

Methodenunterstützte Technologieentwicklung am Beispiel des Kältekompressors

Diplomarbeit

verfasst und vorgelegt von

Lukas Unger

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Betreuerin

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Christiana MÜLLER

Begutachter

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

Graz, März 2012

*„Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen,
durch die sie entstanden sind.“*

Albert Einstein (1879-1955)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



Graz, am 10. März 2012

Lukas Unger

Vorwort und Danksagung

Im möchte mich an dieser Stelle bei ACC Austria recht herzlich für die Möglichkeit der Durchführung dieser Diplomarbeit bedanken. Für die tatkräftige Unterstützung und deren Hilfsbereitschaft danke ich speziell allen Mitarbeiter/Innen der Research & Development Abteilung in Fürstenfeld.

Hervorheben möchte ich Herrn DI Walter Brabek, der als Leiter der Product Development Abteilung bei ACC Austria mit seinen kreativen Denkanstößen maßgeblich zur Entstehung dieser Diplomarbeit beteiligt war. Ebenso danken möchte ich Herrn DI (FH) Heinz Hösch für die exzellente Betreuung vonseiten ACC Austria, der stets bemüht war meine Fragen in sämtlichen Situationen bestmöglich zu beantworten.

Für die kompetente Betreuung vonseiten der Technischen Universität Graz bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Vorbach, als Leiter und Frau DI Christiana Müller, als Universitäts-Assistentin am Institut für Unternehmensführung und Organisation.

Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit werden Methoden ausgearbeitet und ausgewählt die das Unternehmen ACC Austria dabei unterstützen Technologiefelder für den Kältekompressor zu bearbeiten. Dafür werden zuerst die Ziele und die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit festgelegt. Anschließend erfolgt eine kurze Vorstellung des ACC Konzerns und der ACC Austria GmbH mit Sitz in Fürstenfeld.

Im Hauptteil werden in Summe 35 Methoden vorgestellt die ACC Austria im Bereich der Technologie- und Produktentwicklung bei der Bearbeitung der einzelnen Technologiefelder des innovativen Kältekompressoren-Systems der Zukunft unterstützen. Dafür wird zuerst der Begriff „*Methode*“ geklärt, da dieser vielfältig verwendet wird und darüber unterschiedliche Auffassungen existieren. Daran anschließend werden Gründe für den Einsatz von Methoden aufgezeigt und der Begriff „*Kreativität*“ erläutert. Durch den gezielten Einsatz von Kreativität lassen sich Lösungen für komplexe Probleme erarbeiten. Da nicht jede Methode im Bereich der Technologieentwicklung bei ACC Austria eingesetzt werden kann wurden deshalb Anforderungen an Methoden ausgearbeitet. Nach diesen Anforderungen wurden die am besten geeigneten Methoden ausgewählt.

Um eine bessere Übersicht über die Methoden zu erhalten, wurden diese zu den Clustern Foresightmethoden, Ideenfindungsmethoden und Analysemethoden zusammengefasst. In weiterer Folge werden Methoden zu den einzelnen Clustern ausführlich analysiert und die Vor- bzw. Nachteile der einzelnen Methoden bei deren Anwendung herausgearbeitet. Danach werden die beiden Technologiefelder *Kommunikation* und *Steuerung* mit Hilfe von Methoden genauer analysiert um Informationen und Wissen über diese Technologiefeldern zu generieren.

Abstract

In this diploma thesis, methods are developed and selected to support the company ACC Austria to work on technology fields for the cooling compressor. First the objectives and the tasks of this diploma thesis are defined. This is followed by a brief presentation of the ACC Group and the ACC Austria GmbH, based in Fürstenfeld.

The main part of this diploma thesis consists of 35 methods that will support ACC Austria in the field of technology- and product-development for the treatment of the individual technology fields of the innovative cooling compressor system of the future. Therefore the terms „method“ and „creativity“ had been clarified, since they are widely used and there exist different opinions about them. Afterwards the reasons for the use of methods are illustrated. With the targeted usage of creativity, solutions of complex problems can be worked out. Since not every method can be used in the area of technology development at ACC Austria, requirements have been worked out helping the method user to select the most appropriate methods.

To get a better overview of the selected methods, the methods were grouped into three different clusters: foresight methods, creativity methods and analysis methods. Subsequently, methods for the individual clusters are analyzed in detail to identify the advantages and disadvantages of the individual methods at their application. Afterwards, the two technology fields „communication“ and „control“ are analyzed with the help of methods to generate information and knowledge about these technology fields.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Ziel der Diplomarbeit	3
1.4	Vorgehensweise und Struktur	3
1.5	Vorstellung des ACC Konzerns	7
2	Methodenauswahl	9
2.1	Begriffsdefinition Methode und Kreativität	9
2.2	Gründe für den Einsatz von Methoden	11
2.3	Anforderungen an Methoden	12
2.4	Methodenclusterung	13
3	Foresightmethoden	15
3.1	Szenario-Technik	17
3.2	Delphi-Methode	21
3.3	Experteninterview	23
3.3.1	Die Rolle des Interviewers	23
3.3.2	Identifizierung von Experten	24
3.3.3	Die Auswahl von Experten	24
3.3.4	Klassifizierung von Interviews	25
3.3.5	Die Kunst des Fragens	27
3.4	Fledermausprinzip	29
4	Ideenfindungsmethoden	31
4.1	Intuitiv-kreative Methoden	33
4.1.1	Das klassische Brainstorming und seine Varianten	33
4.1.1.1	Klassisches Brainstorming	33

4.1.1.2	Anonymes Brainstorming	36
4.1.1.3	Imaginäres Brainstorming	36
4.1.1.4	Diskussion 66	37
4.1.1.5	Didaktisches Brainstorming	37
4.1.1.6	Destruktiv-konstruktiv Brainstorming	38
4.1.1.7	SIL-Methode	39
4.1.2	Methoden des Brainwriting	40
4.1.2.1	Methode 635	40
4.1.2.2	Brainwriting-Pool	42
4.1.2.3	Mind-Mapping	42
4.1.2.4	Kärtchen-Befragung	44
4.1.2.5	Collective-Notebook Methode	45
4.1.2.6	Galerie-Methode	45
4.1.3	Weitere intuitiv-kreative Methoden	46
4.1.3.1	Bionik	46
4.1.3.2	Klassische Synektik	47
4.1.3.3	Visuelle Synektik	49
4.1.3.4	Reizwort-Analyse	49
4.2	Systematisch-analytische Methoden	49
4.2.1	Morphologischer Kasten	49
4.2.2	Attribute-Listing	52
4.2.3	KJ-Methode	53
4.2.4	Progressive Abstraktion	53
4.3	TRIZ	54
4.3.1	Die TRIZ-Vorgehensweise	54
4.3.2	Methoden des TRIZ	55
4.3.2.1	Idealität	56
4.3.2.2	Widersprüche	57
4.3.2.3	Stoff-Feld-Analyse	58
4.3.2.4	40 innovative Prinzipien	60
4.3.2.5	Elementare Umformungen	62
4.3.2.6	Effekte und Erscheinungen	63
4.3.2.7	Evolutionsanalyse	65
4.3.2.8	Evolutionsmuster	66

5	Analysemethoden	68
5.1	Kano-Modell	69
5.2	Conjoint-Analyse	71
5.3	Quality Function Deployment	72
5.4	Systemanalyse	75
5.5	Integriertes Markt-Technologie-Portfolio	77
5.6	Benchmarking	82
5.6.1	Unterscheidung nach dem Benchmarking-Objekt	86
5.6.2	Unterscheidung nach dem Benchmarking-Partner	87
5.6.3	Unterscheidung nach den Benchmarking-Parametern	90
5.7	Technologielebenszyklus-Modelle	91
5.7.1	Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little	92
5.7.2	S-Kurven-Konzept nach McKinsey	93
5.7.3	Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff	95
5.8	Relevanzbaumanalyse	96
5.9	Ressourcen-Analyse	98
6	Methodenbewertung	102
6.1	Bewertungskriterien	102
6.2	Vorgehen	105
6.3	Ergebnisse der Bewertung	106
7	Methodenanwendung	111
7.1	CC2018 - Technologiefelder	112
7.2	Auswahl von 2 Technologiefeldern	113
7.3	Technologiefeld - Kommunikation	114
7.3.1	Funktionsweise der Kommunikation	115
7.3.2	Parameter des Kommunikationssystems	116
7.3.3	IST-Werte der Kommunikation	117
7.3.4	ZIEL-Werte der Kommunikation	119
7.3.5	Objektanalyse	121
7.3.6	Widersprüche	124
7.4	Technologiefeld - Steuerung	127
7.4.1	Benchmarking - Vorgehensweise	127
7.4.2	Benchmarking - Ergebnisse	129

8 Fazit und Ausblick	137
Verzeichnisse	140
Abbildungsverzeichnis	140
Tabellenverzeichnis	142
Literaturverzeichnis	143
Anhang	151
A Alschullers 39 technische Parameter	151
B 40 innovative Prinzipien	153
C Kurzbeschreibung der Widersprüche	155

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Für die Entwicklung des Kältekompressors der Zukunft hat sich das Unternehmen ACC Austria dazu entschlossen Zielwerte festzulegen, die ein innovativer und neuartiger Kältekompressor im Jahr 2018 erreichen soll. Dieses Entwicklungsprojekt wurde mit dem Namen „cooling compressor 2018“, kurz CC2018, initiiert. Für die Festlegung dieser Zielwerte entschloss man sich das System „Kältekompressor“ aus vier unterschiedlichen Sichtweisen zu betrachten. Dabei wurden die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Kältekompressor aus der Sicht:

- der Kunden und des Marktes,
- technologischer Potenziale,
- zukünftiger Trendentwicklungen und
- von Kreativitätsmethoden betrachtet.

Resultat dieser Untersuchungen waren folgende Alleinstellungsmerkmale, im Englischen unique selling propositions, kurz USP´s:

- Ultrakompakte Bauform
- Minimaler Energieverbrauch
- Hohe Kühlkapazität
- Fortschrittliche Vernetzung mit dem Kühlgerät

- Kostenoptimierung
- Ein Kompressor für alle Anwendungen
- Plug & Play

Das Visionsmuster des „cooling compressor 2018“ ist in Abbildung 1.1 dargestellt.

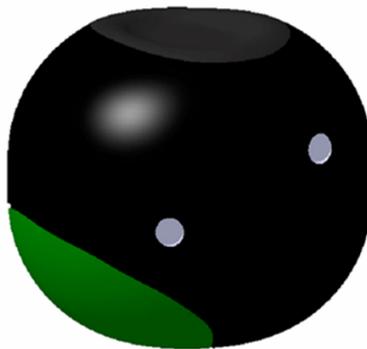


Abbildung 1.1: Visionsmuster CC2018 [Sorger 2008, S.72]

1.2 Aufgabenstellung

ACC Austria entschloss sich für die Realisierung der neuen Kältekompressoren-Plattform CC2018 eine eigene Vorgehensweise zu entwickeln. Das Basiskonzept dieser Vorgehensweise für die Entwicklung des CC2018 ist als ein 3-Phasen-Prozess anzusehen (siehe Abbildung 1.2). Geplant ist, dass jede dieser drei Phasen eine Zeitspanne von drei Jahren in Anspruch nehmen soll. Aufbauend auf diesem 3-Phasen-Prozess sollen nun geeignete Methoden ausgewählt und ausgearbeitet werden, um die Entwicklung der neuen Kältekompressoren-Plattform CC2018 vor allem in der Phase der Technologieentwicklung, aber auch in den nachfolgenden Phasen, zu unterstützen. Die Methoden werden unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen der R&D-Abteilung bei ACC Austria, bezogen auf die neue Kältekompressoren-Plattform CC2018, ausgewählt. Ausgehend von den identifizierten Methoden sollen nun ausgewählte Technologiefelder durch die Anwendung dieser Methoden bearbeitet und aufbereitet werden.

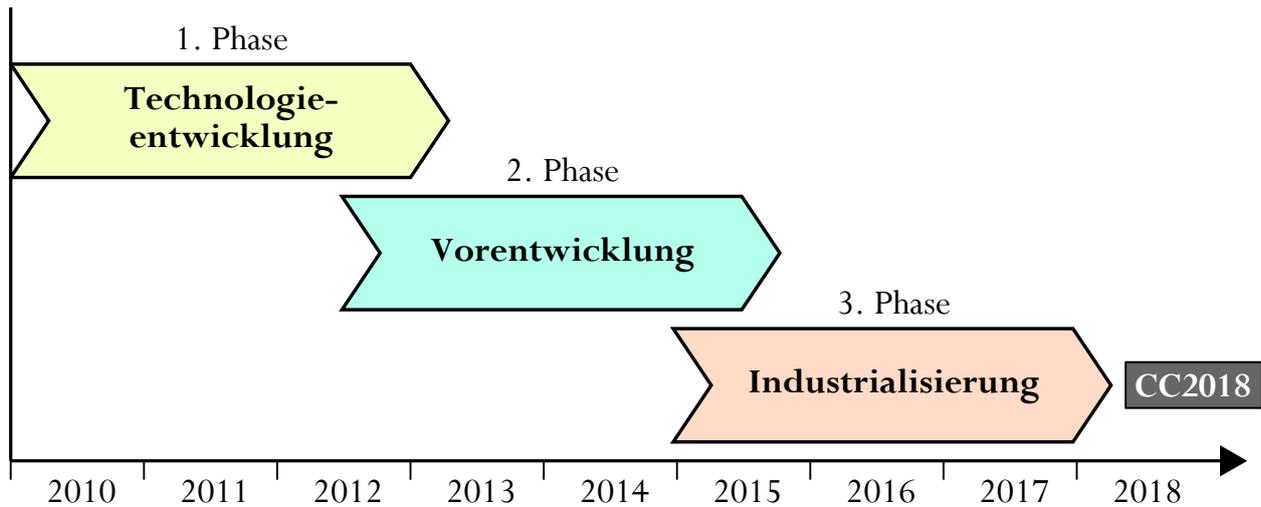


Abbildung 1.2: CC2018 Entwicklungsplan

1.3 Ziel der Diplomarbeit

In vorherigen Diplomarbeiten für ACC Austria wurden Anforderungen der neuen Kältekompressoren-Plattform CC2018 sowie Herausforderungen bzw. Widersprüche, die ACC Austria zum derzeitigen Zeitpunkt daran hindern diese Hauptparameter zu erreichen, entwickelt und festgelegt. Aufbauend auf diese vorhergehenden Diplomarbeiten und aufgrund der Tatsache, dass durch die Ausweitung des Beobachtungsfeldes, ausgehend vom Kältekompressor hin auf das gesamte Kühlgerät, neue Technologiefelder entstanden sind, ist das Ziel dieser vorliegenden Diplomarbeit, Methoden auszuarbeiten die sowohl bei der Bearbeitung der neu identifizierten Technologiefelder als auch bei den bereits zuvor festgelegten Technologiefeldern in Zukunft eingesetzt werden können.

1.4 Vorgehensweise und Struktur

Damit von Beginn an ein strukturiertes Vorgehen und Arbeiten gewährleistet werden konnte erfolgte der Aufbau dieser Diplomarbeit in Anlehnung an das Systems Engineering Modell nach Haberfellner et al. [2002]. Die Vorgehensmethodik des Systems Engineering wird bei ACC verwendet und bildet einen festen Bestandteil der Unternehmenskultur. In Abbildung 1.3 sind die unterschiedlichen Komponenten des Systems Engineering Konzeptes dargestellt.

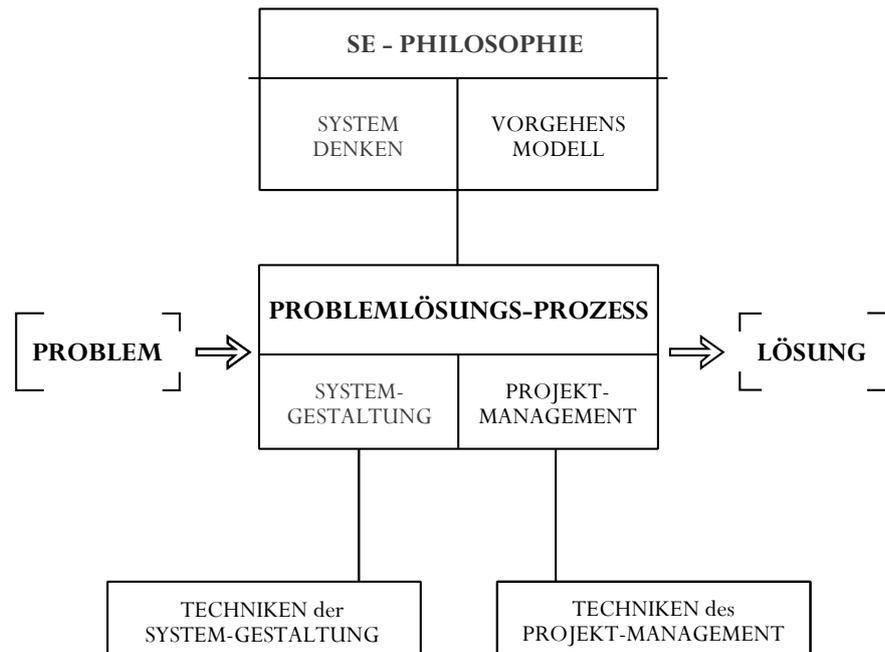


Abbildung 1.3: Systems Engineering - Komponenten [Haberfellner et al. 2002, S.XIX]

Dem Systems Engineering Vorgehensmodell liegen folgende vier Grundgedanken zugrunde: [Haberfellner et al. 2002, S.29f]:

- Vom Groben zum Detail vorgehen
- Prinzip der Variantenbildung beachten
- Gliederung des Systems in Projektphasen
- Bei der Lösung von Problemen nach dem Problemlösungszyklus vorgehen.

Die vier Komponenten des SE-Vorgehensmodells stellen Bestandteile einer gesamthaften Methodik dar, die, durch Verknüpfung miteinander, ein sinnvolles Ganzes bilden. Eine tendenzielle Zuordnung der Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Komponenten des SE-Vorgehensmodells ist in Abbildung 1.4 dargestellt. [Haberfellner et al. 2002, S.30ff]

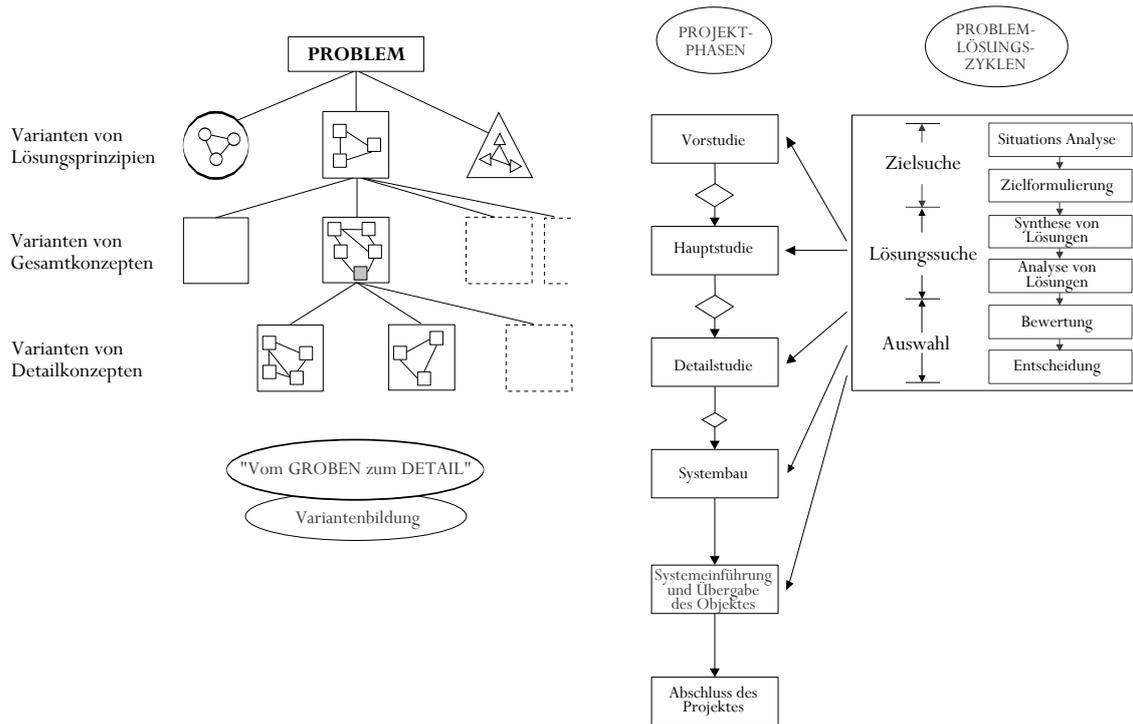


Abbildung 1.4: Zusammenhänge zwischen den Komponenten des SE-Vorgehensmodells [Haberfellner et al. 2002, S.59]

In Anlehnung an das SE-Vorgehensmodell wurde zu Beginn dieser Diplomarbeit ein Phasenplan mit den einzelnen Vorgehensschritten erstellt (siehe Abbildung 1.5). Mit Hilfe dieses Phasenplans wurde die Diplomarbeit in einzelne Abschnitte gegliedert und der zeitliche Ablauf der einzelnen Prozessphasen festgelegt. Zunächst erfolgte eine Systemabgrenzung der Diplomarbeit und eine Situationsanalyse. In dieser Situationsanalyse wurden Ergebnisse früherer Diplomarbeiten in Hinblick auf das Entwicklungsprojekt „cooling compressor 2018“ analysiert. Im Anschluss daran wurde eine Literaturrecherche zur Suche nach Methoden durchgeführt, die für einen Einsatz im Entwicklungsprojekt als besonders geeignet eingeschätzt wurden. Nach der Analyse der identifizierten Methoden erfolgte eine erste Grobauswahl an Methoden, die in weiterer Folge aufbereitet und ausgearbeitet wurden. Mit Hilfe der identifizierten Methoden wurden zwei ausgewählte Technologiefelder des „cooling compressor 2018“ untersucht. Im Technologiefeld *Kommunikation* erfolgte in einem ersten Schritt die Beschreibung des Technologiefeldes und die Ermittlung der Istwerte. Danach wurden Zielwerte festgelegt und Widersprüche ermittelt, die zur Erreichung der Zielwerte überwunden werden müssen. Im Technologiefeld *Steuerung* wurden bestehende Ansteuerungen für Kältekompressoren untersucht. Ziel war die Identifikation der vorhandenen Subsysteme ei-

ner Ansteuerung und eine Analyse der Funktionen der einzelnen Subsysteme. Ausgehend davon wurden Parameter der Subsysteme bestimmt. Abschließend wurden der Platzbedarf sowie die Kostenanteile der einzelnen Subsysteme am Gesamtsystem ermittelt.

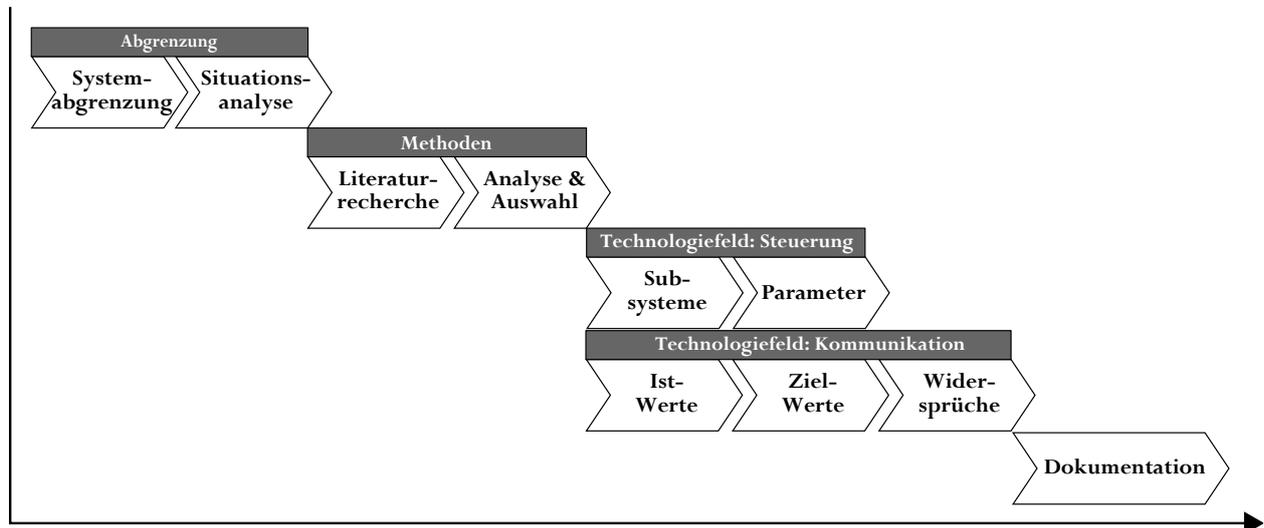


Abbildung 1.5: Vorgehensweise

In Kapitel 2 werden zunächst Begriffsdefinitionen für die, in weiterer Folge besonders wichtigen, Begriffe *Methode* und *Kreativität* eingeführt. Der Zusammenhang zwischen Kreativität und Wissen wird ebenso aufgezeigt wie die Gründe für den Einsatz von Methoden. Dabei wird erläutert welche Vor- und Nachteile durch die Verwendung von Methoden entstehen. Danach werden Methodenanforderungen genannt anhand derer eine erste Vorauswahl an Methoden getroffen wurde. In einer detaillierten Literaturrecherche wurden die Eigenschaften von Methoden untersucht. Als Resultat dieser Literaturrecherche blieben infolge der zuvor identifizierten Anforderungen 35 Methoden übrig, die in weiterer Folge analysiert werden. Im Anschluss daran erfolgt eine Einteilung der identifizierten Methoden in unterschiedliche Cluster.

Danach werden im Kapitel 3 Foresightmethoden ausführlich untersucht. Durch den Einsatz von Foresightmethoden wird versucht, zukünftige technische Entwicklungen abzuschätzen. Im Kapitel 4 werden Ideenfindungsmethoden untersucht, in deren Mittelpunkt stets kreatives Denken steht. Im darauffolgenden Kapitel 5 werden Analysemethoden aufgelistet, mit deren Hilfe versucht wird, vorhandene Strukturen von Problemstellungen aufzuzeigen. Die

Methoden wurden bei dieser Analyse hinsichtlich ihrer Eigenschaften, ihrer spezifischen Vor- und Nachteile und ihrer jeweiligen Vorgehensweisen bei der Anwendung untersucht.

Anschließend daran werden im Kapitel 6 die zuvor untersuchten Methoden einer Bewertung unterzogen. Die dafür benötigten Bewertungskriterien werden dabei erläutert und aufgelistet. Ziel dieses Kapitels ist eine übersichtliche Darstellung der bewerteten Methoden hinsichtlich der Erfüllung der jeweiligen Bewertungskriterien.

Im Kapitel 7 erfolgt die Methodenanwendung auf zwei ausgewählte Technologiefelder. Für das Technologiefeld *Kommunikation* werden Widersprüche erarbeitet und für das Technologiefeld *Steuerung* erfolgt eine Untersuchung verschiedener Produkte zur Ansteuerung von Kältekompressoren. Im darauffolgenden Kapitel 8 erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick.

1.5 Vorstellung des ACC Konzerns

ACC steht für Appliances Components Companies und wurde 2002 gegründet, mit dem Ziel, eine weltweit führende Unternehmensgruppe im Bereich der Herstellung von Komponenten für Haushalts- und Industrieanwendungen zu werden. Die Entwicklung des Haushaltsgeräte-Marktes hat ACC vor kurzem dazu gebracht, sich auf das häusliche Kälte-Geschäft zu konzentrieren, um seine Führungsposition auf dem europäischen Markt zu stärken und seine Position in der Branche weltweit zu festigen. Der Firmensitz des ACC-Konzerns befindet sich im italienischen Pordenone. Der Konzern betreibt zwei Produktionsstandorte in Europa und einen in China. Die Werke in Europa befinden sich in Mel (Italien) und in Fürstenfeld (Österreich), das Werk in China in Tianjin.

ACC Austria GmbH wurde 1982 als Verdichter Oe GmbH in Fürstenfeld vom italienischen Zanussi-Konzern, der 1985 von Electrolux aufgekauft wurde, als Produktionsstandort gegründet. Die Produktionsanlagen und das Know-How wurden von der Firma Robert Bosch aus Nürnberg erworben. Seit damals werden in Fürstenfeld hermetisch geschlossene Kühlmittelverdichter für Haushaltskühlgeräte hergestellt.

Im Jahre 1996 wurde mit der völligen Neuentwicklung des *Kappa*-Kompressors am Standort Fürstenfeld begonnen. Man übernahm selbst Entwicklungsverantwortung und realisierte eine kleine Abteilung zur Produktentwicklung, mit spärlicher Ausstattung an CAD Maschinen

und ein eigenes Labor wurde installiert. 2000 erfolgte die offizielle Gründung der R&D Abteilung am Standort Fürstenfeld. Der ab 1996 entwickelte *Kappa*-Kompressor ging 2001 in Serie. Dieser Kältekompressor revolutionierte den Kältekompressorenmarkt und Verdichter Oe wurde Technologieführer am Weltmarkt. 2003 wurde die Verdichter Oe GmbH von Electrolux an die ACC-Gruppe verkauft, erhielt einen neuen Namen und wurde zu ACC Austria GmbH.

Seit der Gründung errang die ACC Austria GmbH mehrere prestigeträchtige Preise. Als wichtigste Preise der letzten beiden Jahre gewann ACC Austria den steirischen Wirtschaftspreis *Fast Forward Award* 2010, den *Hidden Champion Contest* und erhielt 2011 den *Staatspreis für Innovation* für die Entwicklung eines viel energieeffizienteren Kältekompressors, den *Delta*-Kompressor. Der Delta-Kompressor wurde in der Konzern-Entwicklungsabteilung in Fürstenfeld völlig neu entwickelt und ermöglicht eine Energieeinsparung von bis zu 50% gegenüber herkömmlichen Kältekompressoren. Derzeit werden am Standort Fürstenfeld ca. 850 MitarbeiterInnen beschäftigt, weltweit sind es ca. 3000 MitarbeiterInnen.

Kapitel 2

Methodenauswahl

2.1 Begriffsdefinition Methode und Kreativität

Der Begriff „*Methode*“ wird vielfältig verwendet und zum Teil unterscheiden sich die inhaltlichen Auffassungen sehr stark. Aus diesem Grund ist es für das Verständnis eminent wichtig den Methodenbegriff zunächst zu klären. Es gilt dabei festzulegen, was im Rahmen der Technologieentwicklung und der daran folgenden Produktentwicklung unter einer Methode zu verstehen ist. [Lindemann 2009, S.57]

Nach der Definition von Lindemann handelt es sich bei einer Methode um ein „... *regelbasiertes und planmäßiges Vorgehen, nach dessen Vorgabe bestimmte Tätigkeiten auszuführen sind, um ein gewisses Ziel zu erreichen.*“ [Lindemann 2009, S.57]

Hält man sich die Begriffsdefinition nach Lindemann vor Augen, so kann unter einer Methode eine Art Vorschrift verstanden werden, die auf die Lösung von definierten Aufgabestellungen oder Problemen gerichtet ist. Methoden sind somit zielorientiert und geben einen Hinweis bzw. Vorschlag wie bestimmte Tätigkeiten bei der Entwicklung von Innovationen einfacher durchzuführen sind. Methoden dürfen nicht nur für sich allein, als Einzelmethode, gesehen werden. Sie können durchaus für die Lösung komplexer Problemstellungen kombiniert werden. Bei einer solchen Kombination verschiedener Einzelmethode wird oftmals der Begriff „*Methodik*“ verwendet. Methoden stellen also einen Teil einer Methodik dar. [Lindemann 2009, S.57]

Die Ergebnisse der nachfolgend angeführten Methoden beruhen vielfach auf die richtige Verwendung und den richtigen Einsatz von *Kreativität*. Die Entwicklung innovativer Produkte ist der Grundstein zum Erfolge eines Unternehmens. Die Basis für das Hervorbringen solcher

Innovationen stellt die Kreativität der beteiligten Personen dar. Pahl definiert Kreativität als „... eine schöpferische Kraft, die Neues hervorbringt oder bisher nicht bekannte Zusammenhänge bildet, wodurch weitere Lösungen oder Erkenntnisse möglich werden.“ [Pahl et al. 2007, S.64]

Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Kreativität ist das Vorhandensein von Informationen und Wissen über die bestehende Problemstellung. Denn für das Entwickeln neuer kreativer Lösungen müssen Ideen und das vorhandene Problem in einen gemeinsamen Kontext gebracht werden und dafür müssen Informationen und Wissen vorhanden sein. [Gausemeier et al. 2001, S.119]

In Abbildung 2.1 ist der Zusammenhang zwischen Kreativität und Wissen dargestellt. Demnach nimmt bei Personen die natürliche Kreativität im Laufe des Lebens ab und das Wissen steigt mit entsprechender Aus- und Weiterbildung an. Wird nun die natürliche Kreativität mit Wissen kombiniert, so spricht man auch von der kreativen Leistung von Personen. Durch einen gezielten Wissenserwerb steigt die Wissensmenge und die Kreativität wird gesteigert. Mit Hilfe von Kreativitätstechniken (siehe Kapitel 4) ist eine weitere Steigerung der Kreativität im Lauf des menschlichen Lebens möglich. [Gausemeier et al. 2001, S.119f]

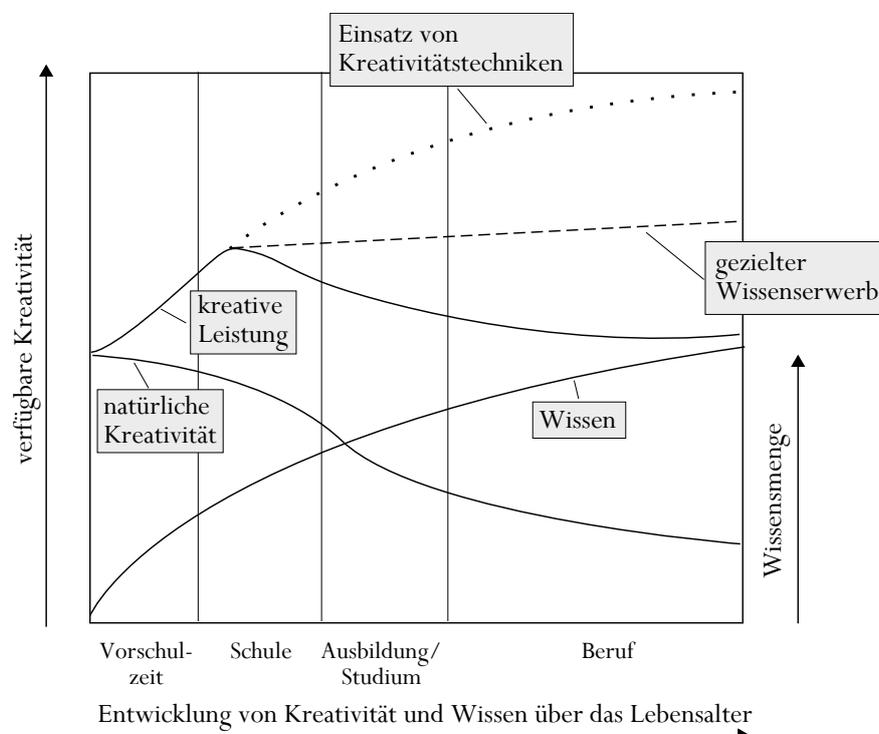


Abbildung 2.1: Zusammenhang - Kreativität und Wissen [Gausemeier et al. 2001, S.120]

2.2 Gründe für den Einsatz von Methoden

Vorerst muss angemerkt werden, dass Methoden kein Allheilmittel für die Lösung sämtlicher technischer und technisch-wirtschaftlicher Probleme sind. Doch warum ist die Anwendung von Methoden in der Technologieentwicklung sinnvoll? Durch den Einsatz und die Verwendung von Methoden wird versucht, ausgehend von einer unbefriedigenden Ausgangssituation, eine erwünschte bzw. befriedigende Endsituation zu erreichen. Methoden werden aufgrund der Komplexität technischer Problemstellungen als Hilfsmittel zur Steigerung von Effektivität und Effizienz in der Technologie- und Produktentwicklung eingesetzt. [Lindemann 2009, S.58]

Voraussetzung für den Erfolg eines Projektes ist eine erfolgreiche Zusammenarbeit von Individuen. Zwei wesentliche Aspekte für solch eine erfolgreiche Zusammenarbeit sind Kommunikation und Koordination. Hierbei werden Methoden als Hilfsmittel für eine entsprechende Kommunikation zwischen den involvierten Individuen und für die Koordination von Teilschritten und den entsprechenden Individuen eingesetzt. [Lindemann 2009, S.59]

Ehrlenspiel sieht den Grund für einen Methodeneinsatz in der beschränkten Kapazität des Kurzzeit- und Langzeitgedächtnisses des menschlichen Gehirns. Dabei sieht Ehrlenspiel die Wissensexplosion, die Entstehung immer komplexerer Systeme und den zunehmenden Zeitdruck als langfristige Trends, die den Einsatz von Methoden notwendig machen. [Ehrlenspiel 2003, S.135ff]

Werden Methoden zielgerichtet unter Berücksichtigung der situationsbedingten Rahmenbedingungen und angepasst an die jeweilige Situation eingesetzt, können technische Aufgabenstellungen flexibel, systematisch und nachprüfbar bearbeitet und gelöst werden. Neben den soeben genannten Vorteilen besitzt der Methodeneinsatz selbstverständlich auch Nachteile, denen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Schließlich ist die Anwendung einer Methode immer mit einem gewissen Aufwand verbunden. Dieser ist bei einfach anwendbaren und durchzuführenden Methoden meist nicht sehr groß, da sie zum Teil intuitiv anwendbar sind. Bei komplexen Methoden, die eine gewisse Übung und Erfahrung notwendig machen, entsteht jedoch häufig ein ungleich größerer Aufwand, der von den beteiligten Personen nicht zu unterschätzen ist. Oftmals entsteht eine gewisse Art Skepsis gegenüber Methoden, weil die aus der erfolgreichen Methodenanwendung resultierenden Ergebnisse oftmals nicht sofort sichtbar werden. [Lindemann 2009, S.59]

2.3 Anforderungen an Methoden

In einer parallel entwickelten Dissertation für ACC Austria [Hösch oJ], wurde ein Phasenplan für die Technologieentwicklung definiert. Darin wurden Methodenanforderungen formuliert, die sowohl allgemeiner als auch strategischer Natur sind. Für die vorliegende Arbeit wurden ausschließlich die allgemeinen Anforderungen in Betracht gezogen, da die strategischen Anforderungen sich zu sehr auf den für ACC Austria entwickelten Vorgehensplan beziehen. Die allgemeinen Anforderungen beinhalten zum Teil Muss-Anforderungen, die auf jeden Fall erfüllt werden müssen. Solche Muss-Anforderungen an Methoden sind beispielsweise die Fokussierung auf frühe Innovationsphasen und die Generierung von Wissen. Ausgehend von den allgemeinen Anforderungen nach Hösch [oJ] wurden diese Anforderungen teilweise übernommen und abgeändert. Damit eine umfassende Grundlage für die Festlegung der Methodenanforderungen erstellt werden kann, bedarf es neben der Einbeziehung der ACC Austria Mitarbeiter auch der Berücksichtigung des ACC Austria Managements bei den Untersuchungen.

Damit nun für die Phase der Technologieentwicklung bei ACC Austria geeignete Methoden-Anforderungen festgelegt werden können, ist es notwendig die unterschiedlichen Blickwinkel einerseits aus der Sicht der Methoden-Anwender, ACC Austria Mitarbeiter in der Abteilung für Produktentwicklung, und andererseits aus der Sicht des Managements von ACC Austria, welches für die Technologie- und Produktentwicklung verantwortlich zeichnet, zu betrachten. Hierbei treffen zwei Gruppen aufeinander die zum Teil unterschiedliche Anforderungen an Methoden stellen. Das Management stellt entsprechende Zeitpläne, das notwendige Budget und die Ressourcen zur Realisierung technischer Neuerungen zur Verfügung und hat diese entsprechend dem Verantwortungsbereich zu steuern. Deshalb sind ein nicht zu weit ausufernder zeitlicher Rahmen, die budgetschonende Durchführung und eine ressourcenschonende Anwendung wichtige Anforderungen des Managements an Methoden. Für die Mitarbeiter, welche schließlich die Durchführenden und Anwender sind, deren Verantwortungs- und Tätigkeitsbereich von jenem des Managements abweicht, ist eine ausreichende Strukturiertheit der Methode wichtig um eine einfache und schnelle Anwendbarkeit der Methode zu erreichen. Wichtig ist auch der Aspekt, dass trotz einer oftmals empfohlenen Vorgehensweise für die Durchführung einer Methode, ein hohes Maß an Kreativität möglich ist.

Somit ergeben sich folgende Anforderungen:

1. **Zeitlicher Aufwand**
2. **Durchführungskosten**
3. **Personeller Ressourcenaufwand**
4. **Strukturiertheit der Methode**
5. **Freiraum für Kreativität**

Ausgehend von diesen Anforderungen erfolgt im Anschluss an die Untersuchung der einzelnen Methodencluster, eine Bewertung der einzelnen Methoden. Eine detaillierte Auflistung aller Bewertungskriterien, die aus den Methodenanforderungen abgeleitet wurden, erfolgt in Kapitel 6.

2.4 Methodenclusterung

Im nun folgenden Teil sind in Summe 35 Methoden, die im Bereich der Technologieentwicklung einsetzbar sind, angeführt. Die Methoden wurden anhand einer ausführlichen Literaturrecherche identifiziert und festgelegt. Es muss noch erwähnt werden, dass die vorliegende Liste an Methoden keinen Anspruch auf Vollständigkeit stellt. Die gefundenen Methoden wurden bezüglich ihrer Struktur untersucht, wodurch sich folgende Gruppen ähnlicher Methoden, so genannte Cluster, ergaben:

- **Foresightmethoden,**
- **Ideenfindungsmethoden** und
- **Analysemethoden.**

Ergänzend muss darauf hingewiesen werden, dass die Zuordnung der Methoden zu den einzelnen Gruppen nicht immer eindeutig möglich war, da einige Methoden sowohl der einen Gruppe als auch einer anderen Gruppe zuordenbar waren. Nichtsdestotrotz wurde versucht, mehrfach zuordenbare Methoden konsequent und durchgehend jener Gruppe zuzuordnen, die in der Literatur am häufigsten für die jeweilige Methode genannt wurde (siehe Abbildung 2.2).

Prognosemethoden:	Ideenfindungsmethoden:
Szenario-Technik	Klassisches Brainstorming
Delphi-Methode	Anonymes Brainstorming
Experteninterview	Imaginäres Brainstorming
Fledermausprinzip	Diskussion 66
	Didaktisches Brainstorming
	Destruktiv-konstruktiv Brainstorming
	SIL-Methode
	Methode 635
	Brainwriting-Pool
	Mind-Mapping
	Kärtchen-Befragung
	Collective-Notebook Methode
	Galerie-Methode
	Bionik
	Klassische Synektik
	Visuelle Synektik
	Reizwort-Analyse
	Morphologischer Kasten
	Attribute-Listing
	KJ-Methode
	Progressive Abstraktion
	TRIZ
Analysemethoden:	
Kano-Modell	
Conjoint-Analyse	
Quality Functin Deployment	
Systemanalyse	
Integriertes Markt-Technologie-Portfolio	
Benchmarking	
Technologielebenszyklus Modelle	
Relevanzbaumanalyse	
Ressourcen-Analyse	

Abbildung 2.2: Methodenübersicht

Die Analyse und Auswahl von Bewertungsmethoden ist kein Ziel dieser Diplomarbeit. Bewertungen müssen dann vollzogen werden wenn eine größere Anzahl an ähnlichen Alternativen zur Auswahl steht. Bewertungsmethoden liefern nun entsprechende Hilfen, mit denen ein transparenter Vergleich zwischen den einzelnen Alternativen durchgeführt werden kann. Die aus der Bewertung folgenden Daten und Fakten bilden die Grundlage für nachfolgende Entscheidungen. Da jedoch die Ziele der Technologieentwicklungsphase bei ACC Austria Informationen und strukturiertes technologisches Wissen zu einzelnen Technologien sind, sollen möglichst viele Alternativen Berücksichtigung finden. Somit darf keine vorzeitige Ausgrenzung und damit Entscheidung für bestimmte Alternativen in der Phase der Technologieentwicklung erfolgen.

Kapitel 3

Foresightmethoden

Die Entwicklung neuer Technologien und Produkte ist mit außerordentlichen Kosten, großem Zeitaufwand und entsprechenden Risiken verbunden. Damit ein Unternehmen in Zukunft erfolgreich sein kann, sind bereits zum jetzigen Zeitpunkt Investitionen in Technologien und Produkte notwendig, die man morgen verkaufen will. Doch wohin entwickeln sich die Produktanforderungen in der Zukunft?

Zur Beantwortung dieser Frage treten nun Foresightmethoden in den Blickpunkt der Beobachtungen. Mit deren Hilfe wird versucht, technische Entwicklungen der Zukunft abzuschätzen. Schließlich ist der Erfolg eines Unternehmens eng an die Entwicklung technischer Innovationen gekoppelt. Es ist für ein Unternehmen von verhältnismäßig großer Wichtigkeit, dass diese neuen, zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in Verwendung befindlichen, Technologien erkannt und verfolgt werden. Darüber hinaus müssen diese Technologien auch beherrscht und erfolgreich integriert werden. Für die Planung neuer Technologien und Produkte ist es deshalb notwendig, das Unternehmensumfeld nach, wenn auch noch so geringen, Signalen und Anzeichen zu scannen und analysieren, um alle zukünftig möglichen Ausprägungen rechtzeitig miteinbeziehen zu können.

