

Florian Bilek



Strukturierung von Technologieentwicklungsprojekten unter Einsatz von TRIZ

Diplomarbeit zur Erlangung

Des akademischen Grades

Dipl.Ing.

F748

Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau

Verkehrstechnik

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

eingereicht am

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

o. Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz

Graz, im Juli 2010

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig 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

.....

(Unterschrift)

Kurzfassung

ACC Austria GmbH, mit Sitz in Fürstenfeld, ist die Tochtergesellschaft eines der führenden Hersteller von Haushaltskühlkompressoren, Appliances Components Companies (ACC). Die im Jahr 2002 gegründete ACC Group behauptet in Europa die Marktführerschaft bei der Erzeugung von Kältemittelkompressoren für Haushaltskühlgeräte.

Weltweit verteidigt der Konzern den zweitgrößten Marktanteil in diesem Bereich. Durch hohen innovativen Einsatz entwickelte sich die österreichische Unternehmung in den letzten Jahren zum Zentrum der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des italienischen Mutterkonzerns ACC.

Um an den Erfolg der bisherigen Produkte anschließen zu können und dem hohen Wettbewerbsdruck standzuhalten, sucht die Unternehmung nach Möglichkeiten, den Produktentwicklungsprozess umzustrukturieren. Die Potentiale neu aufkommender Technologien sollen in der Frühphase der Produktentwicklung nutzbar gemacht werden. Dies soll bereits im Rahmen des geplanten Projekts KK2018 zur Anwendung kommen.

Die vorliegende Diplomarbeit versucht, die frühzeitige Identifizierung junger Technologien in der Anfangsphase der Produktentwicklung systematisch zu verankern. Die Ausgangspunkte dafür bilden die bereits definierten Ziele der Kompressorplattform KK2018 sowie deren Ableitung in sogenannte „Widersprüche“ aus der russischen TRIZ-Methodik.

Zu Beginn dieser Arbeit wurde der aktuelle Stand der Vorarbeiten zum Kompressorplattform-Projekt KK2018 analysiert. Ein Großteil der Untersuchungen wurde der Widerspruchsanalyse gewidmet. Die Widersprüche wurden als Kosten interpretiert und in Euro bewertet. Ausgehend von den bewerteten Widersprüchen wurden Technologiefelder definiert, aus denen sich wiederum Technologieentwicklungsprojekte ableiten ließen. Als Ergebnis entstand ein Phasenmodell der allgemeinen Vorgehensweise für die identifizierten Technologieentwicklungsprojekte auf Basis des Wissensmanagements.

Abstract

Located in Fürstenfeld, Austria ACC Austria GmbH is a subsidiary of Appliances Components Companies (ACC), a major producer of household compressors. The company was founded in 2002 is now the leading manufacturer of compressors for household cooling appliances in Europe.

This makes the group the second largest producer in terms of market-share worldwide. Due to its high innovative capacities, the Austrian company has gradually become the center of research and development for the Italian parent group ACC.

In order to remain successful and to cope with competitive pressures, the company is now looking for possibilities to restructure the product development process. ACC thus seeks to exploit the potential of emerging technologies in the early stages of product development. In all likelihood this new method will already be applied for the upcoming project KK2018.

This thesis attempts to identify a systematic approach for implementing new technology in the early phases of product development. The predefined goals for the compressor platform KK2018 and derivations from these goals in so-called “contradictions” from the Russian TRIZ-methodology served as a base.

An analysis of the current status of preparatory work concerning the compressor platform KK2018 project was included at the beginning of this paper. Large parts of research were dedicated to contradiction analysis. Contradictions were interpreted as costs and assessed in Euros. Based on these assessed contradictions, technology fields were defined, from which in turn technology development projects were derived. This resulted in a phase model that specifies a general procedural phase model based on knowledge management for the technology development projects that were identified.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Der Konzern ACC.....	1
1.1.1 ACC Austria GmbH	2
1.1.2 Produkte	3
1.1.3 Die Forschungs- und Entwicklungsabteilung.....	4
1.2 Zielsetzung	5
1.3 Aufgabenstellung.....	5
1.4 Vorgehensweise in dieser Arbeit.....	6
1.4.1 Systems Engineering.....	6
1.4.2 SE-Vorgehensmodell.....	7
1.4.3 SE in der Diplomarbeit.....	8
2. Der Kältemittelkompressor.....	11
2.1 Der Kälteprozess	11
2.2 Aufbau des Kompressors	14
2.3 Coefficient of Performance	16
2.4 KK2018.....	17
3. TRIZ	18
3.1 Invention und Innovation	18
3.2 Herkunft.....	18
3.2.1 Patente	19
3.2.2 Strategie	20
3.2.3 Widerspruch	20
3.3 TRIZ bei ACC	21
3.3.1 Mindset.....	22
3.3.2 Basic Tools	25
3.3.3 Advanced Tools.....	26
3.4 TRIZ in dieser Arbeit.....	27
4. Begriffsabgrenzungen.....	28
4.1 Technologieentwicklung	28
4.1.1 Technologieentwicklung in der Literatur	28
4.1.2 Die bisherige Behandlung von Technologieentwicklung bei ACC.....	29

