeitern über die Effektivität von Humor in Workshops gesprochen. Es zeigte sich, dass eine entscheidende Erfindung bei der Plattform DELTA, dem *Kronkorkenverschluss für den Zylinderkopf*, durch *Herumblödeln* entstand. Scherzhaft wurde über Bier trinken und Bierflaschen gesprochen, als dann die Idee geboren wurde, den Zylinderkopf des Kompressors mittels Kronkorkenverschluss zu befestigen.

⁴⁸²vgl. Urban (2004), S. 79 f

⁴⁸³vgl. Schlicksupp (1995), S. 205



Abschluss der Arbeit

TEILVIER

Jede Reise, jede Wandschaft ist ein Aufbruch zu neuen Ufern, ein Sprengen der Ketten, die uns an den Felsen des Alltäglichen und Gewohnten schmieden.

Carl Peter Fröhling



10

Abschluss der Arbeit

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels wird die Arbeit zusammengefasst. Im zweiten Abschnitt werden Limitationen von TRIZ beschrieben. Im dritten Abschnitt wird auf die Forschungsfragen eingegangen und zudem ein möglicher Ausblick für weiterführende Forschung gegeben.

10.1 Zusammenfassung

In Zeiten des globalen Wettbewerbs, von beschleunigender Technologieschübe und von kürzer werdenden Produktlebenszyklen müssen Unternehmen nach Gelegenheiten Ausschau halten, um neue Produkte zu Innovationen am Markt umzusetzen. Vor allem neue Technologien stellen für Unternehmen aus Hochlohnländern eine Möglichkeit dar, um ihr Produkt für den Kunden wahrnehmbar zu machen. Technologieentwicklung ist dabei ein zentraler Parameter für nachhaltigen Wettbewerbsvorteil.

Technologieentwicklung hat zum Zweck, praktische Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen und steht im Fokus des Problemlösen. Um ein Problem zu lösen, tritt der Entwickler an die Aufgabe heran. Die Probleme bestehen aus einer Vielzahl von Elementen, die dem System einen Komplexitätsgrad verleihen und können in verschiedenster Weise untereinander vernetzt sein. Das traditionelle Vorgehen, um Probleme zu lösen, entspricht dem Prinzip von Versuch und Irrtum. Es handelt sich dabei um eine Vorgehensweise, bei der so lange *herumprobiert* wird, bis sich ein Erfolg einstellt. Das konventionelle Denken veranlasst (leider) die

meisten Menschen dazu, das zu denken, was andere vor ihnen auch schon gedacht haben. Die Hauptkritik dabei liegt an der hohen Anzahl an Spontanideen, die vorwiegend an einer bestimmten (Denk-)Richtung orientiert sind und die Ideen zur Problemlösung können großteils als banal eingestuft werden. Die ideale Lösung eines Problem kann jedoch aus einer nachvollziehbaren (Denk-)Logik abgeleitet werden. In der wissenschaftlichen Literatur wird hierzu der systematisch kreative Ansatz der Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) angeführt. Der TRIZ-Ansatz wird von Altschuller in der ehemaligen Sowjetunion ab ca. 1956 entwickelt. Sinn und Zweck dieses Ansatzes ist es, die Zeit zur Ideenfindung zu verkürzen, den Zufall auszuschließen und den Problemlösungsprozess zu strukturieren, um ein so genanntes *Durchbruchdenken* zu ermöglichen.

In dieser Arbeit wird für das Industrieunternehmen ACC Austria GmbH mit Sitz in Fürstentfeld (Österreich) ein TRIZ-orientierter Technologieentwicklungsprozess als Teil des Produktentwicklungsprozesses gestaltet und in das Unternehmen eingeführt. Die Modellierung der Prozessablaufstruktur resultiert zum einen aus den Anforderungen seitens des Unternehmens und zum anderen werden die relevanten Vorteile vorhandener Prozessmodelle für Produktentwicklung und Innovationen aus der Literatur integriert. Für das Controlling der Technologieentwicklung werden Kennzahlen und Kriterien definiert. Ein elektronisches Monitoring-System protokolliert und bereitet die Kennzahlen auf. Hierzu werden verschiedene Monitoring-Tools sowohl wirtschaftlich als auch hinsichtlich ihres Nutzwertes bewertet. Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Prozesseinführung werden anhand Beispielen dargelegt.

Im theoretischen Teil wird eingangs der Bedarf einer Technologieentwicklung für ein Unternehmen in hart umkämpften Märkten anhand einer Literaturanalyse bestätigt. Es werden in Kapitel 3 über die *Grundlagen zur Forschungsthematik* begriffliche Abgrenzungen eingeführt und die Grundlagen einer Technologieentwicklung dargelegt. Zudem werden die Aufgaben des Technologiemanagements und Controllingkennzahlen im Innovationsprozess beschrieben. Der für diese Arbeit wesentliche Bestandteil von TRIZ wird in Kapitel 4 *Theorie des erfinderischen Problemlösens* detailliert behandelt. Es werden hierbei die Grenzen herkömmlicher Problemlösungsansätze aufgezeigt und die entscheidenden Vorteile von TRIZ eingeführt. Das TRIZ-Vorgehensmodell wird schrittweise erläutert und anhand eines Beispiels verdeutlicht. Der TRIZ-Ansatz stellt den Erfindern eine Reihe von Werkzeugen bei der Problemanalyse und Lösungsfindung zur Verfügung. Eine detaillierte Erläuterung der Werkzeuge wird insbesondere im Anhang gegeben. In Kapitel 5 werden für das Unternehmen relevante *Prozessmodelle für Produktentwicklungen und Innovationen aus der Literatur* beschrieben und diskutiert. Es werden dabei die Prozessmodelle von Brockhoff, Cooper, Eversheim, Herstatt, Thom und Ulrich und Eppinger herangezogen.

Im praktischen Teil werden eingangs in Kapitel 6 die *notwendigen Anforderungen für die Technologieentwicklung des Unternehmens* behandelt. Aus Experteninterviews und Workshopdiskussionen mit Führungskräften wird eine Vielzahl an Anforderungen erarbeitet, die mit Aussagen aus der Literatur beleuchtet werden. Insgesamt werden 21 Anforderungen für das Unternehmen festgelegt, die in die vier Gruppen: generelle Anforderungen für die Technologieentwicklung, formelle, inhaltliche und fortschrittsbezogene Anforderungen für den Phasenprozess eingeteilt werden. Der für das Industrieunternehmen skizzierte fünf-phasige, TRIZ-orientierte Technologieentwicklungsprozess wird anhand der definierten Anforderungen in Kapitel 7 gestaltet. Zudem werden relevante Erkenntnisse für das Unternehmen aus den diskutierten Prozessmodellen aus der Literatur dabei berücksichtigt. Ein markantes Merkmal des entwickelten Prozessmodells ist das Stage-Gate Konzept. In jeder Prozessphase sind Tätigkeiten durchzuführen, die analysiert werden und woraus Ergebnisse abgeleitet werden. Bei den Gates, den Entscheidungspunkten über Abbruch oder Fortschritt, werden die Ergebnisse hinsichtlich definierter Kriterien bewertet. Bei Erfüllung kann die nächste Prozessphase gestartet werden. Im Kapitel werden die einzelnen Prozessphase, die jeweiligen Gates und die dazugehörigen Kriterien und die Ergebnisse im Detail beschrieben. Für das Controlling werden zwei Instrumente definiert: *Jour Fixe* in regelmäßigen zeitlichen Abständen und *Controlling-Tribunale* am Ende jeder Phase bei den Gates. Für das Controlling werden Kennzahlen in Kapitel 8 *Monitoring der Technologieentwicklung im Unternehmen* definiert. Das Controlling wird durch ein Monitoring-Tool unterstützt. Hierzu werden die relevanten Monitoring Tools SAP Projektsystem, Oracle Primavera, PSI Projectmanagement, Projectplace, Sciforma Projectmanagement, Microsoft Project und ein unternehmensintern entwickeltes Tool wirtschaftlich und hinsichtlich ihres Nutzens bewertet. In Kapitel 9 werden zum einen die Vorgehensweise bei der Prozesseinführung dargelegt und zum anderen die wesentlichen Erkenntnisse aus der Erarbeitung des Forschungsthemas und der Umsetzung beschrieben.

10.2 Implikationen für die Theorie

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, ob bzw. welche Anforderungen aus der wissenschaftlichen Literatur sich in der Anwendung bewährt haben und welche weniger. In Kapitel 6 wird detailliert dargelegt, welche 21 Anforderungen für das Unternehmen von Relevanz sind. Als Antwort für die oben formulierte Frage kann festgehalten werden, dass die Anforderungen aus der wissenschaftlichen Literatur sich durchwegs in der Anwendung bewährt haben, diese jedoch unterschiedlich von der Unternehmung priorisiert wurden. Jede einzelne Anforderung war für diese Arbeit besonders wertvoll und dennoch musste jede einzelne Anforderungen auf die Unternehmenssituation und das -umfeld angepasst werden.

In der DIN EN ISO 9000 wird eine Anforderung wie folgt definiert: *„Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“*. Die IEEE⁴⁸⁴ definieren eine Anforderung als, eine Aussage, die ein Produkt oder einen Prozess operativ, funktional oder in der Darstellung beschreibt, die eindeutig, überprüfbar und messbar ist und die durch den Verbraucher oder von internen Qualitätsrichtlinien akzeptiert wird.⁴⁸⁵ Der letzte Part der Definition, *„durch den Verbraucher oder von internen Qualitätsrichtlinien“* impliziert beteiligte Stakeholder, die maßgeblich auf die Akzeptanz Einfluss nehmen und haben. Hull et al. (2011) führen hierbei vier Ebenen der Anforderungen an: Stakeholder-, System-, Subsystem- und Komponentenanforderungen. Die oberste Ebene bildet die Gruppe der Stakeholderanforderungen, die den größten Einfluss nehmen. Es kann festgehalten werden, dass sämtliche in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten Anforderungen sich stets im Anwendungsumfeld beweisen müssen und den jeweiligen Stakeholderanforderungen entsprechend müssen.

10.3 Limitation

TRIZ ist ein Werkzeug zur Problemlösung. Die Vorteile in der Problemlösung, die ein Problemlöser damit gewinnen kann, hängen davon ab, wie gut sein Verständnis von TRIZ ist. Mit dem TRIZ-Ansatz bedient man sich eines komplexen, analytischen Verfahrens. Der professionelle Umgang damit erfordert viel Übung. Schlussendlich erzielt man Routine und gewinnt Erfahrung. Ein bedeutender Nachteil von TRIZ ist der Mangel an Formalität.⁴⁸⁶ Dies impliziert Schwierigkeiten, TRIZ zu verstehen und umzusetzen.

⁴⁸⁴Abkürzung für Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

⁴⁸⁵Vgl. Hull et al. (2011), S. 6 aus IEEE Std 1220-1998. Originalwortlaut: *„a statement that identifies a product or process operational, functional, or design characteristic or constraint, which is unambiguous, testable or measurable, and necessary for product or process acceptability by consumers or internal quality assurance guidelines“*

⁴⁸⁶vgl. Dubois et al. (2005), S. 1

Zobel (2007) und Rietsch (2007) führen jeweils den beachtlichen Umfang von TRIZ als Nachteil an. Die 39 technischen Parameter und die daraus resultierende Widerspruchsmatrix lassen viele Interpretationen zu und bieten viele Möglichkeiten zur Variation.⁴⁸⁷ Leider gibt es jedoch „keine Anleitung zur Auswahl“ und zur Ermittlung der „Wichtigkeit der Kombinationen“.⁴⁸⁸

Im Unternehmen wird im Zuge der Technologieentwicklung die Erfahrung gemacht, dass Mitarbeiter sich ab und an auf TRIZ als planbaren *Kreativitätsmotor* verlassen. Wie in Kapitel 4 ausführlich beschrieben, stellt TRIZ dem Anwender ein Vorgehensmodell und verschiedene Methoden zur Verfügung und unterstützt den Anwender mit Denkanstößen⁴⁸⁹. Die Qualität der Erarbeitungen, in diesem Fall die Qualität der Prinziplösungen und Konzepte sind dennoch hauptsächlich von den Leistungen der Anwender abhängig. TRIZ bietet in jedem Fall Möglichkeiten, die Kreativität anzuregen, nicht jedoch Kreativität zu erzeugen. Ob aus einem spezifischen Problem ein abstraktes Problem wird und folglich abstrakte Lösungsprinzipien identifiziert werden und diese schlussendlich zur Lösung des spezifischen Problem führen, liegt in den Händen – oder besser formuliert: in den Köpfen – der TRIZ-Anwender.

Neben den beschriebenen Limitation von TRIZ kann eine Limitation hinsichtlich der Anwendung des Technologieentwicklungsprozesses aufgezeigt werden. Der Prozess wurde für das Unternehmen konzipiert. Die Gültigkeit des Phasenprozesses für andere Unternehmen kann nicht gegeben werden.

10.4 Validierung und Verifizierung

Der skizzierte Technologieentwicklungsprozess wurde für ein bestimmtes Unternehmen in einem definierten Umfeld erarbeitet. Wie bereits in der Einführung dargelegt, sind die Ergebnisse dieser Arbeit insbesondere für Industrieunternehmen von Relevanz, für die die folgenden Charakteristika zutreffen:

- geringe bis mittlere vorherrschende Industriedynamik,
- lange Produktlebenszyklen,
- vorwiegend technologiegetriebene Innovationsauslöser,
- Technologieentwicklung hat einen Fokus auf Produktentwicklung,
- Produktentwicklung ist von Prozessentwicklung gelöst,

⁴⁸⁷ vgl. Rietsch (2007), S. 175

⁴⁸⁸ vgl. Zobel (2007), S. 176

⁴⁸⁹ vgl. bspw. die 40 innovative Grundprinzipien

- ausgeprägte Struktur in der Vorgehensweise in der Produktentwicklung und
- Business-to-Business Geschäftsfeld.

Zudem wurde zur Feststellung der Reproduzierbarkeit und Gültigkeit des Technologieentwicklungsprozesses unabhängige Expertengremien der *Akademie für Recht, Steuern und Wirtschaft*⁴⁹⁰ und der *3DSE Management Consultants*⁴⁹¹ beauftragt, die Ergebnisse aus dieser Arbeit zu beleuchten. Der skizzierte Technologieentwicklungsprozess wurde von den Expertengremien in der Reproduzierbarkeit und der Gültigkeit bestätigt. Nachstehend werden zusammenfassend die Schlussfolgerungen der Expertengremien angeführt:⁴⁹²

Welche gemeinsamen Schritte finden Sie im entwickelten Prozess und in den Prozessmodellen aus der Literatur?⁴⁹³

Akademie für Recht, Steuern und Wirtschaft (ARS): Ausgehend von einem allgemein gültigen Problemlösungsprozess, der aus den Schritten Problemdefinition, Problemlösung und Evaluierung besteht, werden die Prozessmodelle hinsichtlich inhaltlicher Abdeckung verglichen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Prozessmodelle aus der Literatur und das von Hösch entwickelte Prozessmodell gemeinsame Schritte vor allem in der Problemdefinition und hervorragend in der Problemlösung aufweisen. Der dritte Schritt, die Evaluierung, wird von den Prozessmodellen aus der Literatur teilweise bis wenig abgedeckt. Dieser letzter Schritt stellt einen relevanten Aspekt für die Erfolgswahrscheinlichkeit zukünftiger Projekte dar und ist im Prozessmodell von Hösch abgebildet. In Abbildung 10.1 werden die Ergebnisse aus dem Vergleich der Prozessmodelle mit einem allgemein gültigen Problemlösungsprozess dargestellt. Der Umfang der inhaltlichen Übereinstimmung wird anhand einer drei-stufigen Skala grafisch dargestellt. Der Vollkreis bestätigt die Erfüllung des jeweilig geforderten Inhalts. Der Kreisring signalisiert eine wesentliche Übereinstimmung der geforderten Inhalte. Der Strich weist auf relevante Lücken hin.

⁴⁹⁰Die Akademie für Recht, Steuern und Wirtschaft ist eine Institution mit dem Zweck eines beruflichen Wissenstransfers und einer beruflichen Weiterbildung. Die Themengebiete umfassen Technologie- und Innovationsmanagement, Projektmanagement, Unternehmungsführung und Leadership, Finanz- und Rechnungswesen, Human Resources, Einkauf und Beschaffung, Marketing und Verkauf und IT und Medien. Die Institution berät und bildet in folgende Branchen weiter: Industrie und Produktion, Bauwirtschaft, Energie und Umwelt, Banken und Versicherungen, Immobilienwirtschaft, Gesundheitswesen und öffentliche Verwaltung. Die für die ARS tätigen Berater zählen zu den Experten des jeweiligen Fachbereichs. Vgl. <http://www.ars.at>, Internetseite aufgerufen am 13. Dezember 2013

⁴⁹¹Die Unternehmung 3DSE Management Consultants ist eine unabhängige Managementberatung für Innovation und Produktentwicklung. Der Fokus der Beratung liegt auf Innovationen bei Produktentwicklungen. Die Unternehmung berät vorwiegend international agierende Unternehmen bei Strategie, Prozessen, Organisation und Produktentwicklungserfolgevaluierung. Vgl. <http://www.3dse.at>, Internetseite aufgerufen am 13. Dezember 2013

⁴⁹²Interviewes vom 11. und 13. Dezember 2013

⁴⁹³Brockhoff (1994), Cooper (2010), Eversheim (2003), Herstatt (2000), Thom (1992) und Ulrich (2003)

Abb. 10.1: Gemeinsamkeiten der Prozessmodelle nach ARS

		Brockhoff (1994)	Cooper (2010)	Eversheim (2003)	Herstatt (2000)	Thom (1992)	Ulrich (2003)	Hösch (2013)
1. Problemdefinition	Strategische Vorgaben	-	-	○	●	●	●	●
	Situationsanalyse	○	○	●	○	●	●	●
	Problembewusstsein	○	○	●	○	○	○	●
	Problembeschreibung	●	○	●	○	○	●	●
	Zielformulierung	●	○	●	●	●	●	●
2. Problemlösung	Ideenfindung	●	●	●	●	●	●	●
	Ausarbeitung	●	●	●	●	●	●	●
	Bewertung	●	●	●	●	●	●	●
	Entscheidung	●	●	●	●	●	●	●
	Umsetzung	●	●	●	●	●	●	●
3. Evaluierung	tech. Zielerreichung	●	●	○	○	○	-	●
	Projektvorgaben	-	○	-	-	○	-	●
	Lessons learnt	-	○	-	-	-	-	●
	Dokumentation	-	-	○	-	-	-	●

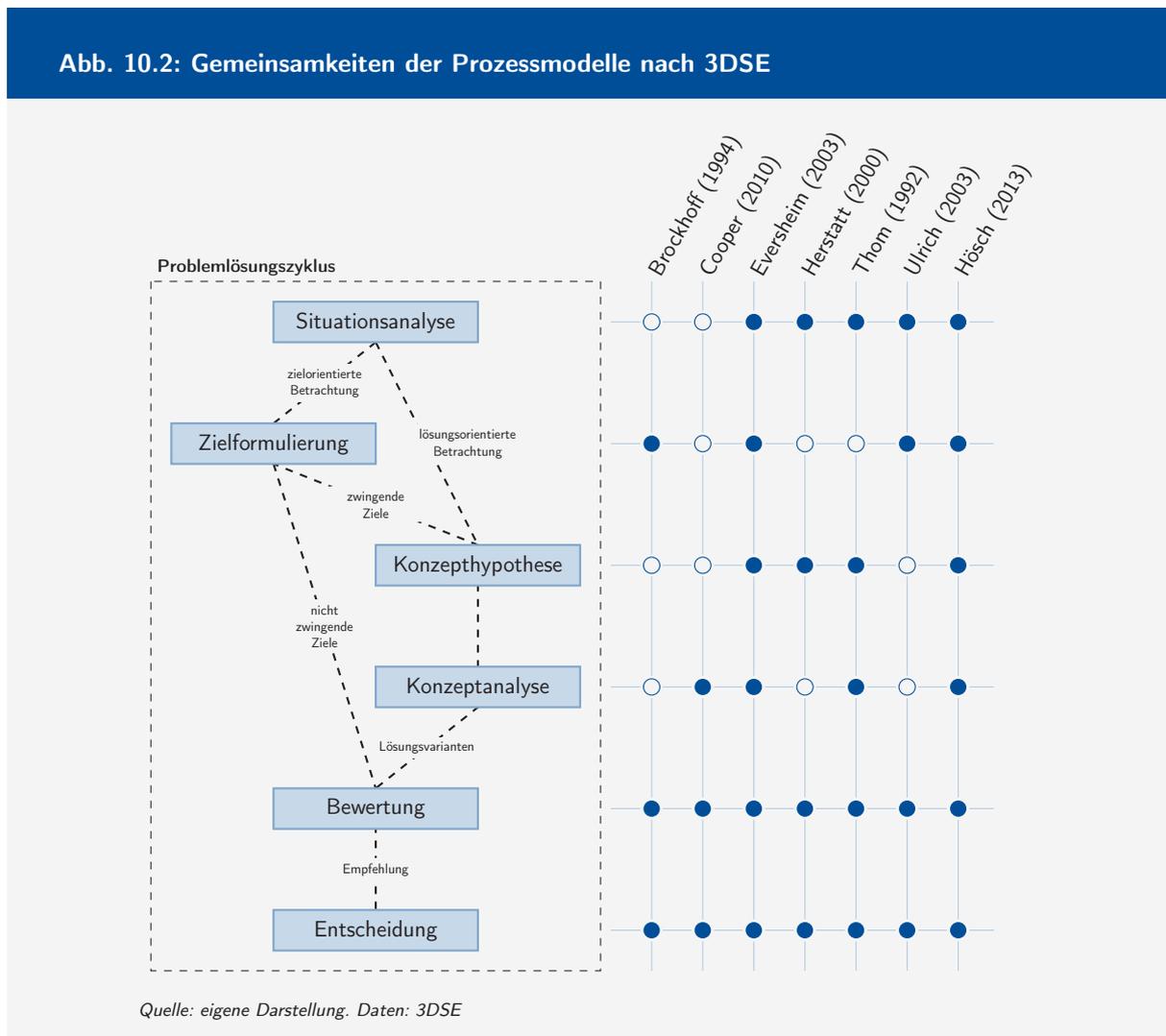
Quelle: eigene Darstellung. Daten: ARS

Besonders hervorzuheben sei die in Hösch's Prozessmodell umfangreiche Auseinandersetzung mit der Problemdefinition. Eine annähernd detaillierte Beschäftigung mit dieser Thematik kann in den Prozessmodellen von Eversheim und Ulrich gefunden werden. Die Inhalte in der Problemlösung werden von allen sieben Prozessmodellen vollständig abgedeckt. Hier kann gezeigt werden, dass unterschiedliche Vorgehensweisen der jeweiligen Prozessmodelle zur Lösungsfindung angewandt werden. Eine umfangreiche Evaluierung des Entwicklungs-

vorhabens kann lediglich in Hösch's Prozessmodell gefunden werden.

3DSE Management Consultants (3DSE): Der Vergleich der Prozessmodelle wurde anhand des Problemlösungszyklus aus Systems Engineering gezogen. Zusammenfassend können große Gemeinsamkeiten aller Prozessmodelle⁴⁹⁴ ausgedrückt werden. Der Technologieentwicklungsprozess von Hösch deckt sämtliche geforderten Inhalte aus dem Problemlösungszyklus von Systems Engineering ab. In Abbildung 10.2 werden die Ergebnisse aus dem Vergleich der Prozessmodelle mit dem Problemlösungszyklus von Systems Engineering dargestellt. Hervorgehoben kann werden, dass lediglich die Prozesse von Eversheim und Hösch die Inhalte des Problemlösungszyklus gesamtheitlich abdecken. Insgesamt sind die Gemeinsamkeiten der sieben betrachteten Prozessmodelle stark ausgeprägt.

Abb. 10.2: Gemeinsamkeiten der Prozessmodelle nach 3DSE



⁴⁹⁴Anmerkung des Autors: aller im Sinne von: die sechs Prozessmodelle aus der Literatur und der skizzierte Prozess von Hösch

Inwiefern ist dieses entwickelte Prozessmodell als abstraktes Vorgehensschema für ähnliche Industrien geeignet?

ARS: Wie oben in der Abbildung 10.1 dargestellt, wurde der Technologieentwicklungsprozess von Hösch mit einem allgemein gültigen Problemlösungsprozess verglichen. Dieser allgemein gültige Problemlösungsprozess kann für sämtliche Problemstellungen in den verschiedensten Industrien angewandt werden. Die wesentlichen Merkmale dieses Problemlösungsprozesses sind intensive Auseinandersetzung mit der Problemstellung, die Lösungsfindung und -umsetzung und die Evaluierung der Tätigkeiten. Der Problemlösungsprozess ist ganzheitlich und kann als generische Vorgehensweise verstanden werden. In der vorherigen Fragestellung konnte klar dargelegt werden, dass der von Hösch skizzierte Prozess mit dem allgemein gültigen Problemlösungsprozess entsprechende Gemeinsamkeiten hat. Der generalistische und strukturierte Technologieentwicklungsprozess von Hösch kann für technische Problemstellungen in der Produktentwicklung bzw. Technologieentwicklung in verschiedenen Industrien angewandt werden.

3DSE: Der Technologieentwicklungsprozess von Hösch kann auf Basis der vorgenommenen Analyse ebenso für Technologieentwicklungen in ähnlichen Industrien angewandt werden. Eine uneingeschränkte Eignung des Prozesses für die Industrien kann nicht vollständig gegeben werden, da die Anforderungen an solchen Prozessen von Unternehmen zu Unternehmen variieren können. Jedoch soll festgehalten werden, dass der Technologieentwicklungsprozess von Hösch eine wertvolle Basis für mögliche, unternehmensspezifische Anpassung des Prozesses ist. Für die Analyse wurde der Problemlösungszyklus aus Systems Engineering, siehe Abbildung 10.2 links, als Vergleichsmodell herangezogen. Die vier Empfehlungen⁴⁹⁵ aus dem Systems Engineering Ansatz werden im Technologieentwicklungsprozess von Hösch wieder gefunden. Zudem glänzt der skizzierte Prozess von Struktur und transparenten Abläufen bei der Ergebnisbewertung jeder einzelnen Phase.

Inwiefern sind die den jeweiligen Subprozessschritten zugeordneten Methoden geeignet, um die entsprechenden Anforderungen an den Output zu erfüllen und den jeweilig gewünschten Output zu liefern?

ARS und *3DSE*: Die in den jeweiligen Phasen und Teiphasen vorgeschlagenen Methoden eignen sich, um einerseits die Anforderungen des Outputs zu erfüllen und andererseits den gewünschten Output zu liefern. Die zu verwendeten Methoden⁴⁹⁶ wurden bereits von zahlreichen Experten erforscht, intensiv in der wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Literatur diskutiert und auch evaluiert. Des Weiteren kann jede empfohlene Methode als verläss-

⁴⁹⁵vom Groben ins Detail, das Denken in Varianten, chronologische Prozesse und der Problemlösungsprozess

⁴⁹⁶Vgl. Kapitel 7

lich eingestuft werden, um das damit geforderte Ergebnis zu erzielen.

10.5 Conclusio

Nachstehend werden die Forschungsfragen zusammenfassend beantwortet und ein Ausblick auf mögliche weiterführende Forschungsschwerpunkte gegeben.