Mithilfe von Foresightmethoden werden vor allem zukünftige Entwicklungen beobachtet und analysiert, die auf das Unternehmen, dessen Ausrichtung und Aktivitäten einen wesentlichen Einfluss nehmen können. Dazu zählen besonders der Verlauf technischer Entwicklungen, Veränderungen der Wirtschaft und des Marktes und Veränderungen im Bereich der Gesetzgebung.

Die Hauptaufgabe der Foresightmethoden liegt nun darin, schwache Signale des Marktes zu registrieren, obwohl diese trotz ihrer Ungenauigkeit in der Regel nicht exakt eruiert werden

können. Danach sind diese wahrgenommenen Signale zusammenzuführen und zu verdichten um daraus zukünftige Trends ableiten zu können. Bei diesen schwachen Signalen handelt es sich meist nicht um quantitative, sondern um qualitative Informationen, die meist nur schwer wahrnehmbar sind und einer entsprechenden Interpretation durch die handelnden Personen bedürfen.

Eine Aneignung der technologischen Kompetenzen der Zukunft vor den jeweiligen Mitbewerbern am Markt stellt eine große Herausforderung an Unternehmen dar. Schließlich darf der zeitlicher Aufwand, der benötigte Informationsbedarf und die aus der Methodenanwendung entstehenden Kosten nicht unterschätzt werden.

Bei der Entwicklung und Ausarbeitung möglicher technischer Entwicklungen der Zukunft muss berücksichtigt werden, dass sich Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen im Laufe der Zeit, wie beispielsweise Vorschriften, ändern können. Somit ist bei der Anwendung von Foresightmethoden darauf zu achten, dass die Zukunft nicht exakt vorhersehbar ist und nur wahrscheinliche, mögliche Entwicklungen aufgezeigt und verdeutlicht werden können. Da es immer wieder zum Auftreten unvorhersehbarer und unerwarteter Ereignisse kommen kann, die auch mit den besten und aufwendigsten Foresightmethoden nicht vorhersehbar sind, besteht ein gewisses Restrisiko bei der Vorausschau in die Zukunft.

Unternehmen müssen daher durch die Anwendung von Foresightmethoden aufmerksam und bewusst sämtliche Entwicklungen und Trends untersuchen und beobachten, die in einem für das Unternehmen relevanten Zusammenhang stehen.

In diesem Kapitel werden nun folgende Foresightmethoden ausgearbeitet:

- *Szenario-Technik*
- *Delphi-Methode*
- *Experteninterview*
- *Fledermausprinzip*

3.1 Szenario-Technik

Das Gabler Lexikon des Technologiemanagements [Specht 2002, S.318] beschreibt die Szenario-Technik folgendermaßen:

„Szenarien sind Zukunftsbilder; sie beschreiben die zukünftige Situation eines Bereiches oder Themenfeldes. Szenarien werden mit Hilfe der Szenario-Technik erarbeitet.“

Gausemeier et al. [2001, S.78] gibt folgende Gründe an, warum dieses Vorausdenken der Zukunft für Unternehmen besonders wichtig ist:

- Es bedarf einer systematischen Auseinandersetzung mit zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten, da die Zukunft in der Regel anders als die Vergangenheit ist.
- Häufig kündigen sogenannte schwache Signale zukünftige Entwicklungen an. Diese können erheblich von Diskontinuitäten beeinflusst werden, da aktuelle Trends meist nicht kontinuierlich fortgeschrieben werden.
- Der unternehmerische Handlungsspielraum wird im Laufe der Zeit immer stärker eingeschränkt. Deshalb ist solch eine Vorausschau möglicher zukünftiger Entwicklungen von immanenter Wichtigkeit.

Grundprinzipien der Szenario-Technik

Die Szenario-Technik basiert auf zwei *Grundprinzipien* [Gausemeier et al. 2001, S.79ff]:

1. Grundprinzip der **multiplen Zukunft**:

Die Zukunft kann nicht exakt vorhergesehen werden. Deswegen gibt es mehrere Entwicklungsmöglichkeiten, die zu unterschiedlichen Szenarien führen.

2. Grundprinzip des **vernetzten Denkens**:

Die Entwicklung eines Unternehmens wird von den unterschiedlichsten Einflussfaktoren beeinflusst. Vernetztes Denken unterstützt dabei die systematische Vorausschau der Zukunft, durch Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren.

Primäre Aufgabe der Szenario-Technik ist die Unterstützung unternehmerischer Entscheidungen. Dabei können Entscheidungen hinsichtlich Technologien, Produkte oder bezogen auf ein Unternehmen getätigt werden. [Eversheim et al. 2002, S.135]

Vorgehensweise

Das Szenario-Management nach Gausemeier, ist ein weit verbreitetes Phasenmodell (siehe Abbildung 3.1) bestehend aus fünf Phasen [Gausemeier et al. 2001, S.85ff]:

- Phase 1: **Szenario-Vorbereitung**

In der Szenario-Vorbereitung werden die Ziele des Szenario-Projekts festgelegt. Das Gestaltungsfeld, auf das sich die Ziele des Szenario-Projekts bezieht, wird ebenso analysiert und in seiner gegenwärtigen Situation dargestellt.

- Phase 2: **Szenariofeld-Analyse**

Ziel der Szenariofeld-Analyse ist es, Schlüsselfaktoren zu bestimmen. Das Szenariofeld wird dazu in unterschiedliche Einflussbereiche gegliedert. Aus diesen Einflussbereichen werden dann Einflussfaktoren ermittelt. Die für die Entwicklung des Szenariofeldes charakteristischen Einflussfaktoren werden als sog. Schlüsselfaktoren bezeichnet und in einem Schlüsselfaktoren-Katalog zusammengeführt.

- Phase 3: **Szenario-Prognostik**

Die Phase der Szenario-Prognostik bildet den Kern des Szenario-Managements. Durch die Erarbeitung mehrere Entwicklungsmöglichkeiten für jeden einzelnen Schlüsselfaktor erfolgt der eigentliche Blick in die Zukunft. Der Erfolg des kompletten Szenario-Projektes hängt von der Erarbeitung dieser Zukunftsbilder ab, wobei der Zeithorizont abhängig von der jeweiligen Branche festzulegen ist. Normalerweise werden ca. 10 Jahre als Zeithorizont gewählt. In der Regel werden meist mehrere, ähnliche Zukunftsprojektionen je Schlüsselfaktor erarbeitet woraus zwei oder drei geeignete Projektionen auszuwählen sind.

- Phase 4: **Szenario-Bildung**

In der Phase der Szenario-Bildung werden die zuvor identifizierten Zukunftsprojektionen zu Projektionsbündeln zusammengefasst, wobei je Schlüsselfaktor genau eine Projektion auftritt. Danach werden diese Projektionsbündel zu Gruppen von Projektionsbündeln, sogenannten Rohszenarien, verdichtet. Werkzeuge in dieser Phase des Szenario-Managements sind die Konsistenzanalyse und die Clusteranalyse. Mit Hilfe der Konsistenzanalyse werden sämtliche Projektionsbündel auf ihre Konsistenz, d.h.

auf ihre gegenseitige Widerspruchsfreiheit, hin überprüft. Die daraus hervorkommenden konsistenten Projektionsbündel werden mit Hilfe der Clusteranalyse entsprechend ihrer Ähnlichkeit zu Clustern zusammengefasst.

- Phase 5: **Szenario-Transfer**

Hier werden die Auswirkungen der identifizierten Szenarien auf das Gestaltungsfeld durchleuchtet und Aussagen für strategische Entscheidungen ausgearbeitet.

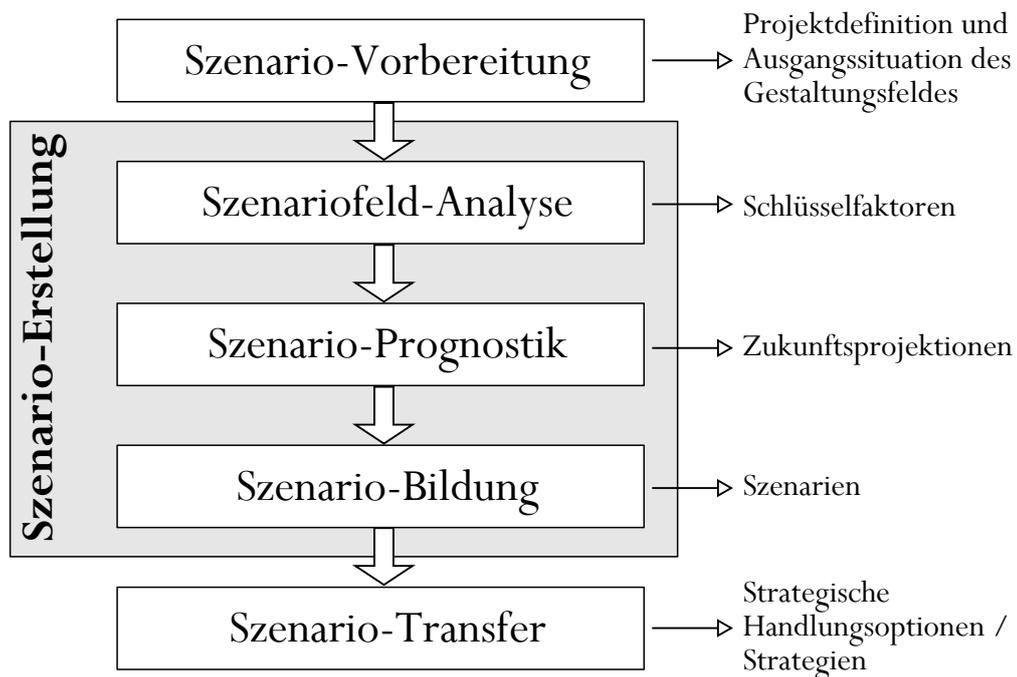
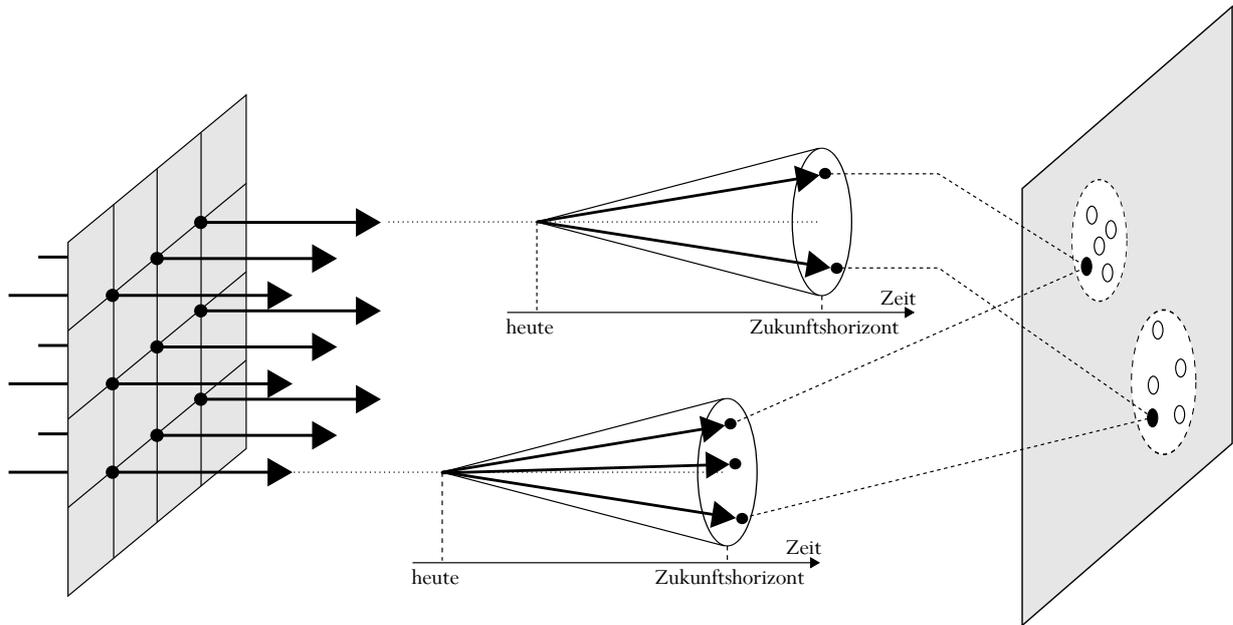


Abbildung 3.1: Phasenmodell des Szenario-Managements [Gausemeier et al. 2001, S.84]

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Erstellung von Szenarien ist in Abbildung (3.2) dargestellt.



Aus der Vernetzung zwischen Unternehmen und Umfeld ergeben sich Schlüsselfaktoren ...

... für diese werden mögliche Entwicklungen in der Zukunft erarbeitet ...

... und danach zu konsistenten Szenarien zusammengefasst.

Abbildung 3.2: Szenario-Erstellung [Gausemeier et al. 2001, S.85]

Vorteil [Eversheim et al. 2002, S.137f]

- + Durch die Berücksichtigung der wechselseitigen Abhängigkeiten der Einflussfaktoren werden mögliche Entwicklungstendenzen in unterschiedliche Richtungen ausgelotet. Die Szenario-Technik bietet speziell bei komplexen Prognoseproblemen wichtige Entscheidungshilfen, da oftmals eine einfache Trendextrapolation nicht möglich ist.

Nachteil [Eversheim et al. 2002, S.138]

- Nachteilig wirkt sich der für die Durchführung eines Szenario-Projektes notwendige Arbeitsaufwand aus. Eine große Menge an Informationen muss gesammelt werden und entsprechende Meinungen und Aussagen von Experten müssen eingeholt werden um fundierte Einflussfaktoren identifizieren zu können.

3.2 Delphi-Methode

Die Delphi-Methode ist ein systematisches Verfahren mit mehrmaliger Expertenbefragung. Eingesetzt wird diese Methode für die Vorhersage von komplexen Problemen die sich auf die Zukunft beziehen, beispielsweise technische Veränderungen. In den Prozess der Ideenfindung werden dabei mehrere Experten zur gemeinsamen Lösung eines Problems einbezogen, wobei die Experten zeitlich und auch örtlich getrennt über ein vorgegebenes Problem befragt werden. In der Regel finden mehrere Befragungsrunden mit einem formalisierten Fragebogen statt. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden durch eine Monitorgruppe analysiert und ausgewertet. Die Intention, Experten über die zukünftigen Entwicklungen in den verschiedensten Bereichen zu befragen entspringt der Tatsache, dass die Mehrzahl der Ankündigungen über technische Prognosen schon immer von Expertengruppen getätigt wurde. [Kniess 2006, S.80f]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.81f]

1. Vorbereitungsphase

- Sorgfältige Ausarbeitung eines Fragebogens (maximal 50 Fragen), wobei globale Fragestellungen vermieden werden sollten.
- Auf dem zu untersuchenden Gebiet muss nun eine Auswahl der zu befragenden Experten erfolgen.
- Der Fragebogen enthält quantitative und qualitative Fragestellungen, die teilweise verbal oder mit Hilfe einer Skala von den Experten beantwortet werden müssen [Wall 1999, S.161].

2. Durchführungsphase

- Erste Befragung: Experten werden zum Problem, zerlegt in mehrere Teilfragen, mittels Fragebogen befragt.
- Erste Analyse: Die Monitorgruppe analysiert die eingegangenen Antworten und wertet diese aus. Stimmen die Antworten der Experten überein, so ist die Befragung zu beenden und das Ergebnis wird formuliert. Kommt es jedoch zu Unterschieden bei den Antworten, so folgt eine zweite Befragungsrunde.

- Zweite Befragung: Den Experten werden die Ergebnisse der ersten Befragungsrunde bekannt gegeben. Anschließend erfolgt eine zweite Befragung mit unveränderten Fragen.
- Zweite Analyse: Antworten werden wiederum von der Monitorgruppe analysiert und ausgewertet.
- Eventuell weitere Befragungsrunden mit dem Ziel einer möglichst einheitlichen Meinung der Experten zu erreichen.

Vorteile [Kniess 2006, S.83]

- + Gruppendynamische Effekte, die das Ergebnis der offenen Diskussion verfälschen können, werden ausgeschaltet.
- + Antworten können statistisch ausgewertet werden.
- + Durch Befragung mittels Fragebogen wird eine offene Diskussion gemieden.
- + Anonymität
- + Befragung kann orts- und zeitunabhängig erfolgen.

Nachteile [Kniess 2006, S.83]

- Unter Umständen kann es schwierig sein die Bereitschaft der Experten zur Mitarbeit zu gewinnen.
- Zwischen den Experten erfolgt keine Abstimmung.
- Ergebnisse werden bei intuitiven Methoden stets durch persönliche Interessenslagen beeinflusst.
- Fehlende Motivation zur Beantwortung wegen Anonymität der Befragung.

3.3 Experteninterview

Das Experteninterview zielt darauf ab, Informationen zu bestimmten Problemstellungen durch die Befragung von Experten zu generieren [Leitner u. Wroblewski 2005, S.241], wobei den Experten ihr Sonderwissen zu bestimmten, eingegrenzten Bereichen bekannt und bewusst ist. Dieses spezielle Sonderwissen unterscheidet Experten von Laien, deren Wissen als Alltagswissen bezeichnet wird. Das Wissen der Experten kann grundsätzlich in Betriebswissen und Kontextwissen unterteilt werden. Bei der Ermittlung von Betriebswissen werden die Experten zu den Bedingungen ihres eigenen Handelns befragt. [Meuser u. Nagel 2005b, S.264ff] Hier ist das Interview darauf fokussiert, Auskunft über das Handlungsfeld der Experten zu erhalten. Zielgruppe sind hier ausschließlich die befragten Experten. [Meuser u. Nagel 2005a, S.75]

Hingegen ist der Gegenstand des Kontextwissens nicht das Handeln der Experten selbst, sondern die Kontextbedingungen auf die das Expertenhandeln gerichtet ist und das daraus erworbene spezialisierte Sonderwissen. [Meuser u. Nagel 2005b, S.264ff] Die Experten stellen dabei eine zur Zielgruppe komplementäre Handlungseinheit dar. Hier hat das Interview die Aufgabe, *„Informationen über die Kontextbedingungen des Handelns der Zielgruppe zu liefern.“* [Meuser u. Nagel 2005a, S.75]

Expertenwissen kann im Hinblick auf die zeitliche Erstreckung zur Diagnose und zur Prognose verwendet werden. Bei der Diagnose wird eine detaillierte Problemstrukturierung vorgenommen und Ist-Zustände ermittelt. Mithilfe von Prognosen sollen beobachtete Entwicklungen eines Problemfeldes in die Zukunft extrapoliert werden. [Meuser u. Nagel 2005b, S.265ff]

3.3.1 Die Rolle des Interviewers

Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung eines Experteninterviews ist die entsprechende thematische Kompetenz des Interviewers, die er sich vor der Durchführung aneignen muss. Dies bedeutet, dass sich der Interviewer möglichst viel von jenem Spezialwissen, welches der Experte in der Regel in seiner langjährigen Tätigkeit erworben hat, in kurzer Zeit verinnerlichen muss. Der Interviewer erwirbt dabei lediglich Basiswissen bzw. Hintergrundwissen das in Lehrbüchern und Fachpublikationen veröffentlicht wurde. [Pfadenhauer 2005, S.125f]

Menschen sprechen mit anderen Menschen nicht immer gleich. Abhängig davon ist, ob sie ihre Gesprächsteilnehmer in Bezug auf den zu besprechenden Sachverhalt eher für kompetent oder für inkompetent halten. Daraus leitet sich nicht nur ab über *was* gesprochen wird, sondern auch *wie* miteinander gesprochen wird. Damit nun aussagekräftige Ergebnisse erhalten werden können ist ein Interview zwischen Interviewer und Experten auf gleicher Augenhöhe notwendig. [Pfadenhauer 2005, S.121]

Immer dann, „*wenn die exklusiven Wissensbestände von Experten im Kontext ihrer (letzt-)verantwortlichen Zuständigkeit*“ für die Bereitstellung und Anwendung von Problemlösungen Gegenstand des Forschungsinteresses sind, bietet sich die Durchführung eines Experteninterviews an. [Pfadenhauer 2005, S.117]

Durch das Experteninterview sollen Strukturen und Strukturzusammenhänge, auf das die Experten ihr Wissen und Handeln begründen, analysiert und aufgezeigt werden. [Meuser u. Nagel 2005a, S.76]

3.3.2 Identifizierung von Experten

Bei Experten handelt es sich um Personen die über besonderes Wissen verfügen, das sie für die Lösung von Problemen verwenden. Dazu zählen Wissenschaftler, erfahrene Politiker, Musiker, Automechaniker usw. Demnach sind all jene Experten die über ein besonderes Wissen verfügen. Das Experteninterview ist nun eine Methode zur Befragung von Experten, die ein besonderes Wissen in bestimmten Themengebieten besitzen um dieses Wissen zu erschließen. [Gläser u. Laudel 2004, S.9f]

3.3.3 Die Auswahl von Experten

Zwei Faktoren bestimmen den Inhalt eines Interviews [Gläser u. Laudel 2004, S.113]:

1. *Was will man aus dem Interview herausbekommen?* und
2. *Wen fragt man?*

Die Qualität der Ergebnisse entscheidet sich durch die Auswahl der Interviewpartner. Bevor man nun mit der Suche nach den geeigneten Interviewpartnern beginnt, muss man sich im Klaren, sein wer über die notwendigen Informationen verfügt. Meist kann ein Interviewpartner nicht alle benötigten Informationen liefern. Daher ist es notwendig mehrere Personen, die

jeweils über andere Informationen verfügen, zu befragen. Lassen sich Gruppen von Experten unterscheiden kann es sinnvoll sein, mit mehreren Interviewleitfäden zu arbeiten und für jede dieser Gruppen einen eigenen Interviewleitfaden zu erarbeiten. [Gläser u. Laudel 2004, S.113]

Punkte wie die Bereitschaft zur Mitarbeit sowie die Erreichbarkeit der Experten sind abhängig von der jeweiligen Belastung im Arbeitsalltag und müssen ebenfalls berücksichtigt werden. [Gläser u. Laudel 2004, S.113]

Nach Gorden [1975 zitiert nach Gläser u. Laudel [2004], S.113] sollte man sich bei der Auswahl von Experten folgende Fragen stets vor Augen halten:

- Wer verfügt über die notwendigen Informationen?
- Wer ist am ehesten in der Lage, präzise Informationen zu geben?
- Wer ist am ehesten bereit, die relevanten Informationen zu geben?
- Wer von den Interviewpartnern ist verfügbar?

Die für die Durchführung von Experteninterviews zur Verfügung stehende Zeit beeinflusst, wie viele Interviewpartner zu einem Thema befragt werden. Denn führt man Interviews mit mehreren Personen durch und können diese im Anschluss daran aus Zeitgründen nicht ausgewertet werden so hat dies keinen Sinn. [Gläser u. Laudel 2004, S.113f]

Es müssen nicht alle Interviewpartner bereits vor dem Beginn der Informationsbeschaffung ausgewählt sein. Es kann durchaus geschehen, dass man im Laufe von Interviews auf weitere Personen hingewiesen wird, die weiterführende Informationen zum untersuchten Thema besitzen. Mit diesen Personen sind dann zusätzliche Termine für Interviews zu vereinbaren. [Gläser u. Laudel 2004, S.114]

3.3.4 Klassifizierung von Interviews

Ein wichtiges Merkmal von Interviews ist der mit dem Ziel der Untersuchung verknüpfte Zweck des Interviews. Vom Untersuchungsziel und Zweck hängt auch ab, welchen Gegenstand das Interview hat. Gegenstand kann die Einstellung der Experten zu bestimmten Themengebieten ebenso wie biographische Interviews sein. [Gläser u. Laudel 2004, S.38]

Interviews können nach der Technik der Datenerhebung klassifiziert werden. Solch eine Klassifizierung kann nach dem Grad der Standardisierung des Interviews erfolgen (siehe Tabelle

3.1). Grundsätzlich unterscheidet man nach dem Standardisierungsgrad zwischen [Gläser u. Laudel 2004, S.38f]:

- (voll)standardisierten Interviews,
- halbstandardisierten Interviews und
- nichtstandardisierten Interviews.

Beim (voll)standardisierten Interview benutzt der Interviewer einen Fragebogen, wobei ausschließlich geschlossene Fragen verwendet werden. Dies bedeutet, dass dem Interviewpartner mehrere vorgegebene Antwortmöglichkeiten zur Auswahl stehen und somit die Antworten nicht selbst formuliert werden können. Auch bei dem halbstandardisierten Interview sind die Fragen des Interviewers durch einen Fragebogen vorgegeben. Es steht jedoch dem Interviewpartner frei wie er die Fragen beantwortet. Beim nichtstandardisierten Interview sind die Fragen des Interviewers sowie die Antworten des Interviewpartners nicht vorgegeben. [Gläser u. Laudel 2004, S.39]

Tabelle 3.1: Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung [Gläser u. Laudel 2004, S.39]

	Fragewortlauf und -reihenfolge	Antwortmöglichkeiten
Standardisiertes Interview	Vorgegeben	Vorgegeben
Halbstandardisiertes Interview	Vorgegeben	Nichtvorgegeben
Nichtstandardisiertes Interview	Nicht vorgegeben (nur Thema vorgegeben)	

Das nichtstandardisierte Interview gibt weder dem Interviewer den konkreten Fragewortlaut noch dem Interviewpartner die Antwortmöglichkeiten vor. Trotzdem kann es gewisse Vorgaben für den Interviewer geben. Nichtstandardisierte Interviews können daher wie folgt eingeteilt werden [Gläser u. Laudel 2004, S.39f]:

- Leitfadeninterviews
- Offene Interviews
- Narrative Interviews

Leitfadeninterviews verwenden, wie es der Name schon sagt, einen Leitfaden der Fragen zum vorgegebenen Thema enthält, die während des Interviews beantwortet werden sollen. Es handelt sich dabei um eine Art Richtschnur, wobei weder die exakte Frageformulierung noch die Reihenfolge der einzelnen Fragen festgelegt ist. Offene Interviews haben zwar ein vorgegebenes Thema, werden allerdings nicht durch einen verbindlichen Leitfaden unterstützt. Somit stellt der Interviewer nur Fragen zu Themen die ihn interessieren. Diese Art des Interviews ist einer natürlichen Gesprächssituation sehr ähnlich. Narrative Interviews werden durch eine umfangreiche Frage eingeleitet, auf die der Interviewpartner ausführlich eingehen soll. Hat der Interviewpartner seine Ausführungen beendet, beginnt der Interviewer Nachfragen zur weiteren Vertiefung des Themas zu stellen. [Gläser u. Laudel 2004, S.39f]

Während eines Experteninterviews werden häufig mehrere unterschiedliche Themen behandelt. Dabei wird versucht, genaue Informationen über das Thema zu erlangen. Aufgrund dieser Tatsachen wird für die Durchführung von Experteninterviews die Anwendung von Leitfadeninterviews empfohlen. [Gläser u. Laudel 2004, S.107]

3.3.5 Die Kunst des Fragens

Der Interviewer hat durch die Art und Weise wie die Fragen gestellt werden großen Einfluss auf die Antworten des Interviewpartners. [Gläser u. Laudel 2004, S.116]

Das Experteninterview unterscheidet sich grundsätzlich von der Alltagskommunikation dadurch, dass es eine feste Rollenverteilung gibt, nur begrenzte Zeit zur Verfügung steht und sich der Interviewer und der Experte meist fremd sind. Aufgrund dieser Fremdheit sind die vom Interviewer gestellten Fragen die einzige Informationsquelle des Experten um zu erfahren, was sein gegenüber wissen will. Damit der Experte nun das Informationsinteresse des Interviewers erkennen kann, achtet er genau auf die Fragen des Interviewers. Gerade aus diesem Grunde ist eine sorgfältige Formulierung der Fragen von größter Wichtigkeit. [Gläser u. Laudel 2004, S.116]

Fragen für das Experteninterview lassen sich in vier unterschiedliche Kategorien einteilen [Gläser u. Laudel 2004, S.118ff]:

1. Kategorie: Nach dem Inhalt der Fragen.
2. Kategorie: Nach dem Gegenstand der Fragen.
3. Kategorie: Nach der angestrebten Form der Antwort.

4. Kategorie: Nach der Steuerungsfunktion im Interview.

Dabei beziehen sich die Fragen der Kategorie 1 und Kategorie 2 auf inhaltliche Aspekte und die Fragen der Kategorie 3 und Kategorie 4 auf Steuerungsfunktionen von Fragen während des Interviews. Diese unterschiedlichen Kategorien sollen eine grobe Orientierung geben, für welchen Einsatzzweck welche Frage geeignet ist.

Ad Kategorie 1.) Hier unterscheidet man zwischen Meinungsfragen und Faktfragen. Mit Meinungsfragen soll die persönliche Einstellung des Experten, seine Bewertung von Situationen usw. ermittelt werden. Es wird um eine subjektive Stellungnahme ersucht. Faktfragen sind hingegen auf nachprüfbare Fakten gerichtet und werden deshalb überwiegend für Experteninterviews verwendet. Bei den Faktfragen lassen sich noch weitere Typen unterscheiden:

- Fragen nach Erfahrungen
- Wissensfragen
- Hintergrundfragen/demographische Fragen

Ad Kategorie 2.) Die zuvor genannten Meinungsfragen und Faktfragen können auf Basis einer realen oder einer angenommenen Tatsache erfolgen und demnach als realitätsbezogene oder als hypothetische Fragen gestellt werden, wobei die hypothetischen Fragen im Konjunktiv gestellt werden.

Ad Kategorie 3.) Hier werden Fragen zur Erzählanregung und Detailfragen unterschieden. Mit Hilfe von Fragen zur Erzählanregung soll der Experte längere Erklärungen von sich geben, hingegen sollen Detailfragen zu speziellen Punkten zu kurzen Antworten führen.

Ad Kategorie 4.) Interviewfragen ermöglichen es dem Interviewer einerseits bestimmte Informationen zu erhalten und andererseits lässt sich der Verlauf des Gesprächs durch sie steuern.

Nach Ullrich [1999, S.437] lassen sich vier Typen unterscheiden:

- Fragen zum Gesprächseinstieg
- Informations- und Filterfragen
- Hauptfragen
- Wiederholungsfragen

Mit den Fragen zum Gesprächseinstieg soll die Behandlung eines neuen Themas beginnen. Informations- und Filterfragen dienen zur Beschaffung von Informationen, um entscheiden zu können welche Teile des Leitfadens zu verwenden sind. Hauptfragen hingegen werden gestellt um komplexe und ausführliche Antworten zu den gewählten Sachverhalten zu erlangen. Wiederholungsfragen sind darauf gerichtet Antworten auf zuvor gestellte Hauptfragen zu erweitern und zu ergänzen. [Gläser u. Laudel 2004, S.123ff]

3.4 Fledermausprinzip

Fledermäuse besitzen die Fähigkeit, Hindernisse sowie auch Beute bei völliger Dunkelheit zu lokalisieren. Die Bezeichnung des Fledermausprinzips ist auf der Grundlage dieser Fähigkeit gewählt. Diese Methode ist als zyklischer Prozess gestaltet und gliedert sich entsprechend Abbildung 3.3 in vier Phasen [Gausemeier et al. 2001, S.201ff]:

- Phase 1: **Finden**

Ziel dieser Phase ist das Sammeln von Informationen. Bei diesem *Scanning* werden zunächst sämtliche Trends ermittelt, die einen Einfluss auf die strategische Ausrichtung eines Unternehmens haben könnten. Informationen zu relevanten Trends können auch durch eine Zusammenarbeit mit der Unternehmensleitung, den Kunden und externen Fachleuten in sogenannten Trendworkshops ermittelt werden.

- Phase 2: **Filtern**

Die Vielzahl der Trends, die in der vorangegangenen Phase identifiziert wurden, sollen in dieser Phase, unter Zuhilfenahme z.B. der Clusterung, auf eine sinnvolle und handhabbare Anzahl zu Haupttrends reduziert werden. Danach werden strategische *Handlungsoptionen* aus den herausgefilterten Haupttrends abgeleitet.

- Phase 3: **Formatieren**

In dieser Phase werden zu den in der Phase 2 abgeleiteten Handlungsoptionen die dazugehörigen Einflussfaktoren auf das Unternehmen ausgearbeitet und festgelegt. Ziel ist es nun die Auswirkungen eines Trends auf ein Unternehmen abzubilden. Dies erreicht man indem aus den entsprechenden Einflussfaktoren eine *Wirkstruktur* erzeugt wird.

- Phase 4: **Fokussieren**

Durch eine sorgfältige *Analyse der Wirkstruktur* können diejenigen Haupttrends sowie auch Indikatoren identifiziert werden, welche den größten Einfluss auf ein Unternehmen haben.

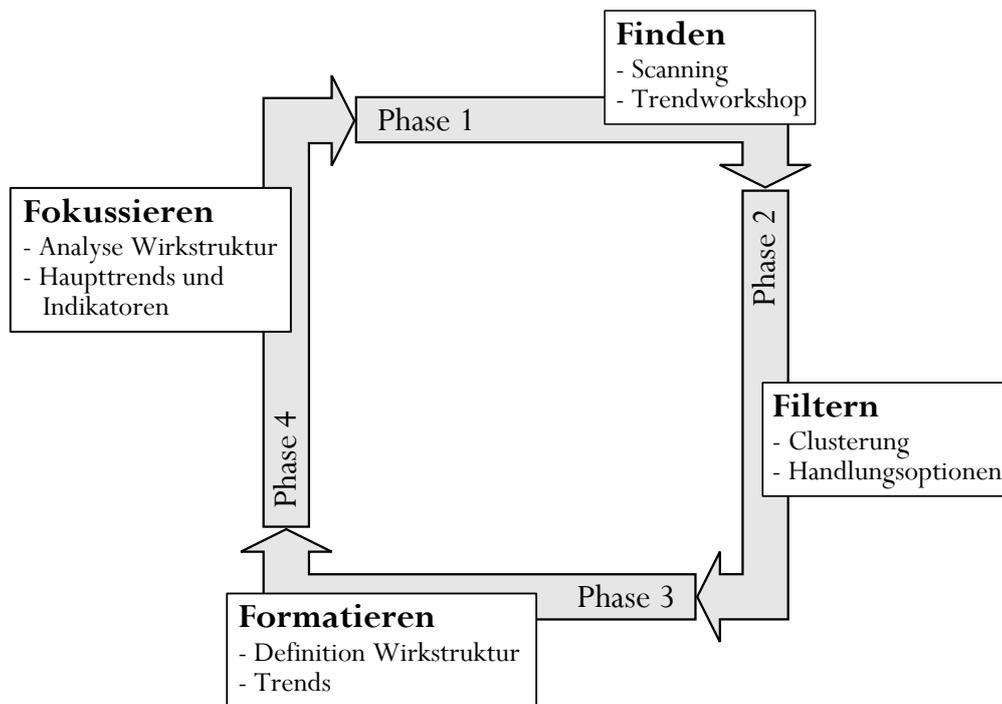


Abbildung 3.3: Phasen des Fledermausprinzips [Gausemeier et al. 2001, S.203]

Kapitel 4

Ideenfindungsmethoden

In die Gruppe der Ideenfindungsmethoden sind sämtliche Methoden die auf Kreativität aufbauen, sogenannte Kreativitätstechniken bzw. -methoden, einzuordnen. Durch die Anwendung von Kreativitätsmethoden, die meist für Gruppenarbeit entwickelt wurden, kann teilweise in kurzer Zeit eine Vielzahl an Lösungsideen entwickelt werden. Neue und innovative Ideen werden durch intuitives und diskursives Denken entwickelt.

Im Wesentlichen werden bei den Ideenfindungsmethoden zwei Gruppen von Methoden unterschieden. Einerseits sind dies intuitiv-kreative Methoden und andererseits systematisch-analytische Methoden, wobei stets kreatives Denken und Wissen im Mittelpunkt der Ideenfindungsmethoden stehen. Unternehmen sind in der Lage ihre Positionierung am Markt und das Unternehmensgeschehen entscheidend in eine positive Richtung zu beeinflussen, wenn durch Kreativität und Wissen neuartige und innovative Ideen zur Lösung von Problemstellungen generiert werden. Da sämtliche Ideenfindungsmethoden auf die Kreativität der Anwender aufbauen, werden diese auch als Kreativitätsmethoden bezeichnet.

Bei der Problemlösung wird häufig der Fehler gemacht, dass Lösungsideen im Vorhinein eingeschränkt werden und die Anwender sich auf eine Lösung versteifen, die auf den ersten Blick die vielversprechendste Alternative zur Lösung des Problems darstellt. Jedoch können auf diese Weise keine neuen und erfolgversprechenden Lösungen entwickelt werden, wenn immer sofort die auf den ersten Blick beste Lösung gewählt wird. Deshalb empfiehlt sich die Anwendung und Durchführung von Kreativitätsmethoden. Mit ihnen werden gewohnte Denkstrukturen bewusst durchbrochen, um Lösungsalternativen zu generieren, die erst nach intensiverer Auseinandersetzung mit dem anstehenden Problem als erfolgversprechend identifiziert werden.

Zur Entstehung neuer Ideen gilt es das kreative Potenzial der Mitarbeiter eines Unternehmens zu nutzen. Schließlich ist der Erfolg eines Unternehmens von der überaus wichtigen Fähigkeit, neue Lösungen herzubringen, abhängig. Dabei können zur Findung innovativer Lösungen bekannte Zusammenhänge auf neue Situationen übertragen werden und durch das Erfahrungswissen neue Kombinationen bereits vorhandener Lösungen gebildet werden. Ziel der Kreativitätstechniken ist die Generierung einer Vielzahl an Ideen in einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne. Bei richtiger Anwendung dieser Art von Methoden entstehen durch kreatives und innovatives Denken erstaunliche Ergebnisse. Je höher der finanzielle, personelle und zeitliche Aufwand für die Durchführung dieser Methoden ist, umso höher ist das Niveau der erzielten Lösungen.

Bei der Anwendung von Kreativitätsmethoden können Blockaden und Barrieren hinsichtlich der Motivation der beteiligten Mitarbeiter auftreten. Dieser Tatsache muss das Management des Unternehmens entgegen indem es dafür sorgt, dass Kreativität nicht nur gefordert sondern auch im Unternehmensalltag wirklich gelebt wird. Die Kenntnis der Grundregeln, wie gewisse Kreativitätsmethoden anzuwenden sind, ist Voraussetzung für die Anwendung der jeweiligen Methoden. Diese Tatsache alleine ist jedoch kein Garant für die Entstehung erfolgreicher und vielversprechender Ideen. Denn nur durch regelmäßige Verwendung dieser Methoden werden die kreativen Fähigkeiten der Mitarbeiter weiterentwickelt, die die Grundlage für die Hervorbringung qualitativ immer besserer Ergebnisse sind.

Diese Methoden zur Ideenfindung lassen sich nur auf schlecht strukturierte Problemstellungen anwenden, sind stets auf die Lösung der Problemstellung fokussiert und durch Vermeidung jeglicher Fixierung auf Lösungswege werden neuartige Lösungsansätze für vorhandene Problemstellungen ausgearbeitet.

Folgende Ideenfindungsmethoden werden anschließend in diesem Kapitel ausgearbeitet:

- *Intuitiv-kreative Methoden*
- *Systematisch-analytische Methoden*
- *TRIZ*

4.1 Intuitiv-kreative Methoden

Mit den intuitiv-kreativen Methoden sollen gewohnte Denkmuster überwunden werden, wobei ein systematisch-analytisches Vorgehen bewusst vermieden werden soll. Ziel der intuitiv-kreativen Methoden ist die Findung von Ideen, die möglichst unterschiedlich und ungewöhnlich sind. Diese werden häufig in Gruppenarbeiten gewonnen, damit Anregungen für Lösungsansätze aus möglichst unterschiedlichen Bereichen einbezogen werden können. [Kniess 2006, S.37f]

4.1.1 Das klassische Brainstorming und seine Varianten

4.1.1.1 Klassisches Brainstorming

Das klassische Brainstorming stellt eine wichtige, vielleicht sogar die wichtigste in Unternehmen eingesetzte Methode zur Ideenfindung dar. Alex Osborn entwickelte in den USA die intuitiv-kreative Methode des Brainstormings. Osborn besuchte viele Konferenzen und beobachtete ein negatives Konferenzdenken. Dabei wurden neue Ideen gleich nachdem sie erwähnt wurden wieder abgewürgt, weil die Konferenzen von Einzelpersonen dominiert waren. Wendet man nun Brainstorming erfolgreich an, so soll durch die Aktivierung des Unterbewusstseins dieses negative Denken vermieden werden. [Kniess 2006, S.57]

Durch die Anwendung des Brainstormings können vielversprechende Ergebnisse erzielt werden. Dabei sind jedoch folgende Grundregeln unerlässlich [Kniess 2006, S.57f]:

1. Quantität geht vor Qualität

Vor allem in der Phase der Ideengenerierung kommt es auf die Ideenmenge an. Je mehr Ideen erarbeitet werden, umso größer wird die Wahrscheinlichkeit, dass sich unter den erarbeiteten Ideen die *richtige* Idee befindet.

2. Keine Kritik

In der Ideengenerierungsphase muss bewusst auf Kritik oder Wertung verzichtet werden, da dies in einer späteren Phase stattfindet. In der Ideengenerierungsphase geht es ausschließlich um erfolgreiche, quantitative Ideengenerierung frei von jeglicher Kritik oder Wertung. Scheinargumente und Phrasen werden als Ideenkiller bezeichnet, die den Ideenfluss des Unterbewusstseins der Teilnehmer blockieren.

3. Freier Lauf der Assoziation

Den Gedanken ist freier Lauf zu geben, wobei auch Anregungen von Laien von den anwesenden Experten aufgenommen und akzeptiert werden müssen.

4. Aufgreifen und Weiterentwickeln Ideen Dritter

Brainstorming ist keine Einzelarbeit; deshalb sollen Einfälle und Ideen anderer Teammitglieder aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.58ff]

- Vorbereitungsphase

Zunächst wird ein Team mit 5-7 Teilnehmern (maximal 15) aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen, verschiedenen hierarchischen Ebenen, mit möglichst unterschiedlichen Kenntnissen und Erfahrungen zusammengestellt. Die Problemdefinition ist in dieser Phase exakt zu formulieren. In Bezug auf den fachlichen Hintergrund der Teilnehmer soll die Gruppe heterogen sein [Wall 1999, S.158].

- Durchführungsphase

Vorstellung des Problems für das Team. Danach sind Ideen zwischen den Teilnehmern, unter Einhaltung der oben genannten vier Grundregeln, auszutauschen und zu protokollieren. Diese Phase der Ideengenerierung sollte nicht länger als 30 Minuten dauern, da nach dieser Zeitspanne kaum noch neue Ideen zu erwarten sind.

- Auswertungsphase

Im Anschluss an eine Brainstorming-Sitzung sind alle vorgebrachten Ideen in Gruppen, der unmittelbar verwendbaren und unbrauchbaren Ideen, einzuordnen. Dies kann entweder durch einzelne Personen oder von einem Projektteam gemacht werden. Diese Sammlung der Ideen ist den Teilnehmern so schnell als möglich zu übergeben.

Vorteile [Kniess 2006, S.59ff]

- + Brainstorming verursacht geringen Kosteneinsatz.
- + Brainstorming-Sitzung kann kurzfristig einberufen und durchgeführt werden.
- + Brainstorming erfordert wenig Vorbereitungszeit.

- + Brainstorming erfordert geringes Methodenwissen.
- + Brainstorming wirkt motivierend und anregend.
- + Brainstorming nutzt Wissen mehrerer Personen.
- + Brainstorming kann einfach erlernt werden.
- + Einfache Anwendbarkeit und breite Akzeptanz bei den Teilnehmern [Wall 1999, S.158].

Nachteile [Kniess 2006, S.61]

- Dominanz einzelner Teilnehmer verursacht Spannungen.
- Teilnehmer können sich gezwungen fühlen, Äußerungen zu Utopien oder phantastischer Ideen zu tätigen.
- Finden neuer Perspektiven kann durch die inhaltliche Bindung der Teilnehmer an Erfahrungen verhindert werden.
- Generierte Ideen zu selektieren ist sehr aufwändig.

Die Rolle des Moderators

In der Durchführungsphase werden dem Moderator wichtige Aufgaben zuteil. Er muss darauf achten, dass die Gruppe nicht vom Thema abkommt und die vier Grundregeln beachtet und eingehalten werden. Der Moderator muss versuchen, Disharmonie und Spannungen zwischen den Teilnehmern auszugleichen bzw. zu verhindern. Bei Bedarf sind Impulse zu geben, sollte der Ideenfluss ins Stocken geraten. Der Moderator sollte jedenfalls im Hintergrund des Geschehens bleiben und geäußerte Ideen notieren, beispielsweise auf einem Flip-Chart, damit diese für alle sichtbar sind. Damit haben die Teilnehmer bereits vorgebrachte Ansätze zur Lösung eines Problems immer im Blickfeld und können darauf zurückgreifen. [Kniess 2006, S.59f]

4.1.1.2 Anonymes Brainstorming

Auch bei dieser Variante des Brainstormings ist ein Moderator notwendig. Bevor die eigentliche Brainstorming-Sitzung des gesamten Teams stattfindet sind von den Sitzungsteilnehmern bereits erste Lösungsansätze auszuarbeiten. Der Moderator sammelt diese ersten Lösungsansätze bereits vor der Gruppensitzung ein. In der Gruppensitzung werden diese Ideen vom Moderator vorgebracht und anschließend in der Gruppe diskutiert und weiterentwickelt. [Kniess 2006, S.63]

Vorteile [Kniess 2006, S.63]

- + Anregungen der einzelnen Teilnehmer als auch jene des Teams stehen zur Verfügung.
- + Jeder Teilnehmer kann sein Wissen ohne jeglichen Zwang einbringen.
- + Einsatz der Methode auch für große Gruppen möglich.
- + Das Nichteinbringen von Vorschlägen aufgrund von Konflikten im Team wird durch die Sammlung der Einzelvorschläge verhindert.