4.1.3	Begriffsdefinition Technologieentwicklung.....	31
4.2	Technologiefelder	32
4.2.1	Technologiefelder in der Literatur.....	34
4.2.2	Begriffsdefinition Technologiefelder	35
4.3	Wissen.....	36
4.3.1	Recherche	36
4.3.2	Aspekte von Wissen	37
5.	Bewertung der Widersprüche.....	39
5.1	Widerspruchsbewertung in Euro	40
5.1.1	Systemkosten	40
5.1.2	Bewertungsinterviews.....	47
5.2	TRIZ-Workshop	49
5.2.1	Perception Mapping.....	50
5.2.2	Function Analysis	52
6.	Zuordnung von Widersprüchen auf Technologiefelder	54
6.1	Inputs.....	54
6.2	Ziele.....	60
6.3	Variantenbildung.....	61
6.3.1	Variante 1: Input 3 (Perception Mapping).....	62
6.3.2	Variante 2: Inputs 1, 2, 3 (Widerspruchskosten, Function Analysis, Perception Mapping)	62
6.3.3	Variante 3: Inputs 1, 4 (Widerspruchskosten, Branchen)	63
6.3.4	Variante 4: Inputs 1, 5 (Widerspruchskosten, Technologien).....	64
6.3.5	Variante 5: Input 1, 7 (Widerspruchskosten, Baugruppen).....	64
6.4	Bewertung der Varianten.....	65
6.5	Durchführung der gewählten Variante.....	66
6.5.1	Korrektur der Eurobewertung	66
6.5.2	Entscheidung durch Expertenbefragung	69
6.5.3	Bewertung der Technologiefelder.....	69
6.6	Definition von Projekten.....	70
7.	Phasenmodell der Technologieentwicklung.....	72
7.1	Einflüsse aus dem Wissensmanagement.....	72
7.2	Einflüsse aus dem Projektmanagement.....	75
7.2.1	Projektstart	76

7.2.2	Inganghaltung	76
7.2.3	Projektabschluss	77
7.3	Ableitung von Unterphasen des Technologieentwicklungsprojekts	77
7.4	Workpackages in Technologieentwicklungsprojekten	79
7.4.1	Anstoß	80
7.4.2	Interne Wissenssichtung	82
7.4.3	Soll-Ist-Vergleich	83
7.4.4	Wissen suchen	85
7.4.5	Wissensträger/Quellen hinzuziehen	86
7.4.6	Wissen akquirieren	87
7.4.7	Wissen aufbauen	87
7.4.8	Nachbereitung	89
7.5	Bemerkungen	90
8.	Zusammenfassung & Ausblick	91
	Literaturverzeichnis	93
	Abbildungsverzeichnis	96
	Tabellenverzeichnis	99
	Abkürzungsverzeichnis	100
	Anhang	102

1. Einleitung

Jüngste Entwicklungen zeigen, dass die Sicherung einer Unternehmung immer mehr von der Anpassung an Veränderungsprozesse im technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfeld abhängt. Das Entwickeln neuer Produkte und Verfahren durch Innovationsvorhaben ist von hoher Komplexität und Risiken geprägt.¹ Die steigende Innovationsdynamik trägt dazu bei, dass Innovations- und Wissensmanagement an Bedeutung gewinnen². Erfolgreiche Unternehmungen wie 3M zeigen, wie man mit technologischem Vorsprung auch auf stark umkämpften Märkten dem Wettbewerbsdruck standhält³.

Eine dieser Unternehmungen ist ACC Austria, ein weltweit erfolgreich exportierender Hersteller von Kältemittelkompressoren mit Sitz in der Steiermark. Schon früh in der Firmengeschichte wurde die Bedeutung des Innovationsmanagements für die Forschungs- und Entwicklungsabteilung erkannt. ACC Austria ist bestrebt, seine Kompetenzen stetig auszubauen und setzt dabei, unter Ausschöpfung modernster Methoden, vor allem auf Kooperationen mit Bildungseinrichtungen wie der Technischen Universität Graz.

In den vergangenen drei Jahren wurde das Potential neuer Technologien bereits in zwei Diplomarbeiten bei ACC Austria behandelt. Man ist bestrebt, für zukünftige Entwicklungsprojekte möglichst früh auf vielversprechende Technologien aufmerksam zu werden, um diese schnellstmöglich in die Vorentwicklung einfließen zu lassen.

1.1 Der Konzern ACC

ACC ist der Name des führenden europäischen Herstellers von Haushaltskühlkompressoren⁴. Die Abkürzung steht für Appliances Components Companies. Im Jahr 2003 wurde ACC als Spin Off der Electroluxgruppe gegründet und teilte sich bisher auf die zwei Business Units Elektromotoren und Kältemittelkompressoren auf. Der Konzern mit Hauptsitz in Pordenone,

¹ Vgl. Wohinz/Embost/Oberschmid (2008), S.2.

² Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.3.

³ Vgl. Hippel/Thomke/Sonnack (1999).

⁴ Vgl. ACC (2010e), S.3.

Norditalien, hat Standorte in Italien, Österreich, Deutschland und China. Die Geschäftseinheit Elektromotoren wurde zwischen 2008 und 2009 verkauft. Der Weltmarktanteil der Kompressorensparte beträgt rund 20%. Mit 2060 Angestellten wurde im Jahr 2009 ein Umsatz von 340 Mio. Euro erwirtschaftet⁵.