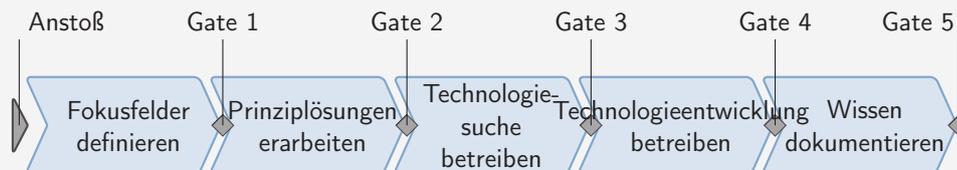
10.5.1 Forschungsfragen

Die Antwort auf die Forschungsfrage *Wie sieht ein Technologieentwicklungsprozess für ein Industrieunternehmen aus, der den Mangel bei bestehenden Innovations- bzw. Produktentwicklungsprozessen hinsichtlich Methodik zur Umgehung von Denkbarrieren beim Problemlösen behebt?* lautet folgendermaßen: Es wird ein anwendbarer Prozess konzipiert, der relevante Vorteile aus bekannten Prozessmodellen und den TRIZ-Ansatz kombiniert. Hierzu wird eine umfassende theoretische Beleuchtung der Grundlagen zur Technologieentwicklung und zu TRIZ durchgeführt. Die relevanten Vorteile aus bekannten Modellen und jene von TRIZ werden herausgearbeitet. Des Weiteren werden Anforderungen an die Technologieentwicklung und an den Phasenprozess definiert. Aus den Erkenntnissen wird ein fünf-phasiger Technologieentwicklungsprozess gestaltet, der im Unternehmen eingeführt wurde und angewandt wird. In Abbildung 10.3 wird der fünf-phasige Technologieentwicklungsprozess abgebildet. Bei der Gestaltung des Technologieentwicklungsprozesses wurden relevante Charakteristika von den im Kapitel 5 vorgestellten Prozessmodellen berücksichtigt. Nachstehend werden die relevanten Charakteristika für den Technologieentwicklungsprozess der jeweiligen Prozessmodelle angeführt.

- **Brockhoff (1994)**: Er sieht in seinem Modell technische Misserfolge in der Forschung und Entwicklung vor, was zur Möglichkeit führt, den Prozess abzubrechen.
- **Cooper (2010)**: Cooper sieht den Produktentwicklungsprozess als Qualitätsprozess und ordnet Schlüsselaktivitäten zu Beginn ein. Eines der markantesten Charakteristika, die bei der Gestaltung berücksichtigt wurde, ist der Stage-Gate Aufbau des Prozesses. Der Rückblick am Ende wird auch als relevant für das Unternehmen eingestuft.
- **Eversheim (2003)**: Aus dem Prozess von Eversheim werden das Top-Down bzw. Bottom-Up Prinzip und die Zukunftsanalyse mit Trendermittlung und Potentialabschätzung berücksichtigt.
- **Herstatt (2000)**: Die Potentialbewertung kann ebenso bei Herstatt gefunden werden. Des Weiteren integriert er den Einfluss der Strategie.

- **Thom (1992):** Der Prozess von Thom berücksichtigt den Einfluss aus dem Umfeld und der Stakeholder.
- **Ulrich (2003):** Die beiden ersten Phasen des Prozesses decken inhaltlich zu großen Teilen die Vorstellungen der Technologientwicklung ab.

Abb. 10.3: Der fünf-phasige Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen



Quelle: eigene Darstellung

Die Ablaufstruktur wurde vom TRIZ-Vorgehensmodell abgeleitet. Auf Grund der Fokusthemen der Technologieentwicklung ergaben sich zudem geeignete Schnittstellen, die als Meilensteine im Prozess dienen und den Prozess in mehrere Abschnitte gliedern. Daraus ergaben sich fünf Prozessschritte für das Phasenmodell. Der Technologieentwicklungsprozess ist für Entwicklung von Produkttechnologien ausgelegt, nicht jedoch für die Entwicklung von Fertigungstechnologien.

Die in Abschnitt 3.3 beschriebenen Aufgaben zum Technologiemanagement sind in großen Teilen in der obigen Abbildung wieder zu finden. Die *Strategieentwicklung* wird hingegen bereits vor Beginn der Technologieentwicklung gefordert. Die Strategieentwicklung ist somit nicht explizit Aufgabe im Zuge des Technologieentwicklungsprozesses. Die Aufgabe der *Früherkennung von Technologien* wird als Aufgabe der Technologieentwicklung im Unternehmen gesehen. Die *Technologieplanung* wird ebenso als Aufgabe gesehen und dient zur Planung der Technologieentwicklungsprojekte. Die Aufgabe *Entwicklung* der Technologien wird im Unternehmen vorwiegend durch Kooperationen realisiert. Eine reine unternehmensinterne Entwicklung von Technologien findet weniger statt. Die *Verwertung von Technologien* wird ausschließlich unternehmensintern durchgeführt. Lizenzierungen oder sonstige Monetarisierungen von Erfindungen sind aus aktueller Sicht nicht relevant. Der *Schutz von Technologien* spielt hingegen eine entscheidende Rolle. So werden bereits abstrakte Konzeptlösungen zu Patentanmeldungen weiter verfolgt. Zudem werden konkretere Erfindungen, die später in der Vorentwicklung oder auch Industrialisierung hochkommen, ebenso durch Patentanmeldungen geschützt. Die *Bewertung von Technologien* findet in regelmäßigen Abständen im Zuge der Technologieentwicklung statt.

Insgesamt wurden 21 Anforderungen für das Unternehmen festgelegt um den Technologieentwicklungsprozess zu skizzieren. Diese werden in die vier Gruppen: generelle Anforderungen für die Technologieentwicklung, formelle, inhaltliche und fortschrittsbezogene Anforderungen für den Phasenprozess eingeteilt:

→ **generelle Anforderungen an die Technologieentwicklung**

- Markt- und Kundenorientierung
- klar definierte und kommunizierte Innovationsstrategie
- Fokus auf Kernkompetenzen des Unternehmens in der Entwicklung
- Unterstützung durch das Management
- zukunftsorientierte, unterstützende Mitarbeiter
- klare Rollenverteilung in der Durchführung

→ **formelle Anforderungen an den Phasenprozess:**

- Dauer der Technologieentwicklung: 2 bis 2,5 Jahre
- sinnvoller Ressourceneinsatz (finanziell und personell)
- in Abschnitte gegliederter Prozess
- nachvollziehbare Bezeichnung der Phasen
- Phasenanzahl zwischen 4 und 6

→ **inhaltliche Anforderungen an den Phasenprozess**

- klare Zielformulierung und gelebte Zielorientierung
- Beleuchtung von technischen Aspekten
- Qualität der Entwicklungstätigkeiten
- Fokus auf vielversprechende Entwicklungsthemen
- Beleuchtung von ökonomischen Aspekten
- sachlogische Abgrenzung der Phasen
- Orientierung an TRIZ

→ **fortschrittsbezogene Anforderungen an den Phasenprozess**

- rigoroses Controlling
- Bereitschaft, sinnvolle Risiken einzugehen
- Fähigkeit, Entscheidungen über stillzulegende Projekte treffen zu können

Die Antwort auf die Forschungsfrage *Welche Methoden und Werkzeuge können für eine laufende Dokumentation herangezogen werden, um zu Entscheidungspunkten eine möglichst vollständige, relevante und korrekte Datenbasis heranziehen zu können?* lautet folgendermaßen: Die Aufbereitung der Ergebnisse für die erforderliche Bewertung an den Entscheidungspunkten und die dafür benötigten Kriterien werden in Kapitel 7 detailliert beschrieben. Es werden zum einen eigene Methoden entwickelt und vorgestellt und zum anderen

werden Werkzeuge aus dem TRIZ-Ansatz herangezogen. Zudem werden sämtliche TRIZ-Werkzeug hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für das Unternehmen diskutiert. Für das Controlling werden zwei Instrumente konzipiert: Jour Fixe in regelmäßigen zeitlichen Abständen während der jeweiligen Phasen und Controlling-Tribunale am Ende der Phasen. Im Zuge der Controlling-Tribunale werden die Ergebnisse der jeweiligen Phasen entsprechend des Stage-Gate-Prinzipes evaluiert und es wird über den weitere Fortschritt entschieden. Die beiden Instrumente werden am Ende des Kapitels 7 beschrieben. Das Controlling wird durch ein Monitoring Tools unterstützt. Mit Hilfe des Monitoring-Tools werden projektspezifische Kennzahlen, die in Kapitel 8 dargestellt werden, dokumentiert. Erfahrungen aus der Prozesseinführung werden in Kapitel 9 beschrieben.

10.5.2 Ausblick

Der Technologieentwicklungsprozess wurde als Teil des gesamten Produktentwicklungsprozesses skizziert. Interessante Fragestellungen sind etwa:

- Ist es zielführend, einen TRIZ-orientierten Technologieentwicklungsprozess von der Produktentwicklung vollständig zu lösen? Wenn ja:
- Wie würde der Phasenprozess gestaltet sein, wenn dieser von der Produktentwicklung im Unternehmen entkoppelt ist?



Literaturverzeichnis

Abele et al. 2011

ABELE, E. ; KUSKE, P. ; LANG, H.: *Schutz vor Produktpiraterie : Ein Handbuch für den Maschinen- und Anlagenbau.* Heidelberg : Springer, 2011

Abele 2006

ABELE, T.: *Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements,* Fakultät für Maschinenbau der Universität Stuttgart, Diss., 2006

Abele u. Laube 2006

ABELE, T. ; LAUBE, T.: *Roadmap : Strategisches und taktisches Technologiemanagement. Ein Leitfaden.* Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag,, 2006

ACC 2007

ACC: *Knowledge DataBase : Funktion des Kältekompressors.* 2007. – unternehmeninternes Dokument

ACC 2009a

ACC: *Knowledge DataBase : Strategie der Produktentwicklung.* 2009. – unternehmeninternes Dokument

ACC 2009b

ACC: *Knowledge DataBase : Strategische Innovationsausrichtung des Unternehmens.* 2009. – unternehmeninternes Dokument

ACC 2012a

ACC: *Knowledge DataBase : Marktübersicht und Jahresbedarf 2011.* 2012. – unternehmeninternes Dokument

ACC 2012b

ACC: *Knowledge DataBase : Unternehmensgeschichte.* 2012. – unternehmeninternes Dokument

Acur et al. 2004

ACUR, N. ; BOER, H. ; LAUGEN, T.: *Industry Clockspeed and New Product Development Strategy, Organisation and Performance.* In: *5th International CINet Conference, 22-25 September 2004,* 2004

Adunka 2013

ADUNKA, R.: *Innovationscheckliste.* <http://www.triz-seminar.de/Innovationscheckliste.pdf>, 2013

Ahrens 2008

AHRENS, C.: *Gewerblicher Rechtsschutz.* Tübingen : Mohr Siebeck, 2008

Albers u. Gassmann 2005

ALBERS, S. (Hrsg.) ; GASSMANN, O. (Hrsg.): *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement : Strategie - Umsetzung - Controlling.* 1. Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2005

Almeida u. Grant 1998

ALMEIDA, P. ; GRANT, R.: *International corporations and cross-border knowledge transfer in the semiconductor industry*. Working Paper No. 98-13, Carnegie Bosch Institute, 1998

Altschuller 1973

ALTSCHULLER, G.: *Erfinden-kein Problem? : Anleitung für Neuerer und Erfinder*. Berlin : Verlag Tribune, 1973

Altschuller u. Seljuckij 1983

ALTSCHULLER, G. ; SELJUCKIJ, A.: *Flügel für Ikarus : Über die moderne Technik des Erfindens*. Berlin et al. : Urania, 1983

Altschuller u. Seljuckij 1984

ALTSCHULLER, G. ; SELJUCKIJ, A.: *Erfinden : Wege zur Lösung technischer Probleme*. Berlin : VEB Verlag Technik, 1984

Amelingmeyer 2002

AMELINGMEYER, J. ; SPECHT, Dieter (Hrsg.): *Gabler Lexikon Technologiemanagement : Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen*. 1. Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2002

Andler 2010

ANDLER, N.: *Tools für Projektmanagement, Workshops and Consulting : Kompendium der wichtigsten Techniken und Methoden*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2010

Ansoff 1984

ANSOFF, I.: *Implanting strategic management*. Hemel Hempstead : Prentice Hall International, 1984

Ansoff u. Steward 1967

ANSOFF, I. ; STEWARD, J.: Strategies for a technology-based business. In: *Harvard Business Review* (1967), Nr. 45, S. 71 – 83

Aregger 1976

AREGGER, K.: *Innovation in sozialen Systemen I : Einführung in die Innovationstheorie der Organisation*. Bern : Haupt, 1976

Badke-Schaub u. Frankenberger 2004

BADKE-SCHAUB, P. ; FRANKENBERGER, E.: *Management Kritischer Situationen : Produktentwicklung Erfolgreich Gestalten*. Heidelberg : Springer, 2004

Bagdassarov 2012

BAGDASSAROV, A.: *Wissens- und Technologietransfer an Universitäten*. Wiesbaden : Springer, 2012

Baier 2008

BAIER, P.: *Praxishandbuch Controlling : Controlling-Instrumente, Unternehmensplanung und Reporting*. München : Finanzbuch Verlage, 2008

Barz 2013

BARZ, T.: *Unternehmenswertorientiertes Controlling und Intangible Assets : Instrumente und Methoden zur Identifikation und Bewertung erfolgskritischer immaterieller Ressourcen*. Hamburg : Diplomica, 2013

Bea et al. 2011

BEA, F.X. ; SCHEURER, S. ; HESSELMANN, S.: *Projektmanagement : Grundwissen der Ökonomik*. 2. überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart : UTB, 2011

Bender 2002

BENDER, S.: *Teamentwicklung : Der effektive Weg zum Wir*. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2002

Bennis 1989

BENNIS, W.: *On Becoming a Leader*. Boston : Addison-Wesley, 1989

Betsch et al. 2011

BETSCH, T. ; FUNKE, J. ; PLESSNER, H.: *Allgemeine Psychologie für Bachelor : Denken - Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*. Heidelberg : Springer, 2011

Bhalla 1987

BHALLA, S.: *The Effective Management of Technology : A Challenge for Corporations*. Columbus : Batelle Press, 1987

Biedermann 2008

BIEDERMANN, H.: *Total Cost of Ownership*. 2008. – Folien zur Lehrveranstaltung, Montanuniversität Leoben : Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Billerbeck 2003

BILLERBECK, H.: *Der Zeitfaktor im Innovationsmanagement*. Göttingen : Vandenhoeck und Ruprecht, 2003

Binder u. Kantowsky 1999

BINDER, V. ; KANTOWSKY, J.: *Technologiepotentiale*. Wiesbaden : DUV, 1999

Birkenmeier 2003

BIKENMEIER, B.U.: *Externe Technologie-Verwertung: Eine komplexe Aufgabe des integrierten Technologie-Managements*, ETH Zürich, Diss., 2003

Blecker u. Gemünden 2001

BLECKER, T. (Hrsg.) ; GEMÜNDEN, H. (Hrsg.): *Innovatives Produktions- und Technologiemanagement : Festschrift für Bernd Kaluza*. Heidelberg : Springer, 2001

Bleicher 2004

BLEICHER, K.: *Das Konzept integriertes Management : Visionen - Missionen - Programme*. Frankfurt : Campus, 2004

Borcher u. Hagenhoff 2003

BORCHER, J. ; HAGENHOFF, S.: *Operatives Innovations- und Technologiemanagement : Eine Bestandsaufnahme*. In: *Arbeitsbericht Nr. 14/2003* (2003). – Georg-August-Universität Göttingen : Institut für Wirtschaftsinformatik

Borcher et al. 2003

BORCHER, J. ; HAGENHOFF, S. ; GOOS, P.: *Innovations- und Technologiemanagement : Eine Bestandsaufnahme*. In: *Arbeitsbericht Nr. 4/2003* (2003). – Georg-August-Universität Göttingen : Institut für Wirtschaftsinformatik

Borchert et al. 2004

BORCHERT, J. ; GOOS, P. ; STRAHLER, B.: *Forschungsansätze*. In: *Arbeitsbericht Nr. 25/2004* (2004). – Georg-August-Universität Göttingen : Institut für Wirtschaftsinformatik

Brückner 2009

BRÜCKNER, C.: *Qualitätsmanagement für die Automobilindustrie : Grundlagen, Normen, Methoden*. Düsseldorf : Symposium, 2009

Brecher 2011

BRECHER, C.: *Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer*. Heidelberg : Springer, 2011

Brecht 2001

BRECHT, U. (Hrsg.): *Praxis Lexikon Controlling*. Landsberg : Moderne Industrie, 2001

Brockhoff 1994

BROCKHOFF, K.: *Forschung und Entwicklung : Planung und Kontrolle*. München : Ouldenburg, 1994

Brockhoff 1999

BROCKHOFF, K.: *Forschung und Entwicklung : Planung und Kontrolle*. München : Ouldenburg, 1999

Brodbeck 1999

BRODBECK, K.: *Entscheidung zur Kreativität : Wege aus dem Labyrinth der Gewohnheiten*. Darmstadt : Primus Verlag, 1999

Brown u. A. 1988

BROWN, M. ; A., Svenson: *Measuring R&D Productivity*. 1988. – 11 – 15 S.

Bruhn 1999

BRUHN, M.: *Kundenorientierung : Bausteine eines exzellenten Unternehmens*. München : Dt. Taschenbuch-Verlag, 1999

Bräutigam 2011

BRÄUTIGAM, K.: *Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber*. Heidelberg : Springer, 2011

Bösch 2007

BÖSCH, D.: *Controlling im betrieblichen Innovationssystem : Entwicklung einer Innovationscontrolling-Konzeption mit besonderem Fokus auf dem Performance Measurement*. Hamburg : Verlag Dr. Kovac, 2007

Bullinger 1994

BULLINGER, H.: *Einführung in das Technologiemanagement : Modelle, Methoden, Praxisbeispiele*. Stuttgart : Teubner, 1994

Bullinger 1996

BULLINGER, H.-J.: Technologiemanagement. In: EVERSHEIM, W. (Hrsg.) ; SCHUH, G. (Hrsg.): *Betriebshütte : Produktion und Management*. Berlin : Springer, 1996

Burghardt 1988

BURGHARDT, M.: *Projektmanagement : Ein Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten*. Berlin : Publicis Corporate Publishing, 1988

Burghardt 2007

BURGHARDT, M.: *Einführung in Projektmanagement : Definition, Planung, Kontrolle und Abschluss*. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2007

Busch 2008

BUSCH, P.: *Tacit Knowledge in Organizational Learning*. o. Ortsangabe : IGI Publishing, 2008

Busch 2005

BUSCH, S.: *Pionier-Vorteile am Beispiel der Internet-Ökonomie : Eine empirische Untersuchung von Mechanismen des frühen Markteintrittszeitpunkts*. Köln : Kölner Wissenschaftsverlag, 2005

Cetindamar et al. 2009

CETINDAMAR, D. ; PHALL, R. ; PROBERT, D.: Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities. In: *Technovation* 29 (2009), Nr. 4, S. 237 – 246

Cooper 1994

COOPER, G.: Perspective third-generation new product processes. In: *Journal of Product Innovation Management* 11 (1994), Jänner, S. 3–14

Cooper 2007

COOPER, R.: Managing Technology Development Projects. In: *IEEE Engineering Management Review* 35 (2007), Nr. 1, S. 67 – 76

Cooper 2010

COOPER, R.: *Top oder Flop in der Produktentwicklung : Erfolgsstrategien : Von der Idee zum Launch*. 2. Auflage. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH u. Co. KGaA, 2010

Cordero 1990

CORDERO, R.: The measurement of innovation performance in the firm : An overview. In: *Research Policy* 19 (1990), Nr. 2, S. 185 – 192

Cordts u. Lensing 1987

CORDTS, J. ; LENSING, H.: *ABC-Analyse : Preisanalyse für Einkäufer*. Wiesbaden : Gabler, 1987

Corsten et al. 2006

CORSTEN, H. ; GÖSSINGER, R. ; SCHNEIDER, H.: *Grundlagen des Innovationsmanagements*. München : Vahlen, 2006

Cosentino 2011

COSENTINO, M.P.: *Case in Point : Complete Case Interview Preparation*. Seventh Edition. Needham : Burgee Press, 2011

Covey 1989

COVEY, S.: *Seven Habits of Highly Effective People*. New York : Free Press, 1989

Coyne 1986

COYNE, K.: Sustainable competitive advantage : What it is, what it isn't. In: *Business Horizons* 29 (1986), Nr. 1, S. 54 – 61

Daniel u. Fisch 1986

DANIEL, H. ; FISCH, R.: Forschungsproduktivität : Indikatoren, statistische Verteilung, Gesetzmäßigkeiten. In: FISCH, R. (Hrsg.) ; DANIEL, H. (Hrsg.): *Messung und Förderung von Forschungsleistung : Person, Team, Institution*. Konstanz : Universitätsverlag Konstanz, 1986, S. 151–166

Deshpandé et al. 1993

DESHPANDÉ, R. ; FARLEY, J. ; WEBSTER, F.: Corporate Culture, Customer Orientation, and Innovativeness in Japanese Firms : A Quadrant Analysis. In: *The Journal of Marketing* 57 (1993), Nr. 1, S. 23 – 37

Dold u. Gentsch 2007

DOLD, E. (Hrsg.) ; GENTSCH, P. (Hrsg.): *Innovationen möglich machen : Handbuch für effizientes Innovationsmanagement*. Düsseldorf : Symposium, 2007

Drachsler 2006

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

Dubois et al. 2005

DUBOIS, S. ; LUTZ, P. ; ROUSSELOT, F. ; CAILLAUD, E.: *A formal model for the representation of problems based on TRIZ*. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/34/09/89/PDF/Dubois_2005_ICED.pdf aufgerufen am 5. November 2010, 2005

Eckert 2009

ECKERT, C.: *Wissenstransfer im Auslandsentsendungsprozess : Eine empirische Analyse der Rolle des Expatriates als Wissenstransfer-Agent*. Wiesbaden : Gabler, 2009

Ensthaler 2009

ENSTHALER, J.: *Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht*. Heidelberg : Springer, 2009

EU 1060 / 2010

DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) Nr. 1060/2010 DER KOMMISSION vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltskühlgeräten in Bezug auf den Energieverbrauch. September 2010

Eversheim 2003

EVERSHEIM, W.: *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin : Springer, 2003

Eversheim u. Schuh 1996

EVERSHEIM, W. (Hrsg.) ; SCHUH, G. (Hrsg.): *Produktion und Management*. 7., völlig neubearb. Auflage. Berlin : Springer, 1996

Eversheim u. Schuh 2005

EVERSHEIM, W. (Hrsg.) ; SCHUH, G. (Hrsg.): *Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung*. Berlin und Heidelberg : Springer, 2005

Fahey u. Narayanan 1986

FAHEY, L. ; NARAYANAN, V.: *Macroenvironmental Analysis for Strategic Management*. (1986)

Feldmann 2007

FELDMANN, C.: *Strategisches Technologiemanagement : Eine empirische Untersuchung am Beispiel des deutschen Pharmamarktes 1990 - 2010*. Wiesbaden : DUV, 2007

Felming 1991

FELMING, S.C.: Using Technology for Competitive Advantage. In: *Research-Technology Management* 34 (1991), Nr. 5, S. 38 – 41

Fey u. Rivin 2005

FEY, V. ; RIVIN, E.: *Innovation on Demand : New Product Development Using TRIZ*. Cambridge : Cambridge University Press, 2005

FFG 2012

FFG: *Mehrjahresprogramm 2012-2014*. Online PDF-Dokument: https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/ffg_mehrjahresprogramm_2012-2014_final_web.pdf aufgerufen am 10. September 2013, 2012

Fine 1999

FINE, C.: *Clockspeed : Wie Unternehmen schnell auf Marktveränderungen reagieren können*. Hamburg : Hoffmann und Campe, 1999

Fischer-Rosenthal u. Rosenthal 1997

FISCHER-ROSENTHAL, W. ; ROSENTHAL, G.: Narrationsanalyse biographischer Selbstpräsentation. In: HITZLER, R. (Hrsg.) ; HONER, A. (Hrsg.): *Sozialwissenschaftliche Hermeneutik : eine Einführung*, 1997, S. 133 – 164

Flick 1999

FLICK, U.: *Qualitative Forschung : Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Reinbek : Rowohlt, 1999

Ford u. Ryan 1981

FORD, D. ; RYAN, C.: Taking technology to market. In: *Harvard Business Review* 59 (1981), Nr. 2, S. 117 – 126

Ford u. Ryan 1983

FORD, D. ; RYAN, C.: Die Vermarktung von Technologien. In: *Harvard Manager* (1983), Nr. 2, S. 20 – 30

Ford u. Thomas 1985

FORD, D. ; THOMAS, R.: The Management and Marketing of Technology. In: LAMB, R. (Hrsg.) ; SHRIVASTAVA, P. (Hrsg.): *Advances in Strategic Management*. Greenwich : JAI Press, 1985, S. 103 – 134

Frambach 1993

FRAMBACH, R.: An integrated model of organizational adoption and diffusion of innovations. In: *European Journal of Marketing* 27 (1993), Nr. 5, S. 22 – 41

Frank 2010

FRANK, A.: *Über die Stränge schlagen*. Artikel in *Readme.TQU*, Ausgabe 66 Juli - September 2010, 2010

Franz 2004

FRANZ, A.: *Einführung neuer Technologien in kleinen und mittelständigen Spritzgießbetrieben*, Institut für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen, Diss., 2004

Gadd 2011

GADD, K.: *TRIZ for Engineers : Enabling Inventive Problem Solving*. Chichester : Wiley, 2011

Gassmann u. Bader 2011

GASSMANN, O. ; BADER, M.: *Patentmanagement*. Heidelberg : Springer, 2011

Gassmann u. Kobe 2006

GASSMANN, O. (Hrsg.) ; KOBE, C. (Hrsg.): *Management von Innovation und Risiko : Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen.* 2., überarb. Aufl. Berlin : Springer, 2006

Gassmann u. Sutter 2008

GASSMANN, O. ; SUTTER, P.: *Praxiswissen Innovationsmanagement : Von der Idee zum Markterfolg.* München : Hanser Verlag, 2008

Gaubinger et al. 2008

GAUBINGER, K. ; WERANI, T. ; RABL, M.: *Praxisorientiertes Innovations- und Produktmanagement : Grundlagen und Fallstudien aus B-to-B-Märkten.* 1. Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2008

Gausemeier et al. 2006

GAUSEMEIER, J. ; HAHN, A. ; KESPOHL, H. ; SEIFERT, L.: *Vernetzte Produktentwicklung : Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Network.* München : Carl Hanser Verlag, 2006

Genter 1994

GENTER, A.: *Entwurf eines Kennzahlensystems zur Effektivitäts- und Effizienzsteigerung von Entwicklungsprojekten.* München : Vahlen, 1994

Gerpott 1999

GERPOTT, T.: *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement : Eine konzentrierte Einführung.* 1999 : Schäffer-Pöschel Verlag, 1999

Gerpott 2005

GERPOTT, T.: *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement.* Stuttgart : Schäffer-Poeschl, 2005

Gerybadze 2004

GERYBADZE, A.: Management von Kooperationen. In: BARSKE, H. (Hrsg.) ; GERYBADZE, A. (Hrsg.) ; HÜNNINGHAUSEN, L. (Hrsg.) ; SOMMERLATTE, T. (Hrsg.): *Das innovative Unternehmen : Produkte, Prozesse, Dienstleistungen.* Düsseldorf : Gabler, 2004, S. 1 – 17

Gladen 2011

GLADEN, W.: *Performance Measurement : Controlling mit Kennzahlen.* Wiesbaden : Gabler, 2011

Glinka 1998

GLINKA, H.: *Das narrative Interview : Eine Einführung für Sozialpädagogen.* München : Juventa, 1998

Gälweiler 2005

GÄLWEILER, A.: *Strategische Unternehmensführung.* Frankfurt : Campus, 2005

Goos u. Hagenhoff 2003

GOOS, P. ; HAGENHOFF, S.: Strategisches Innovationsmanagement : Eine Bestandsaufnahme. In: *Arbeitsbericht Nr. 11/2003* (2003). – Georg-August-Universität Göttingen : Institut für Wirtschaftsinformatik