Nachteile [Kniess 2006, S.63f]

- Zusätzlich zu den Nachteilen die alle Brainstorming-Methoden aufweisen kommt noch die Tatsache hinzu, dass die Teilnehmer sich zu sehr auf ihre eigenen Ideen versteifen und festlegen, sodass neue und außergewöhnliche Ideen kaum zu erwarten sind.

4.1.1.3 Imaginäres Brainstorming

Das imaginäre Brainstorming versucht ungewöhnliche Ideen dadurch zu produzieren, indem der Denkprozess aus seiner gewohnten Bahn herausgelöst wird. Diese Variante des Brainstormings eignet sich vor allem zur Lösung von Analyseproblemen. [Kniess 2006, S.64]

Ein Team sollte zwischen 4 und 7 Teilnehmer haben, die irrealen Zustände (Utopien) ausgehend von einer unpräzisen Problemstellung erfinden sollen. Hierbei werden zuerst die hauptsächlichen Gegebenheiten des Problems durch andere, auch völlig fiktive Möglichkeiten, ersetzt. Zu diesem *imaginären Problem* werden im nächsten Schritt Lösungen gesucht. Diese

für die Utopie gefundenen Lösungen werden anschließend im nächsten Schritt auf das reale Problem übertragen. [Kniess 2006, S.64f]

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass „...damit ein wesentlich breiteres Ideenspektrum aufgezeigt wird als mit dem klassischen Brainstorming ...“. [Schlicksupp 1989, S.138]

Als spezifische Nachteile des imaginären Brainstormings ist zu beachten, dass es häufig zu Schwierigkeiten kommen kann in imaginären Problemen und Lösungen zu denken und innere Widerstände, Irreales zu erfinden, auftreten können. [Kniess 2006, S.65]

4.1.1.4 Diskussion 66

Diese von Philipps entwickelte Methode wurde ursprünglich verwendet, um im Anschluss an Reden und Vorträgen Diskussionen anzuregen. Dabei wird eine größere Gruppe von Teilnehmern in mehrere kleine Gruppen mit maximal 6 Teilnehmern aufgespalten. Alle somit entstandenen Gruppen erhalten dieselbe ungenaue, komplexe Problemstellung, wobei es sich sowohl um Analyseprobleme als auch um Suchprobleme handeln kann. [Kniess 2006, S.65]

Nachdem die Kleingruppen die Problemstellung erhalten haben, stehen ihnen 6 Minuten zur Lösung des Problems zur Verfügung. Daher stammt auch der Zusatz „66“ in der Methodenbezeichnung: Sechsergruppen suchen sechs Minuten nach Ideen. Nach diesen 6 Minuten werden die Lösungen der Kleingruppen allen Teilnehmern der anderen Kleingruppen im Plenum vorgetragen und anschließend diskutiert. [Kniess 2006, S.65]

4.1.1.5 Didaktisches Brainstorming

Bei dieser Variante des Brainstormings, auch Little-Technik genannt, wissen die Teilnehmer vorab nichts über die genaue Problemstellung. Einzig der notwendige Moderator kennt die genaue Problemstellung am Beginn der Sitzung. Dieser gibt zunächst nur allgemeine Aspekte des Problems bekannt und weitet diese Informationen sukzessive aus. Durch diese allgemeine Betrachtung am Beginn soll die Problemstellung erst im Laufe mehrerer Sitzungen von den Teilnehmern erarbeitet werden. Damit eine frühzeitige Einengung des Suchfeldes nicht stattfindet, wird die genaue Problemstellung bewusst nicht vorab definiert um auch weit entfernte Ideen und Lösungen entwickeln zu können. [Kniess 2006, S.65f]

Vorteile [Kniess 2006, S.66]

- + Einengung des Suchfeldes wird verhindert.
- + Genaue Erarbeitung einer Problemdefinition, da zuerst keine Einschränkungen stattfinden.
- + Weit entfernte Lösungsansätze können erarbeitet werden.

Nachteile [Kniess 2006, S.66]

- Lösungssuche ist aufwendig und nimmt viel Zeit in Anspruch.
- An den Moderator werden hohe Ansprüche gestellt.

4.1.1.6 Destruktiv-konstruktiv Brainstorming

Das destruktiv-konstruktiv Brainstorming wurde bei der Firma General Electric entwickelt und ist der Little-Technik sehr ähnlich, allerdings vom Umfang her umfassender. Bis zur Problemkonkretisierung ist die Durchführung die gleiche wie bei der Little-Technik. Danach werden zusätzlich Stärken und Schwächen einer derzeit denkbaren Lösung beurteilt. Somit sollen Ideen gesammelt werden, mit denen eine entgegen gerichtete Wirkung erzielt wird und somit eine Lösung verhindern (z.B. Wie können Käufer abgeschreckt werden?). Im nächsten Schritt werden neue Lösungsansätze, originelle und brauchbare Ideen für die zuvor identifizierten Schwachstellen und Fehler der derzeitigen Lösung ermittelt. [Kniess 2006, S.66f]

Nachteil [Kniess 2006, S.67]

- Risiko, sich zu früh auf einen Lösungsansatz zu fixieren. Eine Erweiterung des Lösungsfeldes und die Möglichkeit zur Findung neuer, origineller Ideen geht dadurch verloren.

4.1.1.7 SIL-Methode

Diese von Schlicksupp [1989, S.118] entwickelte Methode, SIL steht für Sukzessive Integration von Lösungselementen, verbindet Einzel- und Gruppenarbeit miteinander.

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.68] [Schlicksupp 1989, S.119]

- Es werden Gruppen mit 5-8 Gruppenmitgliedern (max. jedoch 15 Personen) gebildet. Danach wird das Problem allen vorgestellt und eine exakte Problemstellung definiert. Anschließend hat jedes Gruppenmitglied ca. 10-20 Minuten Zeit um individuelle Lösungsvorschläge zu entwerfen.
- Im nächsten Schritt werden die Lösungsvorschläge von zwei Teilnehmern vor der Gruppe präsentiert und erläutert.
- Die gesamte Gruppe entwickelt nun gemeinsam eine erste integrierte Idee als Kombination der zwei zuvor dargestellten Lösungsvorschläge. Dabei sollte versucht werden jeweils die größten Vorteile der beiden Vorschläge zu kombinieren.
- Anschließend wird der nächste Lösungsvorschlag von einem weiteren Teilnehmer mitbezogen. Vorschläge müssen in allen Belangen besser sein, damit diese berücksichtigt werden können.
- Die Gruppe versucht nun die Vorteile des dritten Einzelschlages mit der ersten integrierten Idee zu einer noch besseren zweiten integrierten Idee zu verbinden.
- Durch diese sukzessive Integration weiterer positiver Aspekte anderer Vorschläge und der darauffolgenden Gruppendiskussionen soll die Lösung Schritt für Schritt genauer und konkreter werden.

Vorteile [Kniess 2006, S.69]

- + Methode ist aufgrund der systematischen Kombination der Lösungsansätze auch für komplexe Problemstellungen geeignet.
- + Durch den ständigen Wechsel zwischen Einzel- und Gruppenarbeit ist eine deutlich höhere Akzeptanz der Gesamtlösung erreichbar.

Nachteile [Kniess 2006, S.69]

- Suchfeld für ungewöhnliche Ideen wird wegen der Fixierung auf bereits vorhandene Lösungen stark eingeengt.
- Erfahrene Moderatoren notwendig.
- Gute Teamfähigkeit der einzelnen Mitglieder erforderlich.

4.1.2 Methoden des Brainwriting

Mithilfe des Brainwritings werden die Nachteile der Gruppendiskussion, wie sie bei den Methoden des Brainstormings auftreten, vermieden.

4.1.2.1 Methode 635

Zu den bekanntesten schriftlichen Ideenfindungsmethoden zählt die Methode 635. Mit ihr soll die Qualität der Ideen gesteigert werden, indem Ideen aufgegriffen und erweitert werden. [Schlicksupp 1989, S.114] Besonders gut eignet sich diese Methode, ebenso wie das Brainstorming, für abgegrenzte Suchprobleme mit gewissen Einschränkungen auf Analyseprobleme. [Kniess 2006, S.70]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.70f] [Schlicksupp 1989, S.114f]

- Zunächst wird eine Gruppe mit sechs Teilnehmern gebildet.
- Ein vorgegebenes Problem wird analysiert und präzise formuliert.
- Jeder Teilnehmer erhält ein Formular (Aufbau: 6 Zeilen und 3 Spalten) in das zunächst 3 Lösungsvorschläge in etwa fünf Minuten eingetragen werden.
- Danach gibt jeder Teilnehmer sein Formular im Uhrzeigersinn an den nächsten Teilnehmer weiter. Die vom Vorgänger eingetragenen Vorschläge werden durchgesehen und in der nächsten Zeile drei weitere Lösungsvorschläge eingetragen. Bei diesen neu eingetragenen Lösungsvorschlägen kann es sich um Weiterentwicklungen bestehender Ansätze oder aber auch um völlig neue Ansätze handeln. Nach fünf Minuten wird das Formular wieder weitergegeben.

- Beendet ist Methode 635, wenn jeder Teilnehmer jedes Formular bearbeitet hat.
- Im Anschluss erfolgt die Auswertung und Analyse der vorgebrachten Vorschläge auf deren Verwendbarkeit.

Durch diese Methode der Ideengenerierung werden innerhalb von 30 Minuten maximal 108 (=6x3x6) Lösungsvorschläge erzeugt. Die vorgegebene Zeitspanne von fünf Minuten, zum Eintragen der Lösungsvorschläge, kann in den späteren Runden, aufgrund des steigenden Zeitbedarfs zum Durchlesen der Vorschläge der Vorgänger, auf ca. acht Minuten ausgedehnt werden. [Kniess 2006, S.71]

Vorteile [Kniess 2006, S.72f]

- + Generierung einer großen Anzahl an Lösungsvorschlägen innerhalb kurzer Zeit.
- + Konflikte und Spannungen zwischen den Teilnehmern werden durch die schriftliche Form der Ideenfindung erheblich reduziert.
- + Gleichzeitiges Einbeziehen aller Teilnehmer verhindert die Problematik der Dominanz Einzelner.
- + Es ist nicht unbedingt ein erfahrener und geschulter Moderator notwendig.
- + Protokollieren entfällt da Ideen schriftlich festgehalten werden.
- + Für visuell veranlagte Teilnehmer besonders geeignet.

Nachteile [Kniess 2006, S.73f]

- Keine Rückfrage möglich, deshalb könnte nachfolgender Teilnehmer Lösungsansätze des Vorgängers falsch interpretieren.
- Eingeschränktere Kommunikation als bei den einzelnen Brainstorming-Techniken.
- Nur Lösungsansätze vorgelagerter Teilnehmer ersichtlich.
- Für Teilnehmer könnte wegen des vorgegebenen Zeitintervalls eine Stresssituation entstehen.
- Doppelnennungen möglich.

4.1.2.2 Brainwriting-Pool

Mit dieser, von Schlicksupp [1989, S.117f] auf der Grundlage der Methode 635 entwickelten, Methode werden die Nachteile der Methode 635 gelöst. Dies geschieht dadurch, indem man auf besondere Formulare verzichtet und die Einhaltung der Zeitspanne der Methode 635 aufhebt. Die Teilnehmer können somit die Ideenproduktion dem eigenen Arbeitsrhythmus anpassen.

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.74ff]

- Bereits vor dem Beginn der Sitzung wird ein Formular mit einigen Lösungsvorschlägen in die Mitte des Tisches gelegt.
- Jeder der 4-7 Teilnehmer erhält ein Blatt mit der exakten Problembeschreibung.
- Jeder Teilnehmer hält seine Lösungsvorschläge, Anzahl ist nicht beschränkt, auf dem Papierblatt fest.
- Nun wird das Papierblatt anstatt es weiterzureichen mit einem Formular aus der Tischmitte, dem sogenannten Pool, ausgetauscht.
- Somit erhält man eine große Anzahl an Lösungsansätzen die sich aufeinander beziehen.

4.1.2.3 Mind-Mapping

Mind-Mapping ist eine Kombination aus Brainstorming und einer graphischen Darstellung. Zur Findung neuer Lösungen werden dabei Probleme in bildlicher Form dargestellt. Bekannt ist die Mind-Mapping Methode eher als Notier-Technik denn als eine Technik zur Ideensuche. Das Haupteinsatzgebiet dieser Methode liegt in den frühen Phasen der Ideenfindung. Durch die bildhafte Darstellung von komplexen Problemen in Symbolen, Zahlen, Bildern und Kategorien werden beide Gehirnhälften der Teilnehmer angesprochen. Mind-Mapping nutzt die Erkenntnis, dass durch die visuelle Darstellung die Problemstellungen besonders gut eingepreßt werden. Aufgrund der leichten Erlernbarkeit ist diese Methode sehr vielseitig einsetzbar. Zur Durchführung sind ein Moderator sowie Papier, Flip-Charts und Schreibutensilien notwendig. [Kniess 2006, S.76]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.77]

- In der Mitte eines Blattes wird zum Thema passend ein Schlüsselwort definiert und niedergeschrieben.
- Ausgehend vom Schlüsselbegriff gehen Linien weg, die das Thema in mehrere Bereiche gliedern. Dadurch sollen neue Ideen und Assoziationen entstehen (siehe Abbildung 4.1).
- Ausgehend von diesen, mit einem weiteren Schlüsselwort beschriebenen, Ästen können zur weiteren Strukturierung neue Zweige weggehen. Die Anzahl an Hauptästen sollte nicht mehr als 4-6 betragen.
- Ideenbereiche werden mit den Hauptästen beschrieben und mit Hilfe von Nebenästen werden Ideen konkretisiert und weitere Details ausgearbeitet. Zwischen den Ästen sind Querverbindungen möglich.
- Die Dauer einer Mind-Mapping-Sitzung ist grundsätzlich beliebig. Bei einfachen Problemen sollten zwischen 20 und 30 Minuten geplant werden.

Vorteile [Kniess 2006, S.78]

- + Einfach erlernbar.
- + Auch für Einzelarbeit geeignet.
- + Bildhafte Darstellung fördert schnelle Erfassung des Themengebietes.
- + Unterstützung für visuell veranlagte Personen.

Nachteile [Kniess 2006, S.78]

- Richtige Schlüsselworte zu finden ist oftmals schwierig.
- Komplexe Zusammenhänge werden nicht systematisch erfasst.
- Größerer Zeitaufwand bei komplexen Problemstellungen.

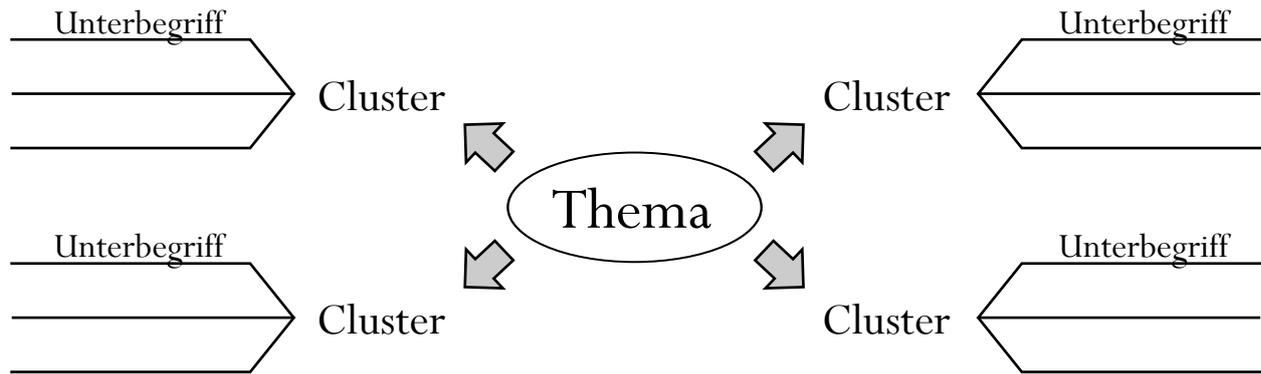


Abbildung 4.1: Prinzipdarstellung einer Mind-Map [Ophey 2005, S.47]

4.1.2.4 Kärtchen-Befragung

Bei der Methode Kärtchen-Befragung schreibt jeder Teilnehmer anonym alle Lösungsansätze auf kleine Kärtchen. Eine Gruppe sollte zwischen 5 und 8 Teilnehmer haben, maximal jedoch 15. Nach ca. 10 Minuten werden sämtliche Kärtchen vom Moderator eingesammelt und nach unterschiedlichen Kriterien geordnet. Im Anschluss daran diskutiert die Gruppe über die eingebrachten Lösungsansätze um daraus eine genauere Lösung zu entwickeln. [Kniess 2006, S.88]

Alternativ können die Kärtchen, bevor sie vom Moderator eingesammelt werden, an den Nachbar weitergegeben werden, um sich von den Ideen anderer anregen zu lassen. Die Kärtchen werden dabei solange im Kreis weitergegeben, bis schließlich jeder Teilnehmer jedes Kärtchen gelesen hat und danach in der Tischmitte platziert. Ebenso können die Kärtchen anstelle des Weiterreichens von Teilnehmer zu Teilnehmer mit zuvor in der Mitte des Tisches abgelegten Kärtchen getauscht werden. Dadurch können die Teilnehmer ihren eigenen Arbeitsrhythmus entwickeln und Ansätze in unregelmäßigen Abständen einbringen. [Kniess 2006, S.88f]

In der ersten Phase, der individuellen Generierung von Lösungsansätzen, können die Teilnehmer räumlich und auch zeitlich getrennt sein. Innerhalb der zweiten Phase, der gemeinsamen Erarbeitung einer Lösung durch die Gruppe, ist dies jedoch nicht mehr möglich. [Kniess 2006, S.89]

Die Vorteile und Nachteile sind in etwa die gleichen wie jene der SIL-Methode. [Kniess 2006, S.89]

4.1.2.5 Collective-Notebook Methode

Die Collective-Notebook Methode kann in Einzelarbeit durchgeführt werden und eignet sich für abgegrenzte Suchprobleme. Dabei handelt es sich um eine Art Solo-Brainstorming kombiniert mit einem gewissen Leistungsdruck. [Kniess 2006, S.94]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.94f]

- Die Teilnehmer erhalten Notizbücher mit der exakten Problemstellung.
- Danach haben die Teilnehmer einen gewissen Zeitraum zur Verfügung, eine eigenständige Problemanalyse durchzuführen und schriftlich, z.B. einmal oder mehrmals pro Tag, spontane Einfälle und Ideen niederzuschreiben.
- Im Anschluss daran werden die Notizbücher mit den Lösungsvorschlägen gesammelt und ausgewertet.
- Es besteht auch die Möglichkeit, dass die Notizbücher untereinander ausgetauscht werden, um sich von den Ideen anderer inspirieren zu lassen und diese vorhandenen Ideen gegebenenfalls weiterzuführen.

Vorteil [Kniess 2006, S.95]

- + Gleich wie bei der Kärtchen-Befragung hat auch die Collective-Notebook Methode den Vorteil der zeitlichen und örtlichen Unabhängigkeit.

Nachteil [Kniess 2006, S.95]

- Nachteilig wirkt sich hingegen der große Zeitaufwand für die Auswertung bei zu vielen Notizbüchern aus.

4.1.2.6 Galerie-Methode

Die Galerie-Methode zeichnet sich durch die Verknüpfung von Einzel- und Gruppenarbeit aus. Bei dieser Methode nehmen sowohl Experten als auch Nicht-Experten teil. [Kniess 2006, S.95]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.95]

- Problemkonkretisierung

In dieser ersten Phase wird das Problem konkretisiert und in Frageform erfasst, beispielsweise: Wie lässt sich unser Produkt verbessern?

- Erste Lösungsfindung

In dieser Phase der ersten Lösungsfindung werden möglichst spontan erste Lösungen von den Teilnehmern kreiert.

- Assoziation

Anschließend werden in der Assoziationsphase alle Lösungsansätze wie in einer Galerie ausgehängt, analysiert und danach diskutiert.

- Zweite Lösungsfindung

In der folgenden zweiten Lösungsfindungsphase fließen die aus der visuellen Erfassung und Diskussion der Lösungen der anderen Teilnehmer erzielten Erkenntnisse in eine Verfeinerung und Verbesserung der eigenen Lösung ein.

- Auswahl

Der Prozess wird durch eine Analyse aller Vorschläge auf ihre Verwendbarkeit und die anschließende Auswahl der erfolgversprechendsten Lösung abgeschlossen.

Vorteilhaft an dieser Galerie-Methode sind die Tatsachen, dass nicht zwingend ein Moderator notwendig ist und auch Gruppen mit einer größeren Anzahl an Teilnehmern möglich sind. [Kniess 2006, S.96]

4.1.3 Weitere intuitiv-kreative Methoden

4.1.3.1 Bionik

Bionik beruht auf der Idee der Übertragung von Strukturen bzw. Systemen der Natur auf technische Lösungen. Dabei wird beobachtet wie die Natur Probleme löst. Die daraus erhaltenen Lösungsprinzipien werden danach auf menschlich-technische Problemstellungen übertragen. In der Natur gibt es sehr viele Möglichkeiten, die durch Beobachten auf menschlich-technische Probleme übertragen werden können. Vor allem bei der Bearbeitung technisch

komplexer Problemstellungen ist es ratsam einen erfahrenen Bioniker in den Problemlösungsprozess mit einzubeziehen. [Kniess 2006, S.101ff]

4.1.3.2 Klassische Synektik

Bei allen synektischen Methoden werden problemfremde Reizwörter zur Problemlösung verwendet, indem man diese Reizwörter verwendet und auf das eigentliche Problem überträgt. Ziel der Synektik ist es, durch systematische Verfremdung des Problems neue Lösungsansätze zu generieren. Die unterschiedlichen synektischen Methoden unterscheiden sich in der Vorgehensweise zur Erlangung dieser Reizwörter. [Kniess 2006, S.106]

Die klassische Synektik basiert im Wesentlichen auf zwei Prinzipien [Kniess 2006, S.107]:

Mache dir das Fremde vertraut! und

Entfremde das Vertraute!

Im ersten Prinzip steckt die Forderung nach einer gründlichen Analyse des Problems. Hingegen werden die Teilnehmer im zweiten Prinzip aufgefordert, durch die Bildung von Analogien, beispielsweise aus Natur und Technik, sich von der ursprünglichen Problemstellung nach und nach zu entfremden um nach neuen originellen Lösungen zu suchen. [Kniess 2006, S.107]

Bei der Zusammensetzung einer Gruppe sollte auf ein interdisziplinäres, jedoch sozial homogenes Gefüge von Teilnehmern geachtet werden, wobei eine Gruppe aus 6-8 Teilnehmer (maximal 12) bestehen soll. Für eine effiziente und zielgerichtete Durchführung einer Sitzung ist ein qualifizierter Moderator notwendig. Je nach Komplexität der Problemstellung dauert eine Synektik-Sitzung ca. zwei Stunden. Die Fähigkeit der Teilnehmer, Denkblockaden abzubauen und Analogien zu bilden, beeinflusst die Ergebnisse einer Synektik-Sitzung wesentlich. [Kniess 2006, S.108]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.108ff] [Schlicksupp 1989, S.122f]

- In der ersten Phase erfolgt eine Problemanalyse sowie die genaue Abgrenzung und Formulierung des Problems.
- Danach werden von den Teilnehmern spontane Lösungen genannt. So wird bei den Teilnehmern Platz für neue Gedanken geschaffen.

- Im Anschluss wird durch Verfremdung das Problem in andere Bereiche übertragen. Diese direkten Analogien aus Technik, Natur etc. werden auf Karten festgehalten. Diese Karten werden danach gut sichtbar auf einer Wand befestigt und die Gruppe wählt daraus die interessanteste Analogie, welche weiterentwickelt werden soll, aus.
- Die Teilnehmer entwickeln nun Analogien persönlicher Art, indem sie sich in die Rolle des Objektes versetzen. Durch diese Beschreibung eines Objektes in der Ich-Form erfolgt eine weitere Verfremdung.
- Zusätzlich zu den persönlichen Analogien werden symbolische Analogien entwickelt, wobei bewusst Konfliktsituationen durch die Wahl möglichst paradoxer Formulierungen erzeugt werden, zum Beispiel: eisige Wärme. Die Lösungen werden wieder auf Karten geschrieben und daraus wird die beste Analogie als Grundlage für die nächste Phase ausgewählt.
- Es erfolgt nun eine neuerliche Bildung direkter Analogien mit anschließender Analyse der Merkmale. Der Prozess der Verfremdung ist damit abgeschlossen.
- Im Anschluss daran sind nun die gewonnen Erkenntnisse über die Merkmale der letzten Analogiestufe auf das Ausgangsproblem zu transferieren.

Vorteile [Kniess 2006, S.110]

- + Verfremdung des Problems.
- + Findung außergewöhnlicher Ideen wird erleichtert.
- + Komplexe Aufgabenstellungen können gelöst werden.
- + Psychologisch fundierte Methode.

Nachteile [Kniess 2006, S.110]

- Sehr anspruchsvolle Methode.
- Sehr zeitintensive Methode.
- Erfahrener und entsprechend geschulter Moderator notwendig.
- Teilnehmer an Synektik-Sitzungen sollten ebenfalls geschult sein.
- Bei der Synektik werden im Vergleich mit dem Brainstorming wesentlich höhere Anforderungen an den Moderator gestellt [Wall 1999, S.160].

4.1.3.3 Visuelle Synektik

Ausgehend von der Tatsache, dass kreative Prozesse von unterschiedlichen Anreizen unterschiedlich beeinflusst werden, versucht die visuelle Synektik durch visuelle Reize die Wahrnehmungen der einzelnen Teilnehmer zu erhöhen und damit für die Problemlösung zu nutzen. Die Teilnehmer erhalten eine Mappe mit unterschiedlichen Bildern, welche die Analogiebildung und die Übertragung von Strukturmerkmalen der Bilder auf das Problem unterstützen sollen. [Kniess 2006, S.114]

4.1.3.4 Reizwort-Analyse

Bei der Reizwort-Analyse erhalten die Sitzungsteilnehmer ca. 10 Begriffe (Reizwörter) die mit dem Thema der Problemstellung scheinbar nichts zu tun haben. Bei der Reizwort-Analyse fällt im Vergleich zur klassischen Synektik die Phase der Analogiesuche weg, was nicht als Vorteil zu betrachten ist, denn dadurch entsteht keine wesentliche Verfremdung. Auch wenn für die Moderation kein geschulter Moderator notwendig ist, können durchaus auch originelle Ideen entstehen. [Kniess 2006, S.116ff]

4.2 Systematisch-analytische Methoden

Die systematisch-analytischen Methoden sollen helfen, ein komplexes Problem in eine Vielzahl unabhängiger Teilprobleme zu gliedern und diese Teilprobleme jeweils für sich zu lösen. Dabei steht stets die systematische Erarbeitung von Ideen im Vordergrund. Eine Gesamtlösung erhält man durch Kombination bzw. durch Strukturierung und Variation der Einzellösungen. [Kniess 2006, S.38]

4.2.1 Morphologischer Kasten

Unter Morphologie versteht man die „... *Lehre von den Gebilden, Formen, Gestalten, Strukturen ...*“ und deren Ordnungs- bzw. Aufbauprinzipien. Als Morphologie kann auch jede nach bestimmten Prinzipien hergestellte Ordnung bezeichnet werden. Wird nun dieses Merkmal der Ordnung auf das menschliche Denken übertragen, kann Morphologie als die „*Lehre vom geordneten Denken*“ beschrieben werden. [Schlicksupp 1989, S.80f]

Beim Morphologischen Kasten handelt es sich um ein Klassifikationsverfahren mit dem Ziel, ein Problem auf analytisch-logischem Wege in seine Komponenten zu zerlegen. Die Methode ist sowohl für Einzelpersonen als auch für Gruppen geeignet, wobei die Gruppen aus 7-10 Teilnehmer bestehen sollten. Besonders häufig wird diese Methode zur Ideenfindung aber auch zur Prognose technischer Entwicklungen herangezogen. Bei der Erstellung eines Morphologischen Kastens werden weitere Methoden, wie das systematische Erfassen und Auflisten, Variieren von Elementen, Problemzerlegung und Kombination, als Hilfsmittel genutzt. [Kniess 2006, S.125]

Eine vollständige Kenntnis der in der Zukunft auftretenden technischen Möglichkeiten ist nicht möglich, jedoch werden durch die systematische Kombination bekannter Merkmalsausprägungen bis dahin oft unbekannte Lösungsansätze entwickelt. Somit können auch komplexe Problemstellungen damit bearbeitet werden. [Kniess 2006, S.128]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.125ff] [Schlicksupp 1989, S.82f]

- Analyse, Definition des Problems und geeignete Verallgemeinerung: Neuartige Lösungen dürfen nicht bereits im Vorhinein durch ungeeignete Merkmalsformulierungen ausgeschlossen werden.
- Problem in Parameter gliedern: Ein technisches System besteht aus mehreren Teilfunktionen (Parametern), die in der ersten Spalte einer Matrix untereinander eingetragen werden.
- Mögliche Ausprägungen der Parameter ermitteln: Um den Morphologischen Kasten nun zu vervollständigen, werden die einzelnen Ausprägungen der Parameter in die Zeilen der Matrix eingetragen. Dabei sollten zumindest 3 Ausprägungen gefunden werden, die konkret sind und sich wesentlich voneinander unterscheiden.
- Analyse der Alternativen: Jeder Parameter darf nur eine Ausprägungen aufweisen und die Merkmale werden durch Linienzüge miteinander kombiniert. Dabei muss jeder Parameter berücksichtigt werden.
- Alternativenauswahl: Dadurch lassen sich technisch und/oder wirtschaftlich nicht realisierbare Lösungen frühzeitig erkennen.

Durch die Darstellung des Morphologischen Kastens in Matrizenform können große Mengen an Informationen relativ klar und strukturiert angeordnet werden. Wie der prinzipielle

Aufbau und die Struktur eines Morphologischen Kastens aussehen ist in Abbildung 4.2 dargestellt.

Parameter	Ausprägungen der Parameter			
Parameter A	Ausprägung A1	Ausprägung A2	Ausprägung A3	...
Parameter B	Ausprägung B1	Ausprägung B2	Ausprägung B3	...
Parameter C	Ausprägung C1	Ausprägung C2	Ausprägung C3	...
...

Abbildung 4.2: Prinzipieller Aufbau eines Morphologischen Kastens [Schlicksupp 1989, S.143]

Schwierigkeiten bei der Anwendung

Um im Vorhinein keine Alternativen auszuschließen, darf das Problem nicht zu eng abgegrenzt werden. Das Finden von Parametern kann sich durchaus schwierig gestalten. Die gewählten Parameter müssen voneinander unabhängig sein damit sie beliebig kombiniert werden können. Werden gleiche Eigenschaften durch mehrere Parameter erfasst, so muss ein Parameter entfernt werden. Bei komplexen Problemstellungen kann der Zeitaufwand bis zu mehreren Tagen in Anspruch nehmen. Deshalb ist eine zielorientierte Selektion, d.h. nur die sinnvollsten Ausprägungen werden anhand von problemspezifischen Kriterien ermittelt, und eine Zerlegung in Teilprobleme, d.h. erstellen von Unter-Matrizen, notwendig. [Kniess 2006, S.129]

Vorteile [Kniess 2006, S.132]

- + Vielzahl an Lösungsmöglichkeiten wird aufgezeigt.
- + Systematische Erfassung des Problems.
- + Übersichtliche Darstellung der Lösungsvarianten.

Nachteile [Kniess 2006, S.133]

- Sehr arbeits- und zeitaufwändige Methode.

4.2.2 Attribute-Listing

Diese dem Morphologischen Kasten ähnliche Methode ist von ihrem Anwendungsbereich her eingeschränkt und wird zur Verbesserung bzw. Weiterentwicklung bereits bestehender Produkte oder Verfahren eingesetzt. Es wird dabei systematisch versucht, alle Produktmerkmale mit den dazugehörigen Ausprägungen aufzuzeigen und diese zu beschreiben. [Schlicksupp 1989, S.89f]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.138ff]

- Das Untersuchungsobjekt wird vor dem Beginn der Sitzung zuerst in dessen Merkmale zerlegt.
- Danach erfolgt eine Beschreibung der derzeitigen Lösungsmerkmale.
- Im nächsten Schritt erfolgt nun eine systematische Suche nach Variationsmöglichkeiten für alle Merkmale. Die ersten beiden Prozessschritte werden von Einzelpersonen durchgeführt, die Ideenfindung findet hingegen in Gruppenarbeit (4-8 Teilnehmer) statt. Brainstorming, Methode 635 oder Brainwriting können bei der Ideensuche unterstützend angewendet werden.
- Anschließend an die Ideenfindung erfolgt eine Grobauswahl der möglichen Änderungen und Verbesserungen durch die Gruppe. Danach wird in der Regel vom Problemsteller die endgültige Attribute-Listing festgelegt.

Vorteile [Kniess 2006, S.140]

- + Übersichtliche Erfassung der Problemstellung.
- + Generierung einer großen Anzahl an Lösungsmöglichkeiten.
- + Bei der Anwendung dieser Methode können auch nicht so geschulte Moderatoren wegen der relativ einfachen Vorgehensweise zum Einsatz kommen.

4.2.3 KJ-Methode

Die KJ-Methode wurde vom japanischen Anthropologen Kawakita Jiro entwickelt, „... *dient der intensiven analytischen Durchdringung komplexer Problembereiche ...*“ und findet unter anderem bei der Lösung ingenieurtechnischer Probleme seine Anwendung. [Schlicksupp 1989, S.77]

Vorgehensweise [Kniess 2006, S.143f]

- Zunächst werden ausgehend von einer komplexen und ungenauen Problemstellung sämtliche Informationen, die zum Problem spontan einfallen, gesammelt und auf Kärtchen (eine Information auf ein Kärtchen) festgehalten. Zwischen 50 und 200 Kärtchen werden als sinnvoll angesehen, je nach Problem können es jedoch auch mehr sein. Eine Obergrenze gibt es dafür nicht.
- Alle Kärtchen werden auf einen Tisch gelegt, gruppiert und nach Überbegriffen für die einzelnen Gruppierungen gesucht. Die Gruppierung wird solange wiederholt, bis ein Problem durch die Überbegriffe aufgezeigt wird.
- Bei der danach stattfindenden Lösungsfindung werden die Beziehungen zwischen den gebildeten Gruppierungen untereinander untersucht.

4.2.4 Progressive Abstraktion

Mit Hilfe der progressiven Abstraktion wird versucht, die Wechselwirkungen zwischen einem gegebenen Problem und dem Zielsystem herauszuarbeiten. Ausgehend von möglicherweise nur vage und ungenau definierten Problemfeldern wird in mehreren Formulierungsstufen versucht, genauere Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten. Dabei wird grundsätzlich eine zentrale Frage gestellt: *Worauf kommt es eigentlich an?* [Schlicksupp 1989, S.66]

Schritt für Schritt wird durch das wiederholte Stellen dieser Frage das Abstraktionsniveau erhöht, womit der Durchführende zur Findung neuer Lösungsansätze für das definierte Problem gezwungen wird. Durch die stetige Erhöhung des Abstraktionsniveaus werden neuartige Sichtweisen in den Prozess der Lösungsfindung miteinbezogen. [Kniess 2006, S.142]

Bei der wiederholten Fragestellung können Problemdefinitionen führen, die außerhalb des Maßnahmenbereiches des Anwenders liegen. Deshalb macht es in Einzelfällen durchaus Sinn

die allgemeine Fragestellung „Worauf kommt es eigentlich an?“ durch spezielle Fragestellungen auszutauschen. [Schlicksupp 1989, S.69]

4.3 TRIZ

TRIZ ist eine von Genrich Saulovich Altschuller (1926-1998) entwickelte Methodik. TRIZ steht für eine russische Abkürzung und bedeutet sinngemäß ins Deutsche übersetzt „*Theorie des erfinderischen Problemlösens*“. [Gausemeier et al. 2001, S.132] Altschuller erkannte bei der systematischen Analyse zahlreicher Patenten, dass Erfindungen immer wieder bestimmten Gesetzmäßigkeiten und Regeln folgen. Durch diese Analyse kam Altschuller zu folgenden Erkenntnissen [Eversheim et al. 2002, S.151]:

- Bereits eine präzise Beschreibung eines vorhandenen Problems führt sehr oft zu kreativen Problemlösungen.
- Eine Vielzahl an Problemen wurden bereits unter einem anderen Namen in anderen Branchen, aber durchaus inhaltlich vergleichbar, gelöst.
- Das zentrale Element tausender Patentschriften, welches immer wieder Innovationen produziert, ist der Widerspruch.
- Die Weiterentwicklung technischer Systeme folgt bestimmten Grundregeln.

4.3.1 Die TRIZ-Vorgehensweise

Viele Entwickler versuchen, meist immer durch ein „Trial-and-Error“-Vorgehen den direkten Weg vom Problem zur Problemlösung zu gehen. Die TRIZ-Methodik hingegen geht den weitaus effizienteren Weg und betrachtet unter Nutzung von Analogien Standard-Probleme und deren zugehörigen Standard-Lösungen. [Terninko et al. 1998b, S.118]

Das Vorgehen, wie in Abbildung 4.3 dargestellt, wird in 4 Schritten zusammengefasst [Gundlach u. Nähler 2006, S.15f]:

1. Schritt: Beschreibung und Definition des konkreten Problems.
2. Schritt: Abstraktion durch Umwandlung des spezifischen Problems in eine abstrahierte Problembeschreibung.

3. Schritt: Transformation durch Identifikation früherer, bekannter Lösungsverfahren für die abstrakte Problemstellung.
4. Schritt: Rücktransformation der gefundenen abstrakten Lösung auf die konkrete Problemstellung.

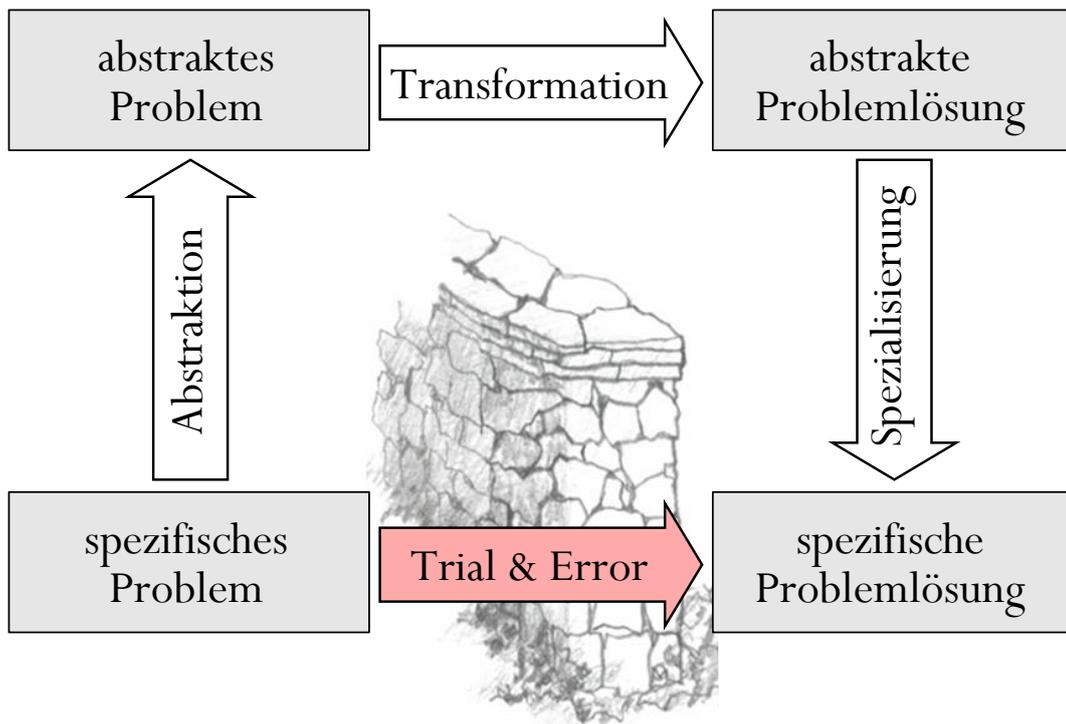


Abbildung 4.3: TRIZ-Vorgehensweise [Gundlach u. Nähler 2006, S.17]

4.3.2 Methoden des TRIZ

Die TRIZ-Methodik ist eine Methodensammlung mit deren Hilfe systematisch neuartige und innovative Produktideen zur Lösung technischer und technisch-wirtschaftlicher Probleme generiert werden können. [Gausemeier et al. 2001, S.132] Nachfolgend werden verschiedene, von Altschuller entwickelte, Methoden vorgestellt und analysiert.