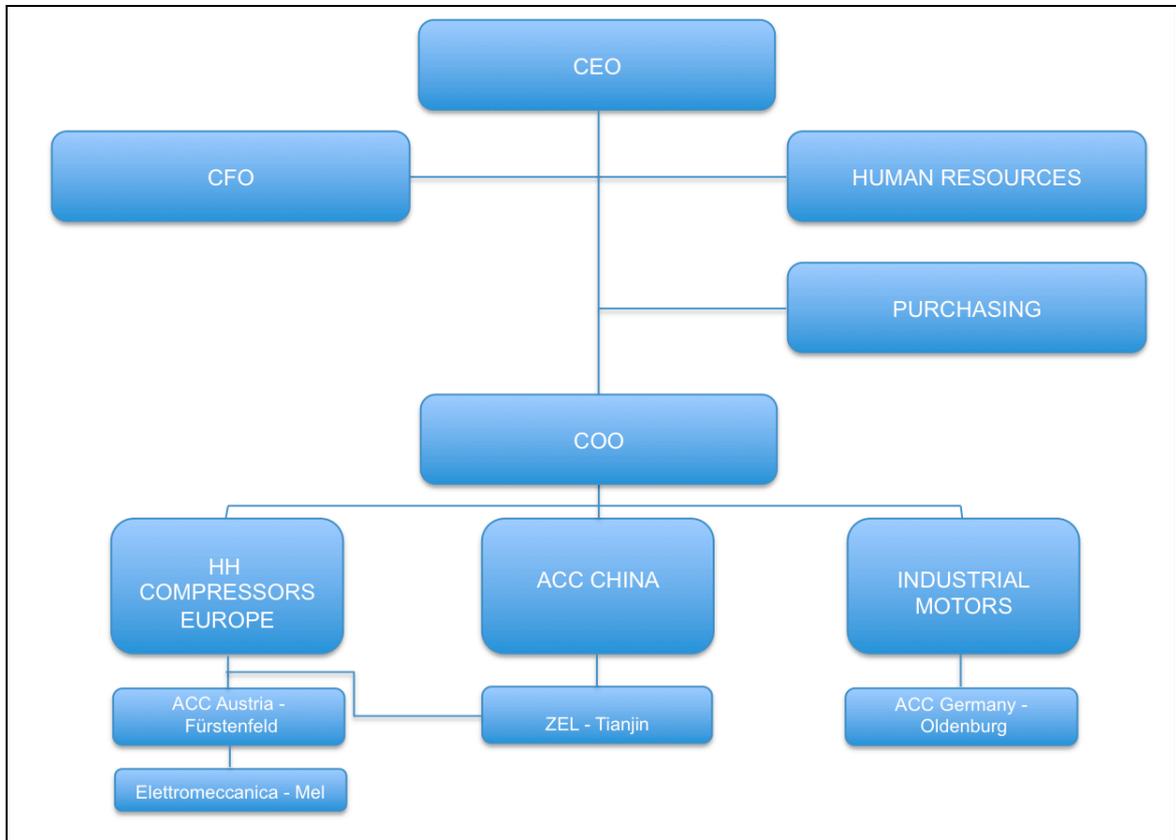


Abbildung 1: Organigramm des ACC-Konzerns⁶

1.1.1 ACC Austria GmbH

Die heutige Firma ACC Austria wurde 1982 vom italienischen Zanussi-Konzern als Verdichter Oe GmbH in Fürstenfeld gegründet. Zunächst produzierte man lediglich die von der Robert Bosch GmbH übernommene Kompressorplattform **Alpha** im Einschichtbetrieb. 1985 kaufte Electrolux (Schweden) Zanussi. Somit wurde Verdichter Teil des weltgrößten Herstellers von Haushaltsgeräten. Es folgten diverse Umstrukturierungen und ständige Erweiterungen der Produktionskapazitäten. 1996 startete das Projekt **Kappa**, eine völlige Neuentwicklung aus Fürstenfeld, die 2001 auf den Markt kam. 2003 verkaufte Electrolux die gesamte Kompressorenlinie an ACC und es formten sich erste

⁵ Vgl. ACC (2010e), S.4.

⁶ ACC (2010e), S.5.

Ideen zum neuen Kompressor **Delta**. 2004 wurde der Name von Verdichter auf ACC Austria geändert. Von 2005 bis 2008 entstand in Fürstenfeld mit regionalen Partnern das Innovations- und Technologiezentrum ITZ. Bedingt durch die weltweite Wirtschaftskrise kam es zur vorübergehenden Einführung von Kurzarbeit. Diese konnte bis ins Jahr 2009 kontinuierlich wieder abgebaut werden. Der Standort in Spanien und die Motorenwerke in Italien, Ungarn und Deutschland wurden veräußert, wodurch ACC Austria als Entwicklungszentrale für das Kerngeschäft an Bedeutung gewann.⁷ Am 1. April 2010 begann die Serienproduktion des Delta-Kompressors.

Jährlich werden bis zu 6,8 Millionen Kompressoren von rund 900 Mitarbeitern in Fürstenfeld hergestellt. Ungefähr 95% der Produktion werden exportiert.⁸

1.1.2 Produkte

ACC vertreibt derzeit 7 Kompressorenmodelle, von denen 3 in unterschiedlichen Varianten bei ACC Austria hergestellt werden. Das ergibt ca. 25 Typen der Modellreihen Alpha, Kappa und Delta im Einsatzbereich von 60 bis 200W Kälteleistung (Tabelle 1).

Plattform	Beschreibung	Kühlleistungsbereich	Elektronik	Kühlmittel
Alpha, Q, Sigma	gute Effizienz, geringe Geräuschemissionen geringe Gaspulsation	58 - 230W		R600a , R134a
Tau	hohe Effizienz kompakte Bauform	98 - 249W		R600a , R134a
Kappa dual	hohe bis höchste Effizienz kompakte Bauform	95 - 250W	optionale Startvorrichtung	R600a , R134a
Kappa	hohe bis höchste Effizienz sehr kompakte Bauform geringe Geräuschemissionen und Vibrationen	93 - 202W	optionale Startvorrichtung	R600a
ESD	variable Geschwindigkeit	58 - 256W	Regelungselektronik	R600a , R134a
Delta	hohe bis höchste Effizienz revolutionär kompakte Bauform	50 - 120W	optionale Startvorrichtung	R600a
Lambda	hohe bis höchste Effizienz revolutionär kompakte Bauform	70 - 160W	Startvorrichtung	R600a , R134a

Tabelle 1: ACC - Produktportfolio⁹

⁷ Vgl. ACC (2010b), S.10,

⁸ Vgl. Sorger (2008), S.8.

⁹ Vgl. ACC (2010e), S.10.