Granig 2007

GRANIG, P.: *Innovationsbewertung : Potentialprognose und -steuerung durch Ertrags- und Risikosimulation.* 1. Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2007

Granstrand 2000

GRANSTRAND, O.: *The Economics and Management of Intellectual Property : Towards Intellectual Capitalism.* Cheltenham : Edward Elgar Pub, 2000

Gresse 2010

GRESSE, C.: *Wissensmanagement im Technologietransfer : Einfluss der Wissensmerkmale in F u. E Kooperationen.* Wiesbaden : Gabler, 2010

Gräf u. Langmann 2011

GRÄF, J. ; LANGMANN, C.: Kennzahlen im F&E und Innovations-Controlling. In: GLEICH, R. (Hrsg.) ; SCHIMANK, C. (Hrsg.): *Innovations-Controlling.* Freiburg : Haufe-Lexware, 2011, S. 69 – 86

Grün 1992

GRÜN, O.: Projektorganisation. In: FRESE, E. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Organisation*. Stuttgart : Poeschel, 1992, S. 2102 – 2116

Grunwald u. Steinbacher 2007

GRUNWALD, K. ; STEINBACHER, E.: *Organisationsgestaltung und Personalführung in den Erziehungshilfen : Grundlagen und Praxismethoden*. München : Juventa Verlage, 2007

Götze et al. 2000

GÖTZE, U. (Hrsg.) ; MIKUS, B. (Hrsg.) ; BLOECH, J. (Hrsg.): *Management und Zeit*. Heidelberg : Physica Verlag, 2000

Gundlach et al. 2007

GUNDLACH, C. (Hrsg.) ; LINDEMANN, U. (Hrsg.) ; RIED, H. (Hrsg.): *Proceedings of the TRIZ-future conference November 06.-08., 2007 Frankfurt - Germany*. Kassel : Kassel University Press, 2007

Gundlach et al. 2006

GUNDLACH, C. (Hrsg.) ; NÄHLER, H. (Hrsg.) ; KUKAT, F. (Hrsg.): *Innovation mit Triz : Konzepte, Werkzeuge, Praxisanwendungen*. Düsseldorf : Symposium, 2006

Gundlach et al. 2013a

GUNDLACH, C. ; NÄHLER, H.T. ; ZIEGLER, M. ; JANTSCHGI, J. ; FRESNER, J. ; ADUNKA, R.: *39 technischen parameter*. <http://www.triz-online.de/index.php?id=5594>, aufgerufen am 10. April 2013, 2013

Gundlach et al. 2013b

GUNDLACH, C. ; NÄHLER, H.T. ; ZIEGLER, M. ; JANTSCHGI, J. ; FRESNER, J. ; ADUNKA, R.: *40 innovative Grundprinzipien*. <http://www.triz-online.de/index.php?id=5593>, aufgerufen am 10. April 2013, 2013

Gundlach et al. 2013c

GUNDLACH, C. ; NÄHLER, H.T. ; ZIEGLER, M. ; JANTSCHGI, J. ; FRESNER, J. ; ADUNKA, R.: *Werkzeuge*. <http://www.triz-online.de/index.php?id=5554>, aufgerufen am 15. April 2013, 2013

Haak Wien

HAAK, R.: *Managerwissen kompakt : Internationales Management*. 2007 : Hanser Verlag, Wien

Haberfellner 2011

HABERFELLNER, R.: *General Management and Organisation*. 2011. – Skriptum zur Vorlesung, Technische Universität Graz : Institut für Unternehmensführung und Organisation

Haberfellner et al. 2002

HABERFELLNER, R. ; BECKER, M. ; HUBER, F. ; NAGEL, P.: *Systems Engineering : Methodik und Praxis*. 11., durchges. Aufl. Zürich : Verlag Industrielle Organisation, 2002

Haberfellner et al. 2012

HABERFELLNER, R. ; WECK, O.L. de ; FRICKE, E. ; VÖSSNER, S.: *Systems Engineering : Grundlagen und Anwendung*. 12. völlig neu bearbeitete Auflage. Zürich : Orell Füssli, 2012

Hall 2002

HALL, K.: *Ganzheitliche Technologiebewertung : Ein Modell zur Bewertung unterschiedlicher Produktionstechnologien (Techno-ökonomische Forschung und Praxis)*. Wiesbaden : Deutscher Universitätsverlag, 2002

Hamel 2001

HAMEL, G.: *Innovation's New Math Forget strategy sessions. To find one great idea, you must have workers dreaming up thousands*. http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2001/07/09/306498/index.htm, aufgerufen am 19. September 2013, 2001

Hansen et al. 1999

HANSEN, M. ; NOHRIA, N. ; TIERNEY, T.: *Wie managen Sie das Wissen in Ihrem Unternehmen*. In: *Harvard Business Manager* (1999), Nr. 5, S. 85 – 96

Hauff 2009

HAUFF, S.: *Konzeptionen der Früherkennung : Diskussionspapiere des Schwerpunktes Unternehmensführung am Fachbereich BWL der Universität Hamburg*. 2009. – Nr. 02/2009

Hauschildt 1993

HAUSCHILDT, J.: *Innovationsmanagement*. München : Vahlen, 1993

Heesen 2009

HEESEN, M.: *Innovationsportfoliomanagement : Bewerbung von Innovationsprojekten in kleinen und mittelgroßen Unternehmen der Automobilindustrie*. Wiesbaden : Gabler, 2009

Henard u. Szymanski 2001

HENARD, D. ; SZYMANSKI, D.: Why Some New Products Are More Successful Than Others. In: *Journal of Marketing Research* 38 (2001), Nr. 3, S. 362 –375

Herb et al. 2000

HERB, R. ; HERB, T. ; KOHNHAUSER, V.: *TRIZ - Der systematische Weg zur Innovation : Werkzeuge, Praxisbeispiele, Schritt-für-Schritt-Anleitungen*. Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 2000

Herrmann 2010

HERRMANN, C.: *Ganzheitliches Life Cycle Management : Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen*. Berlin : Springer, 2010

Herrmann 2009

HERRMANN, L.: *Innovationsmanagement in Business-to-Business-Geschäftsbeziehungen : eine informationsbezogene Perspektive*. Wiesbaden : Gabler, 2009

Herstatt u. Verwon 2007

HERSTATT, C. ; VERWON, B.: Strukturierung und Gestaltung der frühen Phasen des Innovationsprozesse. In: HERSTATT, C. (Hrsg.) ; VERWON, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen : Grundlage - Methoden - Neue Ansätze*. Wiesbaden : Gabler, 2007, S. 111 – 134

Herstatt 2007

HERSTATT, Cornelius ; VERWON, Birgit (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen : Grundlage - Methoden - Neue Ansätze*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2007

Häflinger 2000

HÄFLINGER, G. ; MEIER, Jörg E. (Hrsg.): *Aktuelle Tendenzen im Innovationsmanagement : Festschrift für Werner Popp zum 65. Geburtstag*. Heidelberg : Physica, 2000

Höft 1992

HÖFT, U.: *Lebenszykluskonzepte : Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement*. Berlin : Schmidt, 1992

Hildemann 1987

HILDEMANN, H.: *Strategische Investitionsplanung : Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien*. Wiesbaden : Gabler, 1987

Hippel et al. 1999

HIPPEL, E. V. ; THOMAS, S. ; SONNACK, M.: Creating Breakthroughs at 3M. In: *Harvard Business Review* (1999). – Sept.-Okt., Reprint 99510

Hipple 2012

HIPPLE, J.: *The Ideal Final Result : What it is and how to Get it*. Heidelberg : Springer, 2012

Hoffmann 1968

HOFFMANN, F.: Der Controller im deutschen Industriebetrieb. In: *Der Betrieb* 21 (1968), S. 2181 – 2184

Hoffmeister 2007

HOFFMEISTER, W.: *Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse : Eine entscheidungsorientierte Darstellung mit vielen Beispielen und Übungen*. 2. überarbeitete Auflage. Berlin : Berliner Wissenschaftsverlag, 2007

Holmes u. Campbell 2004

HOLMES, M. ; CAMPBELL, R.: Product Development Processes : Three Vectors of Improvement : Improving product development processes along three key vectors leads to greatly improved business performance. In: *Research-Technology Management* 47 (2004), Nr. 4, S. 47 – 55

Holmes 1907

HOLMES, S.: Regeneration as functional adjustment. In: *Journal of Experimental Zoology* 4 (1907), Nr. 3, S. 419 – 430

Horine 2012

HORINE, G.: *Project Management : Absolute Beginner's Guide*. 3rd edition. Upper Saddle River : Que Publishing, 2012

Hösch 2013

HÖSCH, H.: *Analysing monitoring tools for technology development projects in an industrial enterprise*. TU Graz, Master Thesis, 2013

Hull et al. 2011

HULL, E. ; JACKSON, K. ; DICK, J.: *Requirements Engineering*. 3rd Edition. London : Springer, 2011

Isenmann u. Möhrle 2007

ISENMANN, R. (Hrsg.) ; MÖHRLE, M. (Hrsg.): *Technolgoe-Roadmapping : Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. 3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin : Springer, 2007

ISO 15502 2008

Norm ÖNORM EN ISO 15502 April 2008. *Haushalts-Kühl-/Gefriergeräte - Eigenschaften und Prüfverfahren*

Jaberg u. Stern 2007

JABERG, H. ; STERN, T.: *Erfolgreiches Innovationsmanagement : Erfolgsfaktoren - Grundmuster - Fallbeispiele*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2007

Jacobs 2011

JACOBS, J.: *Produktlebenszyklusorientiertes Controlling am Beispiel des produktbezogenen Businessplans*. Köln : Kölner Wissenschaftsverlag, 2011

Jacobs et al. 2012

JACOBS, J. (Hrsg.) ; RIEGLER, J.-J. (Hrsg.) ; SCHULTER-MATTLER, H. (Hrsg.) ; WEINRICH, G. (Hrsg.): *Frühwarnindikatoren und Krisenfrühaufklärung : Konzepte zum präventiven Risikomanagement*. Wiesbaden : Springer-Gabler, 2012

Jacoby u. Figueiredo 2008

JACOBY, D. ; FIGUEIREDO, B.: The Air of High-Cost. In: *Supply Chain Management Review* (2008), May/June

Jantschgi et al. 2008

JANTSCHGI, J. ; KRENN, C. ; FRESNER, J.: *TRIZ-ipedia : TRIZ : Theorie der erfinderischen Problemlösung*. Wolfsberg u. Graz : o.O., 2008

Jennings 1904

JENNINGS, H.: *Contributions to the Study of the Behavior of Lower Organisms*. Washington : Carnegie Institution, 1904

Johnson et al. 2011

JOHNSON, G. ; SHOLES, K. ; WHITTINGTON, R.: *Strategisches Management : Eine Einführung : Analyse, Entscheidung und Umsetzung*. München : Pearson Studium, 2011

Kanter 1990

KANTER, R.: *When Giants Learn To Dance : The Definitive Guide to Corporate Success*. New York : Free Press, 1990

Köck 2008

KÖCK, A.M.: *Ein Ansatz zur Steigerung der kreativen Leistung bei der Ideengenerierung mittels eines computergestützten Kreativitätstools : Integration betriebswirtschaftlicher und psychologischer Erklärungsansätze unter Berücksichtigung des Flow-Konzepts*, Kal-Franzens-Universität Graz, Diss., 2008

Kessler u. Winkelhofer 2004

KESSLER, H. ; WINKELHOFER, G.: *Projektmanagement : Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten*. 4. Auflage. Stuttgart : Springer Verlag, 2004

Klaußer 2007

KLAUSSER, A.: *Phasenangepasste Führung von Wachstumsunternehmen : Eine empirische Untersuchung im deutschsprachigen Raum*. Köln : Josef EUL Verlag, 2007

Klein 2007

KLEIN, B.: *TRIZ/TIPS : Methodik des erfinderischen Problemlösens*. München : Oldenbourg, 2007

Kobe 2001

KOBE, C.: *Integration der Technologiebeobachtung in die Frühphase von Innovationsprojekten*, Universität St.Gallen, Diss., 2001

Kohli u. Jaworski 1990

KOHLI, A. ; JAWORSKI, B.: Market Orientation : The Construct, Research Propositions, and Managerial Implications. In: *The Journal of Marketing* 4 (1990), Nr. 54, S. 1 – 18

Konrad 1991

KONRAD, L.: *Strategische Früherkennung : Eine kritische Analyse des „weak signals“-Konzeptes*. Bochum : Brockmeyer, 1991

Koreimann 2003

KOREIMANN, D.: Project Controlling : Eine vergessene Disziplin. In: *PMaktuell* 3 (2003), S. 18 – 24

Koruna u. Tschirky 1998

KORUNA, S. (Hrsg.) ; TSCHIRKY, H. (Hrsg.): *Technologie-Management : Idee und Praxis*. Zürich : Verl. Industrielle Organisation, 1998

Koslowski 1994

KOSLOWSKI, F.: *Personalbezogene Frühaufklärung in Management und Controlling*. Bergisch Gladbach : Eul, 1994

Kotler et al. 2007

KOTLER, P. ; KELLER, K.L. ; BLIEMEL, F.: *Marketing Management : Strategien für wertschaffendes Handeln*. München : Pearson Studium, 2007

Kottkamp 1998

KOTTKAMP, S.: *Erprobung innovativer Investitionsgüter bei Erstkunden*. Wiesbaden : Dt. Univ.-Verlag, 1998

Körner 2008

KÖRNER, M.: *Geschäftsprojekte zum Erfolg führen : Das neue Projektmanagement für Innovation und Veränderung im Unternehmen*. Berlin Heidelberg : Springer, 2008

Krogh u. Köhne 1998

KROGH, G. ; KÖHNE, M.: *Der Wissenstransfer in Unternehmen : Phasen des Wissenstransfers und wichtige Einflussfaktoren*. Bd. 5. 1998. – 235 – 252 S.

Krokowski 2007

KROKOWSKI, W.: *Grundlagen des Global Sourcing*. In: ARNOLD, U. (Hrsg.) ; KASULKE, G. (Hrsg.): *Praxishandbuch innovativer Beschaffung*. Weinheim : Wiley Verlag, 2007, S. 441 – 476

Krubasik 1982

KRUBASIK, E.: Technologie : Strategische Waffe. In: *Wirtschaftswoche* 36 (1982), Nr. 25, S. 28 – 33

Krystek

KRYSTEK, U.: Frühwarnsysteme. In: HUTZSCHENREUTER, T. (Hrsg.) ; GRIESS-NEGA, T. (Hrsg.): *Krisenmanagement : Grundlagen, Strategien, Instrumente*. Wiesbaden : Gabler, S. 221 – 244

Krystek u. Müller-Stewens 1993

KRYSTEK, U. ; MÜLLER-STEWENS, G.: *Frühaufklärung für Unternehmen : Identifikation und Handhabung zukünftiger Chancen und Bedrohungen*. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1993

Küsters 2009a

KÜSTERS, I.: *Narrative Interviews : Grundlagen und Anwendungen*. Wiesbaden : GWV Fachverlag, 2009

Küsters 2009b

KÜSTERS, Y.: *Narratives Interview : Grundlagen und Anwendungen*. 2. Auflage. Wiesbaden : GWV Fachverlage, 2009

Kulicke et al. 2002

KULICKE, M. ; MENRAD, K. ; WÖRNER, S.: *Innovationsmanagement in mittelständischen Biotechnologieunternehmen : Leitfaden zum Management technologischer Auf- bzw. Umbrüche*. Karlsruhe, 2002. – Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung

Kyeong-Won 2004

KYEONG-WON, L.: *A Case Study of Substance Field Analysis and Resource Analysis; Development of New Mosquito Traps*. <http://www.triz-journal.com/archives/2005/04/03.pdf> aufgerufen am 22. April 2013, 2004

Laube 2009

LAUBE, T.: *Methodik des interorganisationalen Technologietransfers : Ein Technologie-Roadmap-basiertes Verfahren für kleine und mittlere technologieorientierte Unternehmen*, Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik der Universität Stuttgart, Diss., 2009

Lefrançois 2003

LEFRANÇOIS, G.: *Psychologie des Lernens*. Heidelberg : Springer, 2003

Lehner 2009

LEHNER, F.: *Wissensmanagement : Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung*. 3., aktualisierte und erw. Aufl. München : Hanser, 2009

Lettl 2004

LETTL, C.: *Die Rolle von Anwendern bei Hochgradigen Innovationen : Eine Explorative Fallstudienanalyse in der Medizintechnik*. Wiesbaden : Dt. Univ.-Verlag, 2004

Lewis 2006

LEWIS, J.P.: *The Project Manager's Desk Reference : Project Planning, Scheduling, Evaluation, Control & Systems*. 3rd edition. New York : McGraw-Hill, 2006

Läge 2002

LÄGE, K.: *Ideenmanagement : Grundlagen, optimale Steuerung und Controlling*. 1. Auflage. Wiesbaden : Gabler, 2002

Lichtenthaler 2006

LICHTENTHALER, U.: Projekte der externen Technologieverwertung : Ziele, Prozesse, Typen. In: *Die Unternehmung* 60 (2006), Nr. 5, S. 351 – 372

Lindemann 2009a

LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte : Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. 3., korrigierte Auflage. Heidelberg : Springer, 2009

Lindemann 2009b

LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte : Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. 3., korrigierte Auflage. Heidelberg : Springer, 2009

Litke 2007

LITKE, H.D.: *Projektmanagement : Methoden, Techniken, Verhaltensweisen : Evolutionäres Projektmanagement*. 5. Auflage. Kösel : Carl Hanser Verlag, 2007

Little 1981

LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): *The Strategic Management of Technology*. Davos : European Management Forum, 1981

Little 1986

LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): *Management der Geschäfte von morgen*. Frankfurt : Betriebswirtschaftlicher Verlag, 1986

Little 1997

LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): *Findings of the Arthur D. Little Global Survey on Innovation*. o. Ortsangabe : o. Verlagsangabe, 1997

Livotov 2008

LIVOTOV, P.: *Innovator*. http://www.triz.it/triz_papers/2008%20Innovator%2004.pdf, aufgerufen am 10. Mai 2013, 2008

Lockström 2007

LOCKSTRÖM, M. ; JAHNS, C. (Hrsg.): *Low-Cost Country Sourcing : Trends and Implications*. Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag, 2007

Magiera 2009

MAGIERA, C.: *Einsatz und Anwendung von Innovationstechniken : Betrachtung unter dem Effizienzaspekt*. Hamburg : Diplomica Verlag, 2009

Mahshid Sotoudeh u. Schidler 2001

MAHSHID SOTOUDEH, M. ; SCHIDLER, S.: *Anforderungen an Methoden zur Bewertung innovativer Technologien am Beispiel biologisch abbaubarer Polymere*. 2001

Mann 2002

MANN, D.: *Hands-on systematic innovation*. Ypern (Belgien) : Creax, 2002

Marshall u. Rossman 1989

MARSHALL, C. ; ROSSMAN, G.: *Designing Qualitative Research*. Newbury Park : SAGE, 1989

Mayer 2008

MAYER, H.: *Interview und schriftliche Befragung : Entwicklung Durchführung Auswertung*. 4. Auflage. München : Oldenbourg Wissensverlag, 2008

Mazur 1995

MAZUR, G.: *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)*. <http://www.mazur.net/triz/>, aufgerufen am 28. März 2013, 1995

Meffert u. Klein 2007

MEFFERT, J. ; KLEIN, H.: *DNS der Weltmarktführer : Erfolgsformeln aus dem Mittelstand*. Heidelberg : Redline, 2007

Meiwald et al. 2008

MEI WALD, T. ; PETERMANN, M. ; GORBEA, C. ; KORTLER, S.: *Fighting Product Piracy : Selecting Action Measures for OEMs Based on Links to Situational Influencing Factors*. In: *Self-optimizing mechatronic systems : design the future. Technologies for tomorrow's mechanical engineering products - dependability and software engineering - design methods and tools ; 7th International Heinz Nixdorf Symposium Self-Optimizing Mechatronic Systems*. Paderborn : HNI-Verlagsschriftenreihe, 2008, S. 215 – 232

Meuser u. Nagel 1991

MEUSER, M. ; NAGEL, U.: ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht : ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: GARZ, D. (Hrsg.) ; KRAIMER, K. (Hrsg.): *Qualitativ-empirische Sozialforschung : Konzepte, Methoden, Analysen*. Opladen : Westdt. Verl., 1991, S. 441–471

Meyer u. Owzar 2011

MEYER, S. (Hrsg.) ; OWZAR, A. (Hrsg.): *Disziplinen der Anthropologie*. Münster : Waxmann, 2011

Möhrle u. Pannenbäcker 1996

MÖHRLE, M. ; PANNENBÄCKER, T.: Erfinden per Methodik : Ein neuer Weg zur Stärkung der Innovationsfähigkeit. In: *Technologie und Management* 45 (1996), Nr. 3, S. 112 – 118

Milberg 2004

MILBERG, J.: Nachhaltiges Wachstum durch Innovationen. In: SPATH, D. (Hrsg.): *Forschungs- und Technologiemanagement : Potential nutzen - Zukunft gestalten*. München - Wien : Carl Hanser Verlage, 2004, S. 39 – 49

Milling u. Maier 1996

MILLING, P. ; MAIER, F.: *Invention, Innovation und Diffusion : Eine Simulationsanalyse des Managements neuer Produkte*. Berlin : Duncker und Humblot, 1996

Mintzberg u. Waters 1985

MINTZBERG, H. ; WATERS, J.: Of Strategies, Deliberate and Emergent. In: *Strategic Management Journal* 6 (1985), Nr. 3, S. 257 – 272

Müller 2003

MÜLLER, C.: *Projektmanagement in FuE-Kooperationen - eine empirische Analyse in der Biotechnologie*. Norderstedt : Books on Demand, 2003

Möller u. Wilson 1995

MÖLLER, K. (Hrsg.) ; WILSON, D. (Hrsg.): *Business Marketing : An Interaction and Network Perspective*. Springer, 1995

Müller u. Deschamps 1986

MÜLLER, R. ; DESCHAMPS, J.-P.: Die Herausforderung Innovation. In: LITTLE, Arthur D. (Hrsg.): *Management der Geschäfte von morgen*. Frankfurt : Betriebswirtschaftlicher Verlag, 1986, S. 27 – 38

Müller 2006

MÜLLER, S.: *Methodisches Erfinden im Personalmanagement : Erfolgreiche Anpassung TRIZ-basierter Werkzeuge*. Wiesbaden : Deutscher Universitätsverlag, 2006

Müller-Stewens u. Lechner 2005

MÜLLER-STEWENS, G. ; LECHNER, C.: *Strategisches Management*. Heidelberg : Schäffer-Poeschel, 2005

Mörtenhummer u. Mörtenhummer 2008

MÖRTENHUMMER, M. ; MÖRTENHUMMER, H.: *Zitate im Management : Das Beste von Top-Performern und Genies aus 200 Jahren Weltwirtschaft*. Wien : Linde Verlag, 2008

Mulder 2005

MULDER, T.: *Das adaptive Gehirn : Über Bewegung, Bewusstsein und Verhalten*. Amsterdam : Thieme, 2005

Neemann 2007

NEEMANN, C.: *Methodik zum Schutz gegen Produktimitationen*. Aachen : Shaker, 2007

Neumann 2004

NEUMANN, M.: *Partizipative Früherkennung von Chancen und Risiken : Perspektiven und Bedingungen für neue Ansätze zur langfristigen Sicherung der Existenz von Unternehmen und ihrer Arbeitsplätze*. München : Hampp, 2004

Nitsche 2007

NITSCHKE, V.: *Patentmanagement : Auswertung von Patentinformationen, Patentverwertung und Patentstrategien*. Saarbrücken : VDM Verlag Dr. Müller, 2007

N.N. 1998

N.N.: Die TCO-Konzepte von Gartner und Forrester. In: *Information Management* (1998), Nr. 2, S. 86 – 87

von der Oelsnitz 1994

OELSNTIZ, D. von d.: *Strategische Marketing-Früherkennung : Konzepte - Funktionen - Anwendungen*. 1994. – Technische Universität Braunschweig

Oliver-Wyman 2007

OLIVER-WYMAN: *Innovationsmanagement in der Automobilindustrie*. 2007

Olschewitz et al. 2009

OLSCHEWITZ, I. ; FREIALDENHOVEN, A. ; WALLENTOWITZ, H.: *Stratgien in der Automobilindustrie : Technologietrend und Marktentwicklungen*. Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2009

Orloff 2006

ORLOFF, M.: *Grundlagen der klassischen TRIZ : Ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure*. Heidelberg : Springer, 2006

Osterwalder 2010

OSTERWALDER, A.: *Business Model Generation*. New Jersey : John Wiley and Sons, 2010

Padmore et al. 1998

PADMORE, T. ; SCHÜTZE, H. ; GIBSON, H.: Modeling systems of innovation : An enterprise-centered view. In: *Research Policy* 26 (1998), Nr. 6, S. 605 – 624

Pahl et al. 2007

PAHL, G. ; BEITZ, W. ; FELDHUSE, J. ; GROTE, K.-H.: *Pahl/Beitz Konstruktionslehre : Grundlagen*. Heidelberg : Springer, 2007

Pannenbäcker 2001

PANNENBÄCKER, T.: *Methodisches Erfinden in Unternehmen : Bedarf, Konzept, Perspektiven für TRIZ-basierte Erfolge*. Wiesbaden : Gabler, 2001

Patig 2012

PATIG, S.: IT-Infrastruktur. In: KURBEL, K. (Hrsg.) ; BECKER, J. (Hrsg.) ; GRONAU, N. (Hrsg.) ; SINZ, E. (Hrsg.) ; SUHL, L. (Hrsg.): *Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik*. Oldenbourg, 2012, S. <http://www.enzyklopaedie--der--wirtschaftsinformatik.de/wi--enzyklopaedie/lexikon/daten--wissen/Informationsmanagement/IT--Infrastruktur> aufgerufen im März 2013

Patton 1959

PATTON, A.: Top Managements Stake in the Product Life Cycle. In: *Management Review* 6 (1959), Nr. 58, S. 9 – 14

Pepels 2004

PEPELS, W.: *Marketing*. München : Oldenbourg, 2004

Pepels 2006

PEPELS, W.: *Produktmanagement : Produktinnovation, Markenpolitik, Programmplanung, Prozessorganisation*. München : Oldenbourg, 2006

Perl-Vorbach 2007

PERL-VORBACH, E.: Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements. In: STREBEL, H. (Hrsg.): *Innovations- und Technologiemanagement*. 2. Auflage. Wien : Facultas, 2007, S. 17 – 52

Peter 2011

PETER, J.: *Innovationscontrolling : Der Einsatz von Kennzahlen und Kennzahlensystemen*. Hamburg : Diplomica, 2011

Pfeifer 2002

PFEIFER, T.: *Quality management : Strategies, Methods, Techniques*. München : Hanser Verlag, 2002

Pfeiffer et al. 1991

PFEIFFER, W. ; METZE, G. ; SCHNEIDER, W. ; AMLER, R.: *Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder*. 6., durchgesehene Auflage. Göttingen und Zürich : Vandenhoeck and Ruprecht, 1991

Pichler 2007

PICHLER, H.: *Innovationscontrolling : Anforderungen und Ausgestaltung in Abhängigkeit von Industriedynamik und Innovationsstrategie*, Technische Universität Graz, Diss., 2007

Ponn u. Lindemann 2011

PONN, J. ; LINDEMANN, U.: *Konzeptentwicklung und Gestaltung Technischer Produkte : Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltlösungen*. Heidelberg : Springer, 2011