4.3.2.1 Idealität

Ein Ziel der TRIZ-Methodik ist es, anhand der Strukturierung und darauffolgender Abstrahierung des Problems eine ideale Lösung für das vorhandene Problem zu finden. Eine ideale Lösung liegt dann vor, wenn alle Anforderungen die an eine Lösung gestellt werden ohne Einschränkungen erfüllt werden. [Gausemeier et al. 2001, S.132f] Ausgehend von der Beschreibung des idealen Endresultates müssen nun Lösungen für das Problem gefunden werden die möglichst wenig davon abweichen. [Terninko et al. 1998b, S.147]

Mit dem Werkzeug der Idealität soll ohne Rücksicht auf Restriktionen die bestmögliche Lösung eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems beschrieben werden. Dabei wird im ersten Schritt das ideale Endergebnis formuliert. [Terninko et al. 1998a, S.95]

Unter Idealität versteht man das Verhältnis der Gesamtheit aller gewünschten Funktionen und der Gesamtheit aller schädlichen Faktoren eines technischen Systems. Um nun die Idealität eines technischen System steigern zu können, sollte daher die Summe der gewünschten Funktionen erhöht und/oder die Summe der schädlichen Faktoren verringert werden. [Terninko et al. 1998a, S.95]

Diese Fiktion des idealen Endergebnisses ist in der Regel nicht zu erreichen. Es ist jedoch sehr hilfreich, denn das ideale Endergebnis soll helfen, sich nach der bestmöglichen Lösung zu orientieren. Die reale Lösung soll demnach möglichst nahe an das Ideal herankommen. Will man schließlich dieses ideale Endergebnis erreichen, so ist es notwendig dieses ideale Endergebnis zu kennen. [Pannenbäcker 2001, S.127]

In Kombination mit dem Werkzeug der Widersprüche werden durch die Idealität gewünschte Funktionen vorgegeben und hilft nun damit beim Formulieren von Widersprüchen. Es kann jedoch auch aus einem Widerspruch ein ideales Endergebnis ausgearbeitet werden. Kombiniert man das Werkzeug der Idealität mit dem Werkzeug der Evolutionsmuster, so gibt ein generiertes ideales Endergebnis Hinweise darauf, welche Evolutionsmuster beim Lösen eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems relevant sein können. [Pannenbäcker 2001, S.127]

4.3.2.2 Widersprüche

Ein weiteres Ziel der TRIZ-Methodik zur Entwicklung innovativer Lösungen ist, neben der Erhöhung der Idealität, die Überwindung von Widersprüchen. [Gausemeier et al. 2001, S.134]

Die Methode der Widersprüche stellt gegensätzliche Wirkungen eines technischen Systems gegenüber und beruht auf einer funktionsorientierten Sichtweise, die typisch für die Funktionsanalyse ist. Mit Hilfe der Widersprüche kann ein Problem prägnant formuliert werden. [Pannenbäcker 2001, S.86]

Ein Widerspruch im Sinne des Methodischen Erfindens liegt dann vor, wenn eine gewünschte Funktion auf herkömmliche Weise bereitgestellt wird und sich dadurch ein schädlicher Faktor einstellt. Technische Systeme können in der Regel sowohl nützliche Wirkungen - sogenannte gewünschte Funktionen - als auch nachteilige Wirkungen - sogenannte schädliche Faktoren - bereitstellen. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Widersprüchen unterscheiden: technische Widersprüche und physikalische Widersprüche (siehe Abbildung 4.4). Bei technischen Widersprüchen greift der schädliche Faktor und die gewünschte Funktion an unterschiedlichen Parametern eines technischen Systems an. [Pannenbäcker 2001, S.86] Bei physikalischen Widersprüchen hingegen greifen beide, sowohl der schädliche Faktor als auch die gewünschte Funktion, an ein und denselben Parameter des technischen Systems an, was zur Folge hat, dass der Parameter in zwei gegensätzlichen Zuständen existieren soll. [Terninko et al. 1998a, S.65]

Um einen technischen Widerspruch in einen physikalischen Widerspruch umzuwandeln, müssen die Charakteristiken des erwünschten und des nicht erwünschten Ergebnisses identifiziert werden. [Terninko et al. 1998a, S.78] Dabei muss ein Parameter identifiziert werden, der beide Parameter im technischen Widerspruch beeinflussen kann. Der neu identifizierte Parameter wird dann als Parameter des physikalischen Widerspruchs gewählt. [Pannenbäcker 2001, S.87] Dieser Prozess kann somit einen einzigen technischen Widerspruch in mehrere physikalische Widersprüche überführen. [Terninko et al. 1998a, S.78]

Ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem kann durch das Gegenüberstellen einer gewünschten Funktion und des dazugehörigen schädlichen Faktors auf zwei wesentliche Bestandteile heruntergebrochen werden. Durch diese Reduzierung auf zwei Bestandteile werden unüberwindlich erscheinende Barrieren aufgezeigt. Allein das Formulieren eines Widerspruchs führt erfahrungsgemäß zu spontanen Lösungsideen. [Pannenbäcker 2001, S.87]

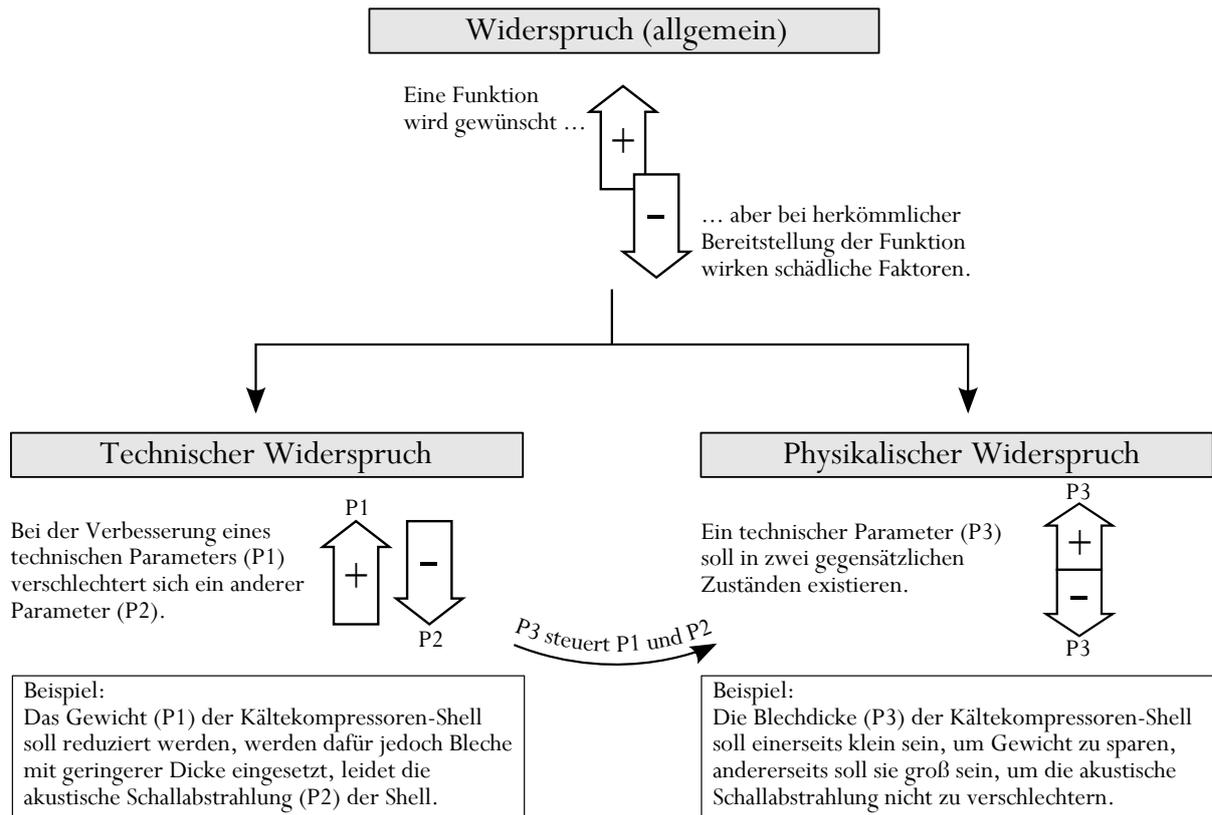


Abbildung 4.4: Arten von Widersprüche [Pannenbäcker 2001, S.87]

4.3.2.3 Stoff-Feld-Analyse

Mit Hilfe der Methode der Stoff-Feld-Analyse wird ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem in seine stoff- und feldförmigen Bestandteile gegliedert und deren Verknüpfungen identifiziert und graphisch mit einer speziellen Symbolik dargestellt (siehe Abbildung 4.5). Diese Darstellung, welche auch in der TRIZ-Methodik zur Anwendung kommt, stellt ein Modell des Problems dar. Der Unterschied zur Systemanalyse liegt darin, dass die Systemanalyse ein technisches System untersucht, währenddessen bezieht sich die Stoff-Feld-Analyse auf ein zu lösendes technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem. [Pannenbäcker 2001, S.88]

Sämtliche Arten von Substanzen innerhalb des technischen Systems, wie Rohstoffe, Material, Abfall, Teile, Personen, Systeme, Teilsysteme, Systemelemente, sowie dessen Umwelt zählen zu Stoffen. Der Begriff des Feldes wird in seinem weitesten Sinn verwendet. Dazu zählen jegliche Arten von Energien oder Kräften im technischen System und dessen Umwelt, insbesondere thermische, mechanische, elektrische, chemische und magnetische Felder, einschließlich Kombinationen dieser. [Terninko et al. 1998a, S.113ff]

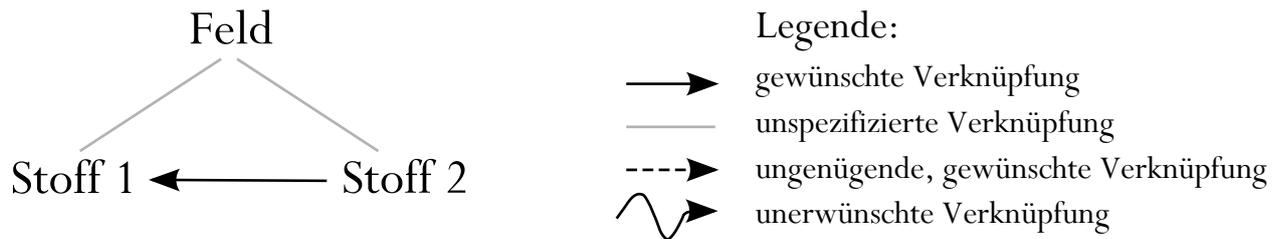


Abbildung 4.5: Stoff-Feld-Analyse Symbolik [Terninko et al. 1998a, S.114] [Pannenbäcker 2001, S.89]

Mit den identifizierten Stoffen und Feldern wird ein Modell des Problems erstellt, wobei diejenigen Stoffe und Felder ausgewählt werden, die direkten Bezug zum Problem haben. Anschließend werden die Verknüpfungen zwischen den Stoffen und Feldern, graphisch mittels Linien und Pfeilen dargestellt, eingetragen. [Pannenbäcker 2001, S.89]

Vorgehensweise [Terninko et al. 1998a, S.115]

Für die Erstellung einer Stoff-Feld-Analyse sind folgende Schritte zu befolgen:

- Einzelelemente identifizieren.

Das Feld wirkt dabei auf beide Stoffe ein oder ist in Stoff 2 integriert.

- Modell erstellen/konstruieren.

Nach Beendigung dieser beiden Schritte sollte die Vollständigkeit und Effektivität des Systems bewertet werden. Wenn Elemente fehlen, dann sind sie an dieser Stelle zu identifizieren.

- Lösungsideen anhand der 76 Standardlösungen entwickeln.

Eine Liste mit 76 Standardlösungen stellt ein Hilfsmittel bei der Lösungssuche dar.

- Konzepte zur Unterstützung der Lösungsidee entwickeln.

4.3.2.4 40 innovative Prinzipien

Eines der bekanntesten Werkzeuge des Methodischen Erfindens ist das Werkzeug der Erfindungsverfahren. Dabei handelt es sich um empirisch begründete Prinzipien, nach denen technische Systeme strukturiert werden können. Um technische Widersprüche zu überwinden wird sehr oft das Hilfsmittel der Widerspruchstabelle empfohlen. [Pannenbäcker 2001, S. 97]

Häufig können technische oder technisch-wirtschaftliche Problemstellungen dadurch gelöst werden, indem eines dieser 40 Prinzipien auf das entsprechende technische System übertragen und angewendet wird. [Terninko et al. 1998a, S. 71]

Normalerweise werden 40 unterschiedliche innovative Prinzipien unterschieden. Diese 40 Prinzipien wurden von Altschuller durch Analysieren von vierzigtausend Patenten und anderen technischen Schutzrechten als jene Prinzipien identifiziert, die häufig angewendet wurden. [Altschuller 1998 zitiert nach Pannenbäcker [2001], S.97]

Jedes dieser 40 innovativen Prinzipien führt prinzipiell zu einer Lösung, womit man nun bei der Bearbeitung eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems sämtliche Prinzipien durchmustern sollte. Um jedoch erfolgversprechende Prinzipien auswählen zu können bedient man sich der *Widerspruchstabelle* und der *Universalverfahren*. Bei der Widerspruchstabelle nach Altschuller (siehe Abbildung 4.6) handelt es sich um ein bekanntes empirisch begründetes Hilfsmittel. Sie besteht im Wesentlichen aus je 39 Spalten und Zeilen, die jeweils Parameter eines technischen Systems darstellen, beispielsweise Parameter 1: *Gewicht eines bewegten Objekts*. [Pannenbäcker 2001, S. 97f]

Die 40 innovativen Prinzipien nach Altschuller sind mit Nummern von 1 bis 40 versehen. In den Kreuzungspunkten der Zeilen mit den entsprechenden Spalten werden dann zwischen einer und vier Erfindungsverfahren mit der jeweiligen Nummer eingetragen (Ausschnitt davon siehe Abbildung 4.6).

Um nun einen bereits identifizierten technischen Widerspruch in die Widerspruchstabelle einordnen zu können, wird der Parameter, an dem die gewünschte Funktion angreift, in der entsprechenden Zeile gesucht. Danach wird der Parameter, an dem der schädliche Faktor angreift in der entsprechenden Spalte gesucht. Im erhaltenen Kreuzungspunkt dieser Zeile und der zugehörigen Spalte befinden sich nun Zahlen zu denjenigen Prinzipien, die von Altschuller zu Erfindungen bei analogen technischen Widersprüchen führten. [Pannenbäcker 2001, S. 99]

zu verbessernder Parameter		nicht erwünschte Veränderung (Konflikt)						
		Gewicht eines bewegten Objekts	Gewicht eines stationären Objekts	Länge eines bewegten Objekts	...	Fertigungsfreundlichkeit	...	Produktivität
		1	2	3		32		39
1	Gewicht eines bewegten Objekts			15, 8, 29, 34		27, 28, 1, 36		35, 3, 24, 37
2	Gewicht eines stationären Objekts					28, 1, 9		1, 28, 15, 35
3	Länge eines bewegten Objekts	8, 15, 29, 34				1, 29, 17		14, 4, 28, 29
	⋮							
17	Temperatur	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9		26, 27		15, 28, 35
	⋮							
39	Produktivität	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 1	18, 4, 28, 38		35, 28, 2, 24		

Erfindungsverfahren:
 14 Krümmung
 4 Asymmetrie
 28 Mechanik ersetzen
 29 Pneumatik und Hydraulik

Abbildung 4.6: Widerspruchstabelle - Vorgehensweise [Terninko et al. 1998b, S. 270f]

Mithilfe der Widerspruchstabelle erhält man zu einem bestimmten technischen Widerspruch ein oder mehrere erfolgversprechende innovative Prinzipien. Es können jedoch Schwierigkeiten auftreten da einerseits die Zeilen und Spalten abstrakt benannt sind und andererseits nicht in jedem Kreuzungspunkt auf Prinzipien verwiesen wird. [Terninko et al. 1998a, S. 68ff]

Beim zweiten Hilfsmittel handelt es sich um die Universalverfahren nach Zobel. Dieses ist zwar weniger bekannt als die Widerspruchstabelle, jedoch theoretisch plausibel ermittelt. [Zobel 1991 zitiert nach Pannenbäcker [2001], S.100]

Demnach sind einige der 40 innovativen Prinzipien nach Altschuller, die sogenannten *Universalverfahren*, wesentlich allgemeingültiger als andere. Beim Bearbeiten eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems sollten daher zunächst diese Universalverfahren berücksichtigt werden. Führt dies zu keinen zufriedenstellenden Lösungen kann auf die übrigen Prinzipien übergegangen werden. [Pannenbäcker 2001, S. 100]

Durch die Anwendung der Widerspruchstabelle und der Universalverfahren kann der Auf-

wand beim Durcharbeiten der Erfindungsverfahren wesentlich reduziert werden. [Pannenbäcker 2001, S. 100]

Eine Aufstellung aller von Altschuller identifizierten 39 technischen Parameter und der 40 innovativen Prinzipien befindet sich im Anhang A und B.

Die 40 innovativen Prinzipien nach Altschuller, gegliedert in ...

... Universalverfahren ...					
1.	2.	3.	5.	6.	9.
10.	11.	12.	13.	15.	20.
21.	25.	26.	28.		

... und weniger allgemeingültige Verfahren.					
4.	7.	8.	14.	16.	17.
18.	19.	22.	23.	24.	27.
29.	30.	31.	32.	33.	34.
35.	36.	37.	38.	39.	40.

Abbildung 4.7: Universalverfahren und weniger allgemeingültige Erfindungsverfahren [Pannenbäcker 2001, S. 101]

4.3.2.5 Elementare Umformungen

Mithilfe der elementaren Umformungen können technische oder technisch-wirtschaftliche Problemstellungen dadurch gelöst werden, dass physikalische Widersprüche überwunden werden. Im Gegensatz zu den Erfindungsverfahren handelt es sich bei den elementaren Umformungen um deutlich abstraktere Prinzipien, denn sie geben lediglich Hinweise, wie ein technisches System *funktionieren* soll. Wie es dafür gestaltet werden soll, geben sie hingegen nicht an. Das Werkzeug der elementaren Umformungen ist sowohl empirisch begründet als auch theoretisch plausibel und stellt eine bestimmte Herangehensweise an ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem dar. [Pannenbäcker 2001, S. 102f]

Häufig beruhen Erfindungen darauf, dass gegensätzliche Zustände, in denen ein Parameter eines technischen Systems existieren soll, anhand von vier elementaren Umformungen getrennt werden [Terninko et al. 1998a, S. 81ff]:

- Umformung in der Zeit: Der Parameter existiert zu unterschiedlichen Zeitpunkten in unterschiedlichen Zuständen.
- Umformung in der Struktur: Der Parameter existiert als Ganzes in einem bestimmten Zustand, für Systemelemente bzw. Teilsysteme in einem anderen Zustand.
- Umformung im Raum: Der Parameter existiert an unterschiedlichen Stellen im technischen System in unterschiedlichen Zuständen.
- Umformung nach Bedingungen: Der Parameter existiert unter verschiedenen Bedingungen in verschiedenen Zuständen.

Zuerst sollte ein Parameter gefunden werden, der in gegensätzlichen Zuständen vorhanden sein soll. Danach muss hinterfragt werden, ob die beiden geforderten Zustände des Parameters jederzeit, in allen Teilen des technischen Systems, überall im technischen System oder unter allen Bedingungen erforderlich sind. Ist dies für einen der geforderten Zustände nicht erforderlich, so kann durch Umformungen in der Zeit, in der Struktur, im Raum oder nach Bedingungen bzw. durch Kombinationen dieser möglichen Umformungen ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem gelöst werden. [Altschuller 1998 zitiert nach Pannenbäcker [2001], S.102f]

4.3.2.6 Effekte und Erscheinungen

Durch Betrachtung von naturwissenschaftlichen Effekten und Erscheinungen können technische oder technisch-wirtschaftliche Probleme unmittelbar gelöst werden. Deshalb sollten derartige Wirkungen systematisch und zielgerichtet identifiziert und angewendet werden. [Pannenbäcker 2001, S. 112]

Üblicherweise werden diese naturwissenschaftlichen Effekte und Erscheinungen nach Fachgebieten, wie beispielsweise Chemie und Physik, gegliedert. Die Gliederung darf nicht so gesehen werden, dass naturwissenschaftliche Effekte und Erscheinungen in deren Anwendung nur auf ein bestimmtes Fachgebiet beschränkt sind. Schließlich werden neue Lösungen eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems häufig durch das Anwenden eines

Effektes oder einer Erscheinung in einem anderen Fachgebiet, das bislang eventuell nicht in Betracht gezogen wurde, generiert. [Pannenbäcker 2001, S. 112]

Probleme können in der Hinsicht auftreten, da die Anwender in der Regel nicht alle naturwissenschaftlichen Effekte und Erscheinungen eines Fachgebietes kennen und demzufolge auch nicht die Effekte und Erscheinungen aller anderen Fachgebiete. Um diesen Beschränkungen entgegenwirken zu können sollte beim Bearbeiten eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems durch die Anwender zielgerichtet und systematisch folgendermaßen vorgegangen werden [Pannenbäcker 2001, S. 113f]:

1. Schritt: Zunächst muss ermittelt werden, welche Art von naturwissenschaftlichen Effekten und Erscheinungen zum Lösen des Problems eingesetzt werden können.
2. Schritt: Danach muss für die in Frage kommenden Effekte und Erscheinungen deren Wirkungsweise und die Einsatzbedingungen recherchiert werden.
3. Schritt: Auf Basis dieses Wissens muss beurteilt werden, ob das Problem prinzipiell mit einem oder mehreren der zuvor betrachteten naturwissenschaftlichen Effekte und Erscheinungen gelöst werden kann.

Dieses, auf den ersten Blick trivial erscheinende, Vorgehen ist in der Praxis nicht einfach. Unterstützt kann Schritt 1 durch eine Funktionsanalyse und einem Ressourcen-Portfolio werden. Mit Hilfe der Funktionsanalyse werden gewünschte Funktionen, die durch das betrachtete technische System bereitgestellt werden sollen, bzw. schädlichen Faktoren, welche beseitigt werden sollen, identifiziert. Mit dem Ressourcen-Portfolio wird zwischen geeigneten und weniger geeigneten Ressourcen differenziert. Die Funktionsanalyse und das Ressourcen-Portfolio tragen mit ihren Ergebnissen dazu bei, dass das Augenmerk auf bestimmte Arten naturwissenschaftlicher Effekte und Erscheinungen gelenkt wird. [Pannenbäcker 2001, S. 114]

Schritt 2 und Schritt 3 können durch Softwareanwendungen wie *Innovation WorkBench* der Firma Ideation International ebenso wie *TechOptimizer* der Firma Invention Machine unterstützt werden, wobei diese Softwareanwendungen mit einem Katalog naturwissenschaftlicher Effekte und Erscheinungen samt Erläuterungen ausgestattet sind. [Pannenbäcker 2001, S. 114]

4.3.2.7 Evolutionsanalyse

Bei der Methode der Evolutionsanalyse geht es um in der Vergangenheit liegende Ursachen eines Problems. Dabei wird die bisher stattgefundene Evolution eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems genauso sowie des betreffenden technischen Systems analysiert. Die durch die Anwendung erhaltenen Analyseergebnisse können einerseits Hinweise zur Lösung des anstehenden Problems und andererseits auch Hinweise auf die zukünftige Entwicklung des technischen Systems geben. Mithilfe der Evolutionsanalyse wird die Vergangenheit beleuchtet um die Gegenwart zu gestalten und die Zukunft zu antizipieren. Die Ergebnisse von Systemanalysen, Stoff-Feld-Analysen und ermittelte Widersprüche können als Ausgangspunkt einer Evolutionsanalyse dienen. [Pannenbäcker 2001, S.90]

Folgende Fragen können bei der Durchführung einer Evolutionsanalyse hilfreich sein [Pannenbäcker 2001, S.91]:

Struktur und Funktionsweise des technischen Systems

- Kamen mit der Zeit Bauteile und Baugruppen hinzu oder wurden welche entfernt?
- Gab es Veränderungen in den Verknüpfungen der Bauteile und Baugruppen?
- Konnten durch die Änderung des technischen Systems gewünscht Funktionen zusätzlich bereitgestellt werden?
- Ergaben sich durch die Änderungen schädliche Funktionen?
- Konnten Widersprüche überwunden werden? Wenn ja, welche?

Relevante Rahmenbedingungen und frühere Lösungsversuche des Problems

- Gibt es Stoffe und/oder Felder, die mit der Zeit erstmals eine Rolle spielten?
- Weshalb änderte sich das Zusammenwirken der Stoffe und/oder Felder?

Die Evolutionsanalyse kann als Ergänzung der anderen Werkzeuge, die zur Analyse des Ist-Zustands verwendet werden, vorgeschlagen werden. Neben der Systemanalyse, der Stoff-Feld-Analyse und der Ermittlung von Widersprüchen kann die Evolutionsanalyse als Ergänzung dieser Werkzeuge verwendet werden. Im Rahmen einer Evolutionsanalyse können Punkte berücksichtigt werden, die bei den anderen Werkzeugen zur Ist-Analyse nicht berücksichtigt werden. [Pannenbäcker 2001, S.92]

4.3.2.8 Evolutionsmuster

Mithilfe von Evolutionsmustern werden idealtypische Veränderungen, denen technische Systeme im Laufe der Zeit aufgrund von Weiterentwicklungen und Erfindungen unterliegen, beschrieben. Gestaltet man nun ein technisches System entsprechend diesen zu erwartenden zukünftigen Veränderungen, können einerseits bestehende technische Probleme gelöst werden und andererseits zukünftige technische Probleme vermieden werden. [Pannenbäcker 2001, S. 107]

Man kann Evolutionsmuster als allgemeine *Evolutionsgesetze* oder aber auch als spezifische *Evolutionslinien* formulieren. [Terninko et al. 1998a, S. 127] Dabei versteht man unter einem Evolutionsgesetz Aussagen, die eine wesentliche Eigenschaft technischer Systeme beschreibt. In der Regel sind Evolutionsgesetze (Evolutionsgesetze nach Altschuller siehe Tabelle 4.1) unabhängig von Parametern technischer Systeme, wie beispielsweise das Gesetz des Überganges von der Makroebene zur Mikroebene. Evolutionslinien hingegen sind Aussagen, die eine wesentliche, aber in das gegenwärtige Umfeld eingebettete Eigenschaft technischer Systeme beschreibt. In der Regel beziehen sich solche Evolutionslinien auf einen oder mehrere Parameter von technischen Systemen, wie beispielsweise die Aussage, dass sich im Laufe der Evolution die Dynamik eines technisches Systems durch die Anwendung von Gelenken, Gasen, Flüssigkeiten und elastischen Teilen zunehmend erhöhen wird. [Altschuller 1998 zitiert nach Pannenbäcker [2001], S.107]

Um sich den Evolutionsmustern beim Bearbeiten eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems bedienen zu können, sollte zunächst versucht werden, das entsprechende technische System in ein oder mehrere Evolutionsmuster einzuordnen. Dabei stellt sich die Frage, ob diese Evolutionsmuster überhaupt relevant für die Evolution des technischen Systems sind und in welchem Evolutionsstadium sich das derzeitige technische System befindet. [Pannenbäcker 2001, S. 109]

Eine zuvor durchgeführte Evolutionsanalyse und Softwareanwendungen können das Einordnen in Evolutionsmuster wesentlich unterstützen und erleichtern. Evolutionsmuster geben Hinweise, wie ein ideales Endergebnis eines technischen Problems aussehen könnte. Solch ein ideales Endergebnis gibt wiederum Hinweise, welche Evolutionsmuster für das ausgewählte technische System von Relevanz sein könnten. [Pannenbäcker 2001, S. 110]

Tabelle 4.1: Evolutionsgesetze nach Altschuller [Pannenbäcker 2001, S.108]

Evolutionsgesetz	Erläuterung
Gesetz von der Vollständigkeit der Teile eines Systems	Das Vorliegen der Hauptteile des Systems und eine minimale Funktionsfähigkeit derselben ist eine notwendige Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems.
Gesetz der „energetischen Leitfähigkeit“ eines Systems	Der Energiefluss durch alle Teile des Systems ist eine notwendige Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems.
Gesetz über die Abstimmung der Rhythmik der Teile eines Systems	Die Abstimmung der Rhythmik (der Schwingungsfrequenz, der Periodizität) aller seiner Teile ist eine notwendige Bedingung für die Lebensfähigkeit eines technischen Systems.
Gesetz der Erhöhung des Grades der Idealität eines Systems	Die Evolution aller technischer Systeme verläuft in Richtung einer Erhöhung des Grades der Idealität.
Gesetz der Ungleichmäßigkeit der Evolution der Teile eines Systems	Die Evolution der Teile eines technischen Systems verläuft ungleichmäßig. Die Evolution verläuft umso ungleichmäßiger, je komplizierter das System ist.
Gesetz des Übergangs in ein Obersystem	Nach der Erschöpfung seiner Evolutionsmöglichkeiten wird ein technisches System als Teil in ein Obersystem aufgenommen: Die nachfolgende Evolution erfolgt auf der Ebene des Obersystems.
Gesetz des Übergangs von der Makroebene zur Mikroebene	Zunächst erfolgt die Evolution der Arbeitsorgane eines technischen Systems auf der Makroebene und anschließend auf der Mikroebene.
Gesetz der Erhöhung des Anteils von Stoff-Feld-Systemen	Die Evolution technischer Systeme verläuft in Richtung einer Erhöhung des Anteils und der Rolle von Stoff-Feld-Wechselwirkungen.

Kapitel 5

Analysemethoden

Analysemethoden teilen Untersuchungsobjekte in seine einzelnen Bestandteile um die vorhandenen Strukturen erkennbar zu machen. Durch ein methodenunterstütztes und strukturiertes Vorgehen wird meist der Ist-Zustand analysiert und somit Systeme sowie deren Systemkomponenten identifiziert. Ziel ist die Reduktion der Komplexität der Untersuchungsobjekte und deren Bestandteile.

Die Anwendung der Analysemethoden empfiehlt sich besonders bei der Bearbeitung komplexer Problemstellungen. Unternehmen, die ihre Technologien und Produkte an den Bedürfnissen der Kunden von Heute und den zukünftigen Kunden orientieren, müssen um erfolgreich zu sein, die Unternehmens- und Umweltsituation genauesten analysieren. Vor allem die Wünsche und Forderungen der Kunden müssen möglichst exakt und in allen Ausprägungen wahrgenommen werden, denn Unternehmen sind nur dann erfolgreich, wenn es ihnen gelingt Technologien und Produkte am Markt zu positionieren, die die Anforderungen der Kunden erfüllen.

Durch eine strukturierte Analyse vorhandener Systeme und Produkte wird die Komplexität der Realität reduziert. Dafür können unterschiedliche Analysemethoden kombiniert zum Einsatz kommen. Beispielsweise können Produkte mithilfe einer Systemanalyse analysiert werden, um dann anschließend seine Position im Wettbewerb bestimmen zu können. Nicht unberücksichtigt dürfen die häufig weitreichenden Vereinfachungen bleiben, die vollem bei der Durchführung von Systemanalysen vorgenommen werden müssen.

Bei jeglicher Art von Analysemethode müssen zu Beginn Informationen beschaffen werden. Diese Informationen über ein System und dessen Umwelt werden danach verarbeitet und

analysiert. Aufgrund der großen Zahl an möglichen Informationsquellen und der steigenden Komplexität der Systeme können Probleme, vor allem bei der Informationsbeschaffung, auftreten.

Ziel der Analysemethoden ist eine strukturierte Darstellung vorhandener Systeme, darstellen und aufzeigen sämtlicher Abhängigkeiten innerhalb und Einflussfaktoren von außerhalb auf ein System, sowie ein erhöhtes Wissen über ein vorliegendes System.

In diesem Kapitel werden folgenden Analysemethoden ausgearbeitet:

- *Kano-Modell*
- *Conjoint-Analyse*
- *Quality Function Deployment*
- *Systemanalyse*
- *Integriertes Markt-Technologie-Portfolio*
- *Benchmarking*
- *Technologielebenszyklus-Modelle*
- *Relevanzbaumanalyse*
- *Ressourcen-Analyse*

5.1 Kano-Modell

Das Kano-Modell, veröffentlicht 1984 und benannt nach seinem Erfinder Noriaki Kano [Kano et al. 1984], einem japanischen Professor, stellt einen Ansatz zur Klassifizierung von Kundenforderungen dar. [Schuh et al. 2011a, S.182] Das Kano-Modell unterteilt Kundenforderungen in drei Arten von Anforderungsmerkmalen [Schuh et al. 2011a, S.182ff] [Gausemeier et al. 2001, S.76f]:

- *Basismerkmale,*
- *Leistungsmerkmale* und
- *Begeisterungsmerkmale.*

Die Darstellung dieser Kundenforderungen erfolgt mittels Kano-Diagramm, indem die Kundenzufriedenheit über die Erfüllung der Kundenforderungen aufgetragen wird (siehe Abbildung 5.1).

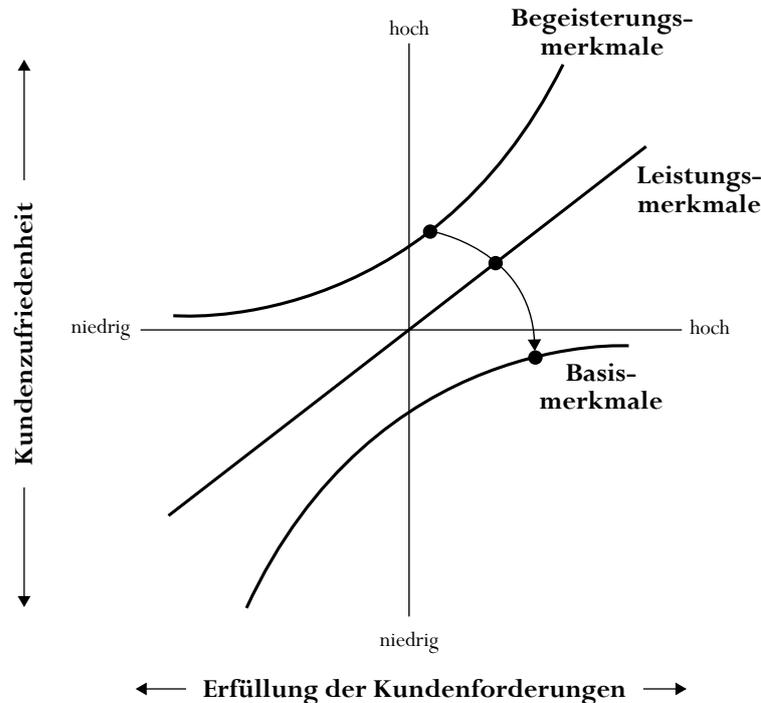


Abbildung 5.1: Kano-Diagramm [Schuh et al. 2011a, S.183]

Bei Basismerkmalen handelt es sich um Merkmale, die Grundanforderungen erfüllen. Die Kunden setzen dabei voraus, dass diese Basisanforderungen gut erfüllt werden, ohne dies explizit zu äußern. [Lindemann 2009, S.107] Sind diese Anforderungen nicht entsprechend erfüllt, erweckt dies Unzufriedenheit bei den Kunden. Wie der Verlauf der Kurve unterhalb der x-Achse des Diagramms verdeutlicht, führt eine Steigerung der Erfüllung der Kundenforderungen zu keiner Erhöhung der Kundenzufriedenheit. Es führt dazu, dass die Unzufriedenheit bei den Kunden nicht steigt. [Gausemeier et al. 2001, S.76] Leistungsmerkmale stehen in direktem Zusammenhang mit der Kundenzufriedenheit. Sie steigern die Kundenzufriedenheit proportional zum Grad ihrer Erfüllung. Dargestellt werden diese Leistungsmerkmale, die sich im direkten Beachtungsbereich der Kunden befinden, im Diagramm durch eine Gerade. Bei Begeisterungsmerkmalen handelt es sich um Merkmale die bei Kunden Begeisterung auslösen, da diese die Erfüllung von Kundenforderungen ermöglichen, die von den Kunden nicht erwartet werden. Aus dem Kurvenverlauf im Diagramm ist ersichtlich, dass die Erfüllung

von Begeisterungsmerkmalen eine überproportionale Steigerung der Kundenzufriedenheit zur Folge hat. Werden diese Begeisterungsmerkmale hingegen nicht erfüllt, führt dies zu keiner Unzufriedenheit bei den Kunden. [Schuh et al. 2011a, S.183ff] Ist ein Unternehmen somit in der Lage Kunden Begeisterungsmerkmale anbieten zu können, dann wirkt sich dies in der Regel positiv auf die Kaufentscheidung aus. [Lindemann 2009, S.107]

Aufgrund des technischen Fortschritts und der zeitlichen Dynamik verändern sich die Kundenforderungen und deren Bedeutung im Lauf der Zeit. Werden Begeisterungsmerkmale zunehmend erfüllt und sind diese am Markt etabliert, dann werden diese zu Leistungsmerkmalen und später zu Basismerkmalen. [Schuh et al. 2011a, S.184]

5.2 Conjoint-Analyse

Die Conjoint-Analyse wurde Mitte der 60er Jahre in den USA von Luce und Turkey unter dem Begriff „Simultaneous Conjoint Measurement“ entwickelt. Das Hauptanwendungsgebiet der Conjoint-Analyse liegt im Bereich der Planung neuer Technologien und Produkte. Diese Analyse-Methode wird dabei zur Abschätzung der Akzeptanz eines Produktes und seiner möglichen Funktionsausprägungen beim Kunden eingesetzt. [Eversheim et al. 2002, S.209]

Bei dieser Methode der Marktforschung handelt es sich um eine Kombination aus Analyse und Erhebung mit der prinzipiell versucht wird, diejenigen Merkmale und Merkmalsausprägungen eines Produktes zu bestimmen, die Kunden dazu bewegen und beeinflussen eine Kaufentscheidung zu tätigen. Die dafür ausgewählten Merkmale müssen vom Hersteller beeinflussbar und für die Entscheidung des Kunden relevant sein. Schließlich müssen die erwähnten Eigenschaftsausprägungen für den Hersteller realisierbar und modifizierbar sein. Die Eigenschaftsausprägungen einzelner Ausprägungen müssen sich gegenseitig kompensieren können, das heißt, dass die Schwäche eines Merkmals durch die Stärke eines anderen Merkmals ausgeglichen werden kann. Des Weiteren müssen die gewählten Eigenschaften voneinander unabhängig sein und sogenannte K.o.-Kriterien sind als Eigenschaftsausprägungen zu unterlassen. [Gausemeier et al. 2001, S.70]

Das Vorgehen einer Conjoint-Analyse lässt sich in vier Schritte einteilen (siehe Abbildung 5.2). Im ersten Schritt, der Voruntersuchung, werden Eigenschaften sowie deren Ausprägungen definiert und festgelegt. Danach wird im zweiten Schritt ein Erhebungsdesign entwickelt,

eine Auswahl der Zielgruppe für die Befragung festgelegt und die gewählten Auskunftspersonen befragt. Im dritten Schritt wird der Anteil der jeweiligen Produktmerkmale zum Gesamtnutzen sowie deren relative Wichtigkeit ermittelt. Im vierten und letzten Schritt werden mit Hilfe einer Clusteranalyse die befragten Individuen zu homogenen Gruppen zusammengefasst und die Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt. [Gausemeier et al. 2001, S.69f]

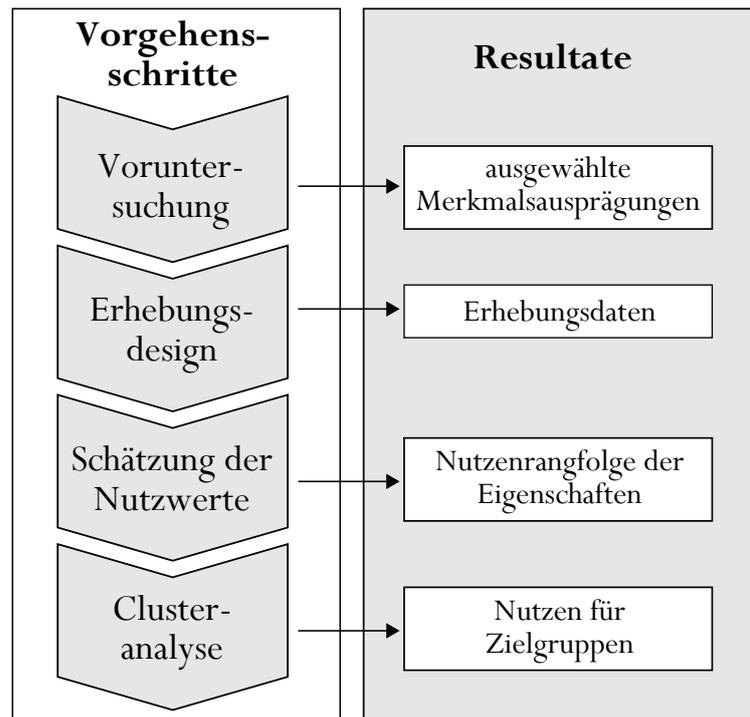


Abbildung 5.2: Conjoint-Analyse-Vorgehensweise [Gausemeier et al. 2001, S.70]

5.3 Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (kurz QFD) ist eine Methodik die in den sechziger Jahren von Yoji Akao [Akao 1992] in Japan erstmals vorgestellt wurde. Um Produkte erfolgreich am Markt positionieren und absetzen zu können, müssen die Anforderungen der Kunden erfüllt werden. Deshalb ist die hinreichende Erfüllung der von den Kunden gewünschten und benötigten Funktionen ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung neuer Produkte auf der Basis neuer Technologien. [Ehrlenspiel 2003, S.213]

Mit Hilfe der QFD-Methodik erfolgt daher eine systematische Übersetzung der von den Kunden geäußerten Wünsche und Forderungen in eine technische Sprache. Diese Übersetzung erfolgt in sogenannten Übersetzungsmatrizen, die kombiniert aufgrund ihres Erscheinungsbildes dem Aufbau eines Hauses gleicht und deshalb auch als „House of Quality“ bezeichnet werden (siehe Abbildung 5.3). [Eversheim et al. 2002, S.140]

Vorgehensweise [Gausemeier et al. 2001, S.65ff] [Ponn u. Lindemann 2008, S.41ff]

- Zunächst werden die Kundenanforderungen mittels Fragebögen, Interviews, oder auch durch Lead-User-Analysen erhoben.
- Anschließend werden die Kundenanforderungen gewichtet.
- Im dritten Schritt erfolgt ein Vergleich mit den Wettbewerbern hinsichtlich der Erfüllung der Kundenanforderungen.
- Es werden Marktziele zur Orientierung festgelegt.
- Technische Produktmerkmale werden aufgelistet, die es ermöglichen die Anforderungen der Kunden zu erfüllen.
- Danach wird abgeschätzt und eingetragen, in welche Richtung sich die Ausprägungen der technischen Merkmale ändern sollen.
- Im „Dach“ des House of Quality werden in einer *Korrelationsmatrix* Zielkonflikte, sogenannte Widersprüche der technischen Merkmale, untereinander eingetragen. Diese Eintragungen werden symbolisch, in Form positiver oder negativer Beeinflussung, dargestellt.
- Im Zentrum des House of Quality befindet sich die sogenannte *Verknüpfungsmatrix*. Darin werden die Beziehungen zwischen den Kundenanforderungen und den Produkteigenschaften dargestellt.
- Einschätzung, mit welchen technischen Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Merkmale zu rechnen ist.
- Vergleich mit Produkten der Wettbewerber liefert mögliche Ideen für Verbesserungen.
- Abschließend werden die einzelnen Produktziele bestimmt.

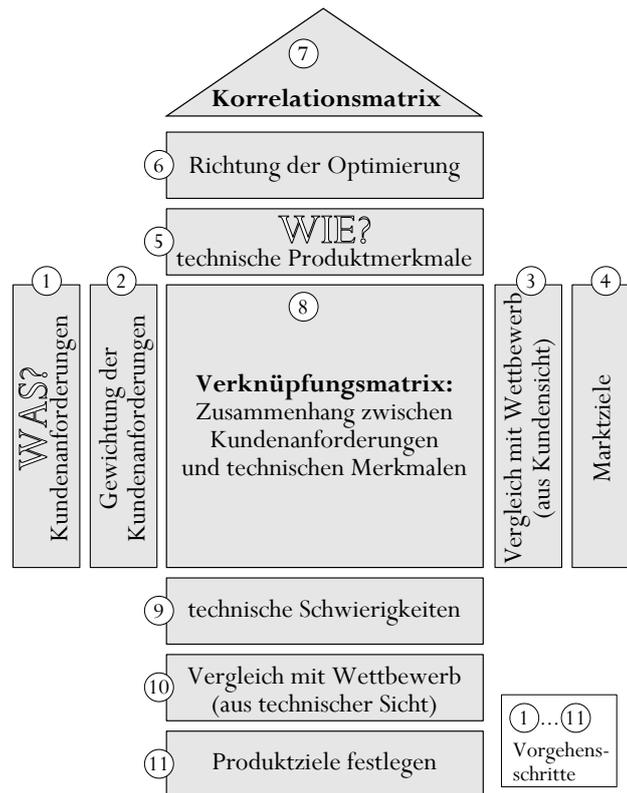


Abbildung 5.3: Aufbau -House of Quality [Eversheim et al. 2002, S.142]

Vorteile [Gausemeier et al. 2001, S.67f] [Eversheim et al. 2002, S.371]

- + Durch die Zusammenarbeit mehrerer Personen aus unterschiedlichen Disziplinen wird die Realisierungszeit des Projektes reduziert, da Nachfragen frühzeitig geklärt werden können.
- + Durch die Zusammenarbeit interdisziplinärer Teams werden Zielkonflikte bereits frühzeitig aufgedeckt.
- + Durch die Berücksichtigung der Kundenwünsche und das Ausrichten danach wird das unternehmerische Risiko einer Fehlentwicklung, vorbei an den Wünschen und Forderungen der Kunden, minimiert.
- + Es erfolgt eine Fokussierung auf Produktmerkmale die aus Kundenwünschen abgeleitet werden.

Nachteile [Eversheim et al. 2002, S.371]

- Die Durchführung ist mit hohem zeitlichen und personellen Aufwand verbunden.
- Zur Bestimmung der technischen Merkmale müssen die Anforderungen genau bekannt sein.
- Subjektive und teilweise divergente Bewertungen.