Zu den Kunden gehören u.a. Unternehmungen wie Whirlpool, Liebherr, Samsung, General Electric. Bis 2010 sollen alle Kompressorenproduktionslinien von ACC weltweit auf die beiden bei ACC Austria entwickelten Kompressorenfamilien Kappa und Delta umgestellt werden. Bis zur Einführung von Delta war Kappa der Verdichter mit der höchsten Energieeffizienz aller auf dem Weltmarkt vertretenen Kompressoren. Das zweite Standbein von ACC Austria ist die Modellreihe Alpha. Sie wird aufgrund gestiegener Anforderungen an Kosten und Effizienz kontinuierlich durch Delta ersetzt werden.¹⁰

1.1.3 Die Forschungs- und Entwicklungsabteilung

Im Zuge des Projekts Kappa fiel 1998 die Entscheidung, die Produktion in Fürstenfeld zu installieren. Ausschlaggebend dafür war die Möglichkeit, die Produktionslinie in die bestehenden Hallen integrieren zu können. Es folgten große Investitionen in den Standort Fürstenfeld. Zum damaligen Zeitpunkt waren lediglich Prozesstechniker vor Ort tätig. In Eigenverantwortung wurde eine kleine Produktentwicklungsabteilung mit wenigen CAD-Maschinen und einem Labor eingerichtet. Schließlich kam es im Jahr 2000 zur offiziellen Gründung der Forschungs- und Entwicklungsabteilung (F&E) (Abbildung 2). Heute werden über 40 Angestellte in dieser Abteilung beschäftigt. Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem Bereich Product Engineering (PDE) erstellt.

¹⁰ Vgl. ACC (2010a), S.4.

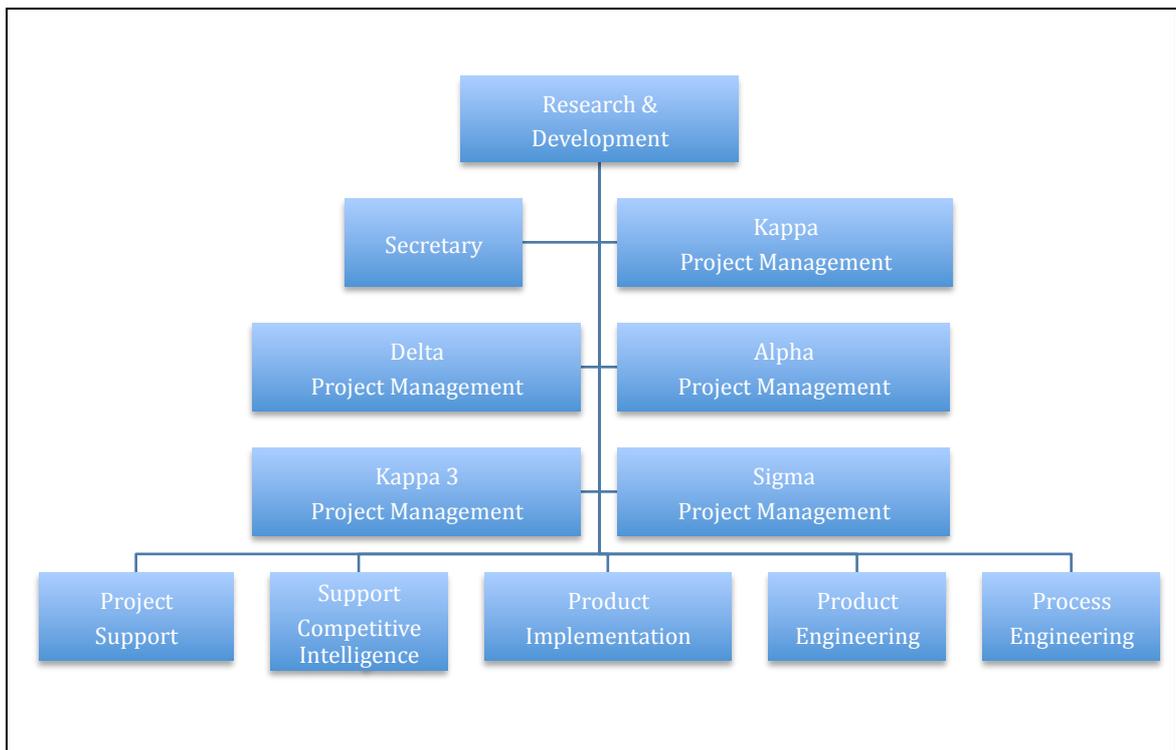


Abbildung 2: Organigramm der F&E-Abteilung (Research & Development), ACC Austria¹¹

1.2 Zielsetzung

Diese Arbeit schließt nahtlos an die Diplomarbeit von Dipl. Ing. Sorger¹² an, in der, aufbauend auf moderne TRIZ- Kreativitätswerkzeuge, Ziele für eine neue Kompressorgeneration definiert wurden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung einer systematischen Vorgehensweise in der Technologieentwicklung.

1.3 Aufgabenstellung

Wichtige Meilensteine am Weg zur Erreichung diese Ziels sind die Definition, Quantifizierung und Auswahl von Technologiefeldern, basierend auf den Zielwerten der vorhergehenden Arbeit. Anschließend soll ein Phasenplan der Technologieentwicklung erstellt werden.

¹¹ ACC (2010b), S.6.

¹² Vgl. Sorger (2008).

1.4 Vorgehensweise in dieser Arbeit

In diesem Abschnitt wird erklärt, wie der Ablauf der Diplomarbeit gegliedert ist und nach welchen Prinzipien dabei vorgegangen wird.

1.4.1 Systems Engineering

Ein fester Bestandteil der ACC-Unternehmenskultur ist Systems Engineering (SE). Dabei handelt es sich um ein Denkmodell und eine Vorgehensmethodik zur Lösung komplexer Probleme.¹³ Jeder neue Mitarbeiter erhält eine Unterweisung in die Grundlagen von SE, die sich in vielen betrieblichen Abläufen widerspiegeln. Abbildung 3 zeigt die SE-Komponenten.