Popper 1994

POPPER, K.: *Logik der Forschung*. 10., verb. und verm. Auflage. Tübingen : Mohr Siebeck, 1994

Porter 1980

PORTER, M.: *Competitive Strategy : Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York : The Free Press, 1980

Posch 2007

POSCH, A.: Management von Innovationsprojekten. In: STREBEL, H. (Hrsg.): *Innovations- und Technologiemanagement*. 2. Auflage. Wien : Facultas, 2007, S. S. 213 – 266

Preißler 2000

PREISSLER, P.: *Controlling : Lehrbuch und Intensivkurs*. München : Oldenbourg, 2000

Preißner 2010

PREISSNER, A.: *Praxiswissen Controlling : Grundlagen - Werkzeuge - Anwendungen*. 6. Auflage. München : Carl Hanser Verlag, 2010

Raabe 2011

RAABE, J.: *Erfolgsfaktoren für Innovation in Unternehmen : Eine explorative und empirische Analyse*. Wiesbaden : Gabler, 2011

Ramsauer 2009

RAMSAUER, C.: *Production Strategy : Mastering the Dynamics of Globalization*. Graz : Verlag d. Technischen Universität Graz, 2009

Rüdiger 1997

RÜDIGER: *Erfolgsfaktoren für das Marketing von F-u-E-Dienstleistern*. Vallendar : WHU Koblenz, 1997

Rüegg-Stürm 2004a

RÜEGG-STÜRM, J.: Das neue St. Galler Management-Modell. In: DUBS, R. (Hrsg.) ; EULER, D. (Hrsg.) ; RÜEGG-STÜRM, J. (Hrsg.) ; WYSS, C. (Hrsg.): *Einführung in die Managementlehre* Bd. 1, Teil A-E. Bern Stuttgart Wien : Haupt Verlag, 2004, S. 47–228

Rüegg-Stürm 2004b

RÜEGG-STÜRM, J.: *Das neue St. Galler Management-Modell : Grundkategorien einer integrierten Managementlehre : Der HSG-Ansatz*. 2. Auflage. Bern : Haupt Verlag, 2004

Rüegg-Stürm u. Sander 2009

RÜEGG-STÜRM, J. ; SANDER, S.: *Controlling für Manager : Was Nicht-Controller wissen müssen*. Frankfurt am Main : Campus Verlag, 2009

Reichert 2002

REICHERT, S.: *Kundenorientierung im Innovationsprozess : Die erfolgreiche Integration von Kunden in den frühen Phasen der Produktentwicklung*. Wiesbaden : DUV, 2002

Reichwald u. Piller 2009

REICHWALD, R. ; PILLER, F.: *Interaktive Wertschöpfung : Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2009

Remmerbach 1988

REMMERBACH, K.: *Markteintrittsentscheidungen*. Wiesbaden : Gabler, 1988

Riepl 1998

RIEPL, L.: TCO vs. ROI. In: *Information Management* (1998), Nr. 2, S. 7 – 12

Ries u. Trout 1998

RIES, A. ; TROUT, J.: Focus in a Fuzzy World. In: GIBSON, R. (Hrsg.): *Rethinking the Future : Rethinking Business, Principles, Competition, Control and Complexity, Leadership, Markets, and the World*. Nicholas Brealey Publishing, 1998, S. 180 – 195

Rietsch 2007

RIETSCH, P. (Hrsg.): *TRIZ: Anwendung und Weiterentwicklung in nicht-technischen Bereichen*. Wien : Facultas, 2007

Ripke 2005

RIPKE, G.: *Kreativität und Diagnostik*. Münster : LIT Verlag, 2005

Roberts 2001

ROBERTS, E.: Benchmarking global strategic management of technology. In: *Research-Technology Management* 44 (2001), Nr. 2, S. 25 – 36

Robinson u. Fornell 1985

ROBINSON, W. ; FORNELL, C.: Sources of Market Pioneer Advantages in Consumer Goods Industries. In: *Journal of Marketing Research* 22 (1985), August, S. 305 – 317

Roediger-Schluga u. Barber 2007

ROEDIGER-SCHLUGA, T. ; BARBER, M.: *The structure of R a. D collaboration networks in the European Framework Programmes*. Online PDF-Dokument: <http://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2006/wp2006-036.pdf> aufgerufen am 10. September 2013, 2007

Ropohl 2001

ROPOHL, G. (Hrsg.): *Erträge der interdisziplinären Technikforschung : Eine Bilanz nach 20 Jahren*. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 2001

von Rosenstiel u. Comelli 2003

ROSENSTIEL, L. von ; COMELLI, G.: *Führung zwischen Stabilität und Wandel*. München : Vahlen, 2003

Roth 2000

ROTH, K.: *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen : Band 1 : Konstruktionslehre*. Heidelberg : Springer, 2000

Ruekert 1992

RUEKERT, R.: Developing a market orientation : An organizational strategy perspective. In: *International Journal of Research in Marketing* 9 (1992), Nr. 3, S. 225 – 245

Rughase 1999

RUGHASE, O.: *Jenseits der Balanced Scorecard : Strategische Wettbewerbsvorteile messen*. Berlin : Logos Verlag, 1999

Saad et al. 1991

SAAD, K. ; ROUSSEL, P. ; TIBY, C.: *Management der F&E-Strategie*. Wiesbaden : Gabler, 1991

Sammerl 2006

SAMMERL, N. ; WIRTZ, B. (Hrsg.): *Innovationsfähigkeit und nachhaltiger Wettbewerbsvorteil : Messung - Determination - Wirkungen*. Wiesbaden : Deutscher Universitätsverlag, 2006

Sanzo et al. 2003

SANZO, M. ; SANTOS, M. ; VAZQUES, R. ; ALVAREZ, L.: The effect of market orientation on buyer-seller relationship satisfaction. In: *Industrial Marketing Management* 32 (2003), S. 327 – 345

Schantin 2004

SCHANTIN, D.: *Makromodellierung von Geschäftsprozessen*. Wiesbaden : DUV, 2004

Schelle 2010

SHELLE, H.: *Projekte zum Erfolg führen : Projektmanagement systematisch und kompakt*. 6., überarb. Aufl. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2010

Scheuring 2007

SCHEURING, H.: *Der www-Schlüssel zum Projektmanagement : Eine kompakte Einführung in alle Aspekte des Projektmanagements und des Projektportfolio-Managements*. 3. überarbeitete Auflage. Zürich : Verlag Industrielle Organisation, 2007

Scheuss 2010

SCHEUSS, R.: *Zukunftsstrategien : Worauf es in der Ära des wilden Wettbewerbs wirklich ankommt*. Regensburg : Walhalla Verlag, 2010

Schlicksupp 1995

SCHLICKSUPP, H.: *Führung zu kreativer Leistung : So fördert man die schöpferischen Fähigkeiten seiner Mitarbeiter*. Renningen-Malmsheim : Expert Verlag, 1995

Schmeisser et al. 2006

SCHMEISSER, W. ; KANTNER, A ; GEBURTIG, A. ; SCHINDLER, F.: *Forschungs- und Technologie-Controlling : Wie Unternehmen Innovationen operativ und strategisch steuern*. Stuttgart : Schöffer-Poeschel, 2006

Schmelzer u. Sesselmann 2008

SCHMELZER, H. ; SESSELMANN, W.: *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis : Kunden zufrieden stellen, Produktivität steigern, Wert erhöhen*. München : Hanser, 2008

Schmoch 2003

SCHMOCH, U.: *Hochschulforschung und Industrieforschung : Perspektiven der Interaktion*. Frankfurt am Main : Campus, 2003

Schmolze 2011

SCHMOLZE, R.: *Unternehmen Idee : Wie kundenorientierte Produktentwicklung zum Erfolg führt*. Frankfurt am Main : Campus Verlag, 2011

Schmuck 1997

SCHMUCK, R.: *Practical Action Research for Change*. Arlington Heights : IL: IRI/SkyLight Training and Publishing, 1997

Schön 2001

SCHÖN, A.: *Innovationscontrolling : Eine Controlling-Konzeption zur effektiven und effizienten Gestaltung innovativer Prozesse in Unternehmen*. Frankfurt : Lang, 2001

Schnaars 1986

SCHNAARS, S.: *When Entering Growth Markets, Are Pioneers Better Than Poachers?* In: *Business Horizons* 29 (1986), Nr. 2, S. 27 – 36

Schneider 2002

SCHNEIDER, D.: *Einführung in das Technologie-Marketing*. München : Oldenbourg, 2002

Schneider 2011

SCHNEIDER, W.: *Früherkennung und Intuition*. Wiesbaden : Gabler, 2011

Schäppi et al. 2005

SCHÄPPI, B. ; ANDREASEN, M. ; KIRCHGEORG, M. ; RADERMACHER, F.: *Handbuch Produktentwicklung*. München und Wien : Hanser Verlage, 2005

Schreyögg 2008

SCHREYÖGG, G.: *Organisation : Grundlagen moderner Organisationsgestaltung*. Wiesbaden : Gabler, 2008

Schütze 1983

SCHÜTZE, F.: Biographieforschung und narratives Interview. In: *Neue Praxis* 13 (1983), Nr. 3, S. 283–293

Schütze 1987a

SCHÜTZE, F.: *Das narrative Interview in Interaktionsfeldstudien: Erzähltheoretische Grundlagen*. 1987. – Studienbrief der Fernuniversität Hagen

Schütze 1987b

SCHÜTZE, F.: *Das narrative Interview in Interaktionsfeldstudien. Studienbrief der Universität Hagen. Teil 1*. 1. Hagen, 1987

Schütze 1987c

SCHÜTZE, F.: Symbolischer Interaktionismus. In: AMMON, U. (Hrsg.) ; DITTMAR, N. (Hrsg.) ; MATTHEIER, K. (Hrsg.): *Soziolinguistik. Ein internationales Handbuch zur Wissenschaft von Sprache und Gesellschaft*. Berlin / New York : de Gruyter, 1987, S. 520 – 553

Schuh 2012

SCHUH, G.: *Innovationsmanagement : Handbuch Produktion und Management 3*. Heidelberg : Springer, 2012

Schuh et al. 2006

SCHUH, G. ; HILGERS, M. ; SCHRÖDER, J. ; SAXLER, J.: Success factors in technology management. In: *IAMOT 2006 : 15th International Conference on Management of Technology*. Beijing : Tsinghua University, 2006, S. 147 – 156

Schuh u. Kampker 2011

SCHUH, G. ; KAMPKER, A.: *Strategie und Management produzierender Unternehmen : Handbuch Produktion und Management 1*. Heidelberg : Springer, 2011

Schuh u. Klappert 2011

SCHUH, G. ; KLAPPERT, S.: *Technologiemanagement : Handbuch Produktion und Management 2*. Zweite, vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg : Springer, 2011

Schumpeter 1997

SCHUMPETER, J.: *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung : Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*. 9. Auflage, unveränd. Nachdruck d. 1934 ersch. 4. Auflage. Berlin : Duncker und Humblot, 1997

Schweizer 2001

SCHWEIZER, P.: *Einführung in TRIZ und CAI*. <https://homepages.fhv.at/hs/pub/IPD/TRIZ/TRIZ-PeterSchweizer.pdf>, aufgerufen am 10. Mai 2013, 2001

Schweizer 2008

SCHWEIZER, P.: *Systematisch Lösungen realisieren : Innovationsprojekte leiten und Produkte entwickeln*. Zürich : vdf Hochschulverlag, 2008

Schwickert 2004

SCHWICKERT, A.: *Total Cost of Ownership : Konzepte und Trends*. 2004. – Folien zum Vortrag, Hamburger IT Strategietage 2004

Smith u. Reinertsen 1991

SMITH, P. ; REINERTSEN, D.: *Developing Products in Half the Time*. New York : Van Nostrand Reinhold, 1991

Sonnenschein 2000

SONNENSCHN, M.: *Strategien für neue Geschäfte : Ein Konzept zur strategischen Suchfeldanalyse für Umweltdienstleistungen*. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 2000

Sonnenschein 2005

SONNENSCHN, O.: *Einsatzmöglichkeiten moderner Informations- und Kommunikationstechnologien im Rahmen der strategischen Früherkennung*. Frankfurt : Lang, 2005

Spath 2004

SPATH, D. (Hrsg.): *Forschungs- und Technologiemanagement : Potenziale nutzen - Zukunft gestalten*. München : Hanser, 2004

Spath et al. 2004

SPATH, D. ; ILG, R. ; RENZ, K.: Technologiestrategien bei schnellem Unternehmenswachstum. In: SPATH, D. (Hrsg.): *Forschungs- und Technologiemanagement : Potential nutzen - Zukunft gestalten*. München - Wien : Carl Hanser Verlage, 2004, S. 167 – 172

Specht et al. 2002

SPECHT, G. ; BECKMANN, C. ; AMELINGMEYER, J.: *F und E-Management : Kompetenz im Innovationsmanagement*. 2., überarb. und erw. Auflage. Stuttgart : Schäffer-Poeschel Verlag, 2002

Springer 2004

SPRINGER, R.: *Wettbewerbsfähigkeit durch Innovation : Erfolgreiches Management organisatorischer Veränderungen*. Berlin : Springer, 2004

Spur 1998

SPUR, G.: *Technologie und Management : Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaft*. München : Hauser, 1998

Stachowiak 1973

STACHOWIAK, H.: *Allgemeine Modelltheorie*. Wien : Springer, 1973

Staudt u. Auffermann 1999

STAUDT, E. ; AUFFERMANN, S.: Der Innovationsprozess im Unternehmen : eine erste Analyse des derzeitigen Stands der Forschung. In: STAUDT, E. (Hrsg.): *Berichte aus der angewandten Innovationsforschung*, 1999 (151)

Steinmann u. Schreyögg 2005

STEINMANN, H. ; SCHREYÖGG, G.: *Management : Grundlagen der Unternehmensführung*. Wiesbaden : Gabler, 2005

Steinoff 2006

STEINOFF, F.: *Kundenorientierung bei hochgradigen Innovationen : Konzeptualisierung, empirische Bestandsaufnahme und Erfolgsbetrachtung*. Wiesbaden : Deutscher Universitätsverlag, 2006

Stevens et al. 1999

STEVENS, G. ; BURLEY, J. ; DIVINE, R.: Creativity plus business discipline equals higher profits faster from new product development. In: *The Journal of Product Innovation Management* 16 (1999), Nr. 5, S. 455 – 468

Strebel 2007

STREBEL, H. (Hrsg.): *Innovations- und Technologiemanagement*. 2. Auflage. Wien : Facultas, 2007

Stuiber 2006

STUIBER, P.: *Doppelmayrs wundersame Seilbahnvermehrung in China*. In: Die Welt, 2006. – <http://www.welt.de/print-welt/article198743/Doppelmayrs-wundersame-Seilbahnvermehrung-in-China.html> vom 17.02.2006, aufgerufen am 22. Februar 2013

Talke 2005

TALKE, K.: *Einführung von Innovationen : Marktorientierte strategische und operative Aktivitäten als kritische Erfolgsfaktoren*. Wiesbaden : Gabler, 2005

Terninko 2000

TERNINKO, J.: *Su-Field Analysis*. http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2000/02/d/article4_02-2000.PDF, aufgerufen am 22. April 2013, 2000

Terninko et al. 1998a

TERNINKO, J. ; ZUSMAN, A. ; ZLOTIN, B.: *Systematic Innovation: An Introduction to Triz*. London et al. : St. Lucie Press, 1998

Terninko et al. 1998b

TERNINKO, J. ; ZUSMAN, A. ; ZLOTIN, B.: *TRIZ : Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt*. Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 1998

Täger u. Uhlmann 1984

TÄGER, U. ; UHLMANN, L.: *Der Technologietransfer in der Bundesrepublik Deutschland : Grundstrategien auf dem Technologiemarkt*. Berlin : Duncker und Humblot, 1984

Thom 1992

THOM, N.: *Innovationsmanagement*. Bern : Schweizerische Volksbank, 1992

Thorndike 1913

THORNDIKE, E.: *Educational Psychology : The psychology of learning*. New York : Teachers College Press, 1913

Töpfer 2007

TÖPFER, A. (Hrsg.): *Six Sigma : Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität*. Heidelberg : Springer, 2007

Töpfer 2009

TÖPFER, A. (Hrsg.): *Lean Six Sigma : Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*. Heidelberg : Springer, 2009

Ulrich 2001

ULRICH, H.: *Gesammelte Schriften: Management: Aufsätze 1981-1998*. Bern : Haupt Verlag, 2001

Ulrich u. Eppinger 2003

ULRICH, K. ; EPPINGER, S.: *Product Design and Development*. 3rd edition. New York : McGraw-Hill, 2003

Ulrich 1984

ULRICH, P.: Systemsteuerung und Kulturentwicklung. In: *Die Unternehmung* 38 (1984), Nr. 4, S. 303–325

Urban 2004

URBAN, K.: *Kreativität : Herausforderung für Schule, Wissenschaft und Gesellschaft*. Münster : Lit Verlag, 2004

Vahs 2005

VAHS, D.: *Organisation : Einführung in die Organisationstheorie und -praxis*. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 2005

Vahs u. Burmester 2005a

VAHS, D. ; BURMESTER, R.: *Innovationsmanagement : Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung*. 3., überarbeitete Auflage. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 2005

Vahs u. Burmester 2005b

VAHS, D. ; BURMESTER, R.: *Innovationsmanagement : Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung*. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 2005

Verworn u. Herstatt 2000

VERWORN, B. ; HERSTATT, C.: *Modelle des Innovationsprozesses*. Arbeitspapier Nr. 6, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2000

Vorbach 2012

VORBACH, S.: *Prozess Management*. 2012. – Skriptum zur Vorlesung, Technische Universität Graz : Institut für Unternehmensführung und Organisation

Wahren 2004

WAHREN, H.-K.: *Erfolgsfaktor Innovation : Ideen systematisch generieren, bewerten und umsetzen*. Berlin : Springer, 2004

Walgenbach 2006

WALGENBACH, G.: *Die Vorteilssituation von Innovatoren auf elektronischen Märkten : Strategische Relevanz des frühen Markteintritts am Beispiel des Online-Buchhandels*. Wiesbaden : DUV, 2006

Wenzel et al. 2011

WENZEL, R. ; FISCHER, G. ; METZE, G. ; NIESS, P. ; SANDER, K.: *Industriebetriebslehre : Das Management des Produktionsbetriebs*. 5. Auflage. Wien : Carl Hanser Verlag, 2011

Wenzke 2003

WENZKE, S.: *Flexible Gestaltung des Analyseprozesses technischer Probleme mit TRIZ-Werkzeugen : theoretische Fundierung, Anwendung in der industriellen Praxis, Zukunftspotenzial*. Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag, 2003

Werner 2002

WERNER, B.: *Messung und Bewertung der Leistung von Forschung und Entwicklung im Innovationsprozeß*, Technische Universität Darmstadt, Diss., 2002

Wild u. Herges 2000

WILD, M. ; HERGES, S.: Total Cost of Ownership (TCO) - Ein Überblick. In: *Arbeitspapiere WI, Nr. 1/2000* (2000). – Johannes Gutenberg-Universität : Lehrstuhl für Allg. BWL und Wirtschaftsinformatik

Wild 2002

WILD, T.: *Best Practice in Inventory Management*. London : Taylor and Francis, 2002

Wildemann 2003

WILDEMANN, H.: *Wissensmanagement : Ein neuer Erfolgsfaktor für Unternehmen*. München : TCW, 2003

Winkelhofer 2006

WINKELHOFER, G.: *Kreativ managen : Ein Leitfaden für Unternehmer, Manager und Projektleiter*. Heidelberg : Springer, 2006

Winkler 1998

WINKLER, T.: *Entwicklung eines Instrumentariums zur Erfolgsanalyse von Innovationsprojekten*. Frankfurt am Main : Lang, 1998

Winkler 2008

WINKLER, W.: *99 Lösungswerkzeuge : Praxis der Problemlösung*. 4. Auflage. Fellbach : Werner Winkler Verlag, 2008

Wohinz 2012

WOHINZ, J.: *Industriebetriebslehre*. 2012. – Skriptum zur Vorlesung, Technische Universität Graz : Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Wohinz et al. 2008

WOHINZ, J. ; EMBST, S. ; OBERSCHMID, H.: *Betriebliches Innovationsmanagement*. 2008. – Skriptum zur Vorlesung, Technische Universität Graz : Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

Wolfrum 1994

WOLFRUM, B.: *Strategisches Technologiemanagement*. Wiesbaden : Gabler, 1994

Wytrzens 2010

WYTRZENS, H.K.: *Projektmanagement : Der erfolgreiche Einstieg*. 2., erweiterte Auflage. Wien : Facultas Universitätsverlag, 2010

Zahn 1995a

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

Zahn 1995b

ZAHN, E. (Hrsg.): *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1995

Zahn 2004

ZAHN, E.: Strategisches Technologiemanagement. In: SPATH, D. (Hrsg.): *Forschungs- und Technologiemanagement : Potential nutzen - Zukunft gestalten*. München - Wien : Carl Hanser Verlage, 2004, S. 125 – 131

Zangemeister 1971

ZANGEMEISTER, C.: *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik : Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen*. 2. Auflage. München : Zangemeister und Partner, 1971

Zobel 2007

ZOBEL, D.: *Triz für alle : Der systematische Weg zur Problemlösung*. Renningen : Expert Verlag, 2007

Zobel u. Hartmann 2009

ZOBEL, D. ; HARTMANN, R.: *Erfindungsmuster : TRIZ : Prinzipien, Analogien, Ordnungskriterien, Beispiele*. Renningen : Expert Verlag, 2009



Abbildungsverzeichnis

1.1	Schematische Darstellung des Spannungsfelds der Arbeit aus den Elementen Technologie, Ökonomie und TRIZ	4
1.2	Vorgehensweise und Forschungsdesign der Arbeit	13
1.3	Aufbau der Arbeit	14
2.1	Weltweiter Jahresbedarf an Kältekompressoren für Haushaltskühlgeräte im Jahr 2012: 155 Mio Stk, mehr als 50 % für chinesischen Markt, danach Europa mit 25 Mio Stk: ACC führend mit doppelt so hohem Anteil als größter Mitbewerber	19
2.2	Schematische Darstellung der strategischen Ausrichtung der Technologieentwicklung an Hand der fünf Themen: Innovationsauslöser, Zeitpunkt des Markteintritts, Technologiequelle, Technologieverwertung und Schutz	21
2.3	Gliederung der Industriedynamik nach Fine in: gering, mittel und hoch	22
2.4	Zeitpunkt des Markteintritts des Unternehmens mit neuen Technologien und die Veränderung des Markteintrittszeitpunkt von Mitbewerbern zw. den 90er Jahren und der heutigen Zeit	23
2.5	Zeitpunkt des Markteintritts des Unternehmens mit neuen Technologien	25
2.6	Wesentliche Unterschiede zwischen einem Patent und einem Gebrauchsmuster	30
2.7	3-phases Prozessmodell für die Entwicklung einer neuen Kompressorplattform: Technologieentwicklung, Vorentwicklung und Industrialisierung mit einer Gesamtdauer von 6 bis 7,5 Jahren	31
3.1	Abgrenzung der drei Begriffe Theorie, Technologie und Technik	36
3.2	Gliederung von Forschung und Entwicklung in Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung	37
3.3	Abgrenzung und Einordnung von den themenverwandten Managementdisziplinen Technologie, F&E und Innovation nach Brockhoff	41
3.4	Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little: Zur Positionsbestimmung einer Technologie im Lebenszyklus: Entstehung, Wachstum, Reife und Alter. Klassifizierung in Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologie	44
3.5	S-Kurven-Konzept nach McKinsey ist ein Instrument des strategischen Innovationsmanagements: Eine Sensibilisierungshilfe über die Notwendigkeit für einen rechtzeitigen Technologiewechsel	47
3.6	Technologielebenszyklus-Modell nach Ford und Ryan bestehend aus sechs Phasen	48
3.7	Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff mit den drei Typen stabile, dynamische und turbulente Technologieentwicklung: Die Autoren sehen engen Zusammenhang zwischen dem Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklus	51
3.8	Wechselspiel zwischen Technology Push und Market Pull	52

3.9	Die Aufgaben des Technologiemanagements umfassen die Strategieentwicklung zum Technologiemanagement, Früherkennung von Technologien, Technologieplanung, Entwicklung von Technologien, Verwertung von Technologien, Schutz der Technologien und Bewertung von Technologien . . .	54
3.10	Themen der Strategieentwicklung für das Technologiemanagement beinhalten technologische Leistungsfähigkeit, Technologiezeitpunkt (Führerschaft oder Folgerschaft), Quelle der Technologie (Eigenerstellung oder Akquisition), Verwertung der Technologien und Auswahl der Technologien . . .	55
3.11	Charakteristika einer Führerschaft und Folgerschaft bei Beschaffung und Verwertung von Technologien	57
3.12	Grundsätzliche, strategische Ausrichtungen zur Eigenerstellung bzw. Akquisition von Technologien in Abhängigkeit von der strategischen Relevanz und dem relativen Kompetenzniveau des eigenen Unternehmens	58
3.13	Basisaktivitäten der strategischen Frühaufklärung: Suche innerhalb bzw. außerhalb der Domäne . . .	60
3.14	Vier Dimensionen der Technologieverwertung: Eigennutzung, Fremdnutzung, gemeinschaftliche Nutzung und keine Verwertung	65
3.15	Drei mögliche Situationen für den potentiellen Käufer von Imitationen und Konsequenzen für den Originalhersteller	67
3.16	Fünf Gruppen der Schutzmechanismen im Imitationsablauf: Imitation unattraktiv machen, Know-how Aufbau erschweren, Produktion erschweren, Vermarktung erschweren und Angebot zur Kooperation	68
3.17	Arten der Bewertungsmethoden entlang der Zeitachse des Technologiemanagements: in der frühen Phase eher qualitative, in der späten Phase eher quantitative Bewertungsmethoden	73
3.18	Inputorientierte Kennzahlen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen über Personal, Sachmittel, externe Forschungsarbeiten, F&E im Gesamten und Informationen und Know-how.	76
3.19	Prozessorientierte Kennzahlen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen über Leistung/Qualität, Aufwand/Kosten und Termine/Zeit.	77
3.20	Abgrenzung der vier outputorientierten Kennzahlendimensionen Wissen, Entwicklung u. Produktion, Marketing u. Vertrieb und Wettbewerb u. Wirtschaftsklima hinsichtlich ihrer Relevanz für diese Arbeit	79
3.21	Outputorientierte Kennzahlen der Dimension Wissen im Innovationsprozess: Gegliedert in Kennzahlen der vier Formen der Wissensdokumentation: undokumentiertes, dokumentiertes, veröffentlichtes und patentiertes Wissen	80
4.1	Schematische Darstellung des Verlaufs der Methode <i>Versuch und Irrtum</i> : Die Lösung des Problems einer Aufgabenstellung A liegt fast nie in Richtung des Trägheitsvektors TV, so dass auch die Sekundär-Ideen (1, 2, 3) nichts nützen. Nur wenige der Ideen gehen in die Richtung der Lösung, ein möglicher Treffer wäre Zufall.	86
4.2	Schematische Darstellung der Ideenstreuung beim Lösen einer Problemstellung unter Verwendung von TRIZ, Brainstorming und Versuch und Irrtum	88
4.3	Altschuller's fünf Erfindungsklassen und deren Auftrittshäufigkeit aus seiner Patentanalyse zwischen 1964 und 1974	89
4.4	Beschreibung der fünf Erfindungsklassen nach Artschuller anhand der Parameter Problemaspekt, Ausgangsbedingungen, Ressourcen, Schwierigkeitsgrad, Transformationsregeln und Niveau	91
4.5	TRIZ-Vorgehensweise nach Altschuller in vier Schritten mit Problemdefinition, Abstraktion des Problems, Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren für abstraktes Problem und Spezifizierung in konkrete Lösung	94
4.6	Auszug der Widerspruchsmatrix mit den 39 Zeilen und 39 Spalten, an dessen Eingänge die 39 technischen Parameter angeordnet sind	97