5.4 Systemanalyse

Durch die Anwendung der Systemanalyse werden Funktionen und Subsysteme eines technischen Systems sowie deren Verknüpfungen identifiziert und idealisiert als ein abstraktes Modell des technischen Systems dargestellt. [Pannenbäcker 2001, S.84]

Durch eine solche Abstrahierung kommt es zu einer Lokalisierung und prägnanten Formulierung des zu lösenden technischen Problems innerhalb eines technischen Systems. Solch eine systemanalytische Betrachtungsweise kann beim Herangehen an technische Probleme sehr hilfreich sein, wobei diese Betrachtungsweise in verschiedenen Fachgebieten angewendet wird. [Pannenbäcker 2001, S.84]

Am Beginn einer Systemanalyse legt der Anwender durch ein bewusstes Abgrenzen des technischen Systems (z.B. Kühlgerät) innerhalb eines Supersystems (z.B. Haushalt) sowie gegen seine Umwelt die Betrachtungsebene und den Betrachtungsausschnitt fest. Danach werden die im technischen System vorhandenen Teilsysteme (z.B. Kältekompressor), die wiederum aus Systemelementen (z.B. Hubkolben, Verdunsterschale) bestehen, identifiziert. Anschließend müssen die Verknüpfungen zwischen den Teilsystemen und Systemelementen erkannt werden und schließlich die relevanten Teilsysteme, Systemelemente und Verknüpfungen als abstraktes Modell eines technischen Systems dargestellt werden. Üblicherweise erfolgt die Darstellung in Form eines Graphen, wobei die Systemelemente durch Kästchen und die Verknüpfungen durch Pfeile dargestellt werden. [Pannenbäcker 2001, S.84f]

Zwei mögliche Varianten der Systemanalyse die sich für das Methodische Erfinden bewährt haben sind einerseits die *Objektanalyse* und andererseits die *Funktionsanalyse*. Wird eine Objektanalyse durchgeführt so werden die Objekte eines technischen Systems, d.h. Baugruppen und Bauteile, untersucht. Dabei werden Objekte in Form eines Kästchens dargestellt und die

Verknüpfungen zwischen den einzelnen Objekten werden als Pfeile eingetragen. Wird hingegen eine Funktionsanalyse durchgeführt, so werden die Funktionen eines technischen Systems als Systemelemente untersucht. Hier werden die Funktionen in Form von Kästchen und die Verknüpfungen zwischen den Funktionen werden als Pfeile dargestellt (siehe Abbildung 5.4). [Pannenbäcker 2001, S.85]

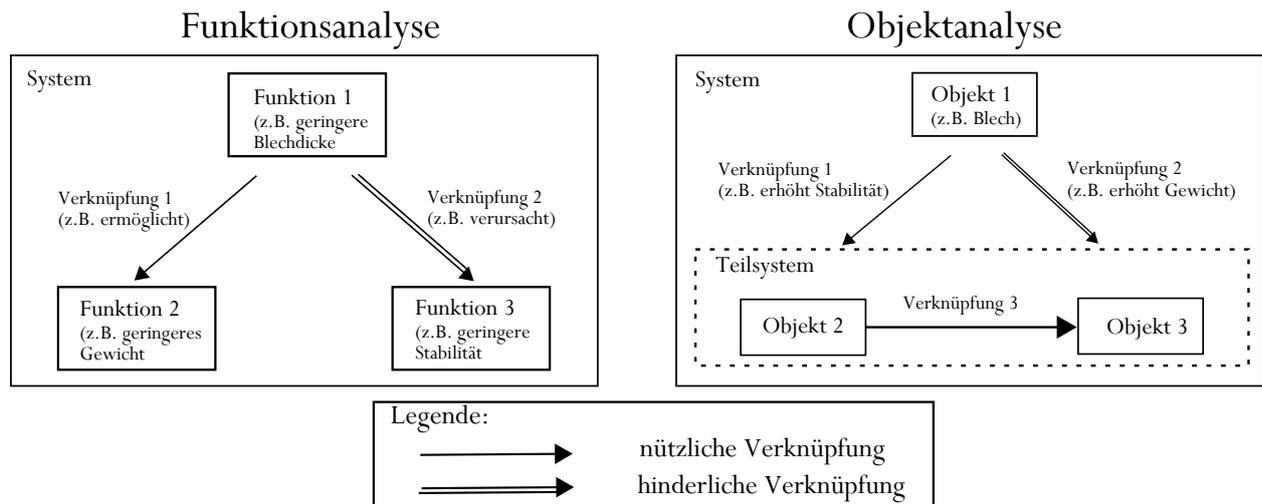


Abbildung 5.4: Funktions- und Objektanalyse [Pannenbäcker 2001, S.85]

Erfolgt eine Bewertung der Verknüpfungen in nützlich oder hinderlich, so kann ein sogenannter Problemgraph gezeichnet werden. In solch einem Problemgraph können technische oder technisch-wirtschaftliche Probleme eines technischen Systems verdeutlicht werden. [Terninko et al. 1998a, S.47]

Damit die Anwendung der Systemanalyse ein erfolgversprechendes Ergebnis liefert, wird vom Anwender ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen verlangt. Dies kommt vor allem bei der Funktionsanalyse zu tragen, da sie sich von der greif- und sichtbaren Struktur eines technischen Systems löst. Durch diese graphische und abstrakte Darstellung von Objekten, Funktionen und Verknüpfungen eines technischen Systems wird das Problemverständnis bei den anwendenden Personen gefördert. Irrelevante technische Details werden ausgeblendet, was oftmals zu neuen und spontanen Lösungsideen führt. [Terninko et al. 1998b, S.102]

5.5 Integriertes Markt-Technologie-Portfolio

Das integrierte Markt-Technologie-Portfolio eignet sich um die Position der Produkte im heutigen Wettbewerb zu analysieren. Durch die Analyse der Stellung der Produkte im Wettbewerb von Heute ergeben sich wichtige Hinweise für die Entwicklung der Produkte von Morgen. [Gausemeier et al. 2001, S.52]

Zunächst wird die Position getrennt aus Markt- und Technologiesicht beurteilt und anschließend daran werden die beiden Sichten zusammengeführt. Ziel des *Markportfolios* ist die marktmäßige Positionierung des untersuchten Produktes. Dabei werden ausschließlich marktrelevante Größen zur Ermittlung von *Marktattraktivität* und *Wettbewerbsstärke* berücksichtigt. [Gausemeier et al. 2001, S.52f]

Die Marktattraktivität setzt sich aus der Marktentwicklung (Rückgang, Stagnation, Wachstum), dem Marktvolumen (sehr klein, klein, mittel, hoch) und der Wettbewerbsintensität (ruinös, viele starke Mitbewerber, einige gleichwertige Mitbewerber) zusammen. Die Wettbewerbsstärke ergibt sich in erster Linie aus dem Marktanteil (vernachlässigbar, signifikant, zur Spitzengruppe gehörend), der Differenzierungsstärke (nicht vorhanden, gering, mittel, hoch), der Umsatzentwicklung (Marktanteile gehen verloren, wächst mit Markt, wächst stärker als Markt) und der Profitabilität (Verlust, gering, mittel, hoch). [Gausemeier et al. 2001, S.53f]

Vorgehensweise

Beispielhaft wird an dieser Stelle die Vorgehensweise zur Ermittlung der Marktattraktivität angeführt.

Ermittlung der Marktattraktivität [Gausemeier et al. 2001, S.53]:

- Festlegung der einzelnen Bewertungskriterien.
- Gewichtung der einzelnen Kriterien, sodass die Summe der Gewichtungen 100
- Bewertung des jeweiligen Produktes hinsichtlich der festgelegten Kriterien.
- Multiplikation der Bewertung mit der Gewichtung.
- Durch Summenbildung über die einzelnen Produkte erhält man die jeweilige Marktattraktivität.

Ein Beispiel für die Ermittlung der Marktattraktivität ist in Abbildung 5.5 dargestellt. In gleicher Weise kann auch die Wettbewerbsstärke, mit den entsprechenden Kriterien, ermittelt werden.

Marktattraktivität Kriterien/Bewertung	Gew. (%)	Produkt A Bew. B x G	Produkt B Bew. B x G	Produkt C Bew. B x G
1. Marktvolumen 3 = hoch (> 50 Mio €) 2 = mittel (> 10 Mio €) 1 = klein (> 5 Mio €) 0 = sehr klein	30	2 0,6	1 0,3	1 0,6
2. Marktentwicklung 3 = Wachstum (> 10%) 2 = Wachstum (> 1%) 1 = Stagnation (> 0%) 0 = Rückgang (< 0%)	50	1 0,5	3 1,5	1 0,5
3. Wettbewerbsintensität 3 = einige kleinere Mitbewerber 2 = einige gleichwertige Mitb. 1 = viele starke Mitbewerber 0 = ruinös	20	1 0,2	3 0,6	2 0,4
Marktattraktivität	100	1 1,3	3 2,4	2 1,5

Abbildung 5.5: Ermittlung der Marktattraktivität [Gausemeier et al. 2001, S.53]

Durch das Zusammenführen der Marktattraktivität, aufgetragen auf der y-Achse, und der Wettbewerbsstärke, aufgetragen auf der x-Achse, erhält man das bereits zuvor erwähnte Marktportfolio (siehe Abbildung 5.6). [Gausemeier et al. 2001, S.54]

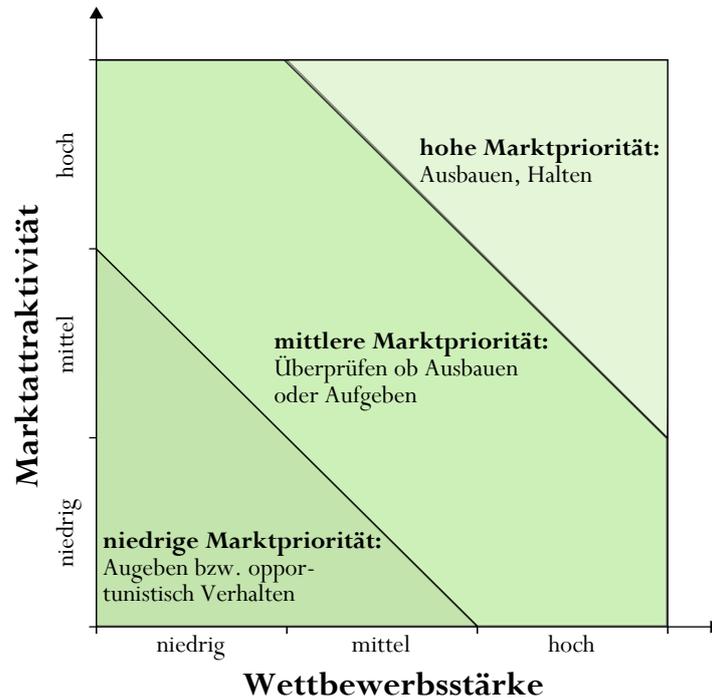


Abbildung 5.6: Marktportfolio [Gausemeier et al. 2001, S.54]

Positioniert man nun das betrachtete Produkt im Marktportfolio so ergibt sich eine niedrige, mittlere oder hohe *Marktpriorität*. Erhält man durch ein Marktportfolio die marktmäßige Positionierung, so erfolgt mit Hilfe des *Technologieportfolios* die technologische Positionierung des Produktes. Beim Technologieportfolio (siehe Abbildung 5.7) wird auf der x-Achse die *relative Technologieposition* und auf der y-Achse die *Technologieattraktivität* aufgetragen. [Gausemeier et al. 2001, S.52ff]

Die relative Technologieposition ergibt sich aus der Ressourcenstärke (keine Ressourcen vorhanden, niedrig, mittel, hoch) und der Umsetzungsstärke (häufiges Scheitern, langsam, sind in der Regel die schnellsten). Sie beschreibt dadurch die Stärke des Unternehmens in einem speziellen technologischen Bereich. Dagegen ergibt sich die Technologieattraktivität in erster Linie aus der Position der Technologien auf der S-Kurve. Aufgrund ihrer großen Zukunftspotenziale weisen Schlüssel- und Schrittmachertechnologien die größte Technologieattraktivität auf. Des Weiteren werden auch Eintrittsbarrieren hinsichtlich der Erfahrung, des Know-hows und der Herstellungsprozesse miteinbezogen. Durch die Positionierung im Technologieportfolio ergibt sich eine niedrige, mittlere oder hohe Technologiepriorität. [Gausemeier et al. 2001, S.55f]

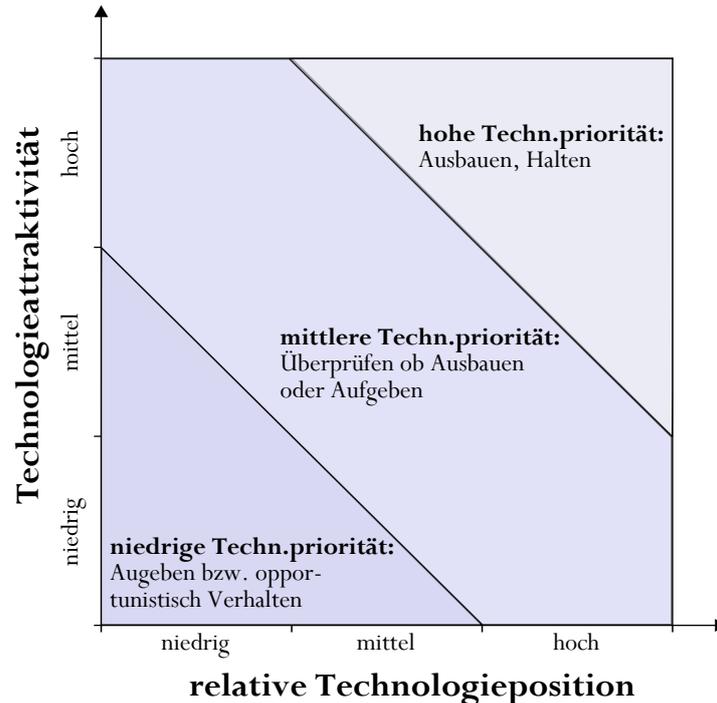


Abbildung 5.7: Technologieportfolio [Gausemeier et al. 2001, S.56]

Die Technologieattraktivität und die relative Technologieposition lassen sich nach der gleichen Vorgehensweise, wie dies am Beispiel der Marktattraktivität zuvor erläutert wurde, mit den entsprechenden Kriterien ermitteln. [Gausemeier et al. 2001, S.55]

Ein *integriertes Markt-Technologie-Portfolio* erhält man nun, indem die marktmäßigen und technischen Positionen der untersuchten Produkte kombiniert werden (siehe Abbildung 5.8). Dabei werden auf der x-Achse die ermittelten Technologieprioritäten und auf der y-Achse die ermittelten Marktprioritäten aufgetragen. [Gausemeier et al. 2001, S.57]

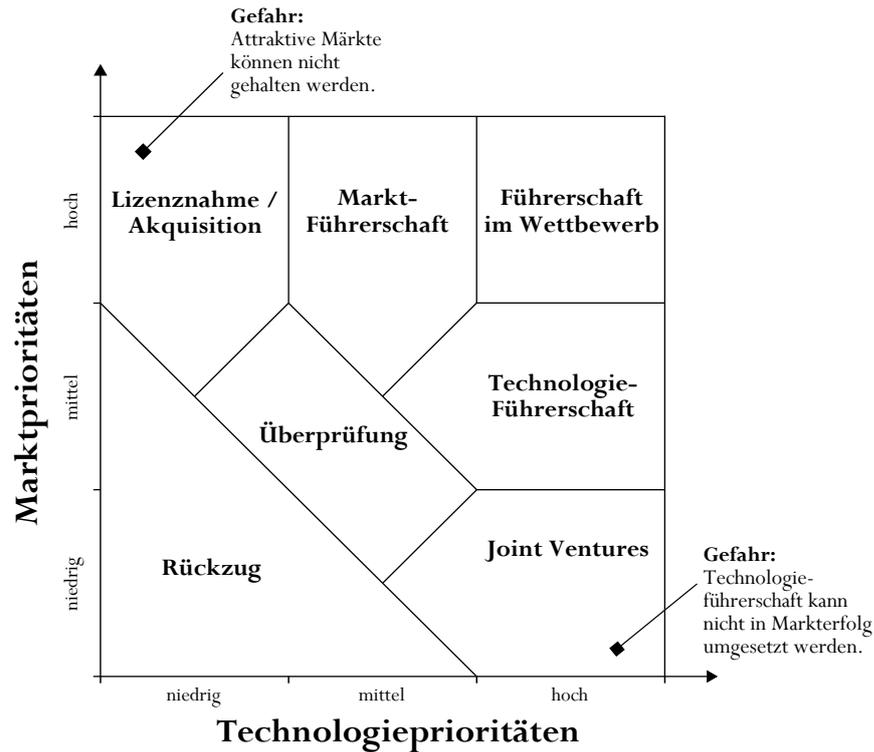


Abbildung 5.8: Integriertes Markt-Technologie-Portfolio [Gausemeier et al. 2001, S.57]

Vorteil

- + Wird ein Produkt ausschließlich einer marktmäßigen Betrachtung unterzogen so kann es vorkommen, dass das Produkt aufgrund von zu geringer Wettbewerbsstärke aufgegeben wird. Durch die zusätzliche Betrachtung der technologischen Positionierung kann sich das gleiche Produkt im Bereich der Technologieführerschaft befinden und sollte deshalb besser nicht aufgegeben werden. [Gausemeier et al. 2001, S.57]

Der Ansatz des integrierten Markt-Technologie-Portfolios weist in weiterer Folge auf zwei besondere Gefahren hin [Gausemeier et al. 2001, S.58]:

- Im Falle einer sehr hohen Technologiepriorität bei gleichzeitiger geringer Marktpriorität besteht die Gefahr, dass die vorherrschende Technologieführerschaft nicht in entsprechende Markterfolge umgesetzt werden kann.
- Tritt hingegen der Fall einer sehr hohen Marktpriorität bei gleichzeitiger geringer Technologiepriorität ein, so besteht die Gefahr, dass die sich bietenden Chancen attraktiver Märkte nicht wahrgenommen werden können.

5.6 Benchmarking

Robert C. Camp [1994, S.IX], der Begründer der Benchmarking-Methodik, definiert den Grundgedanken wie folgt: „*Benchmarking ist die Suche nach Lösungen, die auf den besten Methoden und Verfahren der Industrie, den „best practices“, basieren und ein Unternehmen zu Spitzenleistungen führen*“.

Diese Suche nach Lösungen soll kein einmaliges Ereignis sein, sondern aufgrund der Tatsache, dass sich die Industriepraktiken ständig ändern, ein kontinuierlicher Prozess sein. Dieser im Benchmarking implizierte Vergleich mit den Besten kann auf Produkte und Dienstleistungen aber auch auf Herstellungsprozesse angewendet werden. Mithilfe des Benchmarking-Prozesses sollen die besten industriellen Praktiken untersucht und dokumentiert werden, um schließlich die gesteckten Ziele und Vorgaben erreichen zu können. [Camp 1994, S.13ff] In Abbildung 5.9 ist dieser Benchmarking-Prozess dargestellt. Das systematische Vorgehen in diesem Prozess wird im Wesentlichen in vier Phasen untergliedert, die wiederum in neun Vorgehensschritte unterteilt werden. [Sabisch u. Tintelnot 1997, S.28]

Benchmarking ist kein Allheilmittel und auch keine Methode bei der immer die gleichen Aktivitäten zu setzen sind. Vielmehr handelt es sich beim Benchmarking um einen Entdeckungsprozess, durch dessen Einsatz Informationen gesammelt werden. Dabei ist man ständig auf der Suche nach den besten Praktiken für die Produkte, Dienstleistungen und Prozesse der Zukunft. Benchmarking soll Entscheidungsträgern, wie beispielsweise Geschäftsführern, bei der Identifizierung und Anwendung von Praktiken helfen, um höchste Unternehmensleistungen zu erzielen. [Camp 1994, S.18f]

Folgende Schritte sind grundlegend für den Erfolg des Benchmarking [Camp 1994, S.4f]:

1. *Interne Geschäftsprozesse verstehen*

Es müssen die Stärken und Schwächen der internen Arbeitsabläufe bekannt sein, damit etwaige Schwachstellen aufgezeigt werden können.

2. *Führende Unternehmen in der Branche verstehen*

Die eigenen Abläufe können nur dann weiterentwickelt werden, wenn die Stärken und Schwächen der Konkurrenz, vor allem der Besten, bekannt sind.

3. *Die Besten nachahmen*

Um von den führenden Industrieunternehmen und der Konkurrenz lernen zu können, müssen die Gebiete, auf welchen diese besonders stark sind, aufgezeigt werden. Die

Stärken dieser best practices, oder auch Klassenbesten genannt, sind danach auf das eigene Unternehmen anzupassen und anzuwenden.

4. *Überlegenheit gewinnen*

Durch die Analyse der besten Verfahren und Methoden und der anschließenden Umsetzung und Einführung dieser Verfahren und Methoden im eigenen Unternehmen wird eine Position der Überlegenheit bezogen.

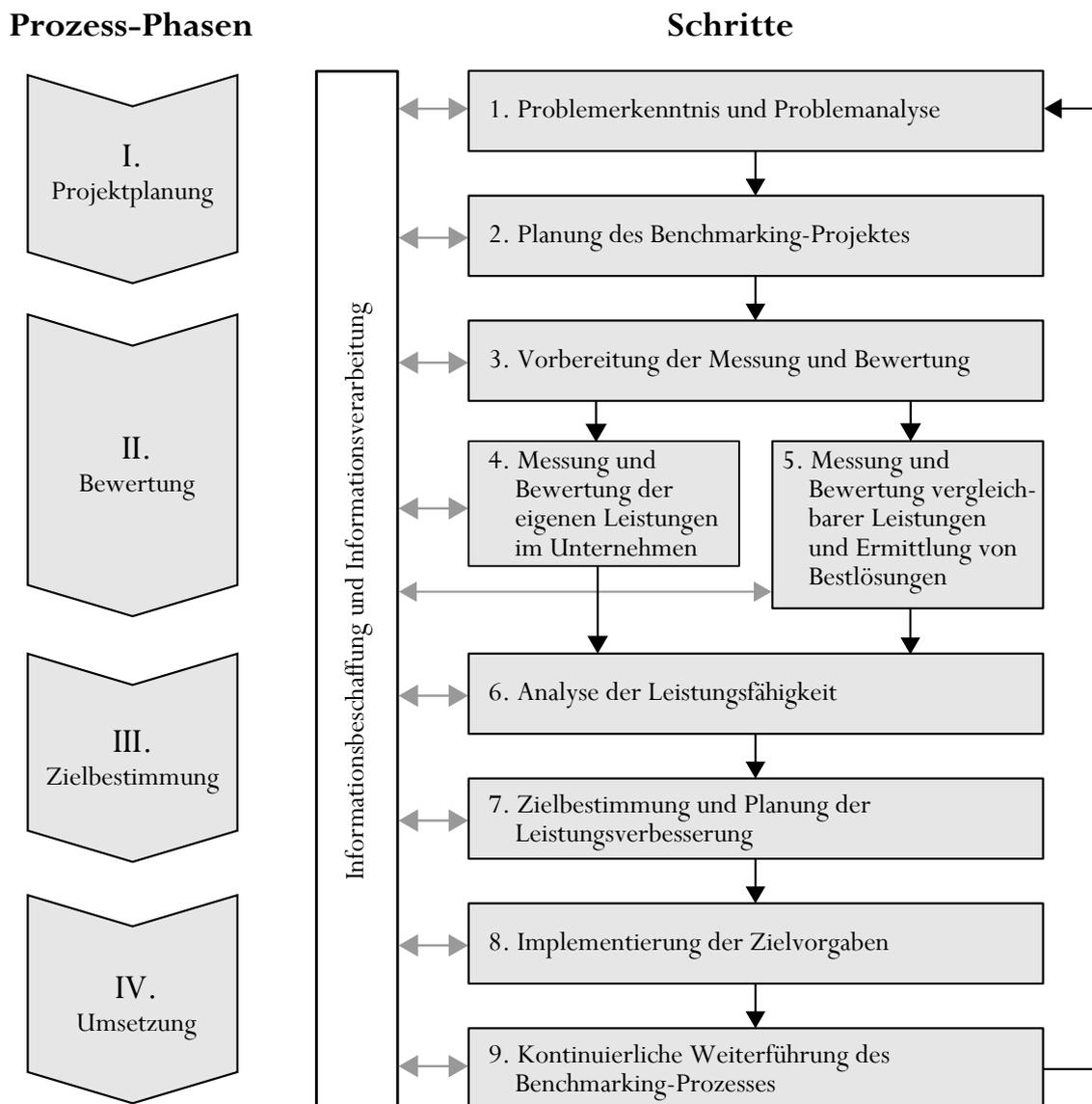


Abbildung 5.9: Benchmarking-Prozess [Sabisch u. Tintelnot 1997, S.29]

Ziele des Benchmarking

Nach Thomas [2004, S.271] geben folgende Faktoren für viele Unternehmen den Anstoß zur Durchführung eines Benchmarking:

1. Senkung der Kosten,
2. Verbesserung der Qualität,
3. Optimierung der Prozesse,
4. Erhöhung der Leistung.

Vorteile

Camp [1994, S.33ff] nennt fünf wesentliche Vorteile des Benchmarking:

- + Bessere Erfüllung der Kundenwünsche.
- + Ziele werden unter Berücksichtigung der externen Bedingungen festgelegt.
- + Festlegung echter Produktivitätsmaße.
- + Wettbewerbsfähige Position wird erlangt.
- + Nach besten Praktiken suchen und derer bewusst werden.

Der Nutzen des Benchmarking, für Unternehmen, ist in Abbildung 5.10 dargestellt.



Abbildung 5.10: Nutzen des Benchmarking [Camp 1994, S.39]

Benchmarking-Techniken

Durch die Wahl einer Benchmarking-Art werden Festlegungen getroffen, die den weiteren Projektverlauf und somit auch die Ergebnisse wesentlich beeinflussen. In Abbildung 5.11 ist ein Überblick über die verschiedenen Arten des Benchmarking dargestellt. Dabei erfolgt eine Klassifizierung hinsichtlich der Vergleichsobjekte, der Benchmarking-Partner und der zu vergleichenden Benchmarking-Parameter. [Mertins u. Kohl 2004, S.74]

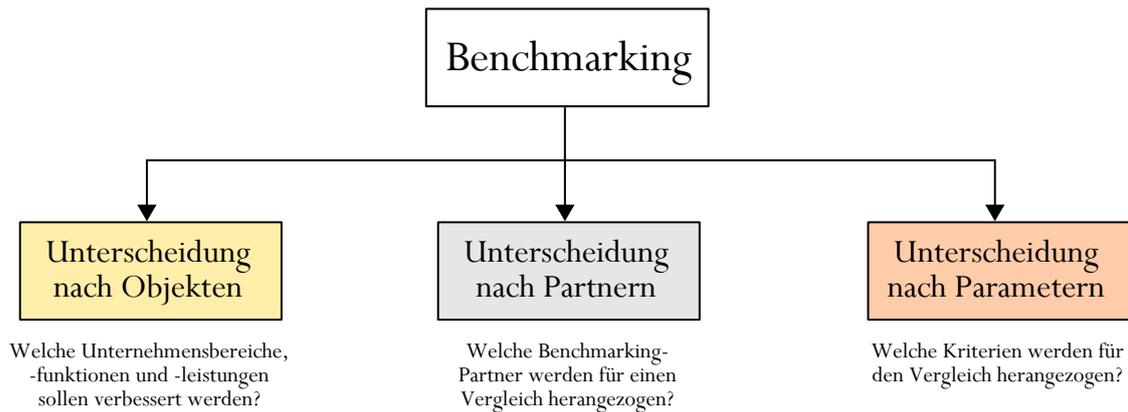


Abbildung 5.11: Arten des Benchmarking von Unternehmen [Mertins u. Kohl 2004, S.75]

Je nach Anwendungsfall ist somit eine Benchmarking-Art zu wählen, wissentlich, dass jede Art mit spezifischen Vor- und Nachteilen verbunden ist. Dieser Aspekt ist bereits in der Projektplanungsphase zu berücksichtigen. Mit der Benchmarking-Methode können die unterschiedlichsten Aspekte, wie beispielsweise die Kostenstruktur von einzelnen Produkten, die Organisationsstruktur von Unternehmen etc. miteinander verglichen werden. Diese Vielseitigkeit in Bezug auf ihre Anwendbarkeit ist ein großer Vorteil dieser Methode. [Mertins u. Kohl 2004, S.74]

5.6.1 Unterscheidung nach dem Benchmarking-Objekt

In der Regel sind Produkte, Prozesse oder Strategien Gegenstände für die Durchführung eines Benchmarking-Projekts (siehe Abbildung 5.12). [Mertins u. Kohl 2004, S.76]

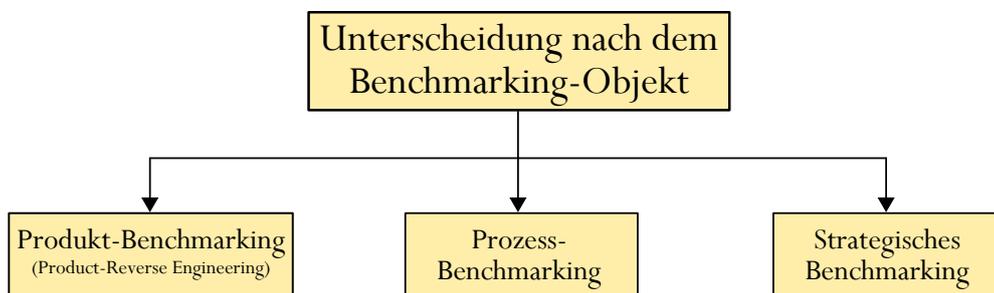


Abbildung 5.12: Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Objekten [Mertins u. Kohl 2004, S.76]

Beim *Produkt-Benchmarking* handelt es sich um eine vergleichsweise einfache Methode. Der Vorteil dieser Benchmarking-Art liegt darin, dass sie im Vergleich zum Prozess-Benchmarking unabhängig vom Benchmarking-Partner durchgeführt werden kann. Beim Produkt-Benchmarking werden, mit Hilfe des Reverse Product Engineering, das eigene Produkt und das zu vergleichende Produkt in alle ihre Einzelteile zerlegt und mit einander verglichen. Problematisch ist der stark eingeschränkte Anwendungsbereich, wobei dieser in der Regel auf technische Produkte eingegrenzt ist. Beim *Prozess-Benchmarking* werden die eigenen Geschäftsprozesse, die verbessert werden sollen, mit denen der Benchmarking-Partner verglichen um damit innovative Lösungen zur Gestaltung und Verbesserung von Geschäftsprozessen zu finden. Dabei sollte man sich zuerst auf Kernprozesse fokussieren, denn nur dadurch ist eine Optimierung der eigenen Prozesse möglich. Probleme können in der Hinsicht auftreten, dass es häufig schwierig ist geeignete Benchmarking-Partner zu finden, die einen Einblick in die unternehmensspezifischen Prozesse und Abläufe gewähren. Das *Strategie-Benchmarking* kann auch zur Entwicklung und Kontrolle von Unternehmensstrategien herangezogen werden. Dabei erfolgt eine Positionierung und Bewertung der eigenen Organisation im Vergleich zum Benchmarking-Partner. [Mertins u. Kohl 2004, S.76ff]

5.6.2 Unterscheidung nach dem Benchmarking-Partner

Hinsichtlich der Benchmarking-Partner lassen sich zwei Kategorien (siehe Abbildung 5.13) unterscheiden [Mertins u. Kohl 2004, S.82]:

- das interne Benchmarking und
- das externe Benchmarking.

Durch die Anwendung des *internen Benchmarking* werden Stärken und Schwächen der eigenen Organisation, entweder Standortabhängig oder Standortunabhängig, aufgezeigt. Dabei werden Best Practices in den verschiedenen Unternehmensbereichen identifiziert und analysiert. Durch die Konzentration auf unternehmensinterne Abläufe und Praktiken können die relevanten Informationen relativ einfach erhoben werden. Beim *externen Benchmarking* werden die unternehmenseigenen Abläufe mit jenen fremder Unternehmen verglichen. Voraussetzung, damit dieser Vergleich möglich ist, ist das Vorhandensein einer bestimmten „Ähnlichkeit“ der beteiligten Unternehmen. Das externe Benchmarking wird in markt- bzw. konkurrenzbezogenes, branchenbezogenes, und branchenunabhängiges Benchmarking unterteilt. [Mertins u. Kohl 2004, S.82ff] Beim konkurrenzbezogenen Benchmarking werden

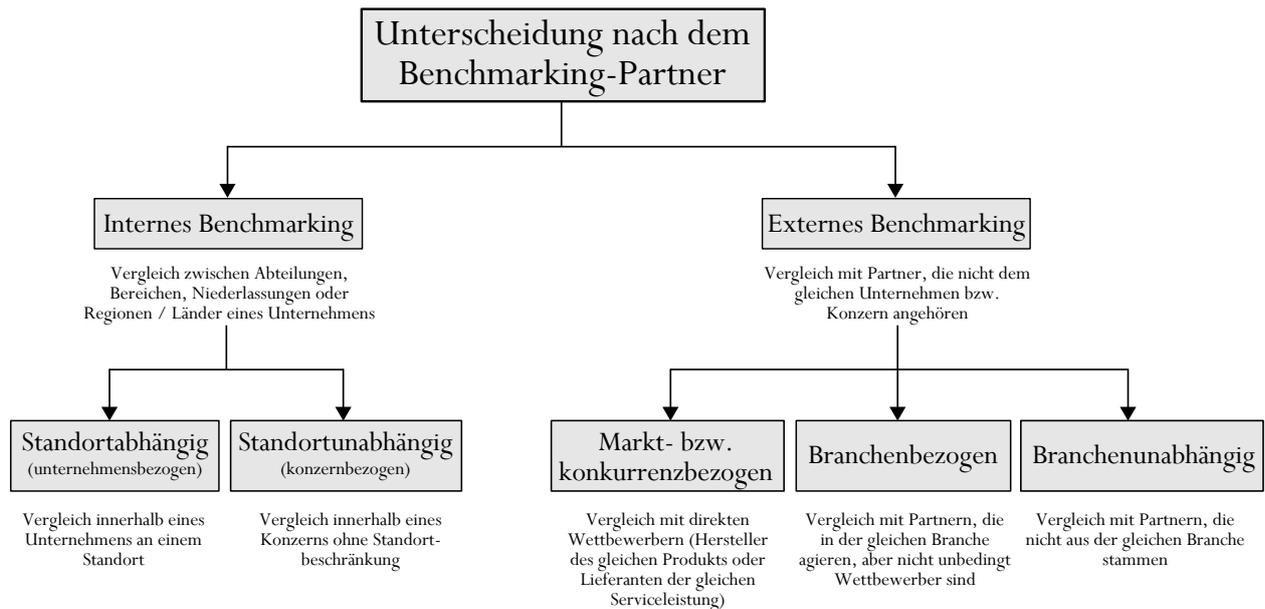


Abbildung 5.13: Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Partner [Mertins u. Kohl 2004, S.82ff]

die Produkte, Dienstleistungen, Vorgehensweisen und Abläufe der direkten Konkurrenz verglichen und analysiert. Mit diesem Analyseinstrument erhält man Informationen über die Stärken und Schwächen, sowie über die derzeitigen und in Zukunft geplanten Marktaktivitäten der Konkurrenz. Somit kann die eigene Wettbewerbsposition bestimmt werden, das eigene Unternehmen kann von den Best Practices der Konkurrenz lernen und Verbesserungen können ebenfalls eingeleitet werden. Das branchenbezogene Benchmarking verfolgt die gleichen Zielsetzungen wie das konkurrenzbezogene Benchmarking, mit dem Unterschied, dass der Fokus auf die gesamte Branche ausgeweitet wird. Aufgrund der Tatsache, dass hier keine unmittelbare Wettbewerbssituation zwischen den beteiligten Benchmarking-Partnern besteht, können die benötigten Informationen meist einfacher eingeholt werden, mit der Suche nach Trends als Hauptziel. Beim branchenunabhängigen Benchmarking liegt das Hauptaugenmerk nicht mehr auf bestimmte Unternehmensfunktionen, sondern auf Prozessen und Prozessmerkmalen, um eine branchenübergreifende Ähnlichkeit zwischen den Benchmarking-Objekten gewährleisten zu können. [Mertins u. Kohl 2004, S.85ff]

Die Tabelle 5.1 stellt Ausprägungen bzw. Schwierigkeitsgrade der einzelnen Formen des externen Benchmarking gegenüber.

Tabelle 5.1: Ausprägungen bzw. Schwierigkeitsgrade beim externen Benchmarking [Pieske 1995 zitiert nach Mertins u. Kohl [2004], S.88]

Kriterien	Blickwinkel		
	Konkurrenz- bezogenes Bench- marking	Branchen- bezogenes Bench- marking	Branchen- unabhängiges Benchmarking
<i>Informationsbeschaffung</i>	schwierig	mittel	leicht
<i>Anwendungsbereich</i>	eingeschränkt	mittel	groß
<i>Verbesserungschancen</i>	mittel	groß	groß
<i>Auswahl der Partner</i>	einfach	mittel	schwierig ohne Methodik
<i>Kontaktaufnahme</i>	schwierig	mittel	leicht
<i>Austausch</i>	kaum vorhanden	mittel	hoch
<i>Positionierung</i>	einfach	einfach	mittel
<i>Vergleichbarkeit</i>	einfach, jedoch nicht bei wichti- gen Prozessen	mittel, nur auf Basis von Prozes- sen möglich	muss herausge- arbeitet werden, nur auf Basis von Prozessen möglich
<i>Wettbewerbsproblematik</i>	hoch	mittel	kaum vorhanden
<i>Übertragbarkeit</i>	einfach	mittel	mittel
<i>Rechtsprobleme</i>	hoch	gering	kaum
<i>Gesamtbewertung</i>	mittel	mittel	sehr effektiv

Ein Benchmarking-Projekt ist von der Wahl der Benchmarking-Partner abhängig. In Abbildung 5.14 ist dargestellt, wie wichtig die Wahl der richtigen Benchmarking-Partner, hinsichtlich des enthaltenen Informationspotenzials und dem daraus resultierenden Verbesserungspotenzials, ist. [Kohl 2004, S.125f]

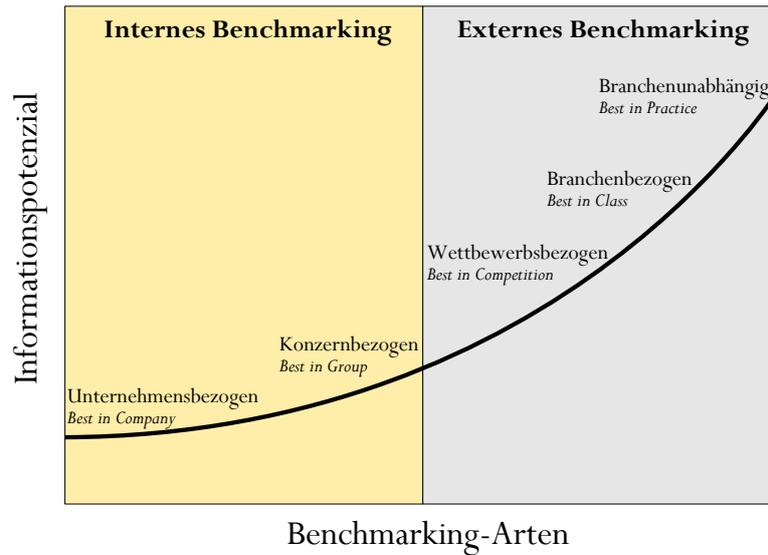


Abbildung 5.14: Informationspotenzial bezogen auf die Benchmarking-Partner [Kohl 2004, S.125]

5.6.3 Unterscheidung nach den Benchmarking-Parametern

Die Betrachtung der Benchmarking-Parameter ist eine dritte Möglichkeit, zwischen den Formen des Benchmarking zu unterscheiden. Dabei unterscheidet man zwischen quantitativen, qualitativen und prozessorientierten Ansätzen (siehe Abbildung 5.15).

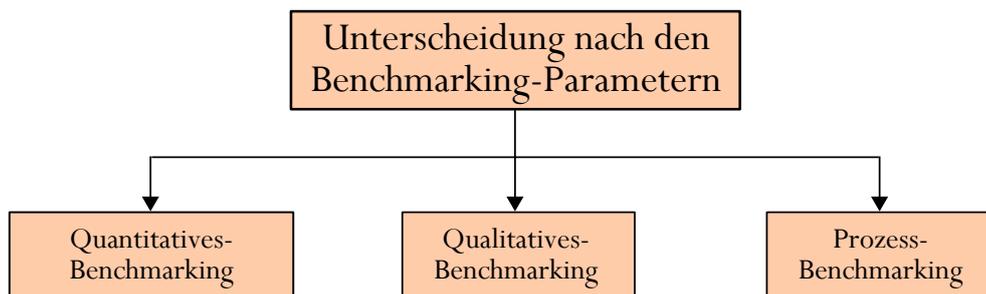


Abbildung 5.15: Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Parametern

Beim *quantitativen Benchmarking* wird mit Hilfe von Kennzahlen die Leistung des Unternehmens quantifiziert und somit vergleichbar und messbar gemacht. Neben den standardisierten Kennzahlen, erhältlich aus dem Controlling und der Buchhaltung des Unternehmens, wird

auch die Verwendung individueller Kennzahlen, maßgeschneidert auf die speziellen Anforderungen des Benchmarking-Projektes, empfohlen. Die Auswahl der Kennzahlen ist daher von besonderer Bedeutung. Beim *qualitativen Benchmarking* werden subjektive Beurteilungen und Bewertungskriterien über Unternehmensabläufe der prozessbeteiligten Personen gemessen. Diese qualitativen Kennzahlen sind meist nur schwer zu erheben, da eine objektive Bewertung kaum möglich ist. Daher ist eine Übereinstimmung „ ... *bezüglich solcher Parameter über verschiedene Hierarchieebenen ...* “ erforderlich. [Mertins u. Kohl 2004, S.92]

Beim *prozessorientierte Benchmarking* werden Prozess-Kennzahlen verwendet, dadurch sollen die Charakteristiken eines speziellen Prozesses abgebildet werden. Typische Prozess-Kennzahlen sind beispielsweise Prozessdurchlaufzeiten, Ausschussraten, Fehlerquoten etc. Es können aber auch Prozesse der Ablauforganisation selbst analysiert und verglichen werden (beispielsweise ein Akquiseprozess, ein Auftragsabwicklungsprozess etc.). [Mertins u. Kohl 2004, S.98ff]

5.7 Technologielebenszyklus-Modelle

Technologien unterliegen sehr komplexen Veränderungen im Laufe der Zeit. Für ein Unternehmen ändert sich daher die strategische Relevanz von Technologien. Durch die Fähigkeit, diese dynamischen Veränderungen wahrzunehmen und mit dem zusätzlichen Wissen über Entwicklungsverläufe einzelner Technologien können die zugehörigen Technologiepotenziale eingeschätzt und somit technologische Kompetenzen im Unternehmen rechtzeitig auf- bzw. abgebaut werden. Abhängig vom vorherrschenden Entwicklungsstand einer Technologie sind unterschiedliche strategische Handlungen durchzuführen. Mit Hilfe des Modells der Technologielebenszyklen ist man in der Lage die Entwicklung von Technologien idealtypisch in mehreren Phasen darzustellen. [Schuh et al. 2011b, S.37]

Die Entwicklung von Technologielebenszyklus-Modellen ist mit einigen Schwierigkeiten hinsichtlich [Schuh et al. 2011b, S.37]:

- der Angabe von geeigneten Kriterien zur Definition und Abgrenzung der untersuchten Technologien,
- der Wahl geeigneter Parameter für die Erfassung des Entwicklungsstandes und
- der Ermittlung der Entwicklungsverläufe verbunden.

Nichtsdestotrotz unterstützt die Analyse von Technologielebenszyklus-Modellen bei der Ableitung von entsprechenden technologiespezifischen Maßnahmen und trägt gleichzeitig zur Sensibilisierung der untersuchten Technologien bei.

In Verbindung mit Technologielebenszyklus-Modellen können drei unterschiedliche Modelle unterschieden werden [Schuh et al. 2011b, S.37]:

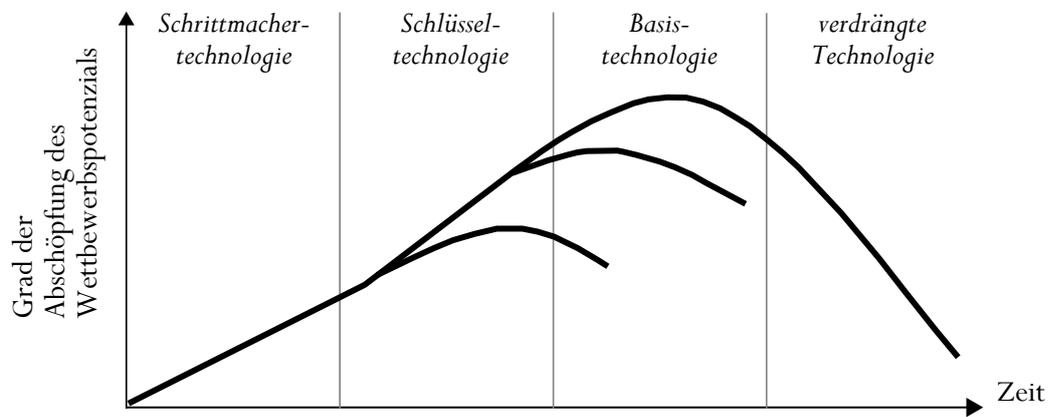
1. Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little
2. S-Kurven-Konzept nach McKinsey
3. Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff

5.7.1 Technologielebenszyklus-Modell nach Arthur D. Little

Das von der Unternehmensberatung Arthur D. Little entwickelte Technologielebenszyklus-Modell (siehe Abbildung 5.16) unterscheidet über den gesamten Lebenszyklus einer Technologie zwischen den vier Phasen Entstehung, Wachstum, Reife und Alter. Diesen Lebenszyklusphasen können unterschiedliche Technologietypen zugeordnet werden [Gausemeier et al. 2001, S.59f]:

- **Neue Technologien**, sind Technologien die zu Beginn ihres Lebenszyklus noch keine wirtschaftliche Anwendung gefunden haben und von Visionären in ihrer Weiterentwicklung vorangetrieben werden.
- Passieren solche neuen Technologien einen kritischen Punkt, so werden sie zu **Schrittmachertechnologien**. Diese wurden bereits in einigen Nischen angewendet, befinden sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium und weisen ein hohes Entwicklungspotenzial auf. Für den gegenwärtigen Wettbewerb sind sie jedoch noch nicht entscheidend.
- Steigt der Grad der Abschöpfung des Wettbewerbspotenzials weiter an, so werden Technologien zu **Schlüsseltechnologien**. Solche Technologien beeinflussen die Wettbewerbssituation entscheidend und bilden dadurch die Grundlage für die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen. **Basistechnologien** sind Technologien, die bereits in vielen Produkten eingesetzt und daher von allen Mitbewerbern einer speziellen Branche beherrscht werden.

- Schlussendlich gibt es noch **verdrängte Technologien**. Hierbei handelt es sich um Technologien die am Ende ihres Lebenszyklus durch alternative Technologien ersetzt wurden.