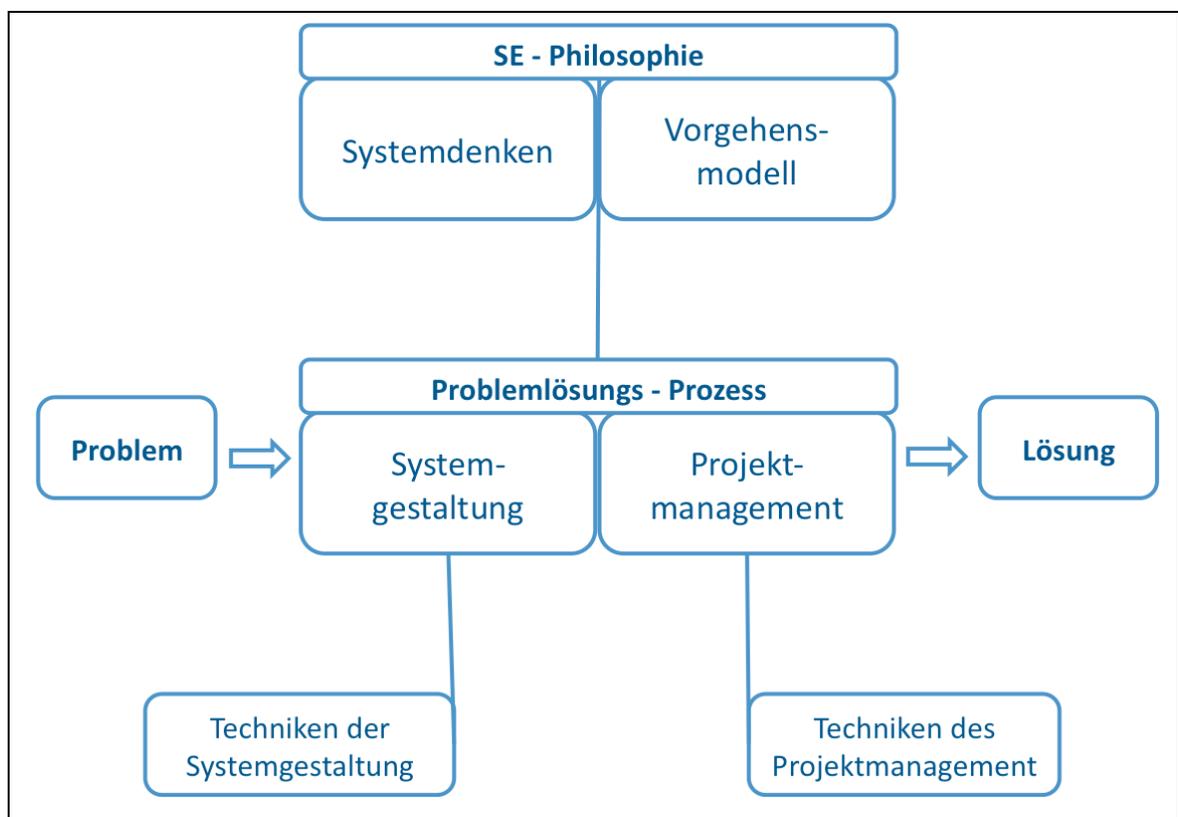


Abbildung 3: Komponenten des SE¹⁴

¹³ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.4.

¹⁴ Haberfellner et al. (2002), S.4.

1.4.2 SE-Vorgehensmodell

Das Vorgehensmodell aus SE stützt sich auf 4 Grundregeln:

- vom Groben zum Detail vorgehen
- in Varianten denken (nicht mit der erstbesten Lösung zufrieden geben)
- das System zeitlich nach Phasen gliedern
- formales Vorgehen nach dem Problemlösungszyklus

Diese vier Bausteine können in direkten Zusammenhang gesetzt werden und ergeben ein sinnvolles Ganzes.¹⁵