4.7	Auszug der Widerspruchsmatrix mit den 39 Zeilen und 39 Spalten, an dessen Eingänge die 39 technischen Parameter angeordnet sind. Die Einträge in den jeweiligen Matrixzellen dienen zur Identifikation der innovativen Grundprinzipien	100
4.8	Beispiel: Die Getränkedose: Anwendung der innovativen Grundprinzipien und Transformation in konkrete Lösung	103
5.1	Modell von Brockhoff für Innovationen mit den sechs Schritten: Projektidee, F&E, Erfindung, geplante bzw. ungeplante Invention, Investition inkl. Fertigung und Marketing und Markteinführung	105
5.2	Stage-Gate-Prozess von Cooper: von der Entdeckung bis zur Markteinführung	107
5.3	Ansatz von Eversheim in Form eines „W“: <i>Das W-Modell</i>	108
5.4	5-phasige Innovationsprozess nach Herstatt von der Ideengenerierung bis zur Marktdurchdringung	109
5.5	Innovationsprozess von Thom mit den drei Phasen: Ideenfindung, Ideenakzeptierung und Ideenrealisierung	110
5.6	Modell von Ulrich und Eppinger für eine Produktentwicklungen mit den sechs Phasen: Planung, Konzeptentwicklung, Systementwicklung, Detailentwicklung, Testen und Produktionsstart. Schwerpunkte sind Marketing, Entwicklung und Herstellung	111
7.1	3-phasiges Prozessmodell für die Entwicklung einer neuen Kompressorplattform: Fokusthemen der jeweiligen Phase	130
7.2	Der fünf-phasige Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen	131
7.3	TRIZ-Vorgehensweise als Grundlage für die Ablaufstruktur	132
7.4	Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 1: Fokusfelder definieren	134
7.5	Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 2: Prinziplösungen erarbeiten	135
7.6	Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 3: Technologiesuche betreiben	136
7.7	Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 4: Technologieentwicklung betreiben	137
7.8	Auslöser, Zweck und Input-Output-Beziehung der Phase 5: Wissen dokumentieren	138
7.9	Schematische Darstellung der TRIZ-Werkzeuge hinsichtlich ihrer Relevanz für das Unternehmen	140
7.10	Prozess der Tätigkeiten der Phase 1: Technologiefelder definieren	142
7.11	Schematische Darstellung einer Bewertung des Verbesserungspotentials von 18 Widersprüchen (WS) und die Zuordnung zu Technologiefelder (TF)	145
7.12	Schematische Darstellung der ABC-Gruppierung der Technologiefelder (TF)	146
7.13	Prozess der Tätigkeiten der Phase 2: Prinziplösungen erarbeiten	148
7.14	Auszug aus der Widerspruchstabelle mit identifizierten Grundprinzipien für drei Widersprüche	150
7.15	Ergebnisauszug der priorisierten, abstrakten Prinziplösungen für einen Widerspruch auf Basis zweier innovativer Grundprinzipien	150
7.16	Prozess der Tätigkeiten der Phase 3: Technologiesuche betreiben	152
7.17	Prozess der Tätigkeiten der Phase 4: Technologieentwicklung betreiben	153
7.18	Prozess der Tätigkeiten der Phase 5: Konzepte erarbeiten	155
7.19	Charakteristika der Controllinginstrumente Jour Fixe und Controlling-Tribunale	158
7.20	Schematische Zuordnung des Monitoring-Prozesses entlang des Technologieentwicklungsprozesses	159
8.1	Total Cost of Ownership von verschiedenen Monitoring-Tools: ACC SDT am kostengünstigsten mit 17.760 €, serverbasierte Monitoringinstrumente am kostenintensivsten zwischen 103.430 und 138.830 €	166
8.2	Ermitteltes Ranking aus der Nutzwertanalyse	169
8.3	Total Cost of Ownership von verschiedenen Monitoring-Tools: ACC SDT am kostengünstigsten mit 17.760 €, serverbasierte Monitoringinstrumente am kostenintensivsten zwischen 103.430 und 138.830 €	170

8.4	Ergebnisse der Nutzwertanalyse	171
10.1	Gemeinsamkeiten der Prozessmodelle nach ARS	187
10.2	Gemeinsamkeiten der Prozessmodelle nach 3DSE	188
10.3	Der fünf-phasige Prozess der Technologieentwicklung für das Unternehmen	191
A.1	TRIZ beruht auf den vier Säulen Systematik, Wissen, Analogie und Vision und bedient sich zahlreicher Werkzeuge	224
A.2	Sechs entstehende Lösungsvariationen als Gedankenexperiment durch den Operator Maße-Zeit-Kosten (Operator MZK)	229
A.3	Funktionsanalyse am Beispiel <i>Polieren der optischen Linse</i>	233
A.4	Das 9 Fenster Modell: Schematische Darstellung des Werkzeugs und Anwendung am Beispiel <i>Schreibstift</i>	235
A.5	Die drei Basisbestandteile der Stoff-Feld Analyse: Zwei Stoffe und ein Feld	238
A.6	Stoff-Feld Modell Notation der fünf Interaktionsarten	239
A.7	Beispiel der Stoff-Feld Analyse: <i>Mosquitostich</i>	240
A.8	Beispiel zur Verdeutlichung des Zwergemodells: Anordnung der Teammitglieder als „kleine Zwerg“ an der Dichtungsstelle der Ringbrennkammer	252



Abkürzungsverzeichnis

Anm.	Anmerkung
AP	Arbeitspakete
ARIZ	(russisches Akronym) zu deutsch: Algorithmus zur Lösung der Erfindungsprobleme
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
COP	englisch: coefficient of performance, zu deutsch: Leistungszahl
d.h.	das heisst
div.	divers(e)
etc.	lateinisch: et cetera, zu deutsch: und so weiter
FuE	Forschung und Entwicklung
ggf.	gegebenenfalls
IER	ideales Endergebnis
LCC	englisch: low cost country, zu deutsch: Niedriglohnland
HCC	englisch: high cost country, zu deutsch: Hochlohnland
o.a.	oder andere(s)
o.ä.	oder ähnlich(e/es)
TLZ	Technologielebenszyklus
TRIZ	(russisches Akronym) zu deutsch: Theorie des erfinderischen Problemlösens
u.a.	und andere(s), unter anderem
u.ä.	und ähnlich(e/es)
u.v.m.	und vieles mehr



Weiterführende Informationen zur Arbeit

ANHANG



A

TRIZ

A.1 Werkzeuge bei TRIZ

Die TRIZ-Methodologie beruht auf den vier Säulen Wissen, Analogie, Vision und Systematik. Jede Säule kann für sich oder im Verbund mit anderen Säulen zu Inventionen und Innovationen führen.⁴⁹⁷ Diesen Säulen sind verschiedene Werkzeuge zugeordnet. In Abbildung A.1 werden die vier Säulen und die in TRIZ verwendeten Werkzeuge schematisch illustriert. Die Werkzeuge unterscheiden sich in ihrem Anwendungsaufwand und den aus ihrer Anwendung resultierenden Ergebnissen.⁴⁹⁸ Die Werkzeuge der jeweiligen Säulen werden im Folgenden behandelt. Eingangs werden die vier Säulen kurz erläutert.⁴⁹⁹

- **Systematik:** Die Systematik ist wesentliches Element, um Probleme zu analysieren und diese zu beschreiben.
- **Wissen:** Die Säule Wissen repräsentiert Informationsquellen. Es wird davon ausgegangen, *„dass für die meisten Probleme bereits Lösungen erarbeitet wurden. Statt mit hohem Ressourcenaufwand eigene Lösungen zu entwickeln, können diese Lösungen genutzt werden.“*⁵⁰⁰ Pahl et al. (2007) führen an, dass nach Herb et al. (2000)⁵⁰¹ in der Patentliteratur über 90 % an ungeschützten Patenten vorzufinden seien, die entweder nicht rechtsbeständig sind, zurückgezogen wurden oder deren Schutz bereits ausgelaufen ist.

⁴⁹⁷vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 93

⁴⁹⁸vgl. Gundlach et al. (2006), S. 16

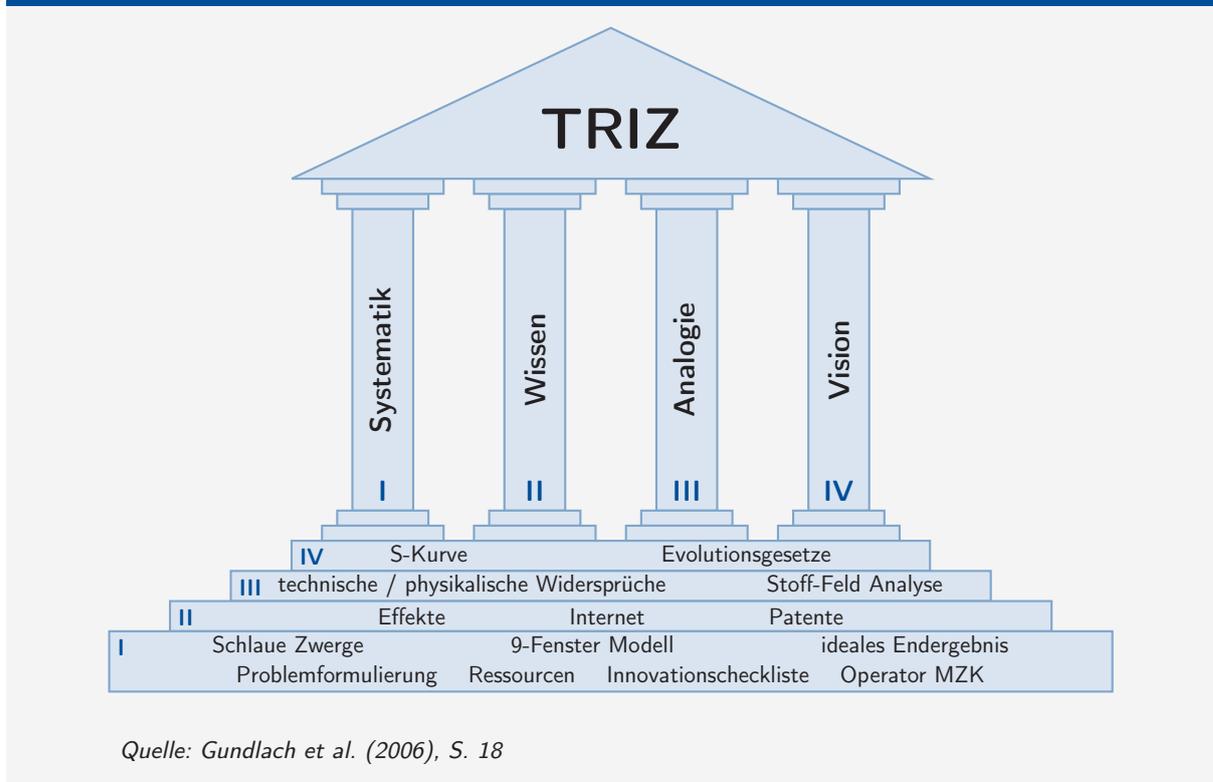
⁴⁹⁹vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 94 ff; Pahl et al. (2007), S. 138 ff und Gundlach et al. (2006), S. 16 ff, S. 65 ff

⁵⁰⁰vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

⁵⁰¹vgl. Herb et al. (2000)

- **Analogie:** Den Grundstein zur Abstraktion bilden die Analogien. Hauptaugenmerk sind die 40 innovativen Grundprinzipien um technische Widersprüche zu lösen. Daneben finden die 4 Separationsprinzipien Anwendung, um physikalische Widersprüche zu lösen.⁵⁰² Ein drittes Werkzeug, das bisher noch nicht erwähnt wurde, ist das Stoff-Feld-Modell. Es dient zur Unterstützung bei der Abstrahierung.
- **Vision:** Altschuller entwickelte Grundmustern der technischen Evolution. Sie dienen dazu, „die generelle technische Entwicklung und die Entwicklung bestimmter Produkte abzuschätzen.“⁵⁰³

Abb. A.1: TRIZ beruht auf den vier Säulen Systematik, Wissen, Analogie und Vision und bedient sich zahlreicher Werkzeuge



A.1.1 Werkzeuge zur Systematik

Zu den Werkzeugen der Systematik zählen Innovationscheckliste, Ressourcen, ideales Endergebnis, Operator Material-Zeit-Kosten, schlaue Zwerge, Problemformulierung und 9-Fenster-Modell. Diese unterstützen den Erfinder, das Problem zu erfassen, zu analysieren und zu be-

⁵⁰²vgl. Abschnitt 4.2.2 zur Erläuterung

⁵⁰³vgl. Pahl et al. (2007), S. 141

schreiben.⁵⁰⁴ Im folgenden Abschnitt werden diese Werkzeuge beschrieben.⁵⁰⁵

Innovationscheckliste

Die Innovationscheckliste stellt ein Werkzeug für Gruppenarbeiten dar, um die Problemstellung zu definieren. Es unterstützt die Analyse der Ausgangssituation und der Potentiale von Lösungen zu einem bestimmten Problem. Die Innovationscheckliste ist ein Leitfaden zur systematischen Dokumentation sämtlicher Ressourcen, möglicher Lösungen, Rahmenbedingungen und Probleme.⁵⁰⁶ Das Werkzeug ist in folgende sechs Blöcke gegliedert, die sequentiell beantwortet werden sollen. Nachstehend werden diese erläutert:⁵⁰⁷

1. Informationen über das zu verbessernde System und dessen Umfeld,
2. Auflistung der verfügbaren Ressourcen und deren Potential,
3. Informationen zur Problemsituation,
4. Veränderung des Systems,
5. Auswahlkriterien der Lösungskonzepte und
6. Historie der Lösungsversuche.

1. Informationen über das zu verbessernde System und dessen Umfeld

Im ersten Schritt werden die Bezeichnung, die primäre nützliche Funktion, die derzeitige oder wünschenswerte Struktur, die Arbeitsweise und das Umfeld des Systems beschrieben. Die primäre nützliche Funktion entspricht der Hauptaufgabe des Systems. Um die Hauptaufgabe zu erfüllen, wird das System in seine Elemente und Subsysteme gegliedert. Die Zusammenhänge der Elemente und Subsysteme werden erarbeitet. Mit der Beschreibung der Arbeitsweise wird die Interaktion in Bezug auf Art und Ziel der einzelnen Elemente und Subsysteme klar definiert. Die Umfeldbeschreibung soll weitere Rahmenbedingungen des Systems wiedergeben. Zudem werden Supersysteme und Systeme der Umwelt, die mit dem System interagieren, identifiziert und beschrieben.

⁵⁰⁴vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 96 f

⁵⁰⁵Anm.: Gundlach et al.(2006) führen ebenso das Werkzeug *Algorithmus zur Lösung der Erfindungsprobleme* (ARIZ, russisches Akronym) an, jedoch im Sinne dieses separat zu TRIZ zu betrachten. In ARIZ ist ein von Altschuller entwickelter alorithmischer Ablauf „zur sequentiellen Anwendung verschiedener TRIZ-Werkzeuge ... Der ARIZ ermöglicht eine genaue Analyse des betrachteten Systems unter Berücksichtigung aller im System vorhandenen Ressourcen sowie der Formulierung des idealen Endergebnisses [...] Der Großteil der TRIZ-Werkzeuge ist im ARIZ vereint.“ vgl. Gundlach et al. (2006), S. 25 f. Gundlach et al. (2007) schreiben, dass TRIZ auf der Struktur von ARIZ basiert und Altschuller häufig bei TRIZ auf ARIZ verweist. vgl. Gundlach et al. (2007), S.76; Zobel (2007) führt an, dass ARIZ zudem allzu umfangreich ist und die Team-Mitglieder bei der Bearbeitung konkreter Themen häufig auf „auf halber Strecke die Lust verlieren.“ vgl. Zobel (2007), S. 116; Der ARIZ ist auf Grund der methodischen Überlappungen und Ähnlichkeiten zu TRIZ nicht Teil dieser Arbeit.

⁵⁰⁶vgl. Pfeifer (2002), S. 323

⁵⁰⁷vgl. Mann (2002), S. 63 ff; Klein (2007), S. 15 ff; Pfeifer (2002), S. 322 ff; Gundlach et al. (2007), S. 207 ff; Gundlach et al. (2006), S. 19 ff; Dold u. Gentsch (2007), S. 94 ff und Adunka (2013) und Gundlach et al. (2013c): Neue TRIZ Tools → Innovationscheckliste, Internetseiten aufgerufen am 15. April 2013

2. Auflistung der verfügbaren Ressourcen und deren Potential

Durch die Abarbeitung dieses Schritts soll der Erfinder bzw. das Erfinderteam eine Übersicht über sämtliche Ressourcen im System oder der Umgebung erlangen. Es handelt sich um Ressourcen, die zur Lösung des Problems beitragen können bzw. würden und die im System oder in der Umgebung vorhanden sind. Die Ressourcen können in folgende Gruppen gegliedert werden:

- stoffliche,
- feldförmige,
- funktionale,
- zeitliche,
- informationsbezogene und
- räumliche Ressourcen.

Als stoffliche Ressourcen gelten materielle Ressourcen wie bspw. Rohmaterial, fertige Produkte, Systembestandteile oder Abfall. Zu den feldförmigen Ressourcen zählen energetische Ressourcen wie bspw. thermische, elektrische, chemische Energie im System oder aus der Umgebung. Funktionale Ressourcen sind bspw. die primäre, sekundäre und unterstützende Funktion des Systems. Als zeitliche Ressourcen werden prozessbezogene Ressourcen eingeordnet, die im Voraus, währenddessen sequentiell oder parallel oder auch im Nachhinein statt finden. Als informationsbezogene Ressourcen gelten Informationen. Diese können bspw. durch das System übermittelt werden, temporär sein oder über Zustandsänderungen berichten. Räumliche Ressourcen sind bspw. benötigter Bauraum, freier ungenutzter Raum.

3. Informationen zur Problemsituation

Im dritten Schritt wird die Problemsituation detailliert beschrieben. Hierzu gilt es vier Themen zu behandeln. Innerhalb des ersten Themenblocks *Angestrebte Verbesserung des Systems* wird die beabsichtigte Systemveränderung beschrieben. Dies kann bspw. eine Fehlfunktion sein, die beseitigt werden soll. Weitere Möglichkeiten wären, dass die Fehlerursache gefunden oder ein Produkt, Prozess, Bauteil etc. verbessert werden soll. Im zweiten Themenblock *Mechanismus oder Wirkweise des Nachteils* werden sämtliche Beziehungen zwischen Ursachen und Wirkung beschrieben, die das Problem hervorrufen. Im Zuge des dritten Themenblocks *Entwicklungsgeschichte des Problems* wird die geschichtliche Entwicklung des Systems beschrieben. Dabei werden insbesondere jene Schritte beleuchtet, die zum erstmaligen Auftauchen des Problems geführt haben. Im letzten Themenblock *Andere zu lösende Probleme* werden Überlegungen angestellt, um das System auf alternative Weise zu verbessern. Dieser Schritt ist vor allem relevant, sofern das Problem als unlösbar wahrgenommen wird.

4. Veränderung des Systems

Im vierten Schritt wird der Grad der maximal erlaubten Veränderung des Systems definiert. Diese Beschränkung kann einerseits lediglich minimale Änderungen betreffen und andererseits auch bis zu einer kompletten Änderung des Systems führen. Zudem ist festzuhalten, welche Elemente oder Subsysteme unter keinen Umständen verändert werden sollen. Ebenso werden Eigenschaften des Systems, der Subsysteme und Elemente definiert, die bei der Lösung in verringerter, erhöhter oder konstanter Form ausgeprägt sein sollen.

5. Auswahlkriterien der Lösungskonzepte

Zur Entscheidungsunterstützung, welches Lösungskonzept weiter verfolgt werden soll, werden Auswahlkriterien definiert. Diese Auswahlkriterien können bspw. in folgende sieben Gruppen gegliedert werden:

- technische Parameter,
- ökonomische Parameter,
- zeitliche Vorgaben,
- Neuheitsgrad des Systems,
- Parameter zur Bedien- und Wartbarkeit,
- Parameter des Erscheinungsbildes und
- andere Parameter.

6. Historie der Lösungsversuche

Im letzten Schritt werden vergangene Versuche zur Problemlösung festgehalten. Diese Dokumentation soll dem Erfinder bzw. dem Erfinderteam zur Erläuterung dienen, weshalb diese Versuche scheiterten. Zudem soll die Entwicklungsgeschichte ähnlicher Probleme aus anderen Gebieten untersucht werden. Daraus sollen die Erkenntnisse gewonnen werden, wie das Problem in den anderen Gebieten gelöst wurde und ob der Lösungsweg auf das betrachtete Problem anwendbar ist.

Nach Dold und Gentsch (2007) ist die Innovationscheckliste ein effizienter Weg, um „*ein großes, scheinbar unlösbares Problem in viele kleine, überschaubare und lösbare Probleme*“ zu zerlegen.⁵⁰⁸ Gundlach et al. (2006) betont, dass häufig nur durch Bearbeitung der Innovationscheckliste Lösungen für die jeweilige Problemstellung gefunden werden können. Dies würde aus der intensiven analytischen Auseinandersetzung mit der Aufgabe resultieren.⁵⁰⁹ Auch Klein (2007) unterstreicht die Nützlichkeit dieses Werkzeugs, da es einen wesentlichen Beitrag zum Problemverständnis leistet.⁵¹⁰

⁵⁰⁸vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 94

⁵⁰⁹vgl. Gundlach et al. (2006), S. 19

⁵¹⁰vgl. Klein (2007), S. 15 und S. 187

Ressourcen

Nach Mann (2002) sind Ressourcen ‚alles‘ innerhalb eines Systems oder in seiner Umgebung vorhandene, was nicht bis zum vollen Potential genutzt wird. Dazu zählt auch ‚alles‘ Schädliche.⁵¹¹ Ressourcen können zur Lösung des Problems beitragen.⁵¹² Sie können in die sechs Gruppen stoffliche, feldförmige, funktionale, zeitliche, informationsbezogene und räumliche Ressourcen gegliedert werden. Diese Gruppen wurden bereits im Zuge der Innovationscheckliste behandelt.⁵¹³ Zudem kann man zwischen direkten und indirekten Ressourcen unterscheiden. *„Direkte Ressourcen sind Hilfsmittel, die so genutzt werden können, wie sie vorkommen ... Indirekte Ressourcen stellen Ressourcen dar, die nach einigen Transformationen nutzbar sind.“*⁵¹⁴

Die Identifikation sämtlicher Ressourcen sind für Orloff (2006) erste bedeutende Schritte zur Problemlösung.⁵¹⁵ Mann (2002) sieht das Werkzeug *Ressourcen* sowie Ressourcen an sich als die Eckpfeiler der TRIZ Philosophie. Ein umfassendes Verständnis der ‚schädlichen Elemente‘ in einem System kann nach Mann (2002) entscheidende Erkenntnisse zur Problemlösung beisteuern.⁵¹⁶ Nach Gundlach et al. (2013) ist das Werkzeug eine Möglichkeit dar, Kostenherausforderungen zu bewältigen.⁵¹⁷

Ideales Endergebnis

Das ideale Endergebnis ist ein bedeutendes Kernelement von TRIZ und wurde bereits ausführlich im Abschnitt *Das ideale Endergebnis* behandelt.⁵¹⁸

Operator Maße-Zeit-Kosten

Das Werkzeug *Operator Maße-Zeit-Kosten*, häufig auch nur Operator MZK genannt, ist ein Gedankenexperiment, um ein grobes Lösungskonzept schrittweise zu verfeinern.⁵¹⁹ Zwei Operatoren werden stets konstant gehalten und ein Operator wird zunächst auf Null reduziert und dann ins Unendliche gesteigert. Daraus entstehen sechs mögliche Variationen zur Lösungsfindung, siehe Abbildung A.2. Nach Gundlach et al. (2006) unterstützt das Werkzeug Operator

⁵¹¹vgl. Mann (2002), S. 335; Originalwortlaut: „... anything in or around the system not being used to its maximum advantage - including the harmful thinks.“

⁵¹²vgl. Orloff (2006), S. 70

⁵¹³vgl. Innovationscheckliste aus Abschnitt A.1.1

⁵¹⁴vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

⁵¹⁵vgl. Orloff (2006), S. 70

⁵¹⁶vgl. Mann (2002), S. 343; Originalwortlaut: „... is one of the cornerstones of the TRIZ philosophy. In TRIZ terms, even the bad things in a system are good things, if only we can think about them hard enough.“

⁵¹⁷vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

⁵¹⁸vgl. Abschnitt 4.1.2

⁵¹⁹vgl. Klein (2007), S. 147

MZK den Erfinder, den Lösungsbereich innerhalb der maximalen beziehungsweise minimalen Möglichkeiten auszuloten sowie vorhandene Denkblockaden abzubauen.⁵²⁰ Zu den Ergebnissen zählen abstrakte, visionäre Ideen und auch realisierungnahe Lösungsvorschläge.⁵²¹ Altschuller konzipierte dieses Werkzeug unter Berücksichtigung einer geometrischen Dimension (*Maße*), einer zeitlichen (*Zeit*) und einer finanziellen (*Kosten*). Mit dem Operator MZK werden auch Möglichkeiten berücksichtigt, die aus einem divergenten Denken erwachsen. Um ein divergentes Denken zu realisieren, werden die Operatoren bewusst in beide extreme Richtungen verändert: Unendlich groß, unendlich klein, rasend schnell, unendlich langsam, beliebig teuer und kostenlos.⁵²²

Abb. A.2: Sechs entstehende Lösungsvariationen als Gedankenexperiment durch den Operator Maße-Zeit-Kosten (Operator MZK)

Operator				
M	Z	K		Variation
0	const.	const.	→	1
∞	const.	const.	→	2
const.	0	const.	→	3
const.	∞	const.	→	4
const.	const.	0	→	5
const.	const.	∞	→	6

Quelle: eigene Darstellung

Schlaue Zwerge

Das *Schlaue Zwerge*-Modell steht im Gegensatz zu den logischen und analytischen TRIZ-Werkzeugen. Das so genannte Zwergemodell basiert auf dem Prinzip der Empathie. Zobel (2007) beschreibt, dass Altschuller damit das „Hineinfühlen in die technische Situation“ bezweckt.⁵²³

⁵²⁰vgl. Gundlach et al. (2006), S. 25

⁵²¹vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

⁵²²vgl. Zobel (2007), S. 177

⁵²³vgl. Zobel (2007), S. 177

Altschuller entwickelte das Zwergemodell auf Basis der Synektik.⁵²⁴ Synektik ist eine vom Amerikaner William J. Gordon entwickelte und 1961 veröffentlichte Form der Ideenfindung in Gruppen.⁵²⁵ Dabei gilt das Grundprinzip „*Mache dir das Fremde vertraut – entfremde das Vertraute.*“⁵²⁶ Die Synektik-Methode modifizierte Altschuller indem er fiktive, intelligente, konstruktive sowie – wenn notwendig –, destruktive handelnde Männlein erfand.

Die kleinen Männlein kann man sich als *beliebig stabil und strapazierfähig* vorstellen. Bei der Anwendung des Zwergemodells „*versetzt sich der Entwickler in die Lage des zu verbessernden Systems und überlegt, was er dann tun würde, um das vorliegende Problem zu lösen ... Aus diesem Grunde geht das Zwergemodell davon aus, dass sehr viele kleine schlaue Leute zur Lösung der Problemstellung zur Verfügung stehen. Diese Zwerge sind unempfindlich gegen jegliche schädliche Auswirkungen, womit der Nachteil der Empathie eliminiert wird.*“⁵²⁷ Die Teammitglieder versetzen sich durch die Empathie an den Wirkort des auftretenden technischen Problems. Sie stellen sich dabei vor, was sie machen würden, wenn sie sich unter den vorherrschenden Bedingungen am Ort des Geschehens befinden würden.