	Entstehung	Wachstum	Reife	Alter
Indikatoren	↘	↘	↘	↘
Unsicherheit über technische Leistungsfähigkeit	hoch	mittel	niedrig	sehr niedrig
Investitionen in Technologieentwicklung	niedrig	maximal	niedrig	vernachlässigbar
Breite der potenziellen Einsatzgebiete	unbekannt	groß	etabliert	abnehmend
Zugangsbarrieren	wissenschaftl. Fähigkeiten	Personal	Lizenzen	Know-how
Verfügbarkeit	sehr beschränkt	Restrukturierung	markt-orientiert	hoch

Abbildung 5.16: Technologielebenszyklus nach Arthur D. Little [Gausemeier et al. 2001, S.60]

5.7.2 S-Kurven-Konzept nach McKinsey

Das Beratungsunternehmen McKinsey entwickelte das S-Kurven-Konzept. Dieses Konzept beschreibt den Verlauf der Leistungsfähigkeit einer Technologie über den kumulierten F&E-Aufwand und ergibt in vielen Fällen eine Form ähnlich einer S-Kurve (siehe Abbildung 5.17). Dem S-Kurven-Konzept liegt die Tatsache zugrunde, dass Technologien im Zuge ihrer fortwährenden Weiterentwicklung an physikalische oder technische Grenzen stoßen. [Schuh et al. 2011b, S.43]

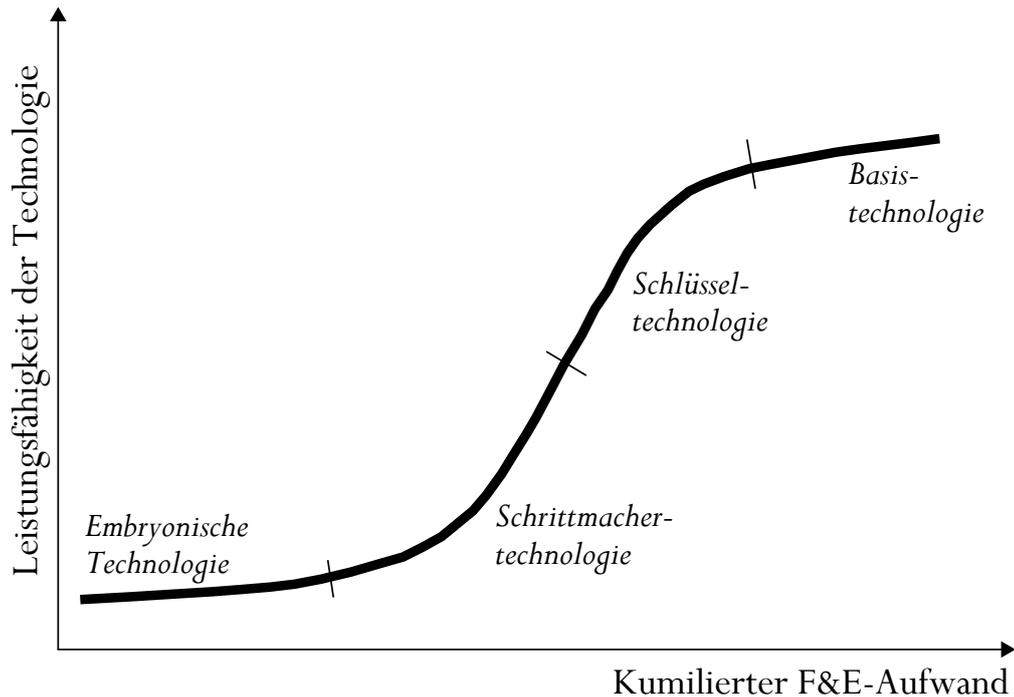


Abbildung 5.17: S-Kurven-Konzept nach McKinsey [Schuh et al. 2011b, S.43]

Vier unterschiedliche Typen von Technologien können im S-Kurven-Konzept von McKinsey unterschieden werden [Schuh et al. 2011b, S.43f]:

- Sehr junge und neue Technologien werden als embryonische Technologien bezeichnet,
- Technologien die eine hohe Wahrscheinlichkeit aufweisen, dass sie den Marktdurchbruch erreichen können, werden Schrittmachertechnologien genannt,
- Technologien, die sich erfolgreich auf dem Markt durchgesetzt haben, werden als Schlüsseltechnologien bezeichnet und
- Technologien, deren Leistungspotenzial bereits ausgeschöpft ist und veraltet sind, werden als Basistechnologien bezeichnet.

Der idealtypische S-Kurven-Verlauf zeigt, dass sich bei reifen Basistechnologien die Leistungsfähigkeit durch zusätzliche F&E-Investitionen nicht mehr signifikant erhöhen lässt. Daher ist es von essentieller Bedeutung, dass Unternehmen den richtigen Zeitpunkt für den Wechsel auf alternative Substitutionstechnologien erkennen (siehe Abbildung 5.18). [Schuh et al. 2011b, S.44]

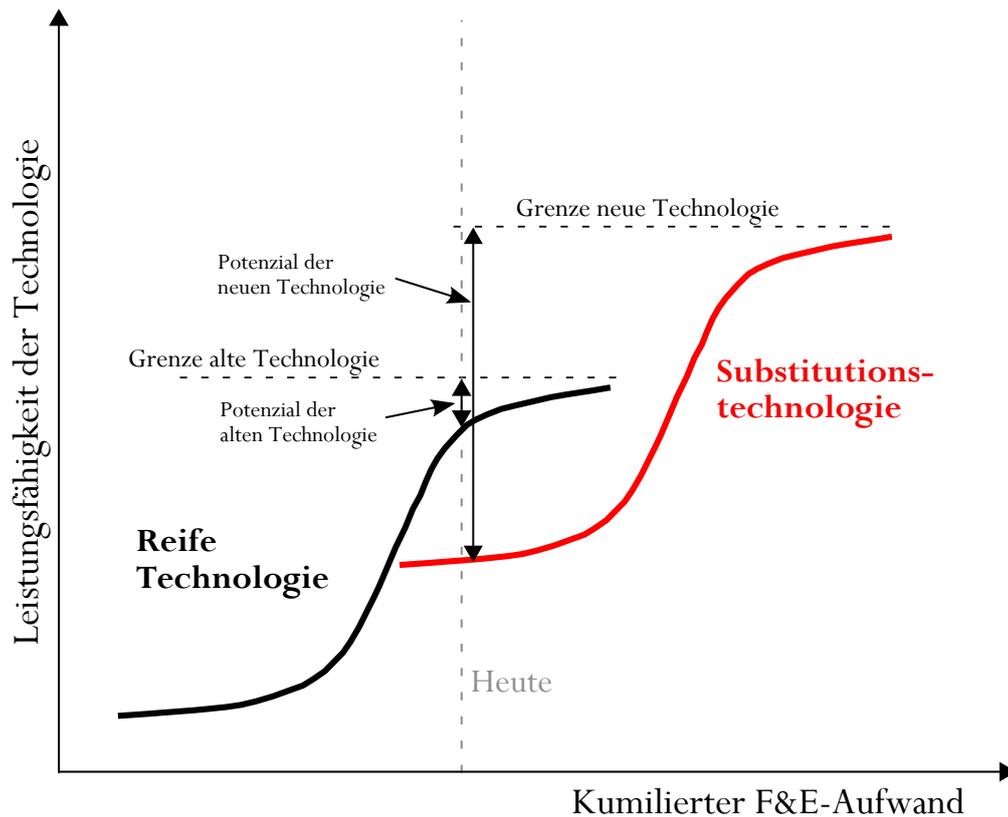


Abbildung 5.18: S-Kurven-Konzept mit Substitutionstechnologie [Schuh et al. 2011b, S.44]

5.7.3 Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff

In dem Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff (siehe Abbildung 5.19) werden drei unterschiedliche Typen der Technologieentwicklung unterschieden [Schuh et al. 2011b, S.39]:

1. Stabile Technologieentwicklung
2. Dynamische Technologieentwicklung
3. Turbulente Technologieentwicklung

Ansoff geht in seinem Modell von einem engen Zusammenhang zwischen Technologie-, Produkt- und Marktlebenszyklus aus. In Märkten mit stabiler Technologieentwicklung ist der Verlauf von Technologie- und Marktlebenszyklus beinahe gleich, da keine gravierenden technologischen Veränderungen auftreten. Die Ausprägung des Innovationswettbewerbs in

solchen Märkten ist nur schwach. Hingegen sind Unternehmen in Märkten mit dynamischer Technologieentwicklung aufgrund des hohen Innovationswettbewerbs gezwungen, immer neue und bessere Produkte auf den Markt zu platzieren, wobei die Produktlebenszyklen kurz sind. Häufige Technologiesprünge von einer Technologie zur nächsten prägen Märkte mit turbulenter Technologieentwicklung. Daher ist in solchen Märkten die Technologiefrüherkennung von besonderer Bedeutung. [Schuh et al. 2011b, S.39f]

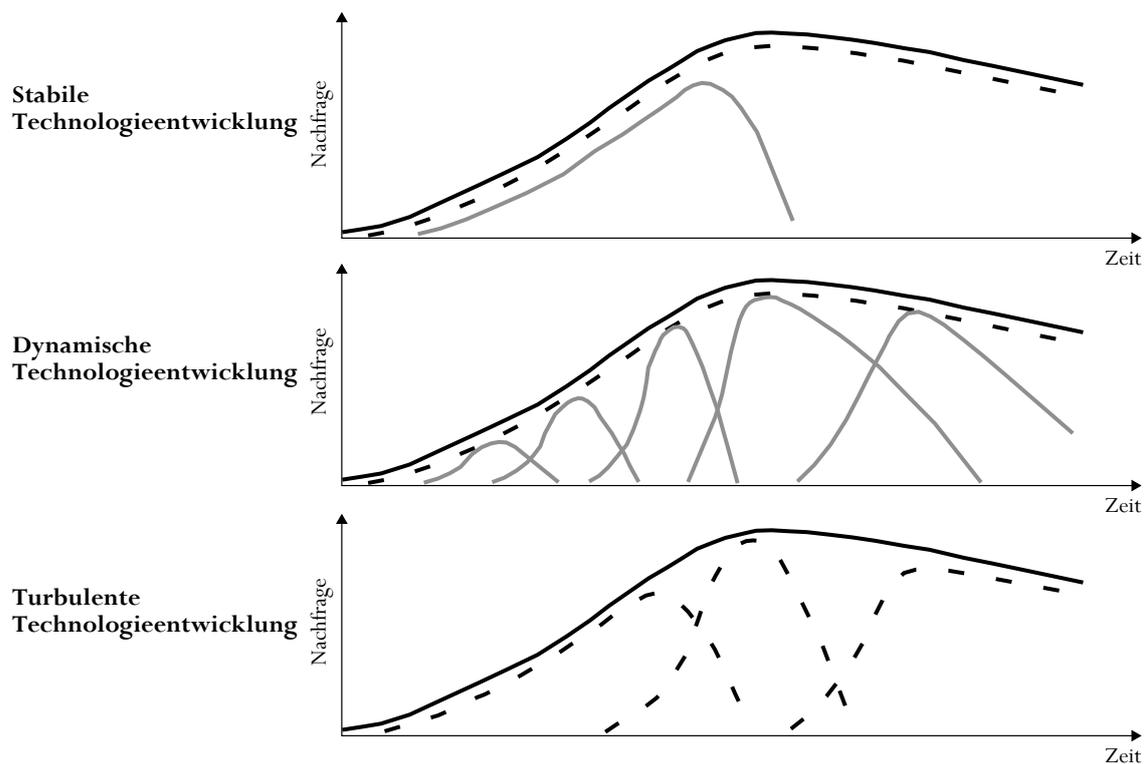


Abbildung 5.19: Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff [Schuh et al. 2011b, S.40]

5.8 Relevanzbaumanalyse

Mit Hilfe der Relevanzbaumanalyse können komplexe und innovative Problemstellungen gelöst werden. Der Relevanzbaum stellt dabei die Einflüsse und Abhängigkeiten zwischen Ereignissen und Entwicklungen der Zukunft graphisch dar. Anhand dieses graphischen Ordnungsschemas kann eine große Menge an Informationen klar strukturiert und übersichtlich dargestellt werden. [Kniess 2006, S.144]

Ein Problem oder ein Ziel bildet den Ausgangspunkt für die Analyse. Das Problem wird dann anschließend in mehrere Teilprobleme gegliedert, wobei vergleichbare Ziele auf derselben Ebene aufgelistet werden. Elemente werden nach ihrer Relevanz zur vorangegangenen Ebene bewertet. Verbindet man die einzelnen Elemente aus den unterschiedlichen Ebenen, so erhält man Relevanzbeziehungen. [Kniess 2006, S.145] Das Prinzip des Aufbaus eines Relevanzbaums ist anhand eines Beispiels in Abbildung 5.20 dargestellt.

Vorteile [Kniess 2006, S.148]

- + Hoher Informationsgehalt wegen graphischer Darstellung.
- + Durch Darstellung der Ziele und Mittel entsteht eine umfassende Informationsstruktur.
- + Im Gegensatz zum Morphologischen Kasten wird auch gezeigt, wie über bestimmte Teillösungen eine Gesamtlösung erzielt werden kann.

Nachteile [Kniess 2006, S.148]

- Schwierigkeiten bei der Erörterung aller Einflussgrößen.
- Vollständige Analyse ist zeitaufwändig.

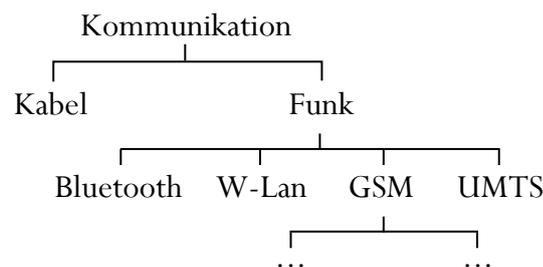


Abbildung 5.20: Relevanzbaum für die Möglichkeiten der Kommunikation zwischen Maschinen

5.9 Ressourcen-Analyse

Durch die Ressourcen-Analyse werden verfügbare Ressourcen systematisch offengelegt. Dadurch erhält man Mittel jeglicher Art, mit denen ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem gelöst werden kann. [Pannenbäcker 2001, S.92]

Um gewünschte Funktionen eines technischen Systems bereitzustellen, werden vielfältige Ressourcen genutzt. Terninko unterscheidet prinzipiell zwischen sechs Gruppen von Ressourcen (siehe Abbildung 5.21) [Terninko et al. 1998a, S.195f]:

- Stoffe (Substanzen jeglicher Art)
- Felder (Energie und Kräfte jeglicher Art)
- Funktions-Ressourcen (Wirkungen jeglicher Art)
- Informations-Ressourcen (sämtliche wahrnehmbare Informationen)
- Zeitliche Ressourcen (Zeit vor, während und nach einem Vorgang)
- Räumliche Ressourcen (nutzbarer Raum)

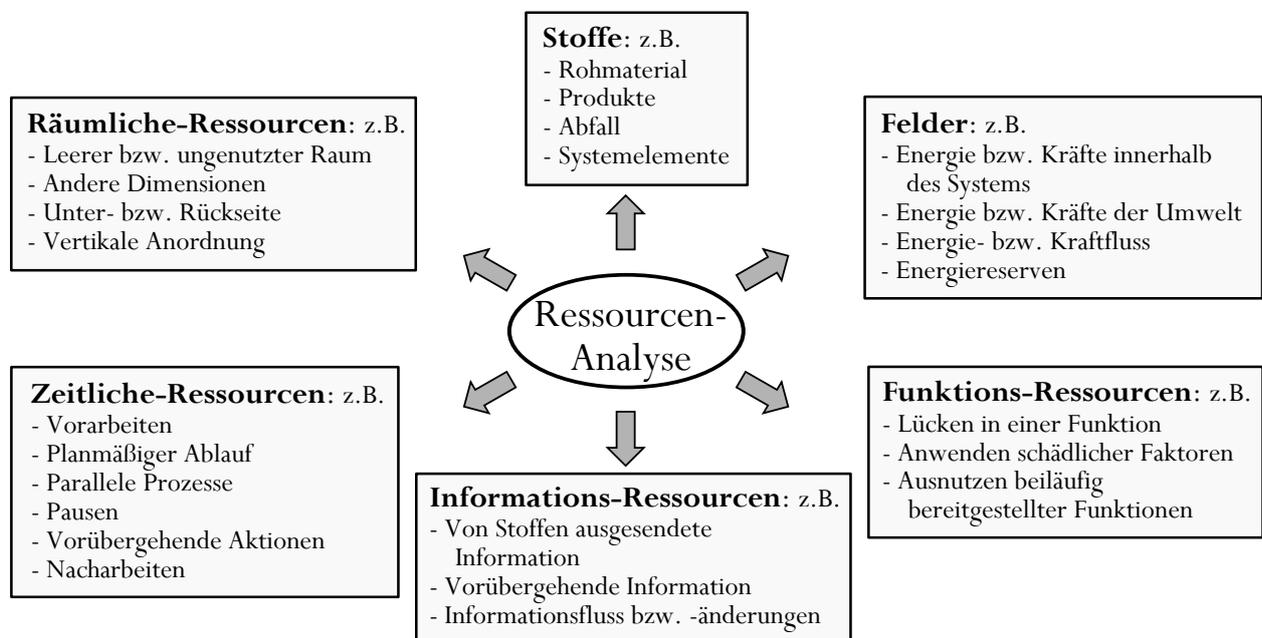


Abbildung 5.21: Ressourcen-Analyse [Pannenbäcker 2001, S.93]

Durch diese Klassifikation im Zuge einer Ressourcen-Analyse werden möglichst viele Ressourcen für das Lösen eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems gesammelt. [Pannenbäcker 2001, S.93]

Prinzipiell dürfen folgende Punkte nicht außer Acht gelassen werden [Pannenbäcker 2001, S.93f]:

- Damit möglichst unterschiedliche Ressourcen erfasst werden, wurde der Begriff der Ressource bewusst weit gefasst.
- Es sollten auch Ressourcen gesammelt werden, die nicht nur in bereits bestehenden technischen Systemen eingesetzt werden, sondern auch diejenigen, die darüber hinaus verfügbaren sind.
- Es sollte von Beginn an keine Eingrenzung stattfinden. Insbesondere die Ressourcen, die zunächst als nicht bis wenig relevant angesehen werden oder für selbstverständlich gehalten werden, müssen ebenfalls berücksichtigt werden.
- Je umfangreicher und profunder die Ressourcensammlung durchgeführt wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass entscheidende Ressourcen gefunden werden können, die für die angestrebte Lösung eines technischen Systems relevant sind.
- Zwischen der Systemanalyse, der Stoff-Feld-Analyse und der Ressourcen-Analyse besteht ein enger Zusammenhang, da mit Hilfe von ihnen bestimmte Arten von Ressourcen gesammelt werden.

Mit Hilfe der Ressourcen-Analyse werden die verfügbaren Ressourcen gesammelt und aufgelistet. Anschließend an die Ressourcen-Analyse können die verfügbaren Ressourcen mit einem Ressourcen-Portfolio (siehe Abbildung 5.22) bewertet werden. Mit Hilfe des Ressourcen-Portfolios können aus einer Reihe von verfügbaren Ressourcen geeignete Ressourcen identifiziert und ausgewählt werden, wobei sich nicht alle verfügbaren Ressourcen gleichermaßen gut für das Lösen eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems eignen. Deshalb werden bei der Erstellung eines Ressourcen-Portfolios zwei Kriterien herangezogen [Pannenbäcker 2001, S.94]:

1. die *Verfügbarkeit* und
2. die *Problemlosigkeit*.

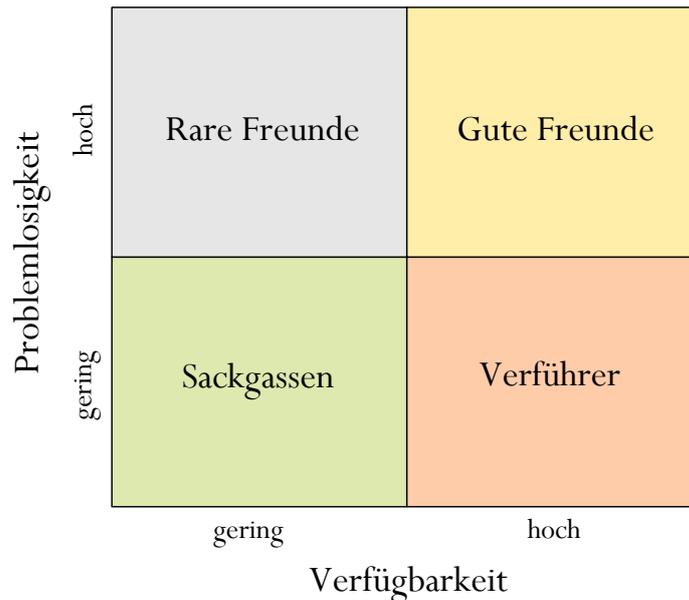


Abbildung 5.22: Ressourcen-Portfolio [Pannenbäcker 2001, S.95]

Die Verfügbarkeit gibt an, wie einfach Ressourcen herangezogen werden können. Beispielsweise wirkt die Gravitation auf der Erde uneingeschränkt (hohe Verfügbarkeit), hingegen kann sie im Weltraum allenfalls simuliert werden (geringe Verfügbarkeit). Die Problemlosigkeit gibt hingegen an, mit wie wenig Schwierigkeiten eine Ressource zum Lösen eines Problems genutzt werden kann. Beispielsweise kann Wasserstoff sehr häufig gefahrlos verwendet werden (hohe Problemlosigkeit), in Verbindung mit Sauerstoff kann es jedoch zu Knallgasexplosionen führen (geringe Problemlosigkeit). Trägt man nun das Kriterium *Verfügbarkeit* auf der Abszisse und das Kriterium *Problemlosigkeit* auf der Ordinate auf, erhält man ein sogenanntes Ressourcen-Portfolio, in das nun verfügbare Ressourcen eingetragen werden können. [Pannenbäcker 2001, S.94]

Das Ressourcen-Portfolio wird in vier Quadranten eingeteilt (siehe Abbildung 5.22), wobei die Quadranten für verschiedene Typen von Ressourcen stehen [Pannenbäcker 2001, S.94ff]:

- Sackgassen
- Verführer
- Rare Freunde
- Gute Freunde

Sackgassen sind weder problemlos nutzbare noch einfach verfügbare Ressourcen. Diese Ressourcen sollten im Zweifel Tabu sein und deshalb gemieden werden, d.h. weitere Anstrengungen zur Erschließung solcher Ressourcen sowie deren Einsatz müssen kritisch geprüft und im Zweifelsfalle unterlassen werden. [Pannenbäcker 2001, S.95f]

Verführer sind einerseits in hohem Maße verfügbare Ressourcen andererseits jedoch nur mit Schwierigkeiten nutzbar. Diese Art von Ressourcen sollten als mögliche Fallen erkannt und nur dann eingesetzt werden, wenn trotz aller damit verbundenen Schwierigkeiten ein entscheidender Beitrag zur Lösung des Problems erwartet werden kann. [Pannenbäcker 2001, S.95]

Rare Freunde sind mit wenig Schwierigkeiten nutzbare Ressourcen, allerdings sind diese Ressourcen nur schwer verfügbar. Diese Art von Ressourcen stellen Chancen dar. Mit ihnen muss versucht werden ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem mit vertretbarem Aufwand zu lösen. [Pannenbäcker 2001, S.95]

Gute Freunde sind ebenfalls problemlos nutzbare Ressourcen, die zudem eine hohe Verfügbarkeit aufweisen. Für die Lösung eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems sollten diese Ressourcen die erste Wahl sein. [Pannenbäcker 2001, S.95]

Eine exakte Zuordnung der Ressourcen ist meistens sehr schwierig. Deshalb sind die Ressourcen lediglich mit ihrer ungefähren Position in das Ressourcen-Portfolio einzutragen um eine Abschätzung bezüglich ihrer Eignung vornehmen zu können. Anhand der Position im Ressourcen-Portfolio können dann diejenigen Ressourcen ausgewählt werden, die sich zur Lösung eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems besonders eignen. [Pannenbäcker 2001, S.96]

Ressourcen können durch eine Ressourcen-Analyse und durch das Aufstellen eines Ressourcen-Portfolios systematisch analysiert und bewertet werden, wobei Ressourcen eng mit der Analyse des Ist-Zustandes zusammenhängen. Die Ressourcen-Analyse und das Ressourcen-Portfolio ergänzen die Werkzeuge zur Analyse der Ist-Situation. Mithilfe dieser genannten Werkzeuge ist man in der Lage, die aktuelle Situation eines technischen oder technisch-wirtschaftlichen Problems zu durchleuchten. Durch die Ermittlung von Ressourcen wird das Augenmerk auf die Mittel gelenkt, mit denen ein technisches oder technisch-wirtschaftliches Problem gelöst werden kann. [Pannenbäcker 2001, S.92]

Kapitel 6

Methodenbewertung

In diesem Kapitel werden die zuvor aufbereiteten und genau analysierten Methoden aus den Kapiteln 3, 4 und 5 in Hinblick auf die in Abschnitt 2.3 erwähnten Anforderungen einer subjektiven Bewertung unterzogen. Ziel dieser Bewertung war die Erstellung einer übersichtlichen Grafik, anhand derer die Methodenanwender innerhalb der R&D-Abteilung erkennen können, welche Methode bzw. welche Methoden sich für einen Einsatz, in Anbetracht der gestellten spezifischen Anforderungen, besonders eignen. Die Ergebnisse dieser Bewertung können beispielsweise als Grundlage für eine situationsabhängige Auswahl an geeigneten Methoden dienen.

6.1 Bewertungskriterien

Aus den zuvor festgelegten Methodenanforderungen, die sowohl die Bedürfnisse aus der Sicht der ACC Austria Mitarbeiter in der R&D-Abteilung (als Methodenanwender) als auch aus der Sicht des ACC Austria Managements miteinbeziehen, wurden anschließend Kriterien zur Bewertung ausgearbeitet. Gefordert waren möglichst konkrete und messbare Bewertungskriterien die sich direkt überprüfen lassen. Besonderer Wert wurde auf die praktische Anwendbarkeit der Bewertungskriterien bei deren Festlegung gelegt. Obwohl bei der Festlegung der Bewertungskriterien versucht wurde, möglichst alle Kriterien objektiv messbar zu machen, gelang dieses Vorhaben nicht zur Gänze (siehe 5. Bewertungskriterium).

Für die Unterstützung der R&D-Abteilung bei der Erlangung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Entwicklungsprojekt „cooling compressor 2018“ wurden folgende Bewertungskriterien, inklusive der Erklärungen wann die Werte 1,2 und 3 zu vergeben sind, festgelegt:

1. Kriterium: Zeitlicher Aufwand

Zur Einhaltung vorgegebener zeitlicher Rahmenbedingungen, spielt der zeitliche Aspekt für die Durchführung einer Methode eine wichtige Rolle. Die ausgewählten Methoden nehmen aufgrund ihrer unterschiedlichen Herangehensweise an Problemstellungen unterschiedlich viel Zeit in Anspruch. Ziel ist eine möglichst kurze Dauer der Methodendurchführung um auftretende Problemstellungen möglichst rasch und zuverlässig lösen zu können.

- 1 : Der zeitliche Aufwand zur Durchführung einer Methode beträgt mehr als 8 Stunden (ganzer Arbeitstag).
- 2 : Der zeitliche Aufwand zur Durchführung einer Methode beträgt zwischen 4 und 8 Stunden.
- 3 : Der zeitliche Aufwand zur Durchführung einer Methode beträgt weniger als 4 Stunden.

2. Kriterium: Durchführungskosten

Die Durchführungskosten, in Abhängigkeit der gewählten Methode, stellen ebenfalls einen wesentlichen Gesichtspunkt bei der Bewertung dar und sind somit als finanzielle Aufwände für das Unternehmen anzusetzen. In diese Kategorie der Durchführungskosten fallen Kosten für etwaige externe Berater, für Einschulungen der Methodenanwender und für die Durchführung notwendige Arbeitsmittel. Bei der Heranziehung externer Berater ist mit durchschnittlichen Kosten von ca. 1.500 bis 2.000 € pro Beratungstag zu rechnen. Als Ziel sind die Durchführungskosten, bei entsprechender Qualität der Lösungen, möglichst gering zu halten.

- 1 : Die Durchführungskosten einer Methode betragen mehr als 2.000 €.
- 2 : Die Durchführungskosten einer Methode betragen zwischen 1.000 bis 2.000 €.
- 3 : Die Durchführungskosten einer Methode betragen weniger als 1.000 €.

3. Kriterium: Personeller Ressourcenaufwand

Die Durchführung einer Methode ist selbstverständlich an personelle Ressourcen gekoppelt. Die ausgewählten Methoden stellen jedoch unterschiedliche Anforderungen an die Anzahl der für die Durchführung notwendigen Personen. Nicht immer ist eine steigende Qualität der erzielten Lösungen von einer steigenden Teilnehmeranzahl abhängig. Aus diesem Grund ist die Bearbeitung einer Aufgabenstellung mit einer geringen Anzahl an qualifizierten Teilnehmern zielführend.

- 1 : Für die Anwendung der Methode werden mehr als 8 Mitarbeiter benötigt.
- 2 : Für die Anwendung der Methode werden 5 bis 8 Mitarbeiter benötigt.
- 3 : Für die Anwendung der Methode werden bis zu 4 Mitarbeiter benötigt.

4. Kriterium: Strukturiertheit der Methode

Viele der ausgewählten Methoden werden durch spezifische Vorgehensweisen beschreiben, die oftmals als eine Art Phasenplan verstanden werden können. Diese Vorgehensweisen weisen den Charakter von Leitlinien auf und unterstützen die Mitarbeiter bei der Durchführung der jeweiligen Methode. Die Strukturiertheit einer Methode ist demzufolge damit zu definieren, ob die Methodenanwendung ohne zusätzliche (externe) Hilfe, in Form von individueller Beratung und Unterstützung, von den Mitarbeitern angewendet werden kann. Ziel ist eine Methodendurchführung, möglichst ohne Hilfestellungen.

- 1 : Die Methode ist mit entsprechender Hilfe noch immer unverständlich bzw. nur schwer anwendbar.
- 2 : Die Mitarbeiter benötigen Unterstützung zur Erklärung der Methode.
- 3 : Die Methode ist von den Mitarbeitern alleine, ohne zusätzliche Unterstützung, durchführbar.

5. Kriterium: Freiraum für Kreativität

Zur Entwicklung neuartiger, innovativer Problemlösungen ist der Einsatz kreativitätsfördernder Methoden besonders wichtig. Bei diesen kreativitätsfördernden Methoden handelt es sich nicht um Methoden, die den Anspruch stellen, ein hoch kreativer Mensch sein zu müssen um die Methode erfolgreich anwenden zu können, sondern vielmehr sollen diese kreativitätsfördernden Methoden die Anwender bei der Lösung von komplexen Problemstellungen vorantreiben und beim Einsatz der persönlichen Kreativität unterstützen. Deshalb sind Methoden, die hohe Kreativität ermöglichen bzw. die großen Freiraum für Kreativität bei deren Anwendung ermöglichen zu bevorzugen.

- 1 : Die Methode ermöglicht bei deren Anwendung geringen bis keinen Freiraum.
- 2 : Die Methode ermöglicht bei deren Anwendung mittleren Freiraum.
- 3 : Die Methode ermöglicht bei deren Anwendung großen Freiraum.

Bei den festgelegten Grenzen, die angeben wann der entsprechende Wert anzuwenden ist, handelt es sich um Durchschnittswerte die vom Autor in Absprache mit ACC Mitarbeitern festgelegt wurden.

6.2 Vorgehen

Die Bewertung wurde innerhalb jedes Methodenclusters (Foresight-, Ideenfindungs- u. Analysemethoden) getrennt durchgeführt. Durch die Bevorzugung dieser clusterinternen Bewertung, gegenüber der gemeinsamen Bewertung aller Methoden, soll eine objektive Bewertung ähnlicher Methoden, innerhalb eines Methodenclusters, ermöglicht werden. Jede einzelne Methode wurde nach detaillierter Analyse (Literaturstudie, Befragung von ACC Mitarbeitern) hinsichtlich der Erfüllung der, im vorherigen Abschnitt 6.1 beschriebenen, Bewertungskriterien überprüft und einer Bewertung unterzogen. Die Bewertung erfolgte entsprechend einer Skala mit den Werten 1,2 und 3. Wann bei den jeweiligen Bewertungskriterien die einzelnen Werte zu vergeben sind, wurde bereits im vorherigen Abschnitt 6.1 erläutert. Diese Skala wurde gewählt, um eine abgestufte Bewertung ermöglichen zu können die in weiterer Folge für die Erstellung einer entsprechenden Grafik, die die Ergebnisse strukturiert und übersichtlich darstellt, herangezogen wird.

Ergänzend wird angemerkt, dass die Bewertungsergebnisse sehr stark von der Ausgangsproblemstellung abhängig sind. Eine nachvollziehbare Bewertung ist nur dann sichergestellt, wenn die Bewertung auf der Grundlage derselben Ausgangsproblemstellung stattfindet bzw. Systeme mit ähnlicher Komplexität miteinander verglichen werden. Bei der Bewertung der einzelnen Methoden wurde deshalb versucht von einem System mit mittlerer Komplexität auszugehen.

6.3 Ergebnisse der Bewertung

Tabelle 6.1 stellt das Ergebnis der Methodenbewertung, anhand der erwähnten Bewertungskriterien, übersichtlich dar. Die entstandene Bewertung unterliegt der subjektiven Beurteilung des Autors. Dabei handelt es sich um Einschätzungen die auf eine umfassende Literaturstudie der angeführten Methoden, auf Befragungen von ACC Mitarbeitern und teilweise auf eigene Schätzungen gründen. Die entstandene Bewertung dient zur Demonstration der Eignung ausgewählter Methoden, hinsichtlich der Erfüllung der gestellten Anforderungen mit dem Ziel, diese Ergebnisse nachvollziehbar zu gestalten und für die ACC Mitarbeiter einfach und schnell kommunizierbar zu machen.

Tabelle 6.1: Bewertung der Methoden

		Kriterien				
		1. Zeitlicher Aufwand	2. Durchführungskosten	3. Personeller Ressourcenaufwand	4. Strukturiertheit der Methode	5. Freiraum für Kreativität
Foresight-Methoden	Szenario-Technik	1	2	2	2	1
	Delphi-Methode	1	2	2	2	2
	Experteninterview	2	2	2	2	2
	Fledermausprinzip	1	2	2	2	2
Ideenfindungs-Methoden	Klassisches Brainstorming	3	3	2	3	3
	Anonymes Brainstorming	3	3	2	3	3
	Imaginäres Brainstorming	3	3	2	2	3
	Diskussion 66	3	3	1	3	2
	Didaktisches Brainstorming	2	2	2	3	2
	Destruktiv-konstruktiv Brainstorming	1	2	2	3	2
	SIL-Methode	1	3	2	3	2
	Methode 635	3	3	2	3	2
	Brainwriting-Pool	3	3	2	3	3
	Mind-Mapping	3	3	2	3	3
	Kärtchen-Befragung	2	3	2	3	3
	Collective-Notebook Methode	1	3	2	3	3
	Galerie-Methode	2	3	2	2	3
	Bionik	1	2	2	2	3
	Klassische Synektik	1	1	1	1	3
	Visuelle Synektik	1	1	1	1	3
	Reizwort-Analyse	3	3	2	3	3
	Morphologischer Kasten	2	3	2	3	2
	Attribute-Listing	2	2	2	3	3
	KJ-Methode	2	2	2	3	3
Progressive Abstraktion	2	2	2	2	3	
TRIZ	1	1	1	1	3	
Analyse-Methoden	Kano-Modell	1	2	2	2	1
	Conjoint-Analyse	1	2	2	2	1
	Quality Functin Deployment	1	2	1	2	2
	Systemanalyse	2	2	3	3	1
	Integriertes Markt-Technologie-Portfolio	2	3	2	2	2
	Benchmarking	1	2	3	3	1
	Technologielebenszyklus Modelle	1	2	2	2	1
	Relevanzbaumanalyse	2	3	2	3	2
	Ressourcen-Analyse	2	2	2	2	1

Anschließend werden die Ergebnisse der Bewertung in einer Art Spinnen-Diagramm übersichtlich dargestellt. Somit erhalten die Anwender die Möglichkeit sofort jene Methoden zu identifizieren, die in Hinblick auf die jeweilige Anforderung am besten geeignet sind. Trägt man alle Methoden in ein Spinnen-Diagramm ein, entsteht eine sehr stark überladene Grafik. Deshalb wurde für die Cluster der Foresight-, Ideenfindungs- und Analysemethoden jeweils ein separates Diagramm erstellt (siehe Abbildung 6.1, 6.2, 6.3 und 6.4).

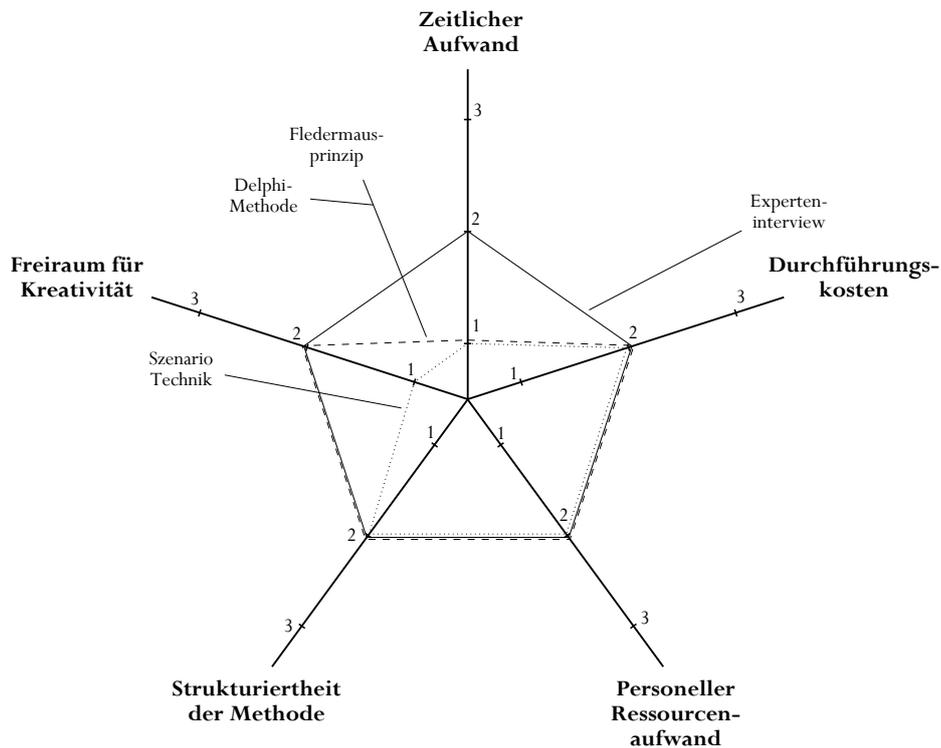


Abbildung 6.1: Bewertung - Foresightmethoden

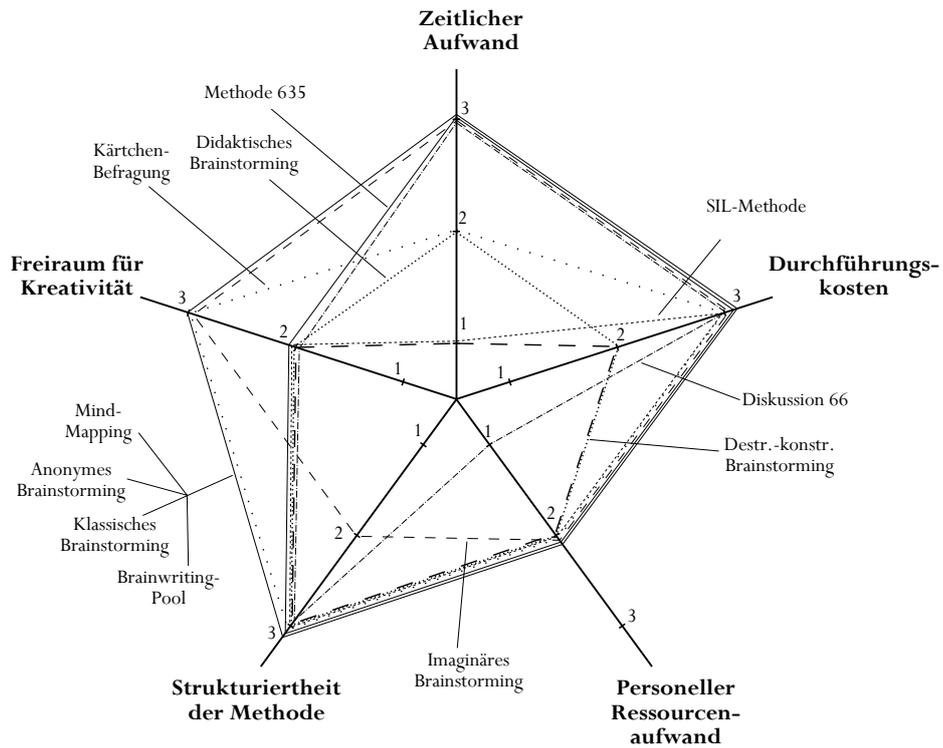


Abbildung 6.2: Bewertung - Ideenfindungsmethoden 1-11

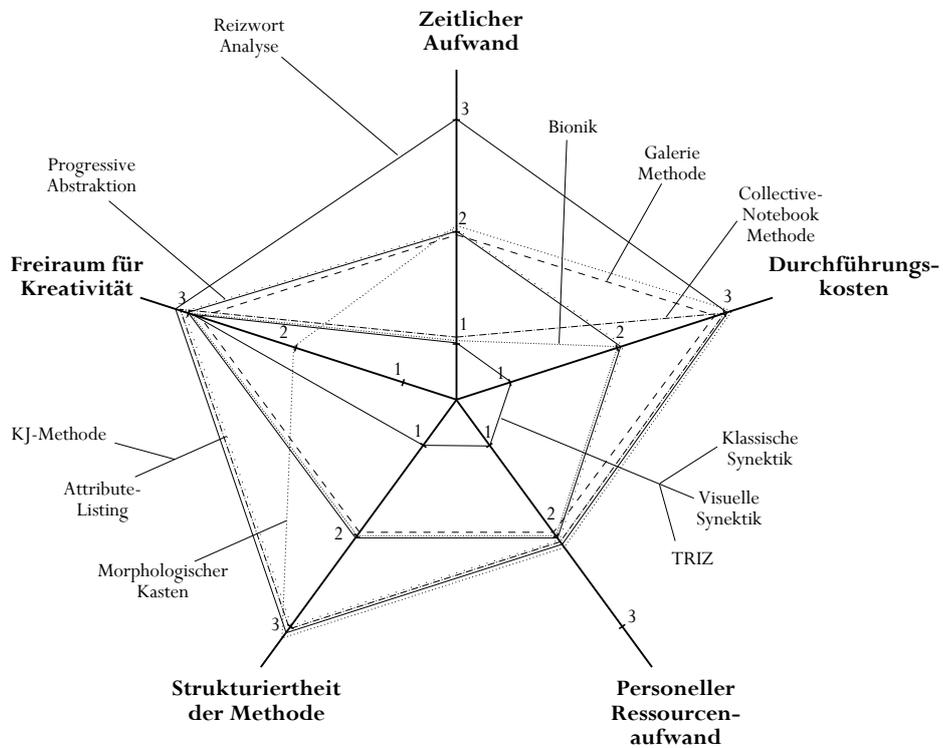


Abbildung 6.3: Bewertung - Ideenfindungsmethoden 12-22

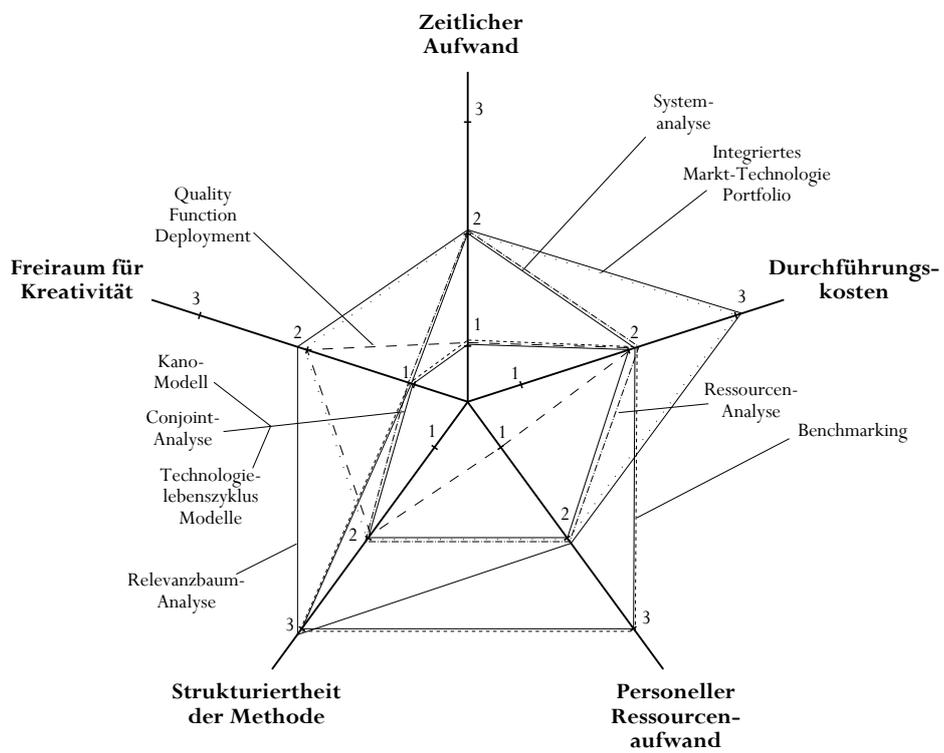


Abbildung 6.4: Bewertung - Analysemethoden

Kapitel 7

Methodenanwendung

In den Kapiteln 3 bis 5 wurde eine Auswahl an geeigneten Methoden entwickelt. Diese ausgearbeiteten Methoden sollen ACC Austria vor allem im Bereich der Technologieentwicklung, zur Realisierung der innovativen Kältekompressoren-Plattform „cooling compressor 2018“, unterstützen.