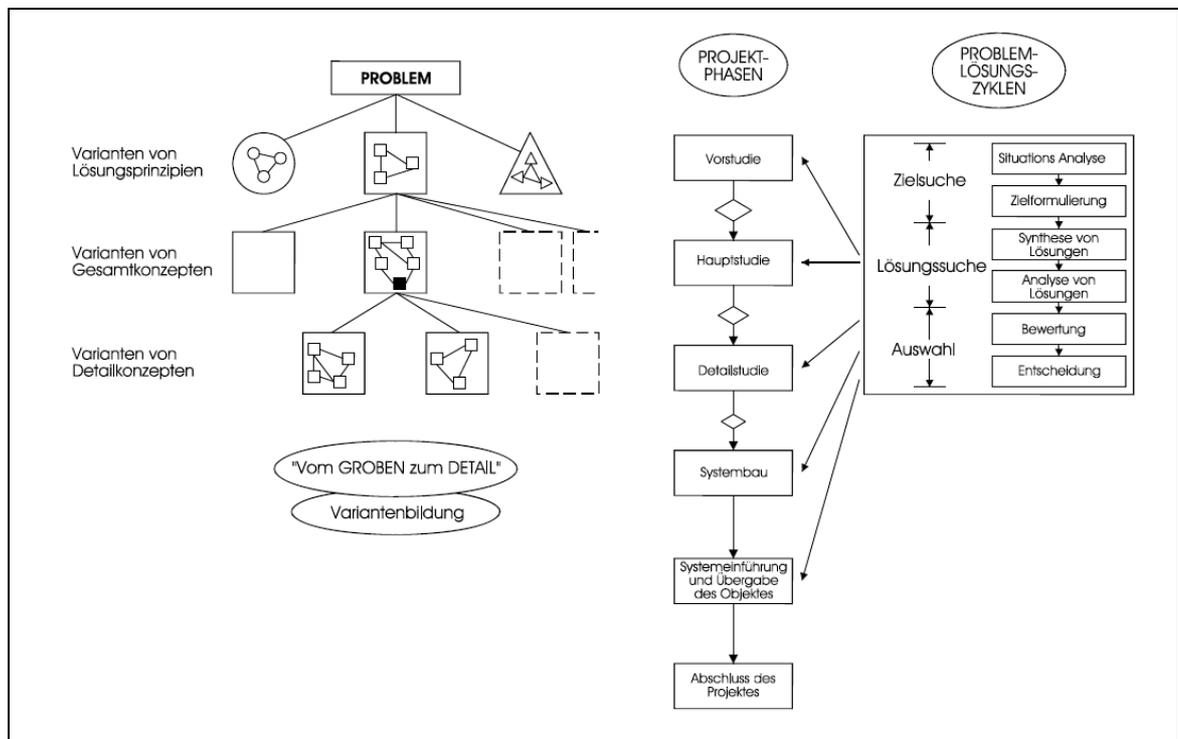


Abbildung 4: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE-Vorgehensmodells (tendenzielle Zuordnung)¹⁶

¹⁵ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.58.

¹⁶ Haberfellner et al. (2002), S.59.

1.4.3 SE in der Diplomarbeit

In Anlehnung an den DA-Zeitplan des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der TU Graz wurde zu Beginn der Arbeit ein Phasenplan erstellt, der die Checkpoints der einzelnen Abschnitte, den zeitlichen Rahmen und die Zwischenpräsentationen vorgab. Weiters wurde ein ACC internes Template (Abbildung 7) übernommen, das die Workpackages der einzelnen Phasen und deren Erledigungsstatus beinhaltet, die wöchentlich mit den Betreuern abgeglichen wurden.



Abbildung 5: DA Phasenplan

Checkpoint 1:

- Die Unternehmung ACC Austria
- Systems Engineering
- Diplomarbeit Sorger¹⁷, Masterarbeit Pucher¹⁸
- Ziele für die Gestaltungsphase

Checkpoint 2:

- Widersprüche bewertet
- Technologiefelder und Technologieentwicklungsprojekte genannt
- Phasenplan erstellt

¹⁷ Sorger (2008).

¹⁸ Pucher (2009).

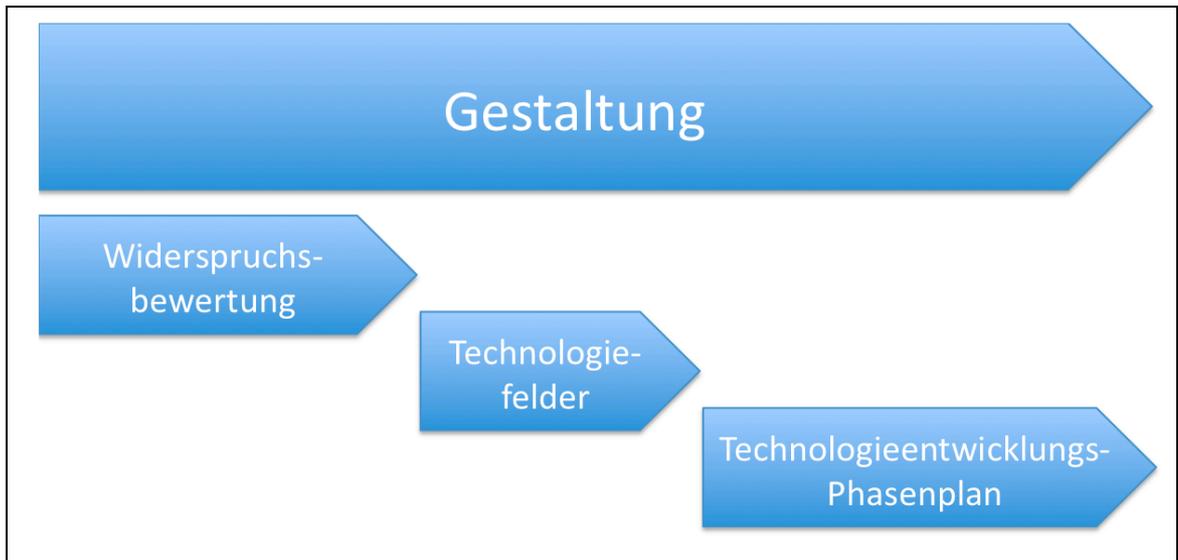


Abbildung 6: Gestaltungsphase

Endpräsentation:

- Diplomarbeit präsentiert, gebunden und abgegeben

Die ACC Work Package List (Abbildung 7) ist ein standardisiertes Formular, das in allen Abteilungen zur Anwendung kommt. Vereinbarte Workpackages werden darin schriftlich festgehalten und abgearbeitet. Neben den Projektphasen sind das Namenskürzel des Workpackage-Verantwortlichen, das Fälligkeitsdatum, ein vierstufiger Erledigungsstatus und gegebenenfalls Zusatzinformationen ersichtlich.