Bei der Anwendung des Zwergemodells wird der konfliktverursachende Bereich des Systems durch viele kleine Zwerge ersetzt. Basierend auf den Rahmenbedingungen erfüllen die Zwerge verschiedene Aufgaben. Das Modell wird modifiziert, bis das Problem gelöst wird. In anderen Worten, die Zwerge müssen so agieren, dass das Problem verschwindet. Das Verhalten der Zwerge entspricht der Problemlösung. Im darauffolgenden Schritt wird vom Entwicklungsteam überlegt, wie die technische Realisierung erfolgen kann. Gundlach et al. (2006) führen ein Beispiel zur Verdeutlichung des Zwergemodells an, siehe Anhang A.4.⁵²⁸

Problemformulierung

Die Problemformulierung soll zur Strukturierung und zum Verständnis der Problemstellung beitragen.⁵²⁹ Das Ziel der Problemformulierung ist die Darstellung der Beziehungen von Systembestandteilen. Dabei werden die Beziehungen zwischen primärer Nutzfunktion und primärer Schadfunktion des Systems in Form von Ursache-Wirkungs-Diagrammen dargestellt.⁵³⁰ Diese Funktionsmodellierung ist ein graphisches Analyseverfahren und bezweckt das Sichtbarmachen der Konflikte im System.⁵³¹

⁵²⁴vgl. Altschuller u. Seljuckij (1984), S. 17

⁵²⁵vgl. Ripke (2005), S. 55

⁵²⁶vgl. Gassmann u. Sutter (2008), S. 294

⁵²⁷vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

⁵²⁸vgl. Gundlach et al. (2006), S. 540

⁵²⁹vgl. Gundlach et al. (2006), S. 23

⁵³⁰vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 96

⁵³¹vgl. Klein (2007), S. 105

Ausgehend von einer der beiden primären Funktionen, sei es eine primäre nützliche oder primäre schädliche Funktion, wird das gesamte System in einzelne Teilfunktionen gegliedert. Die Teilfunktionen stehen untereinander in Beziehung, wobei folgende Möglichkeiten vorkommen können:

- Eine nützliche Funktion verursacht eine weitere nützliche Funktion.
- Eine nützliche Funktion führt zu einer schädlichen Funktion.
- Eine nützliche Funktion verhindert eine andere nützliche Funktion.
- Eine nützliche Funktion verhindert eine schädliche Funktion.

Das Gesamtproblem wurde nun in kleinere Teilprobleme gegliedert, die nach Gundlach et al. (2006) einfacher zu lösen sind.⁵³² Mit der Funktionsmodellierung sollen nach Klein (2007) Schwachstellen offen gelegt werden, um diese „*innovativ zu überwinden*“. Die Funktionsanalyse ist ein wirksames Instrument, um ein großes Problem detailliert zu analysieren und in mehrere kleine Probleme zu gliedern.⁵³³

Mann (2002) führt zur Verdeutlichung der Funktionsanalyse das Beispiel *Polieren der optischen Linse* an:⁵³⁴ Das System besteht aus einer optischen Linse und einem abrasiven Block, der zum Polieren der optischen Linse verwendet wird. Zudem wird ein Bindemittel verwendet. In Abbildung A.3 a) wird das Beispiel schematisch illustriert. Die Funktionsanalyse beginnt mit der Identifikation der beteiligten Elemente. In diesem Fall sind es der abrasive Block (konkret die abrasiven Partikel), die optische Linse und das Bindemittel.

Im zweiten Schritt werden nützliche Funktionen ermittelt, siehe Abbildung A.3 b). Die nützliche Funktion beim Polieren der optischen Linse wird durch die abrasiven Partikel hervorgerufen. Das verwendete Bindemittel bindet die Partikel. Die primär nützliche Funktion ist in diesem Fall das Polieren, die mit einem Ausrufezeichen in der Abbildung markiert ist.

Im dritten Schritt, siehe Abbildung A.3 c), werden die schädlichen Funktionen ermittelt. Durch die Hin- und Herbewegung des Blocks werden die optische Linse und das Bindemittel erhitzt. Durch das Polieren der Linse entsteht Wärme. Diese Wärme gibt die optische Linse an das Bindemittel ab. Das Bindemittel hinterlässt Spuren auf der Linse. In Abbildung A.3 d) werden sowohl die nützlichen als auch schädlichen Funktionen des Systems gemeinsam abgebildet.

Auf Basis der Funktionsanalyse werden die Funktionen hinsichtlich ihrer Relevanz für den Erfinder beurteilt. Beispielsweise soll die nützliche Funktion *abrasive Partikel polieren die optische*

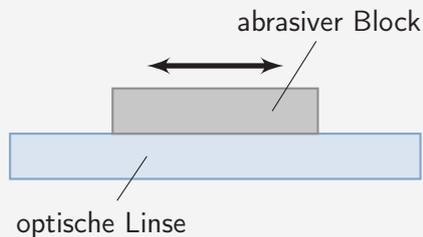
⁵³²vgl. Gundlach et al. (2006), S. 23

⁵³³vgl. Klein (2007), S. 107 und S. 160

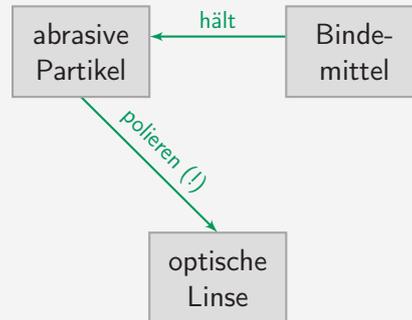
⁵³⁴vgl. Mann (2002), S. 106 ff

Linse aus dem obigen Beispiel stärker ausgeprägt sein. Die schädliche Funktion *abrasive Partikel erhitzen die optische Linse* soll zudem weniger intensiv ausgeprägt sein. Widersprüche werden folglich definiert.⁵³⁵

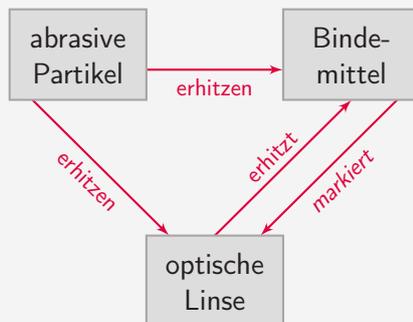
⁵³⁵vgl. Mann (2002), S. 109

Abb. A.3: Funktionsanalyse am Beispiel *Polieren der optischen Linse*

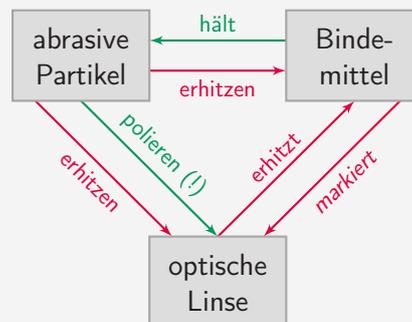
a) Schematische Darstellung der optischen Linse und des abrasiven Blocks



b) Nützliche Funktionen des Systems



c) Schädliche Funktionen des Systems



d) Nützliche und schädliche Funktionen des Systems

Quelle: Mann (2002), S. 106, S. 108 und S. 109

Das 9 Fenster Modell

Das 9 Fenster Modell ermöglicht eine Analyse einer Problemsituation in Bezug auf die Systemstruktur und auf die zeitlichen Abläufe. Bei dieser Methode wird das System zu einem hierarchisch analysiert, indem übergeordnete Systeme bzw. Umfeldsysteme und untergeordnete Systeme bzw. Elemente betrachtet werden. Zum anderen werden die übergeordneten Systeme, das betroffene System und die untergeordneten Systeme zeitlich analysiert. Dabei können entweder der Lebenszyklus oder Zustände zu unterschiedlichen Zeiten analysiert werden. In Abbildung A.4 a) ist das 9 Fenster Modell schematisch illustriert.

Die Ausgangslage ist das mittlere *Fenster*. Horizontal wird die zeitliche Dimension aufgetragen: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Alternativ können Zustände zum aktuellen Zeitpunkt (*jetzt*), vor einer bestimmten Prozedur (*vorher*) als auch nach einer bestimmten Prozedur (*nachher*) analysiert werden.⁵³⁶ Vertikal wird die räumliche Dimension aufgetragen: Supersystem, System und Subsystem. Die Strukturierung in die beiden Dimensionen bringt nun neun Fenster hervor.⁵³⁷ Das Modell dient der systematischen Gesamtbetrachtung. Es können nach Gundlach et al. (2013) neue Lösungsfelder, Definitionen sowie Zusammenhänge gefunden werden.⁵³⁸

Mann (2002) führt das Beispiel *Schreibstift* an: Es handelt sich um einen Stift, der zum Schreiben gerade in Verwendung ist. Die Umgebung, d.h. das Supersystem, besteht aus folgenden Elementen: Person, die den Stift hält und beim Schreiben führt. Papier, auf welchem die Gedanken der Person festgehalten werden. Tisch, der als Unterlage dient. Stuhl, auf dem die Person sitzt. Licht, das die notwendige Helligkeit bringt. Die untergeordneten Elemente des Systems, d.h. das Subsystem, umfassen sämtliche Bauteile des Stifts und die Tinte, die beim Schreiben über die Feder auf das Blatt Papier rinnt.

In der Vergangenheit, in diesem Fall *bevor das Schreiben beginnt*, sind für das System *Schreibstift* bspw. die Prozessschritte Zusammenbau des Stiftes, Verpacken, Lieferung und das Treffen bestimmter Vorbereitungen erforderlich. Die Elemente des Supersystems wären in der Vergangenheit bspw. das Geschäft, in dem der Stift verkauft wird oder die Person, die sich zum Schreiben vorbereitet. Die untergeordneten Elemente, d.h. die Bauteile, müssen erzeugt werden.

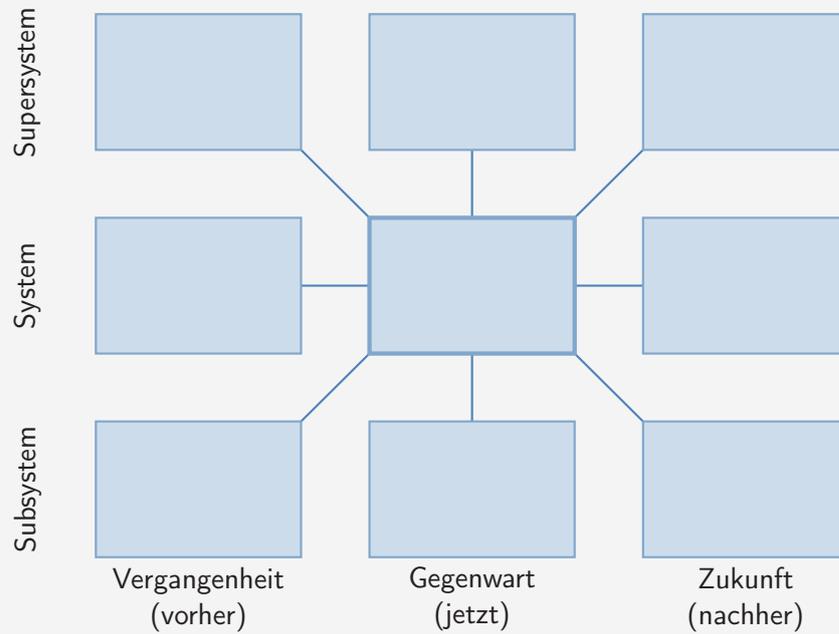
In der Zukunft, in diesem Fall *nachdem das Schreiben beendet wurde*, muss der Stift aufbewahrt werden und die Tinte nachgefüllt werden. Durch die Verwendung des Stifts wird der Verschleiß erhöht und der Stift wird schlussendlich entsorgt. Das Supersystem in der Zukunft ist bspw. die Tischlade, in der der Schreibstift aufbewahrt wird. Die Tischlade wird zudem auch abgenutzt. Das Subsystem in der Zukunft umfasst bspw. die Wiederverwendung und die Recyclingfähigkeit der Bauteile.

⁵³⁶vgl. Gundlach et al. (2006), S. 62

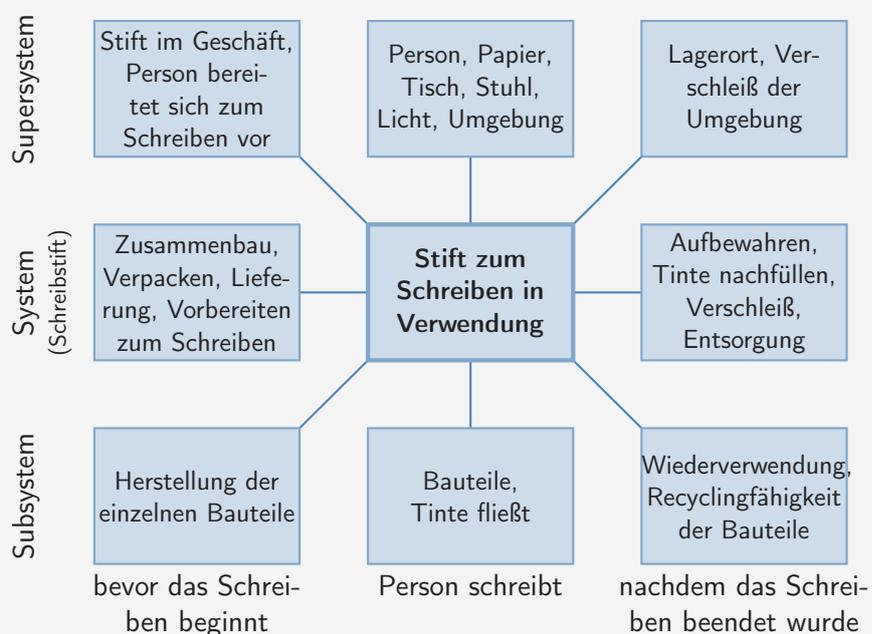
⁵³⁷vgl. Mann (2002), s. 63

⁵³⁸vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

Abb. A.4: Das 9 Fenster Modell: Schematische Darstellung des Werkzeugs und Anwendung am Beispiel *Schreibstift*



a) Schematische Darstellung des 9 Fenster Modells



b) 9 Fenster Modell am Beispiel *Schreibstift*

Quelle: Mann (2002), S. 64

A.1.2 Werkzeuge zum Wissen

Werkzeuge zum Wissen bezwecken eine Vergrößerung des Innovations- und Wissenspotenzial.⁵³⁹ Hierzu stehen dem Erfinder folgende drei Werkzeuge zur Verfügung: Effekte-Datenbank, Internet-Recherchen und Patent-Recherchen. Diese seien besonders relevant, da *für die meisten Probleme bereits Lösungen erarbeitet wurden*.⁵⁴⁰

Effekte-Datenbank

Effekte-Datenbanken beinhalten eine Vielzahl an Möglichkeiten um Problem zu lösen.⁵⁴¹ Orloff (2006) beschreibt Effekte als funktionale Abhängigkeiten zwischen zwei Prozessen.⁵⁴² Im übertragenen Sinn kann man sich große Hallen vorstellen, in denen verschiedenste Navigationsgeräte gelagert werden. Mit jedem Navigationsgerät gelangt man über einen anderen Weg von Punkt A nach Punkt B. Dold und Gentsch (2007) schreiben, dass jeder Forscher und Entwickler im Laufe der Zeit eine bevorzugte Denkrichtung entwickelt. Diese ist u.a. durch Ausbildung und Erfahrung geprägt. Unter Verwendung der Effekte-Datenbank kann erzielt werden, dass bspw. ein Physiker, der seine Probleme stets auf physikalischem Wege gelöst hat, auch alternative Lösungsvarianten anwendet. Diese Lösungsvarianten wären dem Physiker ohne Effekte-Datenbank leider nicht bekannt. Die Autoren führen das Beispiel *Temperaturmessung* an: Eine Gruppe von Ingenieuren findet zur Frage, wie die Temperatur prinzipiell gemessen werden kann, häufig zwischen drei und fünf Möglichkeiten. Durch den Einsatz der Effekte-Datenbank kann die Ingenieursgruppe insgesamt 17 Möglichkeiten anwenden, um die Temperatur zu messen.⁵⁴³ Im Anhang A.5 werden einige Verweise zu Effekte-Datenbanken angeführt.

Internetrecherchen

Es gibt kaum ein anderes Medium, welches innerhalb einer kurzen Zeitspanne den Zugang zu einer enormen Fülle an Informationen bietet. Unternehmen präsentieren ihre Produkte, Universitäten publizieren Forschungsergebnisse, Institutionen stellen Informationen und Wissen zur freien Verfügung etc. Einerseits kann das Unternehmen mittels Internetrecherche an wertvolle Informationen gelangen und andererseits bietet dieses Werkzeug dem Unternehmen die Möglichkeit, neue Kontakte bzw. folglich neue Partnerschaften zu knüpfen. Reichwald und Piller (2009) sehen in diesem Kontext Folgendes:⁵⁴⁴ *„Der Erfolg einer Innovation basiert*

⁵³⁹vgl. Gundlach et al. (2006), S. 17

⁵⁴⁰vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

⁵⁴¹vgl. Mann (2002), S. 345

⁵⁴²vgl. Orloff (2006), S. 197

⁵⁴³vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 94 und S. 103

⁵⁴⁴vgl. Reichwald u. Piller (2009), S. 145

folglich zu einem großen Teil auf der Fähigkeit des Unternehmens, entlang aller Phasen⁵⁴⁵ Netzwerke mit externen Akteuren einzugehen.“

Patentrecherchen

Oben wurde bereits angeführt, dass in der Patentliteratur über 90 % an ungeschützten Patenten vorzufinden seien, die entweder nicht rechtsbeständig sind, zurückgezogen wurden oder deren Schutz bereits ausgelaufen ist.⁵⁴⁶ Patente geben dem „Besitzer einen zeitlich begrenzten Schutz für die gewerbliche Nutzung einer technischen Erfindung“.⁵⁴⁷ Ensthaler (2009) schreibt, dass der Erfinder dieses zeitliche Monopol durch ein Patent, also durch die Veröffentlichung einer detaillierten Erfindungsbeschreibung, erkauft. Patente sind wichtige Informationsquellen für Marktteilnehmer. Ein Vorteil der Informationsbeschaffung über die Patentrecherche ist die Verfügbarkeit der technischen Weiterentwicklung zu einem früheren Zeitpunkt im Vergleich zum Zeitpunkt der Markteinführung dieser Weiterentwicklung.⁵⁴⁸ Ahrens (2008) führt neben dem Informationszweck der Patentrecherche auch das Ausloten der patentrechtlichen Situation an.⁵⁴⁹

A.1.3 Werkzeuge zur Analogie

In Analogien denken zu können bedeutet, sich die Frage zu stellen, „wie andere ein ähnliches Problem gelöst haben und ob dieser Lösungsweg übertragbar ist“. Die Werkzeuge zur Analogie (40 innovative Grundprinzipien, 4 Separationsprinzipien und Stoff-Feld-Analyse) fassen *das empirisch in 2,5 Millionen Patenten gefundene Wissen zu dem Thema »Wie wurden herausfordernde Probleme kreativ - und patentfähig - gelöst?« zusammen.*⁵⁵⁰

Die 40 innovativen Grundprinzipien (technischer Widerspruch)

Die 40 innovativen Grundprinzipien wurden im Zuge des TRIZ-Vorgehensmodells im Abschnitt *Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren* erläutert.⁵⁵¹

⁵⁴⁵Anmerkung des Autors: entlang aller Phasen des Innovationsprozesses

⁵⁴⁶vgl. Pahl et al. (2007), S. 138

⁵⁴⁷vgl. Ensthaler (2009), S. 186

⁵⁴⁸vgl. Nitsche (2007), S. 51

⁵⁴⁹vgl. Ahrens (2008), S. 117

⁵⁵⁰vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 94 f und S. 104

⁵⁵¹vgl. Abschnitt 4.2, Abschnitt 4.2.3

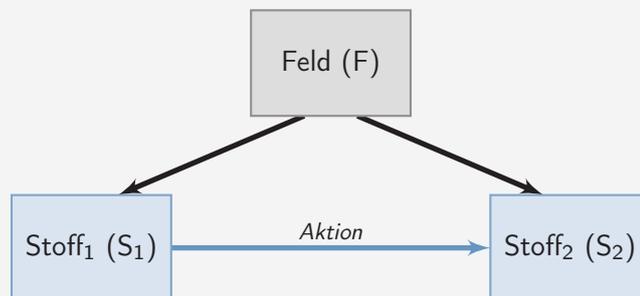
Die 4 Separationsprinzipien (physikalischer Widerspruch)

Die 4 Separationsprinzipien wurden im Zuge des TRIZ-Vorgehensmodells im Abschnitt *Identifizierung von bekannten Lösungsverfahren* erläutert.⁵⁵²

Stoff-Feld Analyse

Gundlach et al. (2013) schreiben, dass die Stoff-Feld Analyse ein geeignetes Werkzeug ist, um Probleme existenter technischer Systeme zu modellieren.⁵⁵³ Auf Basis der Stoff-Feld Analyse können zur Variation und Modifikation des Systems die 76 *Standardlösungen* nach Altshuller angewendet werden.⁵⁵⁴ Die Stoff-Feld Analyse basiert auf dem Prinzip, dass ein System entwickelt wurde, um eine bestimmte Funktion zu erfüllen. Das Ausführen einer Funktion erfordert zumindest zwei Objekte beliebiger Komplexität und zumindest irgendeine Form von Energie, um eine Aktion zu verwirklichen.⁵⁵⁵ Die Terminologie in TRIZ verwendet den Begriff *Stoff* für Objekt und *Feld* für Energie. Das Feld entspricht einer Wechselwirkung, die ein Stoff auf einen anderen Stoff ausübt. Eine direkte Beziehung zwischen den Stoffen existiert jedoch nicht. Die Wechselwirkung entsteht durch das einwirkende Feld.⁵⁵⁶ In Abbildung A.5 werden die drei Basisbestandteile der Stoff-Feld Analyse schematisch abgebildet.

Abb. A.5: Die drei Basisbestandteile der Stoff-Feld Analyse: Zwei Stoffe und ein Feld



Quelle: in Anlehnung an Schweizer (2008), S. 274

Energiequellen, sozusagen Felder, können bspw. mechanische, thermische, chemische, elektrische, (elektro-)magnetische, hydraulische/pneumatische, biologische, akustische, optische, geruchliche, Gravitations-, Nuklear- und Druckfelder sein.⁵⁵⁷ Stoffe und Felder können auf

⁵⁵²vgl. Abschnitt 4.2, Abschnitt 4.2.3

⁵⁵³vgl. Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

⁵⁵⁴vgl. Klein (2007), S. 122 und Gundlach et al. (2006), S. 33

⁵⁵⁵vgl. Mann (2002), S. 233

⁵⁵⁶vgl. Gundlach et al. (2006), S. 32

⁵⁵⁷vgl. Terninko (2000), S. 4; Mann (2002), S. 236 f; Fey u. Rivin (2005), S. 48 und Gundlach et al. (2013b), Internetseite aufgerufen am 15. April 2013

folgende fünf Arten interagieren, die Notation der Interaktionsarten ist in Abbildung A.6 abgebildet:⁵⁵⁸

- nützliche,
- unzureichende,
- fehlende,
- exzessive und
- schädliche Interaktion,

Abb. A.6: Stoff-Feld Modell Notation der fünf Interaktionsarten

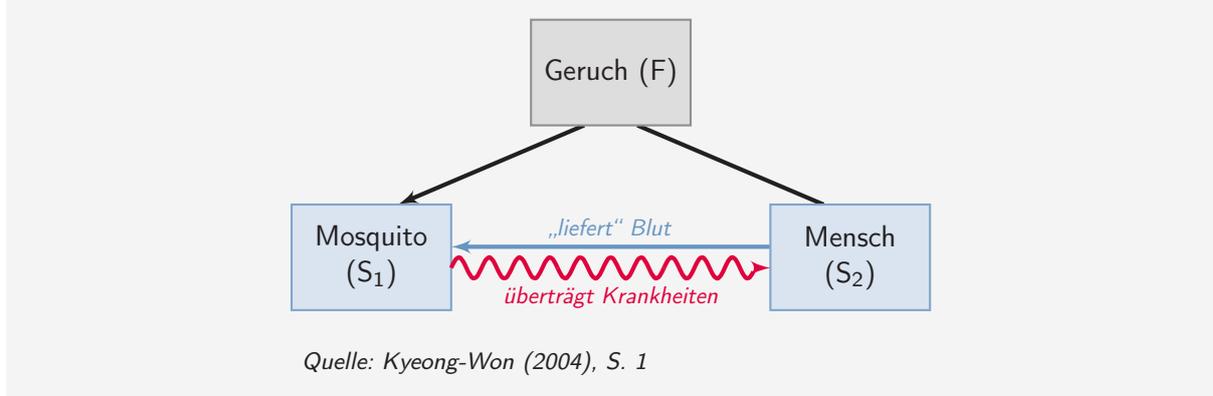
Interaktion	Notation
nützlich	→
unzureichend	- - - - -
fehlend	- - - - - →
exzessiv	==>
schädlich	~>

Quelle: Mann (2002), S. 234

Im Beispiel *Mosquitostich* zeigt Kyeong-Won (2004), wie die Stoff-Feld Analyse im Anwendungsfall funktioniert.⁵⁵⁹ Die in der Stoff-Feld Analyse definierten Systemelemente sind die beiden Stoffe *Mensch* und *Mosquito* und das Feld *Geruch*. In Abbildung A.7 wird die Stoff-Feld Analyse des Beispiels schematisch abgebildet. Mosquitos werden vom Geruch der Menschen angelockt, d.h. die im System wirkende Energiequelle ist der Geruch. Den Stich üben lediglich die weiblichen Mosquitos aus. Sie benötigen das Blut als eiweißhaltige Nahrungsquelle für ihre Eierproduktion, d.h. der Mensch dient als nützlicher Blutlieferant für die Mosquitos. Beim Stich der Mosquito können über den Speichel des Insekts auch Krankheitserreger an den Menschen übertragen werden, d.h. eine für den Menschen schädliche Wirkung.

⁵⁵⁸vgl. Mann (2002), S. 234

⁵⁵⁹vgl. Kyeong-Won (2004), S. 1 f

Abb. A.7: Beispiel der Stoff-Feld Analyse: *Mosquitostich*

Gundlach et al. (2013) führen an, dass es bei der Stoff-Feld Analyse die vier Grundmodelle:

- vollständige Systeme,
- nicht vollständige Systeme, die komplettiert oder durch ein neues System ersetzt werden müssen,
- vollständige, aber nicht genügend effiziente Systeme, die verbessert werden müssen und
- vollständige, aber schädliche Systeme, bei denen der negative Effekt eliminiert werden muss

gibt.⁵⁶⁰ Zur Variation und Modifikation von Stoff-Feld Modellen entwickelte Altschuller 76 Standardlösungen.⁵⁶¹ Ebenso gilt bei der Problemlösung auf Basis der Stoff-Feld Analyse das TRIZ-Prinzip: abstrahiere das Problem, suche nach allgemein gültigen Lösungen und adaptiere diese auf das spezifische Problem. Nach Schweizer (2001) handelt es sich bei den 76 „Standardlösungen“ nicht um „Lösungen“, „sondern um Hilfsmittel zur Modellbildung und Denksätze zum Umgang mit spezifischen Problemstellungen“.⁵⁶² Die 76 Standardlösungen werden in folgende fünf Gruppen gegliedert, die in Anhang A.6 detailliert beschrieben werden:⁵⁶³

1. Synthese und Umwandlung technischer Systeme,
2. Entwicklung und Effektivitätserhöhung der technischen Systeme,
3. Übergang der technischen Systeme zu Super- und Subsystemen,
4. Messung und Ortung in technischen Systemen und
5. Überwindung physikalischer Widersprüche in technischen Systemen (Hilfsmethoden zur Anwendung von Standards).