Der strukturiert aufgebaute Methodenkatalog ermöglicht ACC Austria eine umfassende, systematische und kreative Bearbeitung von Technologiefeldern, die sowohl den Kältekompressor als auch dessen Einbettung in Kühlgeräten umfassen.

In diesem Kapitel werden Methoden, die zuvor detailliert analysiert wurden, in bestimmten Technologiefeldern angewendet. Von der R&D-Abteilung kam die Vorgabe, sich auf zwei ausgewählte Technologiefelder zu fokussieren und mit Hilfe von Methoden diese Technologiefelder detailliert auszuarbeiten. Nachdem alle 10 Technologiefelder umfassend analysiert waren, fiel die Entscheidung, in Absprache mit der R&D-Abteilung, auf die beiden Technologiefelder *Kommunikation* und *Steuerung*. Die Gründe, weshalb gerade diese zwei Technologiefelder ausgewählt wurden, werden im Abschnitt 7.2 vorgestellt und detailliert erläutert.

Beim Technologiefeld *Kommunikation* (siehe Abschnitt 7.3) handelt es sich um ein Technologiefeld das den Bereich der Interaktion zwischen Kältekompressor und Kühlgerät umfasst. Für dieses Technologiefeld war das Ziel, Widersprüche mit Hilfe der TRIZ-Methode zu identifizieren, die in weiterer Folge als Grundlage für weitere Entwicklungsprojekte dienen werden.

Beim Technologiefeld *Steuerung* (siehe Abschnitt 7.4) hingegen handelt es sich um ein Technologiefeld das sich ausschließlich auf den Kältekompressor an sich bezieht. Ziel für dieses Technologiefeld war es, Subsysteme des bestehenden Systems einer variablen Drehzahl-

Steuerung zu identifizieren und diese bezüglich Kostenanteil und Platzbedarf bezogen auf die gesamte Steuerung zuzuordnen. Bearbeitet wurde dieses Technologiefeld im Rahmen eines Benchmarking-Projektes.

7.1 CC2018 - Technologiefelder

Ausgehend von den einzelnen Funktionsgruppen des Kältekompressors wurden in einer vorherigen Diplomarbeit 10 Technologiefelder definiert, die das gesamte System des CC2018 umfassen. [Lang oJ, S.51]

Die 10 unterschiedlichen Technologiefelder verweisen dabei:

- auf den Kältekompressor als technisches System,
- auf das Kühlgerät, welches als Supra-System eine Ebene über dem Kompressor betrachtet wird, und
- auf einen bewusst global definierte Bereich.

Welche Technologiefelder nun den drei Bereichen zugeordnet wurden ist in Abbildung 7.1 ersichtlich.

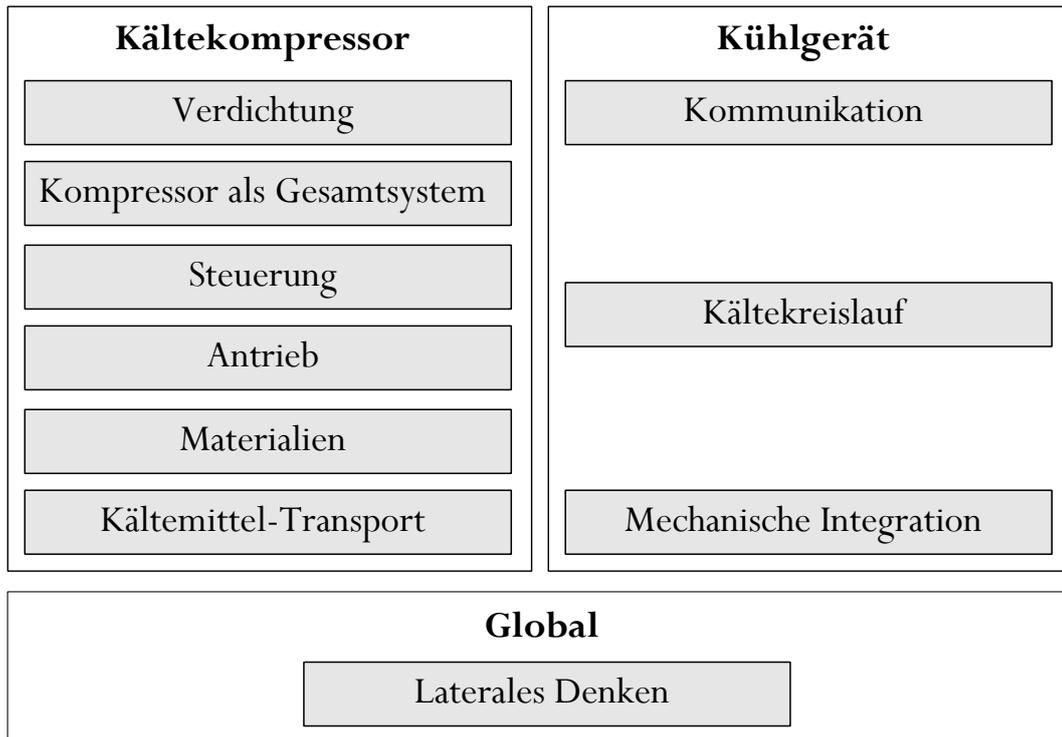


Abbildung 7.1: CC2018 Technologiefelder [Lang oJ, S.51]

7.2 Auswahl von 2 Technologiefeldern

Um einige der zuvor vorgestellten und analysierten Methoden nun zur Anwendung zu bringen, war die Vorgabe zwei Technologiefelder auszuwählen. Für die Technologiefelder, die dem Kältekompressor als technisches System zugeordnet sind, wurden bereits Widersprüche erarbeitet. [Sorger 2008, S.63f] Sorger ging bei der Entwicklung der Widersprüche nicht von Technologiefeldern sondern von Funktionsgruppen des Kältekompressors aus. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass diese 10 Technologiefelder erst zu einem späteren Zeitpunkt ins Auge gefasst und festgelegt wurden. Eine Kurzbeschreibung aller bereits identifizierten Widersprüche befindet sich im Anhang C.

Die von Sorger identifizierten Widersprüche bildeten die Basis für eine weitere Diplomarbeit, bei der die Potenziale der festgelegten Widersprüche in Euro-Werten abgeschätzt wurden. [Bilek 2010, S.39ff] In der folgenden Abbildung 7.2 sind die einzelnen Verbesserungspotenziale, zugeordnet zu den jeweiligen Funktionsgruppen, dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass in

der Funktionsgruppe *Steuerung*, welches gleichzeitig auch als Technologiefeld definiert wurde, mit 52% das mit Abstand größte Verbesserungspotenzial steckt. Aufgrund dessen wurde das Technologiefeld *Steuerung* als eines von zwei für die Bearbeitung in dieser Diplomarbeit gewählt.

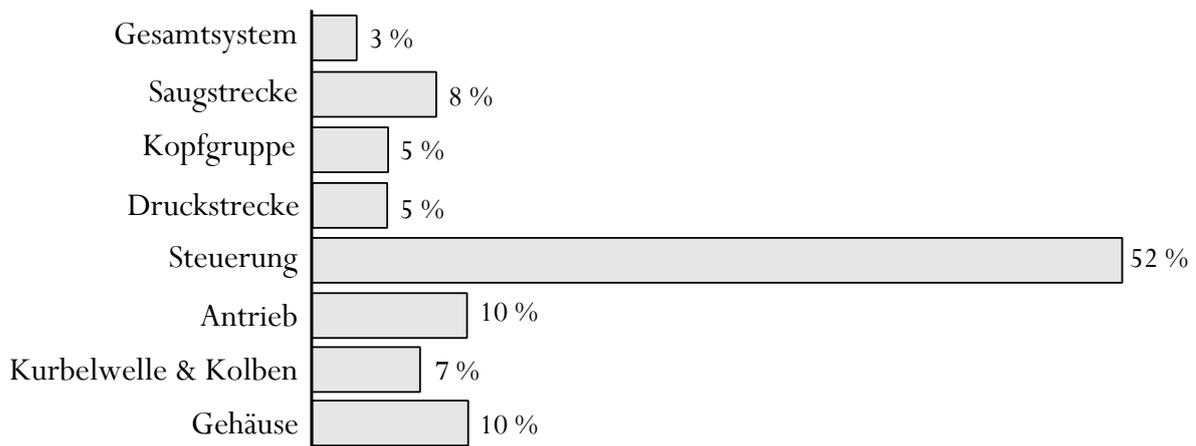


Abbildung 7.2: Potenziale der Funktionsgruppen [Lang oJ, S.27]

Als zweites Technologiefeld wurde das Technologiefeld *Kommunikation* gewählt. Einerseits, weil für dieses neu festgelegte Technologiefeld noch keine Informationen beschafft wurden um Widersprüche dafür definieren zu können und andererseits, weil eine verbesserte Interaktion zwischen Kältekompressor und Kühlgerät ein sehr wichtiger Aspekt für die Erreichung der gesteckten Ziele des CC2018 ist.

7.3 Technologiefeld - Kommunikation

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wurde das Technologiefeld *Kommunikation* für ACC definiert und abgegrenzt. Diese Definition samt Abgrenzung ist für alle nachfolgenden Forschungsaktivitäten die in diesem Technologiefeld geplant und getätigt werden von essentieller Wichtigkeit. Schlussendlich bildet diese Definition den Ausgangspunkt für die Bearbeitung dieses Technologiefeldes.

Aus diesem Grund wurde folgende Definition festgelegt:

Unter Kommunikation versteht man bei ACC den Informationsaustausch und elektrischen Energieaustausch aller Komponenten innerhalb des Kühlgerätes.

Des Weiteren wird in diesem Kapitel die Funktionsweise des Kommunikationssystems innerhalb eines Kühlgerätes beschrieben und erläutert. Anschließend werden Parameter identifiziert und festgelegt, die das System charakterisieren. In weiterer Folge werden für diese Parameter Ist- und Zielwerte bestimmt. Nach einer genauen Betrachtung der Elemente bzw. Objekte innerhalb eines Kühlgerätes anhand einer Objektanalyse werden mit Hilfe der TRIZ-Methode Widersprüche für das Technologiefeld *Kommunikation* identifiziert und festgelegt.

7.3.1 Funktionsweise der Kommunikation

Derzeit werden zwischen den einzelnen Kommunikationspartnern nur geringe Mengen an Informationen (Daten) gesendet bzw. empfangen. Der Informationsaustausch (=Kommunikation) zwischen dem Kältekompressor und dem Kühlgerät findet derzeit „*nur in eine Richtung*“ (unidirektional) vom Kühlgerät zum Kältekompressor statt.

Steigt nun die Innenraumtemperatur im Kühlgerät über einen zuvor definierten Wert an, dann schaltet bei Kühlgeräten im unteren Preissegment ein im Innenraum angebrachtes Kapillarrohrthermostat einen Kontakt, sodass die Steuerungseinheit des Kältekompressors mit Strom versorgt wird und der Kältekompressor zu laufen beginnt. Bei Kühlgeräten im oberen Preissegment und immer häufiger auch bei Kühlgeräten im mittleren Preissegment gleicht eine Kühlgeräteregelung die Innenraumtemperatur des Kühlgerätes mit einer vom Benutzer voreingestellten Temperatur ab. Die Kühlgeräteregelung sendet, beispielsweise wenn die Temperatur im Inneren des Kühlgeräts über einen definierten Wert steigt, ein Start-Signal an die Steuerungseinheit des Kältekompressors damit dieser zu laufen beginnt. Wird die definierte Temperatur erreicht, sendet die Kühlgeräteregelung ein Stopp-Signal an die Steuerungseinheit des Kältekompressors und der Kältekompressor steht somit wieder still.

Wie aus den Ausführungen ersichtlich ist, werden Signale von einem Kommunikationsteilnehmer (hier die Kühlgeräteregelung) zum anderen Kommunikationsteilnehmer (hier der Kältekompressor) gesendet. Der Sender erhält jedoch keinerlei Informationen darüber, ob

die Signale auch korrekt empfangen und gelesen wurden. In Zukunft soll der sendende Teilnehmer auch Informationen vom empfangenden Teilnehmer erhalten, man spricht dann von einer „*zweiseitigen*“ (bidirektionalen) Kommunikation. Aufgrund der Tatsache, dass nur geringe Mengen an Informationen übermittelt werden, wird Themen wie die maximale Datenübertragungsgeschwindigkeit und Datensicherheit im Bereich der Kommunikation noch keine bzw. nur sehr geringe Aufmerksamkeit geschenkt. Wobei hingegen eine hohe Zuverlässigkeit der Datenübertragung in Folge der erforderlichen langen Lebenszyklen von Kühlgeräten und Kältekompressoren bereits zum heutigen Tag gegeben sein muss.

7.3.2 Parameter des Kommunikationssystems

Für das Kommunikationssystem wurden Parameter identifiziert und festgelegt, mit deren Hilfe eine exakte Beschreibung und Charakterisierung des Systems möglich ist. Zur Identifikation möglicher Entwicklungsschwerpunkte im Bereich des Kommunikationssystems wurden in weiterer Folge, für die identifizierten Parameter, IST- und ZIEL-Werte festgelegt (siehe Unterabschnitt 7.3.3 und 7.3.4). Die Analyse unterschiedlichster Kühlgeräte, in Zusammenarbeit mit ACC-Experten, ergab dabei folgende Parameter (inklusive Beschreibung):

1. **Anzahl der an der Kommunikation beteiligten Komponenten**

Hier wird die Anzahl der an der Kommunikation beteiligten Komponenten innerhalb eines Kühlgerätes betrachtet.

2. **Signaleingänge des Kältekompressors**

Hier wird die Anzahl der Signaleingänge des Kältekompressors betrachtet.

3. **Materialkosten für die Kommunikation**

Hier werden ausschließlich die Kosten, die für die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten benötigten Bauteile, betrachtet. Im Falle der Datenübertragung mittels Kabel sind Kabelkosten sowie Kosten für den Anschluss an die jeweiligen Komponenten benötigten Flachsteckhülsen zu berücksichtigen. Im Falle der drahtlosen Datenübertragung fallen Kosten für die Datenübertragungsmodule an.

4. **Platzbedarf der Kommunikationselemente**

Hier geht es in erster Linie darum, welches Volumen die Kommunikationselemente in Anspruch nehmen.

5. **Energieeffizienz**

Mit der Energieeffizienz wird die Ausnutzung der eingesetzten bzw. zugeführten Energie beschrieben. Um eine bestmögliche Ausnutzung erreichen zu können, sollten mit möglichst wenig Energieeinsatz die gewünschten Ziele bestmöglich erreicht werden.

6. **Komplexität des Kommunikationssystems**

Die Komplexität eines Systems wird durch die Art und Anzahl der beteiligten Systemelemente sowie deren Wechselwirkungen zueinander beschrieben. Komplexe Systeme weisen somit eine hohe Anzahl an Systemelementen, häufige Wechselwirkungen untereinander und eine große Unterschiedlichkeit hinsichtlich der einzelnen Systemmerkmale auf.

7. **Keine Kühlgeräteregelung**

Hier wird jener Prozentsatz der Kühlgerätehersteller angegeben, die keine Kühlgeräteregelung verwenden.

8. **Verbreitung des ACC-Standards**

Hier wird angegeben, welcher Prozentsatz der ACC-Kunden (die keine Kühlgeräteregelung verwenden), den von ACC zur Verfügung gestellten ACC-Standard verwendet.

7.3.3 **IST-Werte der Kommunikation**

Um Istwerte der einzelnen Parameter bestimmen zu können wurden zunächst unterschiedliche Kühlgeräte auseinandergenommen und analysiert.

Die Analyse ergab folgende Istwerte:

1. **Anzahl der an der Kommunikation beteiligten Komponenten**

Zum jetzigen Zeitpunkt sind folgende Komponenten an der Kommunikation innerhalb eines Kühlgerätes beteiligt:

- Kältekompressor
- Kühlgeräteregelung
- Licht
- Thermostat
- Zusatzheizung

- Ventilator
- Display
- Wasserspender
- Eiswürfelausgabe
- Türkontaktschalter
- Luftfilter

2. Signaleingänge des Kältekompressors

Derzeit besitzt die Steuerung des Kältekompressors einen bzw. drei Signaleingänge. Ein Signal wird bei Kältekompressoren mit einer konstanten Drehzahl (constant speed) verwendet und drei Signale bei Kältekompressoren mit veränderlicher Drehzahl (rated speed).

3. Materialkosten für die Kommunikation

Derzeit liegen die Materialkosten für die Kommunikationselemente in einem Bereich von ca. 5,8 € (für simple Kühlgeräte im untersten Preissegment mit geringer Funktionalität) bis 11,2 € (für Kühlgeräte im mittleren Preissegment mit durchschnittlicher Funktionalität). Momentan erfolgt die Datenübertragung mittels Kabel. Die Kosten setzen sich aus Kosten für die Verkabelung und den Kosten für Flachsteckhülsen zusammen.

4. Platzbedarf der Kommunikationselemente

Der Platzbedarf beträgt derzeit ca. 140-270 cm³.

5. Energieeffizienz

Das derzeitige Kommunikationssystem arbeitet mit einer Energieeffizienz von > 99%.

6. Komplexität des Kommunikationssystems

Die Komplexität des derzeit verwendeten Kommunikationssystems wird als niedrig eingestuft.

7. Keine Kühlgeräteregelung

Von den derzeitigen ACC-Kunden verwenden ca. 60% keine Kühlgeräteregelung. Anstelle dessen verwenden sie eine Kältekompressoren-Steuerung mit 1 bzw. 3 Signaleingängen.

8. Verbreitung des ACC-Standards

Von diesen zuvor genannten 60% der Kunden, die eine Kältekompressoren-Steuerung mit 1 bzw. 3 Signaleingängen verwenden, nutzen alle Kunden (100%) das von ACC bereitgestellte Kommunikationssystem. Somit ergibt sich eine Verbreitung des ACC-Standards bei ACC-Kunden von 60%.

7.3.4 ZIEL-Werte der Kommunikation

Um Entwicklungsschwerpunkte für das zukünftige Kommunikationssystem setzen zu können, wurden Zielwerte, durch Unterstützung von ACC-Experten, für die im Unterabschnitt 7.3.2 angeführten Parameter festgelegt. Bei der Analyse und anschließenden Festlegung der Zielwerte für den „cooling compressor 2018“ wurden die zukünftigen Anforderungen von Seiten des Marktes ebenso berücksichtigt wie das Potenzial und die Trendentwicklung auf dem Gebiet der Interaktion zwischen Kältekompressor und Kühlgerät.

Folgende Zielwerte des Kommunikationssystems wurden definiert:

1. Anzahl der an der Kommunikation beteiligten Komponenten

Mögliche zukünftige Komponenten können sein:

- ein Kommunikationselement, um von außen auf das System zugreifen zu können
- ein Scanner für Lebensmittelmanagement
- ein Internetanschluss.

Ergibt somit inkl. der zuvor genannten 11 Komponenten (siehe Unterabschnitt 7.3.3) in Summe 14 Komponenten.

2. Signaleingänge des Kältekompressors

In Zukunft soll die Steuerung des Kältekompressors bis zu 12 Signaleingänge verarbeiten können. Die 12 Signaleingänge ergeben sich aus den Signaleingängen der zuvor genannten 14 Komponenten abzüglich dem Kompressor (der selbst keinen Signaleingang benötigt) und der Kühlgeräterege lung (die nicht mehr benötigt wird).

3. Materialkosten für die Kommunikation

Es wird angenommen, dass die Materialkosten für die Kommunikationselemente sich in einem Bereich zwischen 5 bis 8 € befinden werden.

4. Platzbedarf der Kommunikationselemente

Der Platzbedarf soll ca. 100-150 cm³ betragen.

5. Energieeffizienz

Das Kommunikationssystem der Zukunft soll mit einer Energieeffizienz von > 99% arbeiten.

6. Komplexität des Kommunikationssystems

Die Komplexität des zukünftig verwendeten Kommunikationssystems wird als *mittel* eingestuft.

7. Keine Kühlgeräteregelung

Von den zukünftigen ACC-Kunden werden ca. 90% keine Kühlgeräteregelung verwenden. Sie verwenden eine Kältekompressoren-Steuerung mit maximal 12 Signaleingängen.

8. Verbreitung des ACC-Standards

Von diesen zuvor genannten 90% der Kunden, die eine Kältekompressoren-Steuerung mit maximal 12 Signaleingängen benutzen, wird angenommen, dass ca. 80% von ihnen das von ACC zur Verfügung gestellte Kommunikationssystem verwenden werden. Somit ergibt sich eine Verbreitung des ACC-Standards bei ACC-Kunden von 72%.

Für die Kosten-Schätzung (aus Punkt 3) wurde angenommen, dass eine hohe Funktionalität des Systems erforderlich ist, damit dieses Kommunikationssystem erfolgreich eingesetzt werden kann. Jedoch soll es sich um ein einfaches und wenig komplexes System handeln. Außerdem wurde angenommen, dass sich die benötigte Übertragungsrate im unteren Kilobyte-Bereich befindet. Trotz steigender Funktionalität und steigender Anzahl der Elemente, die an der Kommunikation beteiligt sind, darf das Kommunikationssystem nur wenig Energie verbrauchen, um für einen energieeffizienten Einsatz geeignet zu sein. Es wird davon ausgegangen, dass Kühlgeräte im untersten Preissegment (Istwert: 5,8 €), mit wenig Funktionen und geringer Energieeffizienz, in Zukunft von innovativen Kühlgeräten im oberen Preissegment, mit großer Funktionalität und hoher Energieeffizienz, vom Markt verdrängt werden. Die Kosten werden daher zwischen 5 € (für Kühlgeräten im mittleren Preissegment) und 8 € (für Kühlgeräten im oberen Preissegment) angenommen.

Zusammenfassend sind nochmals sämtliche Ist- und Zielwerte übersichtlich in Tabelle 7.1 aufgelistet.

Tabelle 7.1: IST- und ZIEL-Werte

	Parameter	Einheit	IST-Wert	ZIEL-Wert
1.	Anzahl der an der Kommunikation beteiligten Komponenten	#	11	14
2.	Signaleingänge zum Kältekompressor	#	1 bzw. 3	12
3.	Materialkosten für die Kommunikation	€	5,8 ... 11,2	5,0 ... 8,0
4.	Platzbedarf der Kommunikationselemente	cm ³	140 ... 270	100 ... 150
5.	Energieeffizienz	%	> 99	> 99
6.	Komplexität des Kommunikationssystems	-	niedrig	mittel
7.	Keine eigene Regelung	%	60	90
8.	Verbreitung des ACC-Standards	%	60	72

7.3.5 Objektanalyse

Einen wichtigen Punkt bei der Betrachtung des Kommunikationssystems innerhalb eines Kühlgerätes stellt die Analyse der vorhandenen Objekte dar. Mit Hilfe der Objektanalyse wurden alle an der Kommunikation beteiligten Elemente bzw. Objekte jetziger Kühlgeräte sowie deren gegenseitige Wechselbeziehungen in einer Grafik (siehe Abbildung 7.3) dargestellt. In dieser Darstellung geht es darum, das Objekt „Kühlgeräte“ in dessen verschiedene Elemente und Komponenten aufzugliedern und sich einen Überblick über die wechselseitigen Beziehungen zu verschaffen.

Dabei können vom Nutzer die Soll-Temperaturen in den Kühl- und Gefrierbereichen vorgegeben sowie gekühltes Trinkwasser oder Eiswürfel gewünscht werden. Des Weiteren kann vom Nutzer auch eine zeitlich begrenzte Erhöhung der Kühlleistung durch „Supercool“ und „Superfrost“ gefordert werden. All diese Anforderungen bzw. Wünsche des Nutzers werden durch ein Bedienelement, das diese Vorgaben in Sollwerte umwandelt, an die Kühlgeräteregelung gesendet. Diese Kühlgeräteregelung verarbeitet dabei einkommende Signale und berechnet daraus die notwendigen ausgehenden Signale, abhängig von den Sollwerten, zur Ansteuerung der einzelnen Elemente. Die eingehenden Signale kommen dabei vom Bedienelemente, vom

Thermostat, vom Luftfilter und vom Türkontaktschalter. Die ausgehenden Signale dienen zur Ansteuerung des Kältekompressors, des Ventilators, der Abtau-Automatik, des Lichts, des Wasserspenders, der Eiswürfelausgabe und des Tür-Alarms. Gleichzeitig werden die von den einzelnen Elementen an die Kühlgeräteregelung gesendeten Signale bzw. Werte als Istwerte am Bedienelement angezeigt.

Im Innenraum des Kühlgerätes soll die vom Nutzer gewünschte Innentemperatur herrschen. Bei der Betrachtung des Kühlgeräteinnenraumes ist deshalb darauf zu achten, dass der Kühlgeräteinnenraum von folgenden Elementen bzw. Objekten beeinflusst wird:

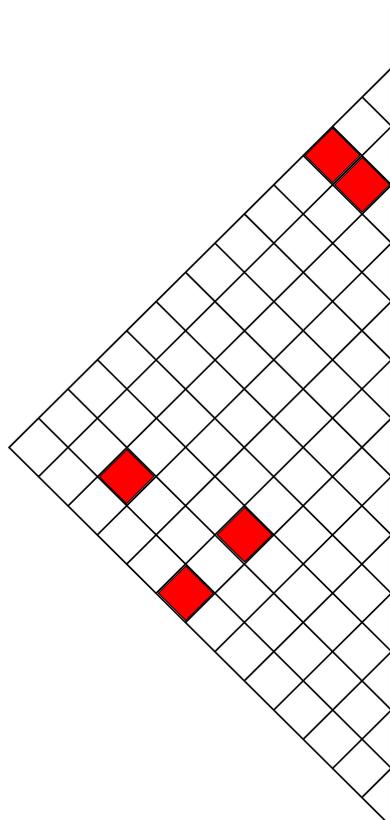
- Beladung (Nahrung usw.) durch den Nutzer,
- Umgebungstemperatur am Aufstellungsort,
- Kälteleistung des Kältekompressors,
- Abtau-Automatik und
- Luftqualität durch Luftfilter.

7.3.6 Widersprüche

Mit Hilfe von Widersprüchen können Problemstellungen kurz und treffend formuliert werden. Für die Entwicklung innovativer Lösungen der Kältekompressoren-Plattform „cooling compressor 2018“ müssen identifizierte Widersprüche des Systems überwunden und gelöst werden. Zur Identifikation von Widersprüchen im Technologiefeld *Kommunikation* müssen zunächst Eigenschaften des Kommunikationssystems analysiert und festgelegt werden. Zusätzlich sind neben der Festlegung der Eigenschaften auch deren jeweiligen erforderlichen Ausprägungen zu erfassen. Die nun folgende Aufzählung der Eigenschaften sowie deren Ausprägungen basiert einerseits auf der Befragung von ACC-Experten und andererseits auf den bereits in Abschnitt 1.1 angeführten unique selling propositions:

- Die Materialkosten für die Kommunikationselemente sollen möglichst gering gehalten werden.
- Das verwendete Kommunikationssystem soll eine geringe bis mittlere Komplexität aufweisen.
- Das System soll ebenso eine hohe Funktionalität, Flexibilität und Zuverlässigkeit aufweisen.
- Der Platzbedarf der Kommunikationselemente soll gering sein.
- Das Kommunikationssystem soll eine ausreichend hohe Datenübertragungsrate bereitstellen und gewährleisten.
- Die Marktakzeptanz soll, damit das System erfolgreich etabliert werden kann, hoch sein.
- Das Kommunikationssystem soll anwenderfreundlich gestaltet sein.
- Es soll ein Standard für Kühlgeräte geschaffen werden, damit die Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Komponenten gewährleistet ist.
- Die Integration des Systems soll einfach und schnell möglich sein.
- Durch einen effizienten Betrieb des Systems wird weniger Energie verbraucht und dabei gleichzeitig ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet.
- Die Anzahl der durch das Kommunikationssystem miteinander verbundenen Komponenten soll möglichst hoch sein.

Mit den Eigenschaften des Kommunikationssystems und deren gewünschten Ausprägungen wurde anschließend eine Widerspruchsmatrix erstellt (siehe Abbildung 7.4). Grund für die Verwendung solch einer Matrix ist die Möglichkeit einer übersichtlichen und strukturierten Darstellung. Mit Hilfe dieser Matrix wurden die Widersprüche identifiziert und in den Schnittpunkten der jeweiligen Eigenschaften eingetragen werden.



Eigenschaften	gewünschte Ausprägung
Kosten der Kommunikationselemente	gering
Komplexität	gering
Funktionalität	hoch
Flexibilität	hoch
Zuverlässigkeit	hoch
Platzbedarf	gering
Datenübertragungsrate	hoch
Marktakzeptanz	hoch
Anwenderfreundlich	hoch
Standards	hoch
Integration	einfach und schnell
Energieverbrauch	gering
Anzahl der Komponenten	hoch

Abbildung 7.4: Widerspruchsmatrix

Als Ergebnis dieser Widerspruchsanalyse wurden fünf Widersprüche, die gleichzeitig auch als Anhaltspunkt für weiterführende Entwicklungsprojekte in diesem Technologiefeld dienen, identifiziert. Ziel war eine kurze und prägnante Formulierung der einzelnen Widersprüche die jeweils durch eine erläuternde Bemerkung ergänzt wurden.

Widersprüche:

Die folgenden Widersprüche wurden in englischer Sprache angeführt, um eine Kommunikation dieser Widersprüche innerhalb des ACC-Konzerns zu erleichtern.

1. **Functionality vs. low costs**

Für die Interaktion eines voll steuerungs- und kommunikationsfähigen Kältekompressors mit dem Kühlgerät und einer bestmöglichen Verbindung der an der Kommunikation beteiligten Elemente untereinander muss das Kommunikationssystem ein hohes Maß an Funktionalität aufweisen. Mit dieser Erhöhung der Funktionalität des Kommunikationssystems geht unweigerlich eine Erhöhung der Kosten der Kommunikationselemente einher.

2. **Functionality vs. complexity**

Die Kommunikation eines voll steuerungs- und kommunikationsfähigen Kältekompressors erfordert eine hohe Funktionalität des Kommunikationssystems. Dies führt jedoch zu einer Erhöhung der Komplexität des Kommunikationssystems.

3. **Functionality vs. energy consumption**

Die Kommunikation eines voll steuerungs- und kommunikationsfähigen Kältekompressors muss ein hohes Maß an Funktionalität aufweisen. Mit dieser Steigerung der Funktionalität steigt gleichzeitig auch der Energieverbrauch des Systems.

4. **Integration vs. space requirement**

Um eine hohe Kundenakzeptanz zu erreichen und somit ein anwenderfreundliches System anbieten zu können muss eine einfache und vor allem schnelle Integration möglich sein. Bei kleinen zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen ist eine solche einfache und schnelle Integration derzeit eine unbewältigbare Herausforderung.

5. **Number of system elements vs. space requirement**

Eine steigende Funktionalität geht mit einer Steigerung der Anzahl an Systemelementen einher, was zu einer Vergrößerung des Systems führt und damit den Platzbedarf erhöht.

7.4 Technologiefeld - Steuerung

Im Technologiefeld *Steuerung* wurde die momentan verwendete variable Drehzahl-Steuerung des Kappa-Kältekompressors untersucht. Bei ACC wird dieses Bauteil, welches zur Steuerung der Drehzahl eingesetzt wird, als „variable speed drive“, kurz VSD, bezeichnet. Bei dieser Steuerung handelt es sich bereits um die zweite Generation. Sie ersetzt damit die Produkte der ersten Generation und stellt ein extrem effizientes Produkt für die Anwendung in Premium-Kühlgeräten dar.

Bei dieser neuen variablen Drehzahl-Steuerung handelt es sich um ein Zukaufteil, das von einem Lieferanten komplett entwickelt und produziert wurde. In Hinblick auf die Entwicklung des neuen und innovativen Kältekompressors CC2018 hat sich ACC Austria nun dazu entschlossen, Informationen auf dem Gebiet der variablen Drehzahl-Steuerung von Elektromotoren in Kältekompressoren zu sammeln und auszuwerten. Diese Informationen sollen es ACC Austria ermöglichen, Wissen und Kompetenzen in diesem Untersuchungsbereich aufzubauen bzw. anzueignen. Der Untersuchungsbereich liegt dabei im Spannungsfeld zwischen den unterschiedlichen Disziplinen aus Mechanik, Elektrotechnik und Thermodynamik.

Für das Technologiefeld *Steuerung* wurden bereits im Zuge vorangegangener Diplomarbeiten Widersprüche gefunden, festgelegt und beschrieben (siehe Anhang C). Ausgehend von diesen Widersprüchen ist es nun notwendig, vertiefend Informationen zu diesem Technologiefeld für die Analyse und der darauffolgenden Überwindung der Widersprüche zu erarbeiten. Die Vorgehensweise bei dieser Analyse wurde nun so gewählt, dass zuerst die Subsysteme der aktuellen variablen Drehzahl-Steuerung identifiziert werden müssen und anschließend der Anteil der einzelnen Subsysteme am Gesamtsystem bezüglich Kosten und Platzbedarf ermittelt werden sollen.

7.4.1 Benchmarking - Vorgehensweise

Im Zuge des Benchmarking-Projektes wurde der Aufbau von Ansteuerungen für Kältekompressoren analysiert. In der Planungsphase des Benchmarking-Projektes wurde, von Seiten der verantwortlichen Personen der R&D-Abteilung, die Entscheidung getroffen, dass insgesamt fünf Ansteuerungen für Kältekompressoren im Laufe des Projektes untersucht werden sollen.

Folgende Objekte wurden im Zuge des Benchmarking-Projektes untersucht:

- ACC-VSD neu (2.Generation)
- ACC-VSD alt (1.Generation)
- Embraco VCC3 (3.Generation)
- Aspen 14-24-000X
- Secop BD 1.4 Micro

Die beiden ersten Produkte (ACC-VSD neu und ACC-VSD alt) wurden bzw. werden bei ACC eingesetzt. Beim dritten Produkt (Embraco VCC3) handelt es sich um eine Kältekompressorenansteuerung der dritten Generation aus der Produktfamilie des Mitbewerbers Embraco. Bei den Produkten eins bis drei liegt jeweils eine Spannung von 230V AC am Eingang an. Neben dieser Variante gibt es noch eine zweite Variante mit einer Eingangsspannung von 12-24V DC. Vertreter dieser Art von Ansteuerungen sind die Produkte 4 (Aspen 14-24-000X) und fünf (Secop BD 1.4 Micro).

Ziel dieses Projektes war die Analyse verschiedener Ansteuerungen für Kältekompressoren. Bei dieser Analyse galt es:

- den Aufbau der unterschiedlichen Varianten zur Ansteuerung eines Kältekompressors zu analysieren,
- anhand des Aufbaus gemeinsame Subsysteme, aus denen die Drehzahl-Steuerung besteht, zu identifizieren,
- die Hauptfunktionen der jeweiligen Subsysteme zu identifizieren und
- den Anteil der einzelnen Subsysteme am Gesamtsystem bezüglich Platzbedarf und Kosten zu identifizieren.

Nachdem die Planungsphase beendet war, galt es nun in einem ersten Schritt die ausgewählten Ansteuerungen zu beschaffen. Nachdem alle fünf Ansteuerungen zur Verfügung standen wurde mit den Untersuchungen begonnen. Zur Identifikation der Eigenschaften der eigenen Produkte wurden zunächst die bei ACC verwendeten Produkte (ACC-VSD neu und ACC-VSD alt) genau analysiert, um einen ersten Einblick in die Funktionsweise zu erhalten. Anschließend daran wurden die drei übrigen Ansteuerungen (der Firmen Embraco, Aspen und Secop) einer genauen Analyse unterzogen.

7.4.2 Benchmarking - Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Benchmarking-Projektes entsprechend den zuvor festgelegten Zielen angeführt.

Identifizierte Subsysteme:

Bei ACC Kältekompressoren mit einer variablen Drehzahl-Steuerung werden Brushless DC Motoren, kurz BLDC Motoren, zur Erzeugung der Kälteleistung verwendet. Kältekompressoren mit variabler Drehzahl-Steuerung haben den großen Vorteil, dass sie nicht mit voller Drehzahl im Zyklusbetrieb immer wieder ein- und ausgeschaltet werden, sondern aufgrund der variablen Drehzahl-Steuerung die Drehzahl des Kältekompressors immer an die geforderte Kälteleistung anpassen können. Aufgrund dieser Tatsache erzeugen Kältekompressoren mit einer VSD-Steuerung die gleiche Kälteleistung wesentlich effizienter und verringern somit den Energiebedarf des Kältekompressors.

ACC Experten, auf dem Gebiet der Motorenentwicklung bei Kältekompressoren, haben dabei folgende Subsysteme einer BLDC-Steuerung, mit einer Spannung von 230V AC am Eingang, identifiziert:

1. Versorgungseingang
2. Versorgungsteil
 - a) Versorgungsteil 5V
 - b) Versorgungsteil 42V
3. Signaleingänge
4. Motoranschluss
5. Drehstromwechselrichter
6. Mikro-Controller
7. IGBT bzw. Power MOSFET

Eine schematische Darstellung der identifizierten Subsysteme ist in Abbildung 7.5 dargestellt.

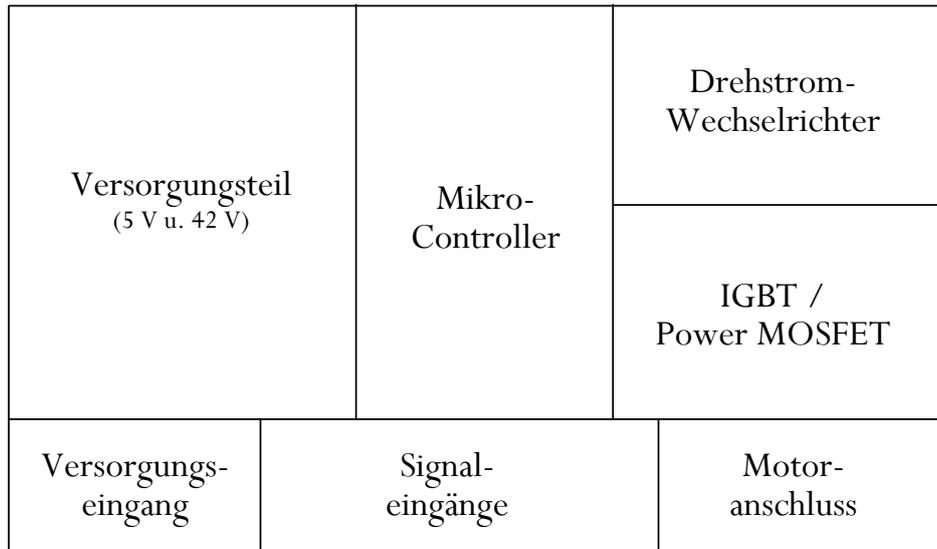


Abbildung 7.5: Identifizierte Subsysteme einer BLDC-Steuerung

Identifizierte Hauptfunktionen der Subsysteme:

Ziel des nächsten Vorgehensschrittes, bei der Bearbeitung dieses Technologiefeldes, war die Bestimmung der, zu den einzelnen Subsystemen zugehörigen, Hauptfunktionen. Die Analyse der einzelnen Subsystem des technischen Systems ergab hierfür folgende Hauptfunktionen:

1. Versorgungseingang:
Hier erfolgt der Spannungseingang mit 230V AC vom Netzanschluss.
2. Versorgungsteil 5V:
Die 230V werden für die Mikro-Controller Versorgung auf 5V transformiert, geglättet und gleichgerichtet.
3. Versorgungsteil 42V:
Die 230V werden auch für den Motor auf die 42 V transformiert, geglättet und gleichgerichtet.
4. Signaleingänge:
Signaleingänge wie ein Temperaturfühler oder verschiedene Programmmoden des Kühlschranks. Diese Signale werden vom A/D - Wandler des Mirko-Controllers erfasst.
5. Motoranschluss:
Der Motoranschluss ist die direkte Verbindung zum Motor (3 - Phasen)

6. Drehstromwechselrichter:

Für die Motoransteuerung wird als elektrische Kommutierung ein Drehstromwechselrichter (3 Phasen Halbbrücke) verwendet. Diese Schaltung besteht aus 3 IC's und 6 IGBT bzw. 6 Power-MOSFET.

7. Mikro-Controller:

Der Mikro-Controller verarbeitet die Eingänge und gibt ein bestimmtes Steuersignal an die 3 Phasen Halbbrücke weiter.

8. IGBT bzw. Power MOSFET:

Die IGBT bzw. die Power MOSFET werden durch die 3 Halbbrücken IC's angesteuert und bilden gemeinsam den Drehstrom - Wechselrichter

Platzbedarf der Subsysteme:

Zur Ermittlung des Platzbedarfs der einzelnen Subsysteme wurde bei allen fünf Untersuchungsobjekten gleichermaßen vorgegangen. Zunächst wurde die Gesamtfläche der Steuerungen genau bestimmt. Im Anschluss daran wurden die Flächenanteile der Subsysteme ermittelt. Das Ergebnis der Analyse des Platzbedarfs der Subsysteme bei der derzeit bei ACC in Verwendung befindlichen ACC-VSD neu - Steuerung ist in Abbildung 7.6 dargestellt. Bei Betrachtung dieser Abbildung sticht ein ein „Subsystem“, mit der Bezeichnung „Rest“, mit 40% Platzbedarf besonders hervor. Bei diesem zuvor noch nicht explizit erwähnten „Subsystem“ handelt es sich um kein Subsystem im engeren Sinn, wie bei all den anderen. Stattdessen handelt es sich dabei einerseits um Flächen die zu keinem, der oben genannten, Subsysteme zuordenbar sind und andererseits um freie, nichtverwendete Flächen. Schließt man diese 40% Restfläche aus, so stellt man fest, dass das Subsystem „Versorgungsteil“ annähernd Ein Drittel der Fläche in Anspruch nimmt.

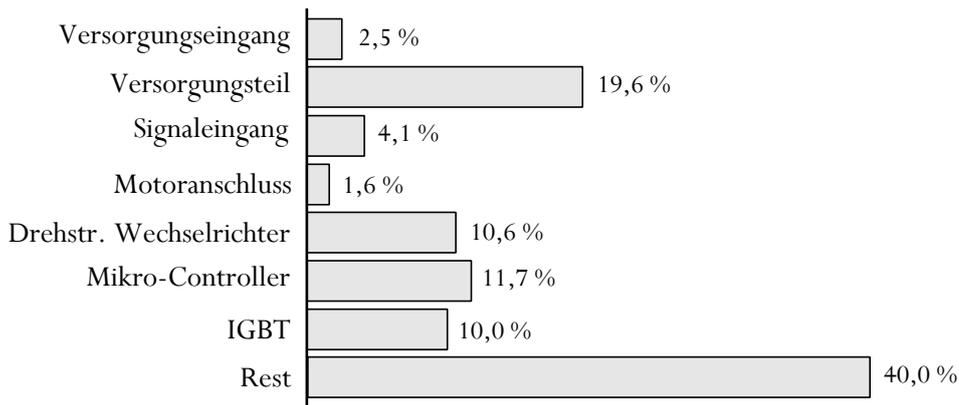


Abbildung 7.6: Platzbedarf der Subsysteme (ACC-VSD neu)

In Abbildung 7.7 ist der durchschnittliche Platzbedarf der Subsysteme aller Steuerungen mit einer Eingangsspannung von 230V AC dargestellt. Bei einem Vergleich von Abbildung 7.6 und Abbildung 7.7 erkennt man, dass sich der von den Subsystemen in Anspruch genommene Platzbedarf, bei der ACC-VSD neu - Steuerung in etwa im Durchschnitt aller untersuchten Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung befindet.

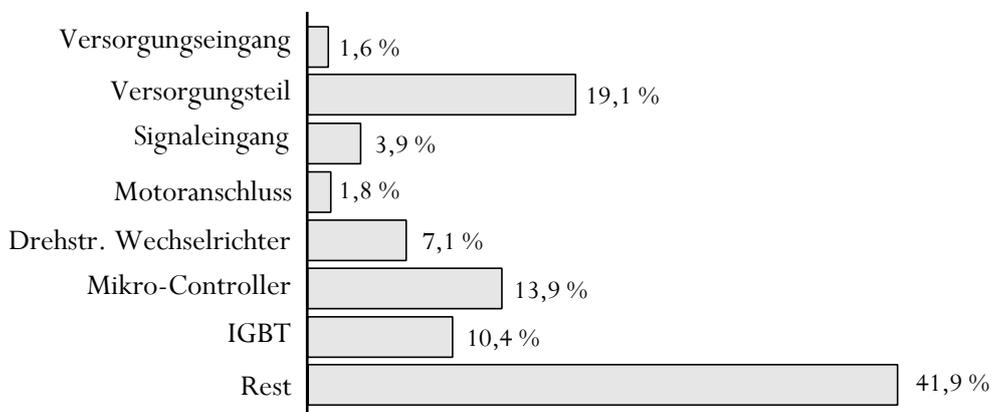


Abbildung 7.7: Durchschnittlicher Platzbedarf (230V AC)

Der durchschnittliche Platzbedarf der einzelnen Subsysteme für Steuerungen mit einer Eingangsspannung von 12-24V DC ist in Abbildung 7.8 dargestellt.