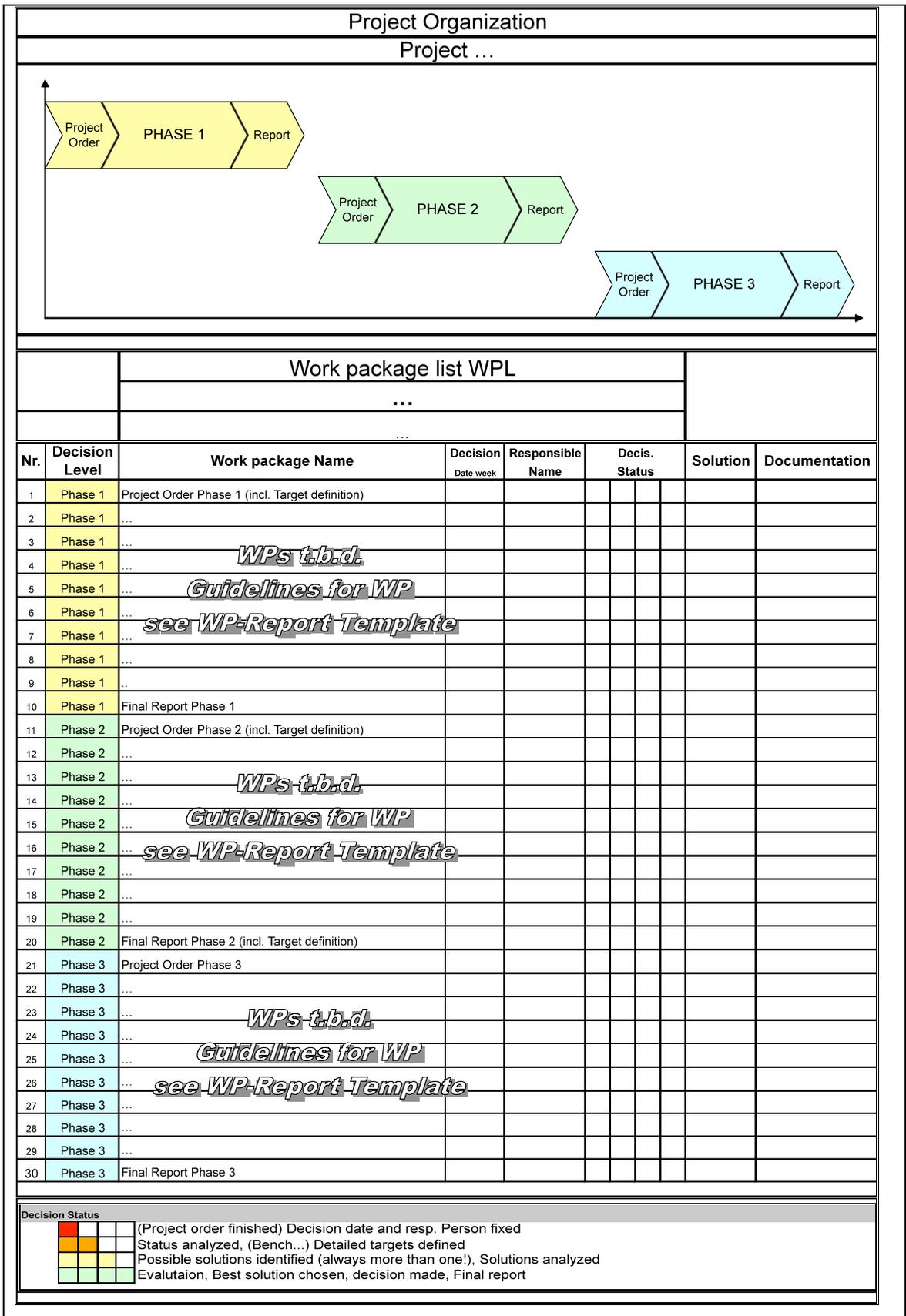


Abbildung 7: ACC Work Package List¹⁹

¹⁹ ACC (2010a), S.8.

2. Der Kältemittelkompressor

Der Kompressor wird hermetisch geschlossen ausgeliefert. Ungefähr ein Zehntel des Innenraums ist zur Schmierung mit Öl gefüllt. Nach dem Einbau in ein Kühlgerät strömt ein Kühlmedium mit mehreren bar Druck durch das Gerät. Um die Funktion über lange Zeit zu gewährleisten und strenge Sicherheits/Umweltauflagen zu erfüllen, müssen Kreislauf und Kompressor gasdicht sein. Es können zwei FCKW-freie Kältemittel zum Einsatz kommen. Das ozonfreundlichere Mittel R134a und das natürliche Mittel R600a, das sich wegen seiner Brennbarkeit noch nicht auf allen Märkten durchsetzen konnte.²⁰

2.1 Der Kälteprozess

Dem gesamten Kühlkreislauf liegt das physikalische Prinzip zugrunde, dass Energie stets vom höheren zum niedrigeren Niveau transportiert wird. Dies passiert in einem sogenannten Linksprozess. Im Rechtsprozess, der im Uhrzeigersinn verläuft, wird ein Teil der bei hohen Temperaturen zugeführten Wärme in Arbeit umgewandelt. Im Linksprozess (Abbildung 9) hingegen wird auf niedrigem Energieniveau Wärme zugeführt und gegen den Uhrzeigersinn auf höherem Niveau wieder abgeführt.

In Abbildung 8 ist der Kompressor, eingebaut in den Kühlkreislauf eines Kältegeräts, dargestellt. Dort ist er für die Druckerhöhung des Kältemittels verantwortlich. Die Kompression erhöht die Wechselwirkungen zwischen den Molekülen des Mediums, was wiederum zu einer Erwärmung führt. Im Kondensator wird das Kühlmedium in einem mäandernden Metallrohr an der Umgebungsluft abgekühlt. Beim Eintritt in den Wärmetauscher der Kühlfläche im Kühlgerät expandiert das Medium über ein Kapillarrohr. Dabei fällt die Temperatur rapide ab. Nun kann wieder Wärme von Nahrungsmitteln und dergleichen auf das Kühlmittel übergehen. Schließlich fängt der Kreislauf von neuem an.

²⁰ Vgl. ACC (2010b), S.28.