⁵⁶⁰vgl. Gundlach et al. (2006), S. 33

⁵⁶¹vgl. Dold u. Gentsch (2007), S. 95

⁵⁶²vgl. Schweizer (2001), S. 27

⁵⁶³vgl. Livotov (2008), S. 8

A.1.4 Werkzeuge zur Vision

Werkzeuge zur Vision beschäftigen sich insbesondere mit dem Erfahrungsgewinn aus der Vergangenheit, der dann für die zukünftige Entwicklung des Systems oder Teile davon als *Trend* prognostiziert wird.

S-Kurve

Die S-Kurve wurde im Abschnitt *Der Lebenszyklus von Technologien* als Teil der Grundlagen zu Technologien beschrieben.⁵⁶⁴

Evolutionsgesetze

Altschuller formulierte acht allgemeine Evolutionsgesetze, die bei der Weiterentwicklung von Systemen beobachtet werden. Nachstehend werden die acht Evolutionsgesetze kurz beschrieben:⁵⁶⁵

- Gesetz 1: Stufenweise Evolution:** Die Entwicklung technischer Systeme erfolgt in Technologiesprüngen, also durch Ablösung von alten Systemen durch effizientere Systeme. Die Weiterentwicklung ist nicht linear, sondern vielmehr in Stufen bzw. durch aufeinanderfolgende S-Kurven.
- Gesetz 2: Zunehmende Idealität:** Durch neue Systeme werden Vorgänge und Funktionen effektiver ausgeführt, schädliche oder ungewünschte Eigenschaften werden zunehmend verringert.
- Gesetz 3: Ungleichmäßige Entwicklung von Systemen und/oder Teilen:** Teile des Systems entwickeln sich unterschiedlich schnell.
- Gesetz 4: Zunehmende Dynamisierung und Regelbarkeit:** Technische Systeme passen sich zunehmend besser an die Umgebungs- bzw. Einsatzbedingungen an.
- Gesetz 5: Über Komplexität zu genial einfachen Systemen:** Technische Systeme weisen zunächst einen sehr einfachen Aufbau auf, werden zunehmend komplexer und dann wieder einfacher.
- Gesetz 6: Gezielte Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung:** Funktionen werden gezielt aufeinander (nicht-)abgestimmt, um zeitlich synchron oder asynchron zu laufen.
- Gesetz 7: Übergang von der Makro- zur Mikro-Ebene:** Die Entwicklung vieler Systeme geschieht auf Mikro-Ebene wie bspw. Nano-Forschung.
- Gesetz 8: Abnehmende menschliche Interaktion, zunehmende Automatisierung:** Abläufe werden automatisch von Systemen ausgeführt und sind häufig schneller, als wenn

⁵⁶⁴vgl. Abschnitt 3.2.2, Abschnitt 3.2.2.2

⁵⁶⁵vgl. Gundlach et al. (2006), S. 38 f

der Mensch dies durchführen würde, wie bspw. Fahrassistenzsysteme bei Kraftfahrzeugen.

Diskussion der Werkzeuge

Die Diskussion der Werkzeuge hinsichtlich ihrer Eignung im Prozess und Relevanz für das Unternehmen wird in Abschnitt 7.3 vorgenommen.

A.2 Die 39 technischen Parameter

Nachstehend werden die 39 technischen Parameter angeführt und beschrieben:⁵⁶⁶

1. **Gewicht eines beweglichen Objektes:** Entspricht der von der Schwerkraft verursachten Kraft, die ein bewegtes Objekt auf die ihn vor dem Fallen bewahrende Auflage ausübt. Ein bewegtes Objekt verändert seine Position aus sich heraus oder aufgrund externer Kräfte.
2. **Gewicht eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht der von der Schwerkraft verursachten Kraft, die ein stationäres Objekt auf seine Auflage ausübt. Ein stationäres Objekt verändert seine Position weder aus sich heraus noch aufgrund externer Kräfte.
3. **Länge eines beweglichen Objektes:** Entspricht der Länge, Höhe oder Breite eines Körpers in Bewegungsrichtung. Die Bewegung kann intern oder durch externe Kräfte verursacht sein.
4. **Länge eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht der Länge, Höhe oder Breite eines Körpers in der durch keine Bewegung gekennzeichneten Richtung.
5. **Fläche eines beweglichen Objektes:** Entspricht einer Ebene bzw. Teilebene eines Objektes, welche aufgrund interner oder externer Kräfte ihre räumliche Position verändert.
6. **Fläche eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht einer Ebene bzw. Teilebene eines Objektes, welche aufgrund interner oder externer Kräfte ihre räumliche Position nicht verändern kann.
7. **Volumen eines beweglichen Objektes:** Entspricht dem Volumen eines Objektes, welches auf Grund interner oder externer Kräfte seine räumliche Position verändert.

⁵⁶⁶vgl. Mann (2002), S. 171 ff; Gundlach et al. (2006), S. 291 ff; Hipple (2012), S. 106 ff; Jantschgi et al. (2008), S. 14 ff; Ponn u. Lindemann (2011), S. 366 ff und Gundlach et al. (2013a) Internetseite aufgerufen am 10. April 2013

8. **Volumen eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht dem Volumen eines Objektes, welches auf Grund interner oder externer Kräfte seine räumliche Position nicht verändern kann.
9. **Geschwindigkeit:** Entspricht dem Tempo, mit dem eine Aktion oder ein Prozess zeitlich vorangebracht wird.
10. **Kraft:** Entspricht der Fähigkeit, physikalische Veränderungen an einem Objekt hervorzurufen zu können. Die Veränderung kann vollständig oder teilweise, permanent oder temporär sein.
11. **Spannung oder Druck:** Entspricht der Intensität der auf ein Objekt einwirkenden Kräfte, gemessen als Kompression oder Spannung pro Fläche.
12. **Form:** Entspricht der äußerlichen Erscheinung oder Kontur eines Objektes. Die Form kann sich vollständig oder teilweise, permanent oder temporär aufgrund einwirkender Kräfte verändern.
13. **Stabilität der Zusammensetzung des Objektes:** Entspricht der Widerstandsfähigkeit eines ganzen Objektes gegen aufgezwungene Formänderungen.
14. **Festigkeit:** Entspricht der Fähigkeit eines Objektes, innerhalb definierter Grenzen Kräfte oder Belastungen auszuhalten, ohne zerstört zu werden.
15. **Haltbarkeit eines beweglichen Objektes:** Entspricht der Zeitspanne, während der ein sich räumlich bewegendes Objekt in der Lage ist, seine Funktion erfolgreich zu erfüllen.
16. **Haltbarkeit eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht der Zeitspanne, während der ein räumlich fixiertes Objekt in der Lage ist, seine Funktion erfolgreich zu erfüllen.
17. **Temperatur:** Entspricht dem Verlust oder Gewinn von Wärme als mögliche Gründe für Veränderungen an einem Objekt während des geforderten Funktionsablaufes.
18. **Helligkeit:** Entspricht der Lichtenergie pro beleuchteter Fläche, Qualität und Charakteristik des Lichtes, dem Grad der Ausleuchtung.
19. **Energieverbrauch eines beweglichen Objektes:** Entspricht dem Energiebedarf eines sich auf Grund interner oder externer Kräfte räumlich bewegendes Objektes.
20. **Energieverbrauch eines unbeweglichen Objektes:** Entspricht dem Energiebedarf eines

sich trotz äußerer Kräfte räumlich nicht bewegenden Objektes.

21. **Leistung, Kapazität:** Entspricht dem für die betreffende Aktion benötigten Verhältnis aus Aufwand und Zeit. Dient zur Charakterisierung benötigter, aber unerwünschter Veränderungen in der Leistung eines Systems.
22. **Energieverluste:** Entspricht der Unfähigkeit eines Objektes Kräfte auszuüben, insbesondere wenn nicht gearbeitet oder produziert wird.
23. **Materialverluste:** Entspricht einer Abnahme oder einem Verschwinden von Material, insbesondere wenn nicht gearbeitet oder produziert wird.
24. **Informationsverlust:** Entspricht einer Abnahme oder einem Verlust an Informationen oder Daten.
25. **Zeitverlust:** Entspricht einem zunehmenden Zeitbedarf zur Erfüllung einer vorgegebenen Funktion.
26. **Materialmenge:** Entspricht der benötigten Zahl an Elementen oder die benötigte Menge eines Elementes für die Erzeugung eines Objektes.
27. **Zuverlässigkeit (Sicherheit):** Entspricht der Fähigkeit, über eine bestimmte Zeit oder Zyklenanzahl die vorgegebene Funktion erfüllen zu können.
28. **Meßgenauigkeit:** Entspricht dem Grad an Übereinstimmung zwischen gemessenem und wahrem Wert der zu messenden Eigenschaft.
29. **Fertigungsgenauigkeit:** Entspricht dem Maß an Übereinstimmung mit Spezifikationen.
30. **Äußere negative Einflüsse auf das Objekt:** Entspricht den auf ein Objekt einwirkenden, Qualität und Effizienz beeinflussenden äußeren Faktoren.
31. **Negative Nebeneffekte des Objektes:** Entspricht den intern erzeugten Effekten, die die Qualität und Effizienz eines Objektes beeinträchtigen.
32. **Fertigungsfreundlichkeit:** Entspricht dem Komfort und der Einfachheit, mit der ein Produkt erzeugt werden kann.
33. **Bedienkomfort:** Entspricht dem Komfort und der Einfachheit, mit dem ein Objekt bedient oder benutzt werden kann.

34. **Reparaturfreundlichkeit:** Entspricht dem Komfort und der Einfachheit, mit dem ein Objekt nach Beschädigung oder Abnutzung wieder in den arbeitsfähigen Zustand zurückversetzt werden kann.
35. **Anpassungsfähigkeit:** Entspricht der Fähigkeit, sich an veränderliche externe Bedingungen anpassen zu können.
36. **Kompliziertheit der Struktur:** Entspricht der Anzahl und Diversität der Einzelbestandteile einschließlich deren Verknüpfung. Weiterhin ist hier die Schwierigkeit, ein System als Benutzer zu beherrschen, gemeint.
37. **Komplexität in der Kontrolle der Steuerung:** Entspricht der Anzahl und Diversität von Elementen bei der Steuerung und Kontrolle des Systems, aber auch der Aufwand, mit akzeptabler Genauigkeit zu messen.
38. **Automatisierungsgrad:** Entspricht der Fähigkeit, ohne menschliche Interaktion zu funktionieren.
39. **Produktivität (Funktionalität):** Entspricht dem Verhältnis zwischen Zahl der abgeschlossenen Aktionen und dem dazu notwendigen Zeitbedarf.

A.3 Die 40 innovativen Grundprinzipien

Die für das Lösen von technischen Widersprüchen bekannten, innovativen Grundprinzipien (IGP) werden nachstehend angeführt und erläutert.⁵⁶⁷

IGP 1. Zerlegung bzw. Segmentierung

- a) Das Objekt ist in unabhängige, gleiche Teile zu zerlegen.
- b) Das Objekt ist zerlegbar auszuführen.
- c) Der Grad der Zerlegung des Objektes ist zu erhöhen.

IGP 2. Abtrennung

- a) Vom Objekt ist das „störende“ Teil, die „störende“ Eigenschaft, abzutrennen.
- b) Im Unterschied zum vorhergehenden Verfahren, in dem es um die Zerlegung des Objektes in gleiche Teile ging, wird hier vorgeschlagen, das Objekt in unterschiedliche Teile zu zerlegen.

IGP 3. Örtliche Qualität

- a) Von der homogenen Struktur des Objektes oder des umgebenden Mediums ist zu einer inhomogenen Struktur überzugehen.
- b) Jedes Teil des Objektes soll sich unter solchen Bedingungen befinden, die seiner Arbeit am zuträglichsten sind.

IGP 4. Asymmetrie

- a) Ein symmetrisch geformtes Objekte ist asymmetrisch auszuführen.
- b) Bei einem asymmetrischen Objekt ist der Grad der Asymmetrie zu erhöhen.

IGP 5. Koppelung

Gleichartige oder zur Koordinierung bestimmte Systeme oder Operationen sind zu koppeln.

IGP 6. Universalität

Das Objekt erfüllt mehrere unterschiedliche Funktionen, wodurch weitere gesonderte Objekte überflüssig werden.

IGP 7. „Steckpuppe“

Ein Objekt ist im Inneren eines anderen untergebracht, das sich wiederum im Inneren eines dritten befindet usw. Ein Objekt durchläuft oder füllt den Hohlraum eines

⁵⁶⁷vgl. Mann (2002), S. 203 ff; Jantschi et al. (2008), S. 16 ff; sowie Mazur (1995) und Gundlach et al. (2013c) Internetseiten aufgerufen am 10. April 2013

anderen Objektes.

IGP 8. Gegenmasse

- a) Die Masse des Objektes ist durch Kopplung mit einem anderen Objekt, das Tragkraft besitzt, zu kompensieren.
- b) Die Masse des Objektes ist durch Wechselwirkung mit einem Medium zu kompensieren.

IGP 9. Vorgezogene Gegenwirkung

Wenn gemäß den Bedingungen der Aufgabe eine bestimmte Wirkung erzielt werden soll, muss zuvor die Gegenwirkung erzeugt werden.

IGP 10. Vorgezogene Wirkung

- a) Die erforderliche Wirkung ist vorher zu erzielen (vollständig oder auch teilweise).
- b) Die Objekte sind vorher so aufzustellen bzw. einzusetzen, daß sie ohne Zeitverlust für ihr Herbeischaffen vom geeignetsten Ort aus wirken können.

IGP 11. „Vorher untergelegtes Kissen“

Eine relativ geringe Zuverlässigkeit des Objektes wird durch vorher bereitgestellte Hilfsmittel ausgeglichen.

IGP 12. Äquipotentials

Die Arbeitsbedingungen sind so zu verändern, daß das Objekt mit konstantem Energiepotential arbeiten kann, z. B. nicht angehoben oder herabgelassen werden muss.

IGP 13. Funktionsumkehr

- a) Statt der Wirkung, die durch die Bedingungen der Aufgabe vorgeschrieben wird, ist die umgekehrte Wirkung zu erzielen.
- b) Der bewegliche Teil des Objektes oder des umgebenden Mediums ist unbeweglich, und der unbewegliche ist beweglich zu gestalten.
- c) Das Objekt ist „auf den Kopf zu stellen“ bzw. umzukehren.

IGP 14. Kugelähnlichkeit

- a) Von geradlinigen Konturen ist zu gekrümmten, von ebenen Flächen ist zu sphärischen überzugehen.
- b) Zu verwenden sind Rollen, Kugeln, Spiralen.
- c) Von der geradlinigen Bewegung ist zur Rotation überzugehen.

IGP 15. Dynamisierung

- a) Die Kennwerte des Objektes (oder des umgebenden Mediums) müssen sich so verändern, daß sie in jeder Arbeitsetappe optimal sind (Anpassung).
- b) Das Objekt ist in Teile zu zerlegen, die sich zueinander verstellen oder verschieben lassen.
- c) Ein insgesamt unbewegliches Objekt ist beweglich (verstellbar) zu gestalten.

IGP 16. Partielle oder überschüssige Wirkung

Wenn 100% des erforderlichen Effekts schwer zu erzielen sind, muss „ein bisschen weniger“ oder „ein bisschen mehr“ erzielt werden.

IGP 17. Übergang zu höheren Dimensionen

- a) Schwierigkeiten, die aus der Bindung der Bewegung eines Objektes an eine Linie resultieren, werden beseitigt, wenn das Objekt die Möglichkeit erhält, sich in zwei Dimensionen, d. h. in einer Ebene, zu bewegen. Analog werden auch die Schwierigkeiten, die mit der Bewegung von Objekten auf einer Ebene verbunden sind, beim Übergang zum dreidimensionalen Raum beseitigt.
- b) Statt Anordnung in nur einer Ebene werden Objekte in mehreren Ebenen angeordnet.
- c) Das Objekt ist geneigt aufzustellen.
- d) Die Rückseite des gegebenen Objektes ist auszunutzen.

IGP 18. Ausnutzung mechanischer Schwingungen

- a) Das Objekt ist in Schwingungen zu versetzen.
- b) Falls eine solche Bewegung bereits vorliegt, ist ihre Frequenz zu erhöhen, bis hin zur Ultraschallfrequenz.
- c) Die Eigenfrequenz ist auszunutzen.
- d) Anstelle von mechanischen Vibratoren sind Piezovibratoren anzuwenden.
- e) Auszunutzen sind Ultraschallschwingungen in Verbindung mit elektromagnetischen Feldern.

IGP 19. Periodische Wirkung

- a) Von der kontinuierlichen Wirkung ist zur periodischen (Impulswirkung) überzugehen.
- b) Wenn die Wirkung bereits periodisch erfolgt, ist die Periodizität zu verändern.
- c) Die Pausen zwischen den Impulsen sind für eine andere Wirkung auszunutzen.

IGP 20. Kontinuität der Wirkprozesse

- a) Die Funktion soll kontinuierlich erfolgen (alle Teile des Objektes sollen ständig mit gleichmäßiger Belastung arbeiten).

- b) Leerläufe und Unterbrechungen sind auszuschalten.

IGP 21. Durcheilen

Der Prozess oder einzelne seiner Etappen, z. B. schädliche oder gefährliche, sind mit hoher Geschwindigkeit zu durchlaufen.

IGP 22. Umwandlung von Schädlichem in Nützlichem

- a) Schädliche Faktoren – insbesondere die schädliche Einwirkung des Mediums – sind für die Erzielung eines positiven Effektes zu nutzen.
- b) Ein schädlicher Faktor ist durch Überlagerung mit anderen schädlichen Faktoren zu beseitigen.
- c) Ein schädlicher Faktor ist bis zu einem solchen Grade zu verstärken, dass er aufhört, schädlich zu sein.

IGP 23. Rückkopplung

- a) Es ist eine Rückkopplung einzuführen.
- b) Falls eine Rückkopplung vorhanden ist, ist sie zu verändern.

IGP 24. „Vermittlers“

- a) Es ist ein Zwischenobjekt zu benutzen, das die Wirkung überträgt, weitergibt oder auf sich nimmt.
- b) Zeitweilig ist an das Objekt ein anderes leicht zu entfernendes Objekt anzuschließen.

IGP 25. Selbstbedienung

- a) Das Objekt soll sich selbst bedienen sowie Hilfs- und Reparaturmaßnahmen selbst ausführen.
- b) Abprodukte, z. B. Energie und Stoff sind zu nutzen.

IGP 26. Kopieren

- a) Anstelle eines unzugänglichen, komplizierten, kostspieligen, schlecht handhabbaren oder zerbrechlichen Objektes sind vereinfachte und billige Kopien zu benutzen.
- b) Das Objekt oder das System von Objekten ist durch seine optischen Kopien (Abbildungen) zu ersetzen.

IGP 27. Billige Kurzlebigkeit anstelle teurer Langlebigkeit

Das teure Objekt ist durch ein Sortiment billiger Objekte zu ersetzen, wobei auf einige Qualitätseigenschaften, z. B. Langlebigkeit, verzichtet wird.

IGP 28. Ersatze mechanischer Wirkprinzipien

- a) Elektrische, magnetische bzw. elektromagnetische Felder sind für eine Wechselwirkung mit dem Objekt auszunutzen.
- b) Von unbeweglichen Feldern ist zu bewegten Feldern, von konstanten zu veränderlichen, von strukturlosen zu strukturierten Felder überzugehen.
- c) Die Felder sind in Kombination mit Ferromagnetteilchen zu benutzen.

IGP 29. Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen

Anstatt der schweren Teile des Objektes sind gasförmige oder flüssige zu benutzen, wie aufgeblasene oder mit Flüssigkeit gefüllte Teile, Luftkissen, hydrostatische oder hydroreaktive Teile.

IGP 30. Anwendung biegsamer Hüllen und dünner Folien

- a) Anstelle der üblichen Konstruktionen sind biegsame Hüllen und dünne Folien zu benutzen.
- b) Das Objekt ist mit Hilfe biegsamer Hüllen und dünner Folie vom umgebenden Medium zu isolieren.

IGP 31. Verwendung poröser Werkstoffe

- a) Das Objekt ist porös auszuführen, oder es sind zusätzlich poröse Elemente (Einsatzstücke, Überzüge usw.) zu benutzen.
- b) Wenn das Objekt bereits porös ausgeführt ist, sind die Poren mit einem geeigneten Stoff zu füllen.

IGP 32. Farbveränderung

- a) Die Farbe des Objektes oder des umgebenden Mediums ist zu verändern.
- b) Der Grad der Durchsichtigkeit des Objektes oder des umgebenden Mediums ist zu verändern.
- c) Zur Beobachtung schlecht sichtbarer Objekte oder Prozesse sind färbende Zusätze zu nutzen.
- d) Wenn solche Zustände bereits angewandt werden, sind Leuchtstoffe zu verwenden.

IGP 33. Gleichartigkeit bzw. Homogenität

Objekte, die mit dem gegebenen Objekt zusammenwirken, müssen aus demselben Werkstoff oder einem Werkstoff mit annähernd gleichen Eigenschaften gefertigt sein.

IGP 34. Beseitigung und Regenerierung von Teilen

- a) Teil eines Objektes, das seinen Zweck erfüllt hat oder unbrauchbar geworden ist,

wird beseitigt (aufgelöst, verdampft o. ä.) oder unmittelbar im Arbeitsgang umgewandelt.

- b) Verbrauchte Teile eines Objektes werden unmittelbar im Arbeitsgang wieder hergestellt.

IGP 35. Veränderung des Aggregatzustandes

Hierzu gehören nicht nur einfache Übergänge, z. B. vom festen in den flüssigen Zustand, sondern auch die Übergänge in „Pseudo- oder Quasizustände“, z. B. die Quasiflüssigkeit und in Zwischenzustände, z. B. die Verwendung elastischer fester Körper.

IGP 36. Anwendung von Phasenübergängen

Die bei Phasenübergängen auftretenden Erscheinungen sind auszunutzen, z. B. Volumenveränderung, Wärmeentwicklung oder -absorption usw.

IGP 37. Anwendung von Wärmedehnung

- a) Die Wärmedehnung oder -verdichtung von Werkstoffen ist auszunutzen.
- b) Es sind mehrere Werkstoffe mit unterschiedlicher Wärmedehnungszahl zu benutzen.

IGP 38. Anwendung starker Oxidationsmittel

- a) Die normale atmosphärische Luft ist durch aktivierte zu ersetzen.
- b) Die aktivierte Luft ist durch Sauerstoff zu ersetzen.
- c) Die Luft oder der Sauerstoff ist der Einwirkung ionisierender Strahlung auszusetzen.
- d) Es ist ozonierter Sauerstoff zu benutzen.
- e) Ozonierter oder ionisierter Sauerstoff ist durch Ozon zu ersetzen.

IGP 39. Verwendung eines inerten Mediums

- a) Das übliche Medium ist durch ein reaktionsträgeres zu ersetzen.
- b) Der Prozeß ist im Vakuum durchzuführen.

IGP 40. Anwendung zusammengesetzter Stoffe

Von gleichen Stoffen ist zu zusammengesetzten Stoffen überzugehen.

A.4 Das Zwergemodell: Ein Beispiel

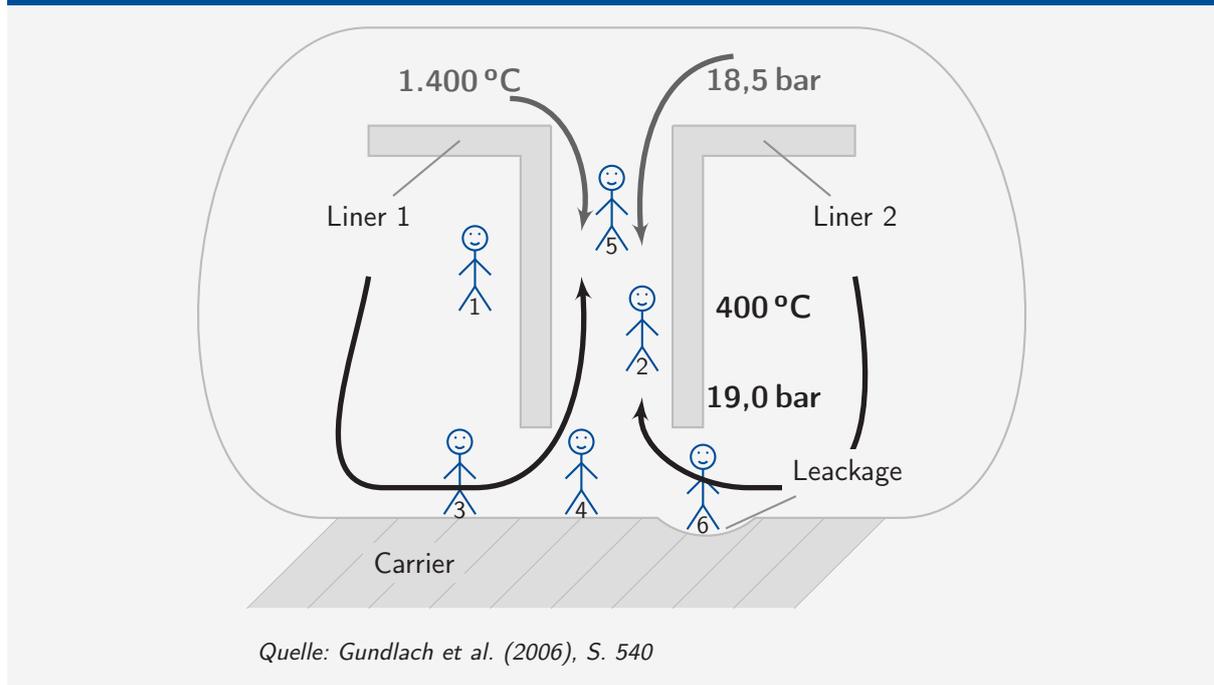
Gundlach et al. (2006) führen zur Verdeutlichung des Zwergemodells folgendes Beispiel des Unternehmens Siemens AG an:⁵⁶⁸

Aufgabenstellung: Es soll ein Konzept zur Dichtung von Teilen der Ringbrennkammer entwickelt werden, die die Kühlluftleckage verhindern.

TRIZ-Werkzeug: Zwergemodell.

Zur Ideenentwicklung sind in diesem Projekt die „kleinen Zwerge“ angewendet worden. Die sechs Teammitglieder konnten selbst auswählen, welchen Platz sie an der Dichtungsstelle der Brennkammer einnehmen wollten, vgl. Abbildung A.8. Die Teilnehmer sollten nun beschreiben, wie sie sich fühlen und was sie machen würden, wenn sie sich unter diesen Bedingungen an diesem Ort befinden würden.