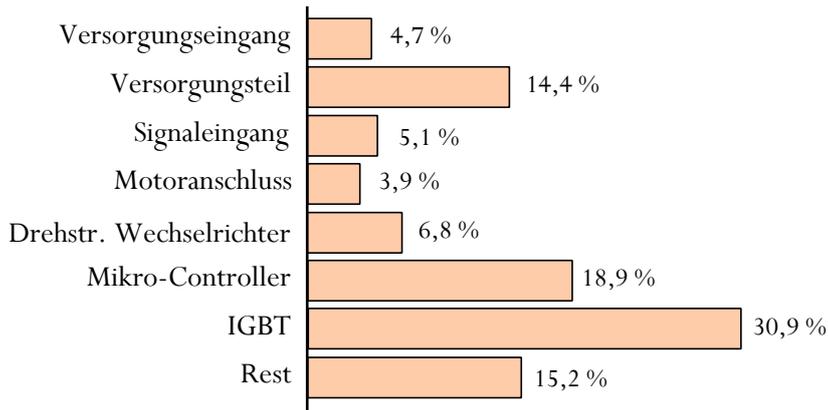


Abbildung 7.8: Durchschnittlicher Platzbedarf (12-24V DC)

Vergleicht man nun den durchschnittlichen Platzbedarf von Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung (Abbildung 7.7) mit Steuerungen mit 12-24V DC (Abbildung 7.8) Eingangsspannung so ist eine signifikante Verkleinerung der nichtverwendeten Restfläche von über 25% ersichtlich. Daraus ist zu schließen, dass Steuerungen mit 12-24V DC Eingangsspannung die zur Verfügung stehende Fläche besser ausnutzen als Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung. Ergänzende muss hinzugefügt werden, dass sich die Gesamtfläche (Vorder- und Hinterseite der Platine) bei Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung in einem Bereich zwischen 220 cm² (Embraco VCC3) und 240 cm² (ACC-VSD neu und ACC-VSD alt) befindet. Bei Steuerungen mit 12-24V DC Eingangsspannung ist die gesamt zur Verfügung stehende Fläche wesentlich kleiner und liegt in einem Bereich von 52 cm² (Aspen) und 120 cm² (Secop). Diese großen Flächenunterschiede der Steuerungen resultieren aus der Tatsache, dass bei den Varianten mit 12-24V DC Eingangsspannung das Subsystem „Versorgungsteil“ wesentlich geringer ausfällt, weil diese nur mit Gleichspannung gespeist werden können und dadurch ein Transformieren und Gleichrichten der Eingangsspannung nicht mehr notwendig ist. Eine weitere signifikante Änderung, in diesem Fall jedoch in die entgegengesetzte Richtung, betrifft das Subsystem „IGBT“. Weil die Größe der Bauteile in beiden Fällen in etwa gleich groß bleibt steigt der Platzbedarf um ca. 20

Kostenanteile der Subsysteme:

Im nächsten Vorgehensschritt wurden die Kostenanteile der Subsysteme am Gesamtsystem ermittelt. In Abbildung 7.9 sind die Kostenanteile der einzelnen Subsysteme der ACC-VSD

neu - Steuerung dargestellt. Aus dieser Abbildung sticht besonders das Subsystem „Versorgungsteil“ mit einem fast 50 prozentigen Anteil an den Gesamtkosten der Steuerung.

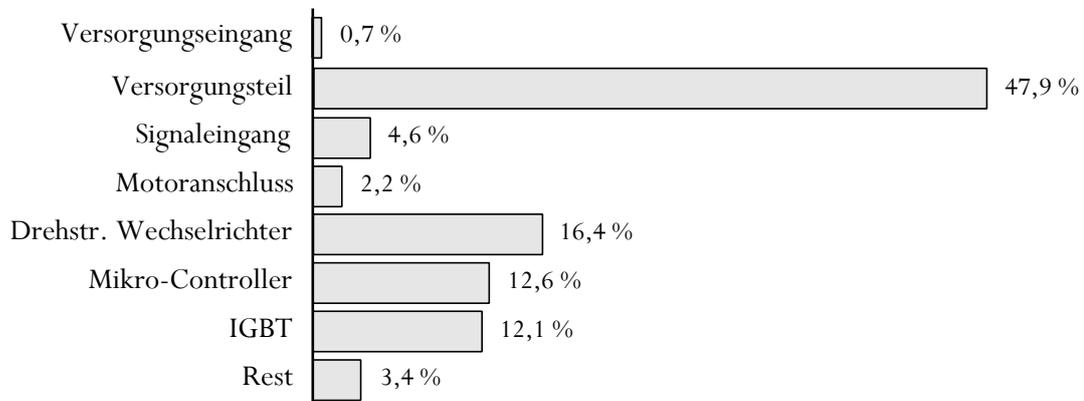


Abbildung 7.9: Kostenanteile der Subsysteme (ACC-VSD neu)

Vergleicht man wiederum Abbildung 7.9 mit den durchschnittlichen Kostenanteilen aller Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung aus Abbildung 7.10, so erkennt man, dass die Kostenanteile annähernd alle Subsysteme der ACC-VSD neu - Steuerung in etwa den Durchschnittswerten entsprechen. Einzige Ausnahme stellt das Subsystem „Mikro-Controller“ dar, hier weist die ACC-VSD neu - Steuerung einen Wert auf, der ca. 10% unter dem Durchschnitt liegt.

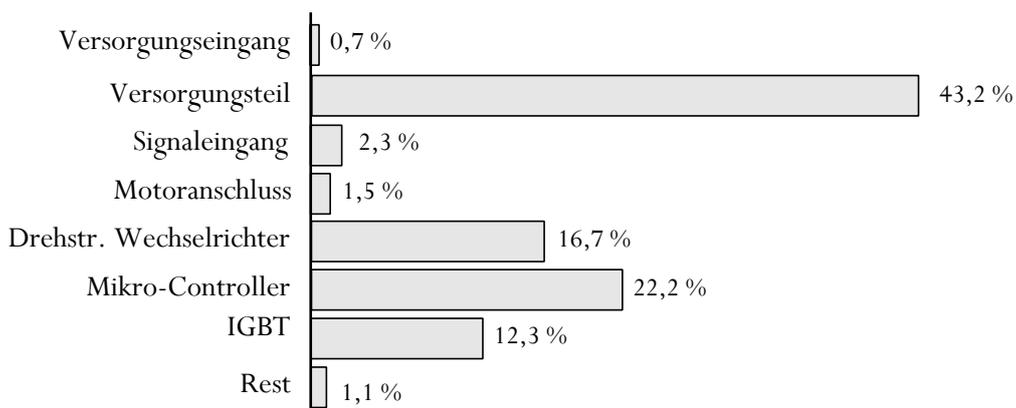


Abbildung 7.10: Durchschnittliche Kostenanteile der Subsysteme (230V AC)

In Abbildung 7.11 sind die durchschnittlichen Kostenanteile der Subsysteme für Steuerungen mit einer Eingangsspannung von 12-24V DC abgebildet. Hier ergibt sich für das Subsystem „Versorgungsteil“ ein um ca. 30% geringerer durchschnittlicher Kostenanteil im Vergleich zu Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung (Abbildung 7.10). Dafür steigt der Kostenanteil des Subsystems „IGBT“ von durchschnittlich 12,3%, bei Steuerungen mit 230V AC Eingangsspannung, auf über 45%, bei Steuerungen mit 12-24V DC Eingangsspannung, an.

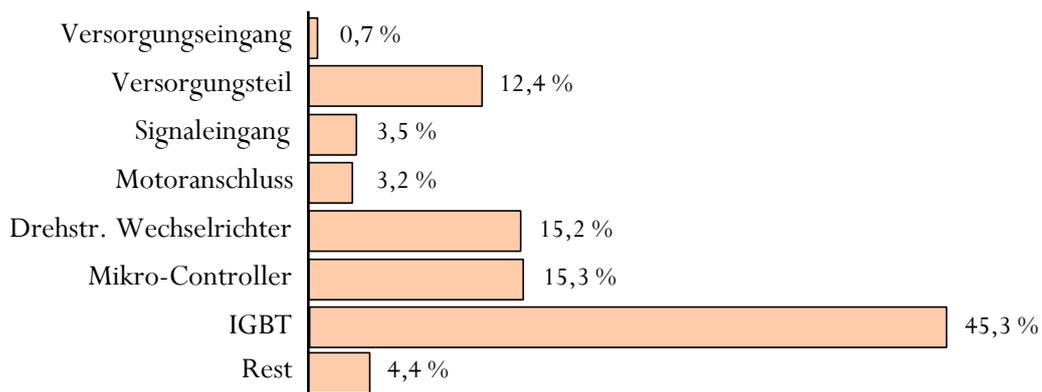


Abbildung 7.11: Durchschnittliche Kostenanteile der Subsysteme (12-24V DC)

Die Gesamtkosten einer ACC-VSD neu - Steuerung für Kältekompressoren lagen im Jahr 2011 bei 15 €. Als Zielwert für das Jahr 2018 wurden die Gesamtkosten mit 4,8 € festgelegt. [Sorger 2008, S.58] Es wird davon ausgegangen, dass sich die Verteilung der einzelnen Kostenanteile, wie in Abbildung 7.9 dargestellt, nur geringfügig ändern wird. Ausgehend von dieser Annahme werden in Abbildung 7.12 die notwendigen Kostenreduktionen zur Erreichung des Zielwertes, von 4,8 € im Jahr 2018, dargestellt.

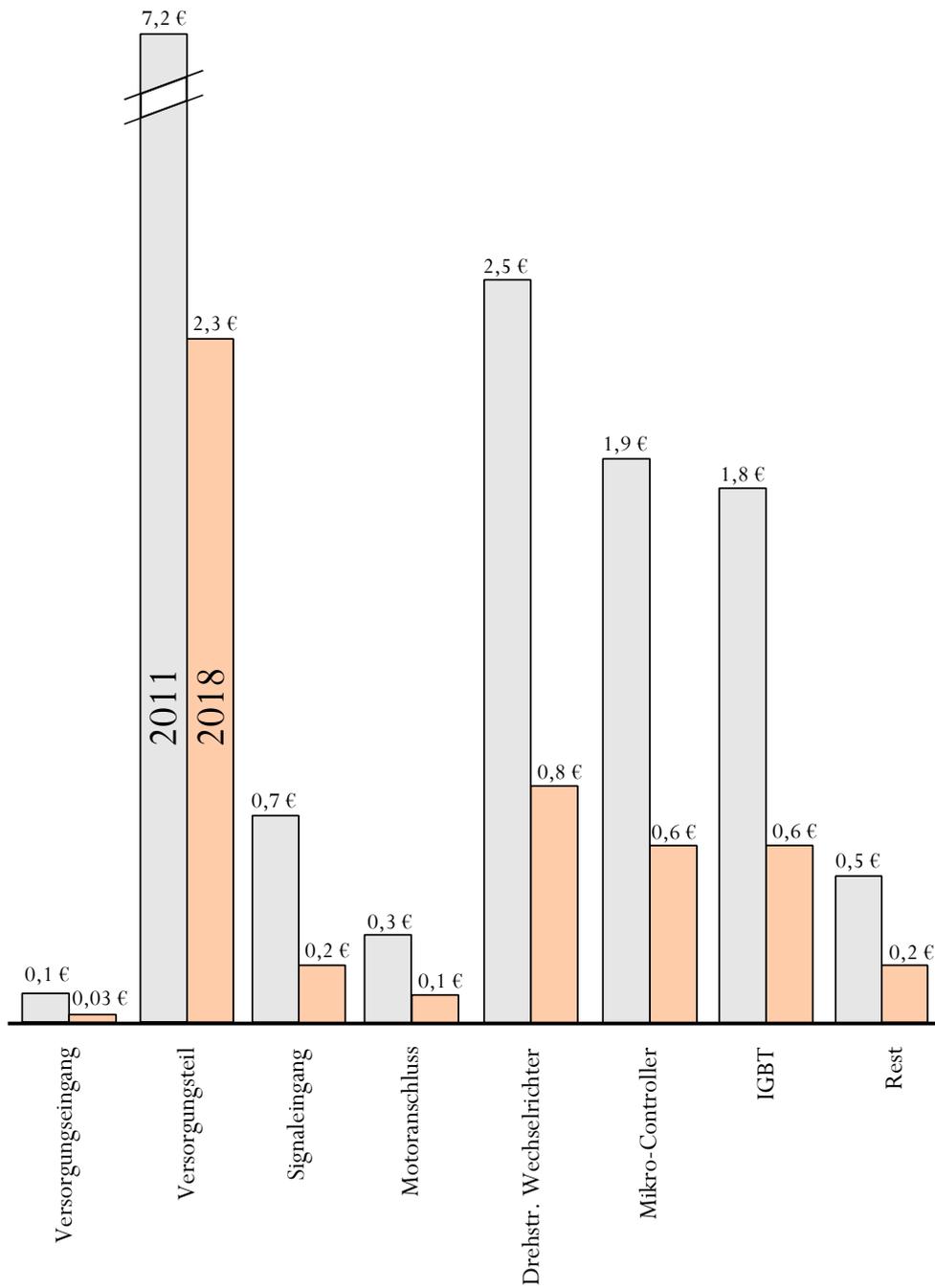


Abbildung 7.12: Notwendige Kostenreduktion 2011-2018

Kapitel 8

Fazit und Ausblick

Methoden stellen effiziente Werkzeuge und Hilfsmittel im Bereich der Technologie- und Produktentwicklung dar. Sie helfen bei der gezielten Suche nach Lösungen für vorhandene technische oder technisch-wirtschaftliche Probleme und um bestmögliche Ergebnisse erzielen zu können. Durch den Einsatz von Methoden ist ein planmäßiges Vorgehen möglich, welches die Anwender bei der Durchführung der einzelnen Vorgehensschritte der Methoden unterstützen soll. In der Praxis der Methodendurchführung hat sich gezeigt, dass Methoden bei deren Anwendung nicht immer für sich allein gesehen werden dürfen, denn häufig kommen Methoden kombiniert zum Einsatz. Dies geschieht sowohl bewusst durch die Anwender aber auch unbewusst werden Methoden häufig intuitiv für die Lösung vorhandener Problemstellungen kombiniert.

In dieser Diplomarbeit für ACC Austria wurden Methoden untersucht und analysiert, die sich besonders für den Einsatz im Bereich der Technologieentwicklung eignen. Hauptgründe für die Anwendung von Methoden sind die zunehmende Komplexität technischer Systeme, immer kürzer werdende Produktlebenszyklen und die Erwartungshaltung der Kunden, immer öfter und immer schneller Innovationen zu akzeptablen Verkaufspreisen auf den Markt zu bringen.

ACC Austria entschloss sich deshalb einen neuen, innovativen Kältekompressor zu entwickeln. Dabei wurden ambitionierte Ziele festgelegt, die mit den heute verfügbaren Mitteln noch nicht zu erreichen sind. Aufgrund der vorhandenen Komplexität des Systems „Kältekompressor“ wurden für dieses System Technologiefelder definiert, die nicht nur den Kältekompressor an sich beschreiben sondern auch dessen Interaktion mit dem Kühlgerät umfassen.

Foresightmethoden ermöglichen eine Analyse und Vorausschau über die zukünftige Entwicklung technischer Systeme. Bei der Entwicklung neuer Technologien und Produkte ändern sich Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen im Laufe der Zeit. Foresightmethoden reduzieren durch ihren Einsatz dieses entstehende Risiko der sich ändernden Umweltfaktoren.

Nach einer möglichst genauen Vorausschau der zukünftigen Entwicklung technischer Systeme gilt es nun Ideen für Technologien und Produkte der Zukunft zu entwickeln. Dies geschieht durch die Anwendung sogenannter Ideenfindungsmethoden. In dieser Gruppe sind Kreativitätsmethoden angeführt die im Wesentlichen in intuitiv-kreative Methoden und in systematisch-analytische Methoden eingeteilt werden können. Dabei werden die kreativen Fähigkeiten und Potenziale der Anwender genutzt um neue und innovative Lösungen für vorhandene Problemstellungen zu finden.

Mithilfe der dritten Gruppe, der Gruppe der Analysemethoden, können bestehende Systeme systematisch und strukturiert analysiert und ausgewertet werden. Mit dieser Methodenart sind Anwender jedoch auch in der Lage, die Forderungen und Wünsche der Kunden zu erfassen um daraus Ideen und Vorschläge für Produktinnovationen generieren zu können. Dadurch wird das Risiko einer Fehlentwicklung, vorbei an den Forderungen und Wünschen der Kunden, wesentlich reduziert.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden die beiden Technologiefelder *Kommunikation* und *Steuerung* bearbeitet. Beim Technologiefeld *Kommunikation* handelt es sich ein Technologiefeld, das den Bereich der Interaktion zwischen Kältekompressor und Kühlgerät umfasst. Für das Technologiefeld *Kommunikation* war das Ziel, Widersprüche zu identifizieren, die in weiterer Folge als Grundlage für weitere Entwicklungsprojekte dienen. Beim Technologiefeld *Steuerung* hingegen handelt es sich um ein Technologiefeld das sich ausschließlich auf den Kältekompressor an sich bezieht. Ziel für das Technologiefeld *Steuerung* war es, Subsystem des bestehenden Systems einer variablen Drehzahl-Steuerung zu identifizieren und diese bezüglich Kostenanteil und Platzbedarf bezogen auf die gesamte Steuerung zuzuordnen.

Methoden dürfen nicht als unabänderliche Vorgaben gesehen werden. Denn nur durch eine Anpassung der Methoden an die jeweilige Situation kombiniert mit einer zielgerichteten Anwendung können Methoden technische Problemstellungen flexibel, systematisch und zeitgerecht gelöst werden.

Mit Hilfe der angeführten Methoden sind in weiterer Folge die beiden Technologiefelder *Kältekreislauf* und *mechanische Integration* zu untersuchen. Dafür müssen Ist- und Zielwerte erhoben und Widersprüche festgelegt werden. Um etwaige Missverständnisse vermeiden zu

können, ist dabei vor allem auf eine klare Definition und Abgrenzung der Technologiefelder zu achten. In der Vergangenheit wurden bereits große Anstrengungen zur Weiterentwicklung der Technologiefelder, die den Kältekompressor betreffen, unternommen. In Zukunft ist deshalb eine verstärkte Fokussierung auf jene Technologiefelder wichtig, die im Bereich der Interaktion zwischen Kältekompressor und Kühlgerät angesiedelt sind, da in diesem Bereich noch erhebliches Verbesserungspotenzial besteht.

Abbildungsverzeichnis

1.1	Visionsmuster CC2018 [Sorger 2008, S.72]	2
1.2	CC2018 Entwicklungsplan	3
1.3	Systems Engineering - Komponenten [Haberfellner et al. 2002, S.XIX]	4
1.4	Zusammenhänge zwischen den Komponenten des SE-Vorgehensmodells [Haberfellner et al. 2002, S.59]	5
1.5	Vorgehensweise	6
2.1	Zusammenhang - Kreativität und Wissen [Gausemeier et al. 2001, S.120]	10
2.2	Methodenübersicht	14
3.1	Phasenmodell des Szenario-Managements [Gausemeier et al. 2001, S.84]	19
3.2	Szenario-Erstellung [Gausemeier et al. 2001, S.85]	20
3.3	Phasen des Fledermausprinzips [Gausemeier et al. 2001, S.203]	30
4.1	Prinzipdarstellung einer Mind-Map [Ophey 2005, S.47]	44
4.2	Prinzipieller Aufbau eines Morphologischen Kastens [Schlicksupp 1989, S.143]	51
4.3	TRIZ-Vorgehensweise [Gundlach u. Nähler 2006, S.17]	55
4.4	Arten von Widersprüche [Pannenbäcker 2001, S.87]	58
4.5	Stoff-Feld-Analyse Symbolik [Terninko et al. 1998a, S.114] [Pannenbäcker 2001, S.89]	59
4.6	Widerspruchstabelle - Vorgehensweise [Terninko et al. 1998b, S. 270f]	61
4.7	Universalverfahren und weniger allgemeingültige Erfindungsverfahren [Pannenbäcker 2001, S. 101]	62
5.1	Kano-Diagramm [Schuh et al. 2011a, S.183]	70
5.2	Conjoint-Analyse-Vorgehensweise [Gausemeier et al. 2001, S.70]	72
5.3	Aufbau -House of Quality [Eversheim et al. 2002, S.142]	74
5.4	Funktions- und Objektanalyse [Pannenbäcker 2001, S.85]	76
5.5	Ermittlung der Marktattraktivität [Gausemeier et al. 2001, S.53]	78

5.6 Marktportfolio [Gausemeier et al. 2001, S.54]	79
5.7 Technologieportfolio [Gausemeier et al. 2001, S.56]	80
5.8 Integriertes Markt-Technologie-Portfolio [Gausemeier et al. 2001, S.57]	81
5.9 Benchmarking-Prozess [Sabisch u. Tintelnot 1997, S.29]	83
5.10 Nutzen des Benchmarking [Camp 1994, S.39]	85
5.11 Arten des Benchmarking von Unternehmen [Mertins u. Kohl 2004, S.75]	86
5.12 Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Objekten [Mertins u. Kohl 2004, S.76]	86
5.13 Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Partner [Mertins u. Kohl 2004, S.82ff]	88
5.14 Informationspotenzial bezogen auf die Benchmarking-Partner [Kohl 2004, S.125]	90
5.15 Unterscheidung des Benchmarking nach Benchmarking-Parametern	90
5.16 Technologielebenszyklus nach Arthur D. Little [Gausemeier et al. 2001, S.60]	93
5.17 S-Kurven-Konzept nach McKinsey [Schuh et al. 2011b, S.43]	94
5.18 S-Kurven-Konzept mit Substitutionstechnologie [Schuh et al. 2011b, S.44]	95
5.19 Technologielebenszyklus-Modell nach Ansoff [Schuh et al. 2011b, S.40]	96
5.20 Relevanzbaum für die Möglichkeiten der Kommunikation zwischen Maschinen	97
5.21 Ressourcen-Analyse [Pannenbäcker 2001, S.93]	98
5.22 Ressourcen-Portfolio [Pannenbäcker 2001, S.95]	100
6.1 Bewertung - Foresightmethoden	108
6.2 Bewertung - Ideenfindungsmethoden 1-11	109
6.3 Bewertung - Ideenfindungsmethoden 12-22	109
6.4 Bewertung - Analysemethoden	110
7.1 CC2018 Technologiefelder [Lang oJ, S.51]	113
7.2 Potenziale der Funktionsgruppen [Lang oJ, S.27]	114
7.3 Objektanalyse	123
7.4 Widerspruchsmatrix	125
7.5 Identifizierte Subsysteme einer BLDC-Steuerung	130
7.6 Platzbedarf der Subsysteme (ACC-VSD neu)	132
7.7 Durchschnittlicher Platzbedarf (230V AC)	132
7.8 Durchschnittlicher Platzbedarf (12-24V DC)	133
7.9 Kostenanteile der Subsysteme (ACC-VSD neu)	134
7.10 Durchschnittliche Kostenanteile der Subsysteme (230V AC)	134
7.11 Durchschnittliche Kostenanteile der Subsysteme (12-24V DC)	135

7.12 Notwendige Kostenreduktion 2011-2018 136

Tabellenverzeichnis

3.1	Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung [Gläser u. Laudel 2004, S.39]	26
4.1	Evolutionsgesetze nach Altschuller [Pannenbäcker 2001, S.108]	67
5.1	Ausprägungen bzw. Schwierigkeitsgrade beim externen Benchmarking [Pieske 1995 zitiert nach Mertins u. Kohl [2004], S.88]	89
6.1	Bewertung der Methoden	107
7.1	IST- und ZIEL-Werte	121

Literaturverzeichnis

Akao 1992

AKAO, Yuji: *QFD - Quality Function Deployment*. Landsberg am Lech : Verlag moderne Industrie, 1992. – ISBN 3-478-35360-2

Altschuller 1998

ALTSCHULLER, Genrich S.: *Erfinden. Wege zur Lösung technischer Probleme*. limitierter Nachdruck der 2.Auflage, herausgegeben von Martin G. Möhrle. Cottbus : Planung und Innovation, 1998. – ISBN 3-00002-700-9

Bilek 2010

BILEK, Florian: *Strukturierung von Technologieentwicklungsprojekten unter Einsatz von TRIZ*. Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung, Technische Universität Graz, Diplomarbeit, 2010

Camp 1994

CAMP, Robert C.: *Benchmarking*. München : Hanser Verlag, 1994. – ISBN 3-446-17606-3

Ehrlenspiel 2003

EHRENSPIEL, Klaus: *Integrierte Produktentwicklung : Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 2.überarbeitete Auflage. München : Hanser Verlag, 2003. – ISBN 3-446-22119-0

Eversheim et al. 2002

EVERSHEIM, Walter ; BREUER, Thomas ; GRAWATSCH, Markus ; HILGERS, Michael ; KNOCHE, Markus ; ROSIER, Christian ; SCHÖNING, Sebastian ; SPIELBERG, Daniel E.: Methodenbeschreibung. In: EVERSHEIM, Walter (Hrsg.): *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin : Springer Verlag, 2002. – ISBN 3-540-43425-9, S. 133-231

Gausemeier et al. 2001

GAUSEMEIER, Jürgen ; EBBESMEYER, Peter ; KALLMEYER, Ferdinand: *Produktinnovation : Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. München : Hanser Verlag, 2001. – ISBN 3-446-21631-6

Gausemeier et al. 2006

GAUSEMEIER, Jürgen ; HAHN, Axel ; KESPOHL, Hans D. ; SEIFERT, Lars: *Vernetzte Produktentwicklung : Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Networking*. München : Hanser Verlag, 2006. – ISBN 3-446-22725-3

Gläser u. Laudel 2004

GLÄSER, Jochen ; LAUDEL, Grit: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2004. – ISBN 3-8252-2348-5

Gorden 1975

GORDEN, Raymond L.: *Interviewing : Strategies, techniques and tactics*. Illinois : The Dorsey Press, 1975. – ISBN 0-2560-1511-2

Gundlach u. Nähler 2006

GUNDLACH, Carsten ; NÄHLER, Horst T.: TRIZ - Theorie des erfinderischen Problemlösens. In: GUNDLACH, Carsten (Hrsg.) ; NÄHLER, Horst T. (Hrsg.): *Innovation mit TRIZ : Konzepte, Werkzeuge, Praxisanwendungen*. Düsseldorf : Symposium Verlag, 2006. – ISBN 3-936608-74-1, S. 11-42

Haberfellner et al. 2002

HABERFELLNER, Reinhard ; NAGEL, Peter ; BECKER, Mario ; BÜCHEL, Alfred ; MASSOW, Heinrich von: *Systems Engineering : Methodik und Praxis*. 11. Auflage. Zürich : Verlag Industrielle Organisation, 2002. – ISBN 3-85743-998-X

Hösch o.J

HÖSCH, Heinz: *Technologieentwicklung in Industrieunternehmen (in Vorbereitung)*. Institut für Unternehmensführung und Organisation, Technische Universität Graz, Dissertation, o.J.

Kano et al. 1984

KANO, N. ; SERAKU, N. ; TAKAHASHI, F. ; TSUJI, S.: Test-Attractive Quality and Must be Quality. In: *Quality Journal*, 14, Nr. 2 (1984), S. 39-48

Kniess 2006

KNISS, Michael: *Kreativitätstechniken : Methoden und Übungen*. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2006. – ISBN 3-423-50906-6

Kohl 2004

KOHL, Holger: Der richtige Benchmarking-Partner. In: MERTINS, Kai (Hrsg.): *Benchmarking : Leitfaden für den Vergleich mit den Besten*. Düsseldorf : Symposion Verlag, 2004. – ISBN 3-936608-62-8, S. 123-139

Lang oJ

LANG, Harald: *Taxonomy for the generation of technological knowledge as basis for platform development of cooling compressors (in Vorbereitung)*. Institut für Unternehmensführung und Organisation, Technische Universität Graz, Diplomarbeit, o.J.

Leitner u. Wroblewski 2005

LEITNER, Andrea ; WROBLEWSKI, Angela: Zwischen Wissenschaftlichkeitsstandards und Effizienzansprüchen : ExpertInneninterviews in der Praxis der Arbeitsmarktevaluation. In: BOGNER, Alexander (Hrsg.) ; LITTIG, Beate (Hrsg.) ; MENZ, Wolfgang (Hrsg.): *Das Experteninterview : Theorie, Methode, Anwendung*. 2.Auflage. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2005. – ISBN 3-531-14447-2, S. 241-256

Lindemann 2009

LINDEMANN, Udo: *Methodische Entwicklung technischer Produkte : Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. 3.korrigierte Auflage. Berlin : Springer Verlag, 2009. – ISBN 978-3-642-01423-9

Mertins u. Kohl 2004

MERTINS, Kai ; KOHL, Holger: Benchmarking-Techniken. In: MERTINS, Kai (Hrsg.): *Benchmarking : Leitfaden für den Vergleich mit den Besten*. Düsseldorf : Symposion Verlag, 2004. – ISBN 3-936608-62-8, S. 73-96

Meuser u. Nagel 2005a

MEUSER, Michael ; NAGEL, Ulrike: ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig beachtet : Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: BOGNER, Alexander (Hrsg.) ; LITTIG, Beate (Hrsg.) ; MENZ, Wolfgang (Hrsg.): *Das Experteninterview : Theorie, Methode, Anwendung*. 2.Auflage. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2005. – ISBN 3-531-14447-2, S. 71-93

Meuser u. Nagel 2005b

MEUSER, Michael ; NAGEL, Ulrike: Vom Nutzen der Expertise : ExpertInneninterviews in der Sozialberichterstattung. In: BOGNER, Alexander (Hrsg.) ; LITTIG, Beate (Hrsg.) ; MENZ, Wolfgang (Hrsg.): *Das Experteninterview : Theorie, Methode, Anwendung*. 2.Auflage. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2005. – ISBN 3-531-14447-2, S. 257-272

Michaeli 2006

MICHAELI, Rainer: *Competitive Intelligence : Strategische Wettbewerbsvorteile erzielen durch systematische Konkurrenz-, Markt- und Technologieanalyse*. Berlin : Springer Verlag, 2006. – ISBN 3-540-03081-6

Müller 1981

MÜLLER, Günter: *Strategische Frühaufklärung*. München : Planungs- und Organisationswissenschaftliche Schriften, 1981. – ISBN 3-88232-033-8

Ophey 2005

OPHEY, Lothar: *Entwicklungsmanagement : Methoden in der Produktentwicklung*. Berlin : Springer Verlag, 2005. – ISBN 3-540-20652-3

Pahl et al. 2007

PAHL, Gerhard ; BEITZ, Wolfgang ; FELDHUSEN, Jörg ; GROTE, Karl-Heinrich: *Konstruktionslehre : Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung*. 7.Auflage. Berlin : Springer Verlag, 2007. – ISBN 3-540-34060-2

Pannenbäcker 2001

PANNENBÄCKER, Tilo: *Methodisches Erfinden in Unternehmen : Bedarf, Konzept, Perspektiven für TRIZ-basierte Erfolge*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2001. – ISBN 3-409-11841-1

Pfadenhauer 2005

PFADENHAUER, Michaela: Auf gleicher Augenhöhe reden : Das Experteninterview - ein Gespräch zwischen Experte und Quasi-Experte. In: BOGNER, Alexander (Hrsg.) ; LITTIG, Beate (Hrsg.) ; MENZ, Wolfgang (Hrsg.): *Das Experteninterview : Theorie, Methode, Anwendung*. 2.Auflage. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2005. – ISBN 3-531-14447-2, S. 113-130

Pieske 1995

PIESKE, Reinhard: *Benchmarking in der Praxis : Erfolgreiches Lernen von führenden Unternehmen*. Landsberg am Lech : Verlag moderne Industrie, 1995. – ISBN 3-478-35360-2

Ponn u. Lindemann 2008

PONN, Josef ; LINDEMANN, Udo: *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte : Optimierte Produkte - systematisch von Anforderungen zu Konzepten*. 2.Auflage. Berlin : Springer Verlag, 2008. – ISBN 978-3-642-20579-8

Sabisch u. Tintelnot 1997

SABISCH, Helmut ; TINTELNOT, Claus: *Integriertes Benchmarking : für Produkte und Produktentwicklungsprozesse*. Berlin : Springer Verlag, 1997. – ISBN 3-540-61963-1

Schlicksupp 1989

SCHLICKSUPP, Helmut: *Innovation, Kreativität und Ideenfindung*. 3., überarb. u. erw. Aufl. Würzburg : Vogel Buchverlag, 1989. – ISBN 3-8023-0650-3

Schuh et al. 2011a

SCHUH, Günther ; KLAPPERT, Sascha ; ORILSKI, Simon: Technologieplanung. In: SCHUH, Günther (Hrsg.) ; KLAPPERT, Sascha (Hrsg.): *Technologiemanagement : Handbuch Produktion und Management2*. Zweite, vollst. neu bearb. und erw. Auflage. Berlin : Springer Verlag, 2011. – ISBN 978-3-642-12529-4, S. 171-222

Schuh et al. 2011b

SCHUH, Günther ; KLAPPERT, Sascha ; SCHUBERT, Johannes ; NOLLAU, Sebastian: Grundlagen zum Technologiemanagement. In: SCHUH, Günther (Hrsg.) ; KLAPPERT, Sascha (Hrsg.): *Technologiemanagement : Handbuch Produktion und Management2*. Zweite, vollst. neu bearb. und erw. Auflage. Berlin : Springer Verlag, 2011. – ISBN 978-3-642-12529-4, S. 33-54

Siebert u. Kempf 1998

SIEBERT, Gunnar ; KEMPF, Stefan: *Benchmarking : Leitfaden für die Praxis*. München : Hanser Verlag, 1998. – ISBN 3-446-19342-1

Sorger 2008

SORGER, Michael: *Identifizierung von Potentialen sowie von Forschungs- und Entwick-*

lungsschwerpunkten am Beispiel des Kältemittelaggregates. Institut für Unternehmensführung und Organisation, Technische Universität Graz, Diplomarbeit, 2008

Specht 2002

SPECHT, Dieter ; MÖHRLE, Martin G. (Hrsg.): *Gabler Lexikon Technologiemanagement : Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2002. – ISBN 3-409-11822-5

Terninko et al. 1998a

TERNINKO, John ; ZUSMAN, Alla ; ZLOTIN, Boris: *Systematic Innovation : An Introduction to TRIZ*. Boca Raton/Florida : CRC Press LLC, 1998a. – ISBN 1-57444-111-6

Terninko et al. 1998b

TERNINKO, John ; ZUSMAN, Alla ; ZLOTIN, Boris ; HERB, Rolf (Hrsg.): *TRIZ - Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt : Ideen produzieren, Nischen besetzen, Märkte gewinnen; herausgegeben von Rolf Herb*. Landsberg/Lech : Verlag moderne Industrie, 1998b. – ISBN 3-478-91920-7

Thomas 2004

THOMAS, Manfred: Benchmarking in der IT-Produktion der Commerzbank. In: MERTINS, Kai (Hrsg.): *Benchmarking : Leitfaden für den Vergleich mit den Besten*. Düsseldorf : Symposium Verlag, 2004. – ISBN 3-936608-62-8, S. 269-300

Ullrich 1999

ULLRICH, Carsten G.: Deutungsmusteranalyse und diskursives Interview. In: *Zeitschrift für Soziologie* 28 (1999), Nr. 6, S. 429-447

Wall 1999

WALL, Friederike: *Planungs- und Kontrollsysteme : Informationstechnische Perspektiven für das Controlling; Grundlagen-Instrumente-Konzepte*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1999. – ISBN 3-409-13032-2

Watson 1993

WATSON, Gregory H.: *Benchmarking : vom Besten lernen*. Landsberg/Lech : Verlag moderne Industrie, 1993. – ISBN 3-478-23090-X

Weber u. Wertz 1999

WEBER, Jürgen ; WERTZ, Boris: *Benchmarking excellence*. Vallendar : WHU-Lehrstuhl für

Betriebswirtschaftslehre insbesondere Controlling und Logistik, 1999. – ISBN 3-937141-04-9

Wolfrum 1991

WOLFRUM, Bernd: *Strategisches Technologiemanagement*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1991. – ISBN 3-409-18717-0

Anhang A

Altschullers 39 technische Parameter

Nachfolgend werden die 39 technischen Parameter, die in der Widerspruchstabelle eingetragen sind, aufgezählt [Terninko et al. 1998b, S.257ff]:

1. Gewicht eines bewegten Objekts
2. Gewicht eines stationären Objekts
3. Länge eines bewegten Objekts
4. Länge eines stationären Objekts
5. Fläche eines bewegten Objekts
6. Fläche eines stationären Objekts
7. Volumen eines bewegten Objekts
8. Volumen eines stationären Objekts
9. Geschwindigkeit
10. Kraft
11. Druck oder Spannung
12. Form
13. Stabilität eines Objekts
14. Festigkeit
15. Haltbarkeit eines bewegten Objekts

16. Haltbarkeit eines stationären Objekts
17. Temperatur
18. Helligkeit
19. Energieverbrauch eines bewegten Objekts
20. Energieverbrauch eines stationären Objekts
21. Leistung
22. Energieverschwendung
23. Materialverschwendung
24. Informationsverlust
25. Zeitverschwendung
26. Materialmenge
27. Zuverlässigkeit
28. Messgenauigkeit
29. Fertigungsgenauigkeit
30. Äußere negative Einflüsse auf ein Objekt
31. Negative Nebeneffekte des Objekts
32. Fertigungsfreundlichkeit
33. Benutzungsfreundlichkeit
34. Reparaturfreundlichkeit
35. Anpassungsfähigkeit
36. Komplexität in der Struktur
37. Komplexität in der Kontrolle oder Steuerung
38. Automatisierungsgrad
39. Produktivität

Anhang B

40 innovative Prinzipien

Mit Hilfe der Widerspruchstabelle können folgende 40 innovative Prinzipien ausgewählt werden [Terninko et al. 1998b, S.261ff]:

1. Segmentierung
2. Abtrennung
3. Örtliche Qualität
4. Asymmetrie
5. Vereinen
6. Universalität
7. Verschachtelung
8. Gegengewicht
9. Vorgezogene Gegenaktion
10. Vorgezogene Aktion
11. Vorbeugemaßnahme
12. Äquipotential
13. Umkehr
14. Krümmung
15. Dynamisierung

16. Partielle oder überschüssige Wirkung
17. Höhere Dimension
18. Mechanische Schwingungen
19. Periodische Wirkung
20. Kontinuität
21. Überspringen
22. Schädliches in Nützliches wandeln
23. Rückkopplung
24. Mediator, Vermittler
25. Selbstversorgung
26. Kopieren
27. Billige Kurzlebigkeit
28. Mechanik ersetzen
29. Pneumatik und Hydraulik
30. Flexible Hüllen und Filme
31. Poröse Materialien
32. Farbveränderung
33. Homogenität
34. Beseitigung und Regeneration
35. Eigenschaftsänderung
36. Phasenübergang
37. Wärmeausdehnung
38. Starkes Oxidationsmittel
39. Inertes Medium
40. Verbundmaterial

Anhang C

Kurzbeschreibung der Widersprüche

Für Technologiefelder, die dem Kältekompressor zugeordnet sind, wurden folgende Widersprüche erarbeitet [Bilek 2010, S.104ff]:

Gesamtsystem

1. Diversification vs. standardization

Der Markt verlangt nach sehr unterschiedlichen Kühlgeräten. Die ACC-Kunden fragen viele Kompressor-Varianten nach. Aus ACC-Sicht ist es wünschenswert, wenige Plattformen anbieten zu können, die einen großen Einsatzbereich abdecken.

2. Integrated electronics vs. compressor „slave“

Je fortschrittlicher ein Kühlgerät, desto wahrscheinlicher ist der Einsatz von Elektronik. Ein Beispiel dafür ist die Geschwindigkeitsregelung. Es stellt sich die Frage, ob ACC selbst an Regelungselektronik für den Kompressor arbeiten soll, oder dem Kunden ein „dummes“ Gerät, das vom Kühlschrank gesteuert wird, anbieten soll. Für den entwicklerischen Mehraufwand spricht die Chance, sich vom Kompressor-Hersteller zum Systemlieferanten zu entwickeln.

Saugstrecke

3. Low noise vs. small size

Das Volumen des Saugmufflers wird u.a. zur Geräuschdämpfung genutzt. Je größer, desto besser. Der gesamte Kompressor soll jedoch möglichst klein sein.

4. Low pressure loss vs. small size

Enge Rohrdurchmesser verschlechtern die Strömungseigenschaften der Gaslinie. Werden sie vergrößert, wächst das ganze System an.

5. Low temperature vs. big size

Aus obigen WS ist ersichtlich, dass die Saugstrecke möglichst groß sein soll. Über große Oberflächen kann aber gleichzeitig mehr Wärme auf das angesaugte Medium übergehen, was den COP verschlechtert.

Kopfgruppe

6. Low suction/discharge work vs. high cost

Eine Optimierung der Kanäle und Ventilsitze würde die Gaswechselverluste verringern, ist aber sehr aufwendig.

7. Self-adjusting valves vs. high cost

Auch das derzeitige passive Ventilsystem verursacht Gaswechselverluste. Eine aktive Ventilsteuerung ist aber sehr aufwendig und teuer.

8. Selective heat conductivity vs. current material

Die gesamte Kopfgruppe ist sehr kompakt. Auf der Druckseite ist ein guter Wärmeabfluss erwünscht, die Saugseite sollte jedoch möglichst wenig Wärme aufnehmen. Eine Trennung der beiden Systeme mit Materialien, die den Wärmefluss nur in eine Richtung zulassen wäre wünschenswert.

9. Self-adjusting dead volume vs. current material

Der Schadraum im Arbeitsraum des Kompressors verursacht Verluste der Kälteleistung, ist aber aufgrund von Toleranzen kaum zu vermeiden. Ein anpassungsfähiges Material könnte den Schadraum minimieren.

Druckstrecke

10. Low pulsation vs. small size

Das Volumen des Druckmufflers fungiert als Puffer für die Pulsation des Kühlmediums, die von der stoßweisen Ausschleibearbeit des Kolbens verursacht wird. Je größer der Muffler, desto geringer die Pulsation. Die maximale Gehäusegröße begrenzt aber die Vergrößerung der Druckstrecke.

11. Lower starting torque vs. small size

Der Gegendruck beim Startvorgang des Kompressors bewirkt ein großes Moment, das überwunden werden muss. Dies wird in der Regel durch einen großen Motor erreicht. Ein großer Motor erfüllt aber nicht den Anspruch eines kleinen Kompressors.

12. Low temperature vs. big size

Die Druckstrecke soll über eine große Oberfläche viel Wärme aus der Kompression nach außen abgeben. Der Bauraum ist aber, wie oben erwähnt, begrenzt.

Steuerung

13. Many interfaces vs. low complexity

Je nach Konzept des ACC-Kunden können viele unterschiedliche Schnittstellen zwischen Kühlgerät und Kompressor erwünscht sein. Im Interesse von ACC wäre jedoch eine möglichst einfache, standardisierte Anbindung.

14. Speed control vs. low complexity

Die Geschwindigkeitsregelung bei ersten Prototypen auf Basis von Kappa stellte sich als sehr aufwendiges, teures Modul heraus. Um vertretbare Kosten zu erzielen, muss das System einfacher werden.

15. Easy approbation vs. high complexity

Je mehr Elektronik und somit unterschiedliche Betriebsarten etc. ein Kompressor aufweist, desto umfangreicher wird die Genehmigung des Systems ausfallen.

Antrieb

16. Speed control vs. low cost

Ein geschwindigkeitsgeregelter Kompressor erfordert aufwendigere Antriebskonzepte mit teuren Permanentmagneten und dergleichen.

17. High efficiency vs. low cost

Ein hoher Kupferanteil in den Wicklungen macht Motoren effizient. Kupfer ist jedoch sehr teuer.

18. High efficiency vs. small size

Motoren mit großen Magneten und vielen Kupferwicklungen brauchen viel Platz.

Hubkolben & Kurbelwelle

19. Insulate temperature vs. conduct temperature

Der Arbeitsraum des Kompressors soll einerseits keine Wärme aus dem Gehäuse aufnehmen, andererseits soll ein möglichst großer Teil der Kompressionswärme über die Wände abgegeben werden.

20. adjustable for RPM vs. high cost

Vor allem Lager und Kolben sind in einem geschwindigkeitsgeregelten Kompressor höheren Belastungen ausgesetzt. Bessere Lager und massivere Kolben verursachen dementsprechende Mehrkosten.

21. adjustable for RPM vs. high reliability

Obengenannte Mehrbelastung darf auch die Zuverlässigkeit nicht beeinträchtigen.

22. Low friction vs. high cost

Die Kolbenreibung kann durch spezielle Materialpaarungen verringert werden. Spezielle Materialien und Beschichtungen bringen Mehrkosten mit sich.

23. Low friction vs. big tolerance

Größere Toleranzen können auch zum Verringern der Reibung beitragen, was aber wiederum die Leckageverluste erhöht.

Gehäuse

24. No heat exchange between suction and discharge line vs. noise

Wie in WS5, WS8 und WS12 erklärt, soll möglichst wenig Wärme von der Druckstrecke auf die Saugstrecke übergehen. Eine Möglichkeit, wäre die Anordnung der beiden Systeme außerhalb des Gehäuses. Dies würde sich aber ungünstig auf die Geräuschentwicklung auswirken.

25. High heat exchange vs. low noise

Eine große Gehäuseoberfläche verbessert die Wärmeabfuhr nach außen. Große Flächen schwingen aber besser, was wiederum die Lärmabstrahlung erhöht.

26. Small size vs. low noise

Geringere Gehäusewandstärken können helfen, Material und Platz einzusparen. Hand in Hand damit geht aber auch eine Verschlechterung der Lärmdämmung.