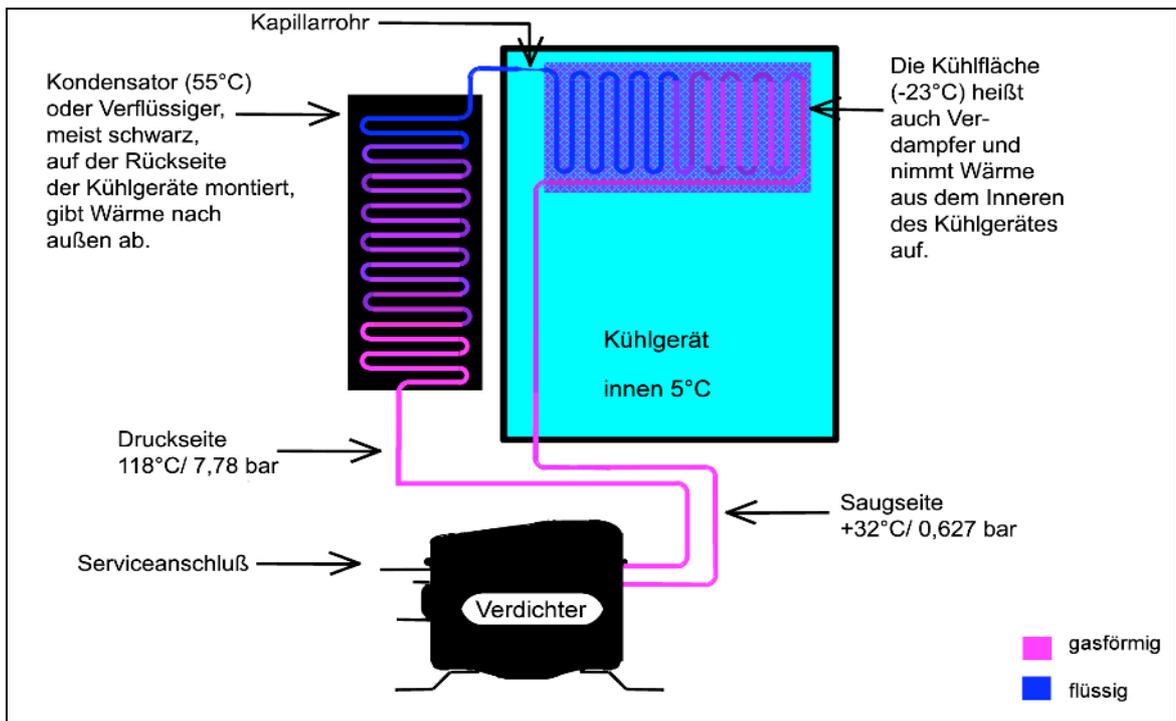


Abbildung 8: Funktion des Kompressors im Kühlgerät²¹

Nachfolgend ist das Ts-Diagramm für den genormten Kreislauf der American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) dargestellt. Die Temperaturniveaus sind für diesen Vergleichsprozess mit minus 23,3°C (Verdampfung) bzw. plus 55°C (Kondensation) vorgegeben. Daraus ergeben sich die spezifischen Drücke für das jeweilige Kältemittel.

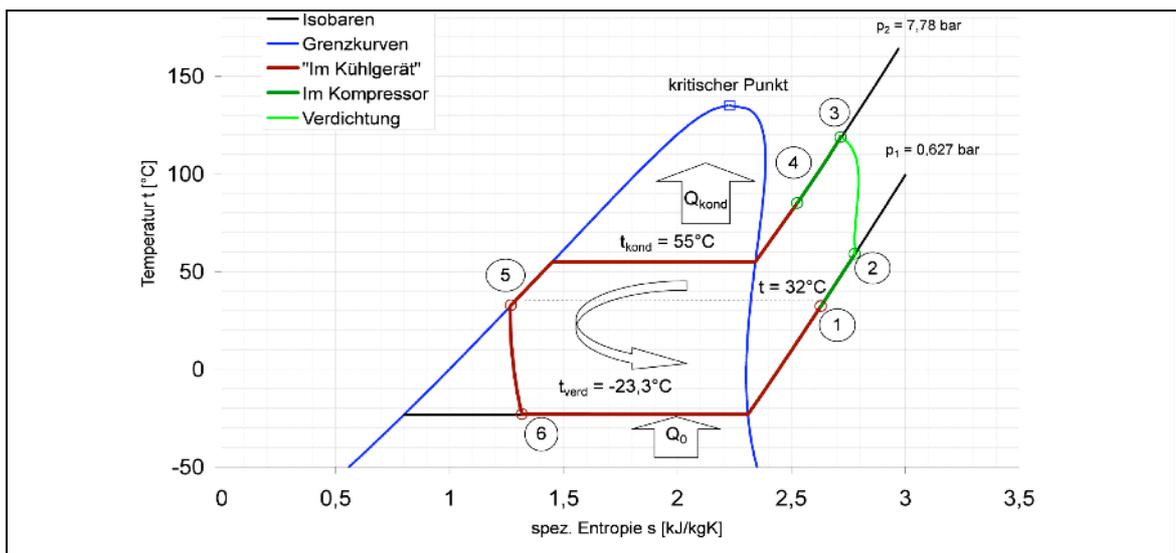


Abbildung 9: Ts - Diagramm für Betriebsbedingungen nach ASHRAE (R600a)²²

²¹ Zippel (2002), S.6.

²² Zippel (2002), S.9.

Das gasförmige Kältemittel wird vom Verdichter angesaugt und tritt bei **Punkt 1** in den Zylinder ein. **Punkt 2** markiert den Kompressionsstart. Das Kältemittel R600a wird dabei von 0,627 auf 7,78bar (**Punkt 3**) verdichtet. Bei **Punkt 4** gelangt das Gas in den Kondensator des Kühlgeräts, wo Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Von **Punkt 5-6** wird das Kältemittel durch eine Düse in den sogenannten Verdampfer eingespritzt. Durch den Druckabfall verlagert sich auch die Siedetemperatur des Mediums von 55° auf -23,3°C. Da die Umgebungstemperatur des Verdampfers (das Innere des Kühlschranks) deutlich höher ist, nimmt das Kältemittel Wärmeenergie auf und verdampft dabei. Die Regelung dieses Kreislaufs übernimmt in den meisten Fällen ein Thermostat, der den Verdichter ein- und ausschaltet.²³

²³ Vgl. Zippl (2002), S.6ff.

2.2 Aufbau des Kompressors