Abb. A.8: Beispiel zur Verdeutlichung des Zwergemodells: Anordnung der Teammitglieder als „kleine Zwerge“ an der Dichtungsstelle der Ringbrennkammer



Zwerg 1:

- „Ich drücke die *Liner* zusammen oder decke die Öffnung zwischen den Linern mit einem Deckel ab.“
- „Ich installiere eine Luftsperr.“

⁵⁶⁸vgl. Gundlach et al. (2006), S. 540 ff; wortwörtliche Wiedergabe des Inhalts

- „Zwerg 2 würde durch meine Maßnahmen geopfert werden, er müsste von diesem Platz fliehen.“
- „Ich würde die Zwerge 2 und 3 über die Maßnahmen informieren.“

Zwerg 2:

- „Ich würde mich nach oben hin schützen, zum Beispiel mit einem Schirm.“
- „Zwerg 4, gibt mir Luft!“
- „Ich möchte nicht davon fliegen. Ich würde meine Füße in die Liner haken.“
- „Über meinem Kopf tobt ein Tornado und ich habe nicht genug Zeit zum reagieren.“
- „Ich traue Zwerg 4 nicht ganz. Ich frage mich, ob er mich an meinen Füßen festhalten würde.“

Zwerg 3:

- „Ich brauche einen Schutz, zum Beispiel ein Keramikschild, oder ich würde wegrennen.“
- „Ich brauche eine Düse, um Flüssigkeit in die Brennkammer zu sprühen und mich so gegen die heißen Temperaturen zu schützen.“
- „Wir brauchen eine Keramikbahn, um viel Keramik zwischen die Liner zu bringen.“

Zwerg 4:

- „Ich mag dich, Zwerg 2, aber ich kann dir nicht vollständig vertrauen mit Deinem löchrigen Schirm.“
- „Bitte haltet alle schädlichen Einflüsse weg von mir!“
- „Gebt mir Luft und haltet den Druck!“
- „Ich habe die Aufgabe, die anderen zu unterstützen und zu informieren.“
- „Ich kann die Luft zu den anderen lassen.“
- „Ich muss den Liner auf meinen Schultern tragen.“

Zwerg 5 wollte die oberste Position einnehmen. Nummer 5 ist der Projektleiter. Er kam später, nach der Verteilung der Positionen, dazu. Seine Aussage: „Ich möchte mein Team schützen!“

- „Ich muss nur die Temperatur beachten.“
- „Ich beschütze die anderen.“
- „Zwerg 2 soll mich an den Füßen festhalten.“
- „Ich hätte mehr Sicherheit, wenn ich zusätzlich ein Halteseil hätte.“
- „Ich habe einen Hitzeschutzschild auf meinem Kopf, welcher mich vor den hohen Temperaturen beschützt.“
- „Dieser Hitzeschild regeneriert sich selbst. Der Hitzeschild emittiert Partikel.“
- „Der Hitzeschild bewegt sich und bei Erwärmung hat er mit beiden Wänden der Liner Kontakt, um Wärme an die Wände abzugeben.“

- „Der Hitzeschild ist intelligent und führt die oben beschriebenen Funktionen selbst aus.“
- „Ich brauche Luft von den anderen Zwergen.“

Zwerg 6:

- „Ich sitze in der Leckagestelle, um genug frische Luft zu bekommen.“
- „Ich will sehen, wo es den meisten Ärger gibt.“
- „Ich nehme die größeren Zwerge und stopfe damit die Leckagestelle.“
- „Die Zwerge sollen sich an die Hand nehmen und somit die Leckage beseitigen.“
- „Wenn ich die anderen Zwerge träfe, würde ich eine Neuordnung vorschlagen und diskutieren.“
- „Die anderen Zwerge helfen mir, nicht in das Leckageloch zu fallen.“
- „Die Position von Zwerg 5 mag ich überhaupt nicht.“
- „Ich nutze die Leckagestelle als Tür.“

A.5 Effekte-Datenbanken

- **CREAX** (Online-Datenbank, frei verfügbar; aufgerufen am 21. April 2013)
<http://function.creax.com>
- **Oxford Creativity** (Online-Datenbank, frei verfügbar; aufgerufen am 21. April 2013)
<http://www.triz.co.uk/cp12.php>
- **Systematic Innovations, Darrell Mann** (div. Anwendungen, kostenpflichtig)
<http://www.systematic-innovation.com>
- **TRISolver** (Anwendung, kostenpflichtig)
<http://www.trisolver.eu>

A.6 Die 76 Standardlösungen

Nachstehend werden die 76 Standardlösungen angeführt und beschrieben. Die Standardlösungen sind in fünf Gruppen gegliedert sind:⁵⁶⁹

I. Synthese und Umwandlung technischer Systeme

I.i. Entwicklung von Stoff-Feld Modellen

1. Vervollständige ein unvollständiges Stoff-Feld Modell: Zu einem Objekt werden weitere Stoffe und/oder Felder hinzugefügt, um die gewünschte Funktion zu erhalten. *Beispiel: Um Luft zu entstauben, wird mit einem Wirbel ein Zentrifualfeld eingeführt (Dyson's Staubsauger).*
2. Vervollständige ein komplexes Stoff-Feld Modell durch internes Zufügen von Additiven. Verändere einen Teil durch Zufügen eines Zusatzstoffes. *Beispiel: Geruchlosem Kochgas wird ein starker Geruchsstoff zugeführt, damit es bei unbeabsichtigtem Austreten leicht festgestellt werden kann.*
3. Vervollständige ein komplexes Stoff-Feld Modell durch Zufügen von Additiven. Füge einen weiteren Stoff aus der Umgebung zum System. *Beispiel: Trage Seifenwasser auf einen defekten Fahrradschlauch auf, um das Leck zu detektieren.*
4. Nutze Ressourcen aus der Umgebung. *Beispiel: Die Bodenhaftung eines Rennwagens kann durch aerodynamische Massnahmen (Flügel, Schürzen) verbessert werden. Genutzt wird dabei der umgebende Luftstrom.*
5. Erzeuge weitere Ressourcen durch Veränderung der Systemumgebung und zusätzlicher Additive. *Beispiel: Ein Düsentriebwerk verwendet die umgebene Luft unter Zugabe eines Additivs (Kerosin) als Energielieferant zum Antrieb.*
6. Minimum-Modus: Nutze überschüssige Aktionen zur Vervollständigung und eliminiere den Überschuss. *Beispiel: Beim Tauchlackieren kommt eine große Menge Farbe zum Einsatz. der Überschuss tropft anschließend wieder ab.*
7. Maximum-Modus: Ist der Überschuss schädlich, versuche ihn auf eine andere Komponente im System zu leiten. Wenn sich an einen Stoff maximale Anforderungen stellen, diese dafür aber nicht geeignet sind, richte die Anforderung auf einen anderen Stoff. *Beispiel: Bei einer Spannbetonbrücke wird der Beton mit Stahltrossen vorgespannt. Bei Belastung*

⁵⁶⁹vgl. Schweizer (2001), S. 27 ff; wortwörtliche Wiedergabe des Inhalts

wird der Beton auf der Unterseite der Brücke entspannt, aber nur soweit, dass er nie Zugkräfte aufnehmen muss.

8. Selektiver Maximum-Modus: Führe zur Komplettierung lokal schützende Stoffe ein. Wenn ein Maximum nur in ganz bestimmten Zonen benötigt wird, so schütze die übrigen Zonen durch Einführen eines weiteren Stoffes, oder füge einen Stoff ein, der dort die maximale Wirkung erzielt, wo das notwendig ist. *Beispiel: Die Spitze von Glasampullen lässt man beim Verschließen aus einem Wasserbad ragen. Dadurch ist der Unterteil und der Inhalt vor grosser Erwärmung geschützt.*

I.ii. Zerlegung von Stoff-Feld Modellen

9. Eliminieren von schädlichen Wirkungen durch das Einfügen eines weiteren Stoffes. Wo sich in einem System zwei Stoffe gegenseitig stören, jedoch nicht direkt miteinander in Berührung zu sein brauchen, kann durch das Einfügen eines dritten Stoffes Abhilfe geschaffen werden. *Beispiel: Verwendung von Schmiermitteln in Lagern und Scharnieren.*
10. Eliminieren einer schädlichen Wirkung durch das Einfügen modifizierter Stoffe (S_1 und S_2), die bereits vorhanden sind. *Beispiele für modifizierte Stoffe: Oberflächenhärten, poröser oder geschäumter Kunststoff, Verwendung von Eis statt Wasser. Schwefelsäure lässt sich in Aluminiumtanks transportieren. Eigentlich würde die Schwefelsäure die Tanks zerstören. Die Aluminiumoberfläche wird aber durch Aluminiumoxyd (= modifizierter Stoff) geschützt, das durch die direkte Reaktion der Schwefelsäure mit blankem Aluminium entsteht.*
11. Lenke die schädliche Wirkung auf einen weniger wichtigen Stoff oder unterbreche bzw. schneide schädliche Wirkungen ab. *Beispiel: Die Ausbreitung eines Buschbrandes kann durch das Ziehen von Gräben an seiner Ausbreitung gehindert werden.*
12. Führe ein weiteres Feld zur Kompensation der störenden Wirkung ein (Gegenwirkung). *Beispiel: Schall mit phasenverschobenen Schall auslöschen.*
13. Ausschalten eines magnetischen Einflusses. *Beispiel: Erhitzen des Gegenstandes über seinen Curiepunkt.*

II. Entwicklung und Effektivitätserhöhung der technischen Systeme

II.i. Umwandlung in komplexe Stoff-Feld Modellen

14. Verkettung mehrerer Stoff-Feld Modelle. Ein Stoff bzw. ein Teilsystem wird in kontrollierbare, unabhängige Teilsysteme umgewandelt. Die Funktionen werden so getrennt. *Beispiel: Bei einer Rohrverbindung werden die Funktionen mechanische Festigkeit und Dichtigkeit in unterschiedlichen Teilsystemen realisiert (Manschettenverbindung und separate Dichtung).*
15. Verdoppelung von Stoff-Feld Modellen. Ein schwierig zu kontrolliertes Stoff-Feld Modell wird durch ein zusätzlich eingeführtes, das leichter kontrollierbar ist, ergänzt.

II.ii. Weiterentwicklung von Stoff-Feld Modellen

16. Setze besser steuerbare Felder ein. *Beispiel: Verwendung einer hydraulischen, statt einer mechanischen Presse.*
17. Fragmentieren (unterteilen) des Stoffes S_2 . *Beispiel: Die Beweglichkeit eines elektrischen Drahtes zur Stromzuführung lässt sich verbessern, wenn der Draht in viele kleine Drähte unterteilt wird (Litze).*
18. Anwendung von kapillaren und porösen Stoffen. *Beispiel: Einsatz von porösen Elektroden in Elektrolytkondensatoren, Batterien und Akkumulatoren zur Vergrößerung der aktiven Oberfläche.*
19. Erhöhe den Grad der Dynamik. *Beispiel: Statt eines einzigen Türblattes mehrere verbundene Segmente einsetzen: Falttüre oder Rolltüre verwenden.*
20. Strukturieren von Feldern: Die Felder werden so umgestaltet, dass sie dem Problem angepasst eine verbesserte Wirkung erzielen. *Beispiel: Zonenschmelzverfahren (wanderndes Temperaturfeld) zur Reinigung von Ausgangsmaterial für die Halbleiterproduktion.*
21. Strukturieren von Stoffen. *Beispiel: Verwendung von zerkleinertem Holz (Holzschnitzel), das sich leicht als Schüttgut transportieren und in einem Holzschnitzelofen verbrennen lässt.*

II.iii. Verstärkung durch einen passenden Rhythmus

22. Abstimmung des Rhythmus zwischen dem Feld und Stoff 1 und Stoff 2. Bringe den Rhythmus in Übereinstimmung oder gezielte Nichtübereinstimmung mit den Stoffen. *Beispiel: Um das Vibrieren von Blechen zu verhindern, werden zwei Bleche unterschiedlicher Dicke (und Resonanzfrequenz) durch Punktschweißung aufeinander montiert.*

23. Abstimmung des Rhythmus zwischen dem Feld 1 und Feld 2. *Beispiel: Rundsteuerfrequenzen werden so gewählt, dass sie von den Oberwellen der Netzfrequenz nicht gestört werden. (Rundsteuerfrequenzen steuern elektrische Verbraucher indem über das elektrische Versorgungsnetz von einer Zentrale her über die Versorgungsleitungen niederfrequente Signale übertragen werden.)*
24. Synchronisation inkompatibler und früher unabhängiger Aktionen. Nutze bspw. die Pausen im Ablauf einer Funktion um eine andere Funktion auszuführen. *Beispiel: „Stotterbremse“: Wenn wir ein Straßenfahrzeug stark bremsen, können dabei die Räder blockieren. wir verlieren dann die Steuerbarkeit und geraten ins Schleudern. Durch „Stottern“ können sich blockierte Räder immer wieder lösen und die Steuerbarkeit bleibt erhalten. Das Bremsen und Steuern wird dabei in abwechselnde Zeitabschnitte unterteilt. Beim Antiblockiersystem ist dieser Vorgang automatisiert.*

II.iv. Ferromagnetische Feldmodelle

25. Nutze ferromagnetische Stoffe und Magnetfelder. *Beispiel: Nutze ein Magnetfeld zum Sortieren von Schrott.*
26. Nutze ferromagnetische Partikel, Granulate, Pulver. *Beispiel: Magnetpulverkupplung.*
27. Verwendung magnetischer Flüssigkeiten (ferromagnetische Partikel, die in einer Flüssigkeit suspendiert wird). *Beispiel: Abdichtung einer Wellendurchführung mit einer magnetischen Flüssigkeit, die von einem Magnetfeld im Spalt gehalten wird.*
28. Nutze kapillare Strukturen im Zusammenhang mit Ferromagnetismus.
29. Nutze komplexe Ferro-Feld Modelle, bspw. externe Magnetfelder und ferromagnetische Additive. *Beispiel: Zur leichtgängigen Lagerung von Messgerätewellen (z.B. in einem Ferraris-zähler) wird ein magnetisches Schwebe-Lager eingesetzt.*
30. Ferro-Feld Modelle zusammen mit der Umgebung (Einführen von externen Feldern oder Nutzung vorhandener Felder). *Beispiel: Verwendung des Erdmagnetfeldes zur Orientierung: magnetischer Kompass, früher auch Kompasssteuerung für Segelflugmodelle.*
31. Anwendung physikalischer Effekte und Phänomene zur besseren Kontrollierbarkeit ferromagnetischer Systeme. *Beispiel: Der Curiepunkt eines Materials kann zur Temperaturregelung in einem LötKolben verwendet werden.*
32. Erhöhe den Grad der Dynamik in einem komplexen Stoff-Feld Modell. *Beispiel: In einem*

Flüssigkeitsstossdämpfer wird eine magnetische Flüssigkeit eingesetzt. Die Viskosität und damit das Dämpfungsverhalten lässt sich so durch das Anlegen eines Magnetfeldes beeinflussen.

33. Strukturierung von ursprünglich homogenen Feldern in ferromagnetischen Stoff-Feld Modellen.
34. Synchronisation des Rhythmus in Ferro-Feld Modellen. *Beispiel: Bei der Stimmgabeluhr synchronisiert die mechanische Stimmgabel die sie anregende Elektronik über ein Magnetfeld.*
35. Nutze elektrische Felder. *Beispiel: Beim Pulverbeschichten wird das Pulver bis zum Einbrennen mit starken elektrischen Feldern an der zu beschichteten Oberfläche gehalten.*
36. Nutze Elektroheologie. Eine elektroheologische Flüssigkeit verändert ihre Viskosität in Funktion des durch sie fließenden Stromes. *Beispiel: Die Dämpfungseigenschaft eines mit einer elektroheologischen Flüssigkeit gebauten Stossdämpfers lässt sich durch einen Strom steuern.*

III. Übergang der technischen Systeme zu Super- und Subsystemen

III.i. Überführung in Bi- oder Polysysteme

37. Kombiniere Systeme zu Bi- und Polysystemen. Kombination von einfachen Systemen zu komplexen Systemen. *Beispiel: Statt in jedem Raum ein Cheminée oder einen einzelnen Ofen zu installieren, baut man eine Zentralheizung.*
38. Verbessere die Verbindungen oder Synchronisationen zwischen den Elementen von Bi- oder Polysystemen. *Beispiel: Flüssigkeitskupplung zur Leistungsübertragung zwischen sich unterschiedlich schnell drehenden Wellen.*
39. Verbessere die Effizienz durch Vergrößern der Differenz zwischen den Elementen (bspw. Spezialisierung von einzelnen Elementen). *Beispiel: Taschenmesser mit unterschiedlichen Klingen.*
40. Vereinfachung von Bi- und Polysystemen. *Beispiel: Durch Kombination der einzelnen Komponenten einer Stereoanlage werden nicht mehr mehrere Gehäuse, Stromversorgungsgeräte etc. benötigt, sondern nur noch je eines.*
41. Verbessere die Effizienz von Bi- oder Polysystemen durch Verteilen sich hindernder oder gegensätzlicher Eigenschaften bzw. Effekte auf verschiedene Teile, bzw. so, dass sich das ganze System anders verhält, als die Einzelteile.

III.ii. Übergang in den Mikro-Level

Das Systemkonzept wird nicht grundsätzlich geändert. Im Detail werden aber Lösungen gesucht, um die gewünschte Wirkung zu verbessern.

42. Miniaturisiere Komponenten oder ganze Systeme. *Beispiel: Um die Genauigkeit einer Pendeluhr temperaturunabhängiger zu machen, wird ein Pendel eingesetzt, das aus Materialien mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten besteht, die sich gegenseitig kompensieren.*

IV. Messung und Ortung in technischen Systemen

IV.i. Indirekte Methoden

43. Mache eine Detektion oder Messung durch eine Systemänderung überflüssig. *Beispiel: Statt eine Temperatur zu messen und zu regulieren, verwenden wir bspw. eine Wasser-Eis-Mischung, die eine konstante Temperatur von 0 Grad Celsius aufweist. Mit anderen Kombinationen (Salze etc.) lassen sich verschiedene Temperaturen erreichen.*
44. Führe Messungen oder Erkennungen an Kopien aus. *Beispiel: Projektion (Vergrößerung) eines kleinen Werkstücks auf eine exakte, massstabgerechte Zeichnung. Verwendung von Modellen für Laborversuche.*
45. Ersetze eine Absolutmessung durch zwei aufeinanderfolgende Messungen oder Entdeckungen. Statt Absolutwerte zu messen, messe die Veränderung zwischen zwei sich aufeinanderfolgenden Messungen. *Beispiel: Beobachtungen von Erdbewegungen in Bergsturzgebieten anhand der Relatiobewegung von im Gelände angebrachter Marken.*

IV.ii. Aufbau von Mess-Stoff-Feld Modellen

46. Detektiere oder messe mittels eines zusätzlichen Feldes. Suche nach einem sich veränderten Feld, das sich durch die interessierte Größe so verändert, dass einfach zu messen ist. *Beispiel: Wenn eine Flüssigkeit zu sieden beginnt, ändert sich dabei ihr elektrischer Widerstand signifikant. Statt die Temperatur zu messen bzw. zu überwachen, beobachte den elektrischen Widerstand in der Flüssigkeit.*
47. Messung des Stoff-Feld Modells anhand von eines zugefügten leicht detektierbaren Stoffes. *Beispiel: Um die Kontaktfläche zwischen den Zähnen bzw. Plomben sichtbar zu machen, führt der Zahnarzt ein färbendes Papier zwischen die Zähne. Die Kontaktpunkte werden so nach dem Zusammenbeißen sichtbar.*

48. Füge einfach zu detektierende Felder in der Systemumgebung hinzu, die von der interessierten Messgröße beeinflusst werden. Wenn sich ein Effekt nicht am Ort selbst messen lässt, lässt er sich vielleicht in der Umgebung feststellen. *Beispiel: Der Verschleiß in einem Automotor lässt sich schlecht messen. Man kann aber den im Motorenöl sich ansammelnden metallischen Abrieb feststellen. Er lässt sich bspw. mit einem Magneten sammeln.*
49. Füge einfach zu beobachtende Additive in der Umgebung bei. *Beispiel: Durch Beifügen von Rauch in einem Windkanal lassen sich die Luftströmungen in Experimenten gut sichtbar machen.*

IV.iii. Verbesserung des Messsystems

50. Anwendung physikalischer Effekte und Phänomene. *Beispiel: Feststellen von Substanzen durch Indikatorstoffe, die die Farbe verändern (Lackmusterpapier).*
51. Anwendung von Resonanzphänomenen für die Messung. *Beispiel: Um das sich verändernde Gewicht eines Systems festzustellen, misst man seine aktuelle Resonanzfrequenz.*
52. Nutze Resonanzschwingungen eines mit dem Objekt verbundenen Objektes. *Beispiel: Statt die Masse einer Flüssigkeit in einem Gefäß zu messen, messe die Resonanzfrequenz der sich über der Flüssigkeit befindlichen Gassäule (Orgelpfeife).*

IV.iv. Übergang zu ferromagnetischen Messsystemen

53. Setze ferromagnetische Stoffe und Magnetfelder im System ein. *Beispiel: Anbringen ferromagnetischer Markierungen, die leicht detektierbar sind bspw. in Aufzugsschächten zum Feststellen der Kabinenposition oder als Endschalter bei Werkzeugmaschinen.*
54. Ersetze vorhandene Stoffe durch ferromagnetische Stoffe und detektiere oder messe via Magnetfeld.
55. Erzeuge komplexe, verknüpfte Stoff-Feld Modelle mit ferromagnetischen Bestandteilen.
56. Führe ferromagnetische Stoffe in der Umgebung ein. *Beispiel: Mache ein Magnetfeld sichtbar, indem du Eisenfeilenspäne streust.*
57. Anwendung physikalischer Effekte und Phänomene (Curiepunkt, Hopkins- und Barkhauseneffekt, Magnetorestriktion etc.)

IV.v. Beachte Entwicklungstendenzen von Messsystemen

58. Übergang in Bi- und Polysysteme. Mehrfachmessungen und Ausnutzen verschiedener physikalischer Prinzipien führt zu besseren Resultaten. *Beispiel: Trefferanzeigeanlagen: Messung des Einschlagpunktes eines Geschosses durch mehrere an der Scheibe angebrachte Mikrophone.*
59. Erkenne und messe mathematisch abgeleitete Funktionen, anstatt die Originalgröße. *Beispiel: Trägheitsnavigationssysteme messen Kräfte (Beschleunigungen) im Verlauf der Zeit und berechnen daraus durch Integration Geschwindigkeit und Weg bzw. die Position.*

V. Überwindung physikalischer Widersprüche in technischen Systemen (Hilfsmethoden zur Anwendung von Standards)

Hat man bereits ein Lösungskonzept gefunden, will man normalerweise auch noch abklären, ob sich die Lösung ev. vereinfachen lässt. Besonders, wenn starke Restriktionen gegen die Einführung von neuen Stoffen sprechen, sollten die folgenden Standardlösungen in Betracht gezogen werden:

V.i. Einfügen von Stoffen

60. Indirekte Methoden. Wenn die Situation das Einfügen von neuen Stoffen ins System nicht erlaubt, können die folgenden Strategien versucht werden:
 - a) Anwendung von Hohlkörpern oder leerem Raum (Vakuum).
 - b) Einfügen eines Feldes, statt eines Stoffes.
 - c) Verwendung eines externen Additivs, statt eines internen.
 - d) Einfügen eines sehr stark wirkenden Mittels in sehr kleinen Mengen.
 - e) Einfügen eines sehr stark wirkenden Mittels an spezifischen Stellen in kleiner Menge.
 - f) Temporäres Einfügen eines Additivs (bspw. Schutzgaseinsatz beim Schweißen).
 - g) Verwendung eines Modells oder einer Kopie zur Einfügung eines Additivs, anstatt des Objektes selber.

h) Einfügen des Additivs durch die Zersetzung der Umgebung oder des Objektes selber durch Elektrolyse oder Phasentransformation.

61. Aufteilen eines Stoffes. *Beispiel: Bei einer Rakete wird ein Teil des Antriebsstrahles auch zur Richtungssteuerung verwendet.*
62. Selbstelimination von Stoffen. *Beispiel: Verwendung von speziellen Nähfäden zum Verschließen von Operationswunden, die sich nach einigen Tagen vollständig auflösen.*
63. Verwendung von Stoffen in großen Mengen. *Beispiel: Verwendung von aufblasbaren Strukturen unter Verwendung von großer Menge an Luft.*

V.ii. Einfügen bzw. Nutzen von Feldern

64. Verwendung bereits existierender Felder. *Beispiel: Zum Trennen einer Suspension kann das Gravitationsfeld verwendet werden. Nach längerem Warten setzen sich die schwereren Stoffe.*
65. Nutze Felder aus der Systemumgebung. *Beispiel: Abpumpen von in ein fahrendes Schiff eingedrungenes Wasser: Ein Saugrohr, das nach hinten gerichtet unter der Wasseroberfläche angebracht ist, wirkt wie eine Wasserstrahlpumpe. Es nutzt das Strömungsfeld in der Umgegend des Schiffes.*
66. Nutzen von bereits im System sich befindlichen Stoffe, die ein Feld erzeugen kann. *Beispiel: sich im System befindliche unterschiedliche Materialien können als Thermoelement verwendet werden.*

V.iii. Phasenübergänge

67. Phasenumwandlung 1: Phase verändern um einen Effekt zu erzielen. *Beispiel: Zum Transport von Gas lässt sich das Gas (unter Druck) in eine Flüssigkeit umwandeln. Man erhält dadurch ein kleineres Volumen.*
68. Phasenumwandlung 2: Dynamisieren des Phasenzustandes. Nutze zwei Phasen eines Stoffes. *Beispiel: In einem Kühlschranks wird das Kühlmedium abwechslungsweise kondensiert und wieder verdampft.*
69. Phasenumwandlung 3: Verwendung von Nebeneffekten. *Beispiel: Geheizte Kufen an einem Schlitten reduzieren den Gleitwiderstand, weil der geschmolzene Schnee die Reibung reduziert.*
70. Phasenumwandlung 4: Übergang in einen dualen Phasenzustand. Nutze Effekte, die

durch das gleichzeitige Vorliegen zweier Phasen entstehen. *Beispiel: Eine Wasser-Eis-Mischung stabilisiert die Temperatur bei 0 Grad Celsius.*

71. Verbessere die Interaktion zwischen zwei Phasen. *Beispiel: Einfügen von Ultraschall zum rascheren Aushärten von Flüssigkeiten (Erzeugen von Kondensationskeimen).*

V.iv. Nutze Eigentümlichkeiten bei der Anwendung physikalischer Effekte und Phänomene

72. Selbstgesteuerte Übergänge. *Beispiel: Ein supraleitendes Material verliert ab einer bestimmten Stromdichte seine Supraleitfähigkeit. Es lässt sich daher ohne weitere Steuerungsmechanismen als Strombegrenzer verwenden.*
73. Verstärkung des Ausgangsfeldes. Nutze Speicher- und Verstärkereffekte. *Beispiel: Um die Dichtigkeit von Komponenten zu prüfen, werden diese während einiger Zeit unter hohem Druck in Wasserstoffgas gelagert. Anschließend kommen sie in eine Vakuumkammer. Falls nun in der vorherigen Phase Wasserstoff in sie eindringen konnte, diffundiert er jetzt langsam heraus und kann detektiert werden. Durch große Druckunterschiede steigt die Empfindlichkeit der Messung.*

V.v. Erzeugen und Verwenden von Stoffpartikeln

74. Erzeugen von Stoffpartikeln via Dekomposition. Lässt sich ein Stoff nur schwierig an seinen Einsatzort bringen, kann er ev. durch Dekomposition einer anderen Substanz am Einsatzort gewonnen werden. *Beispiel: Durch die Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd lässt sich Sauerstoff erzeugen. Das wurde schon in Raketenantrieben eingesetzt.*
75. Erzeugen von Stoffpartikeln via Integration. *Beispiel: Zweikomponentenklebstoff.*
76. Setze beim Zerlegen oder Kombinieren von Stoffpartikeln einen vom Unterteilungsgrad her ähnlichen Stoff ein. *Beispiel: In einem Überspannungsableiter (Glimmlampe) entstehen ab einer bestimmten Spannung durch Zerlegung des vorhandenen Gases leitfähige Ionen. Wenn die Spannung nicht mehr ausreicht, rekombinieren sich die Ionen wieder zu neutralen Molekülen und der Stromfluss kommt zum Erliegen.*

Stay hungry. Stay foolish.

Whole Earth Catalog, 1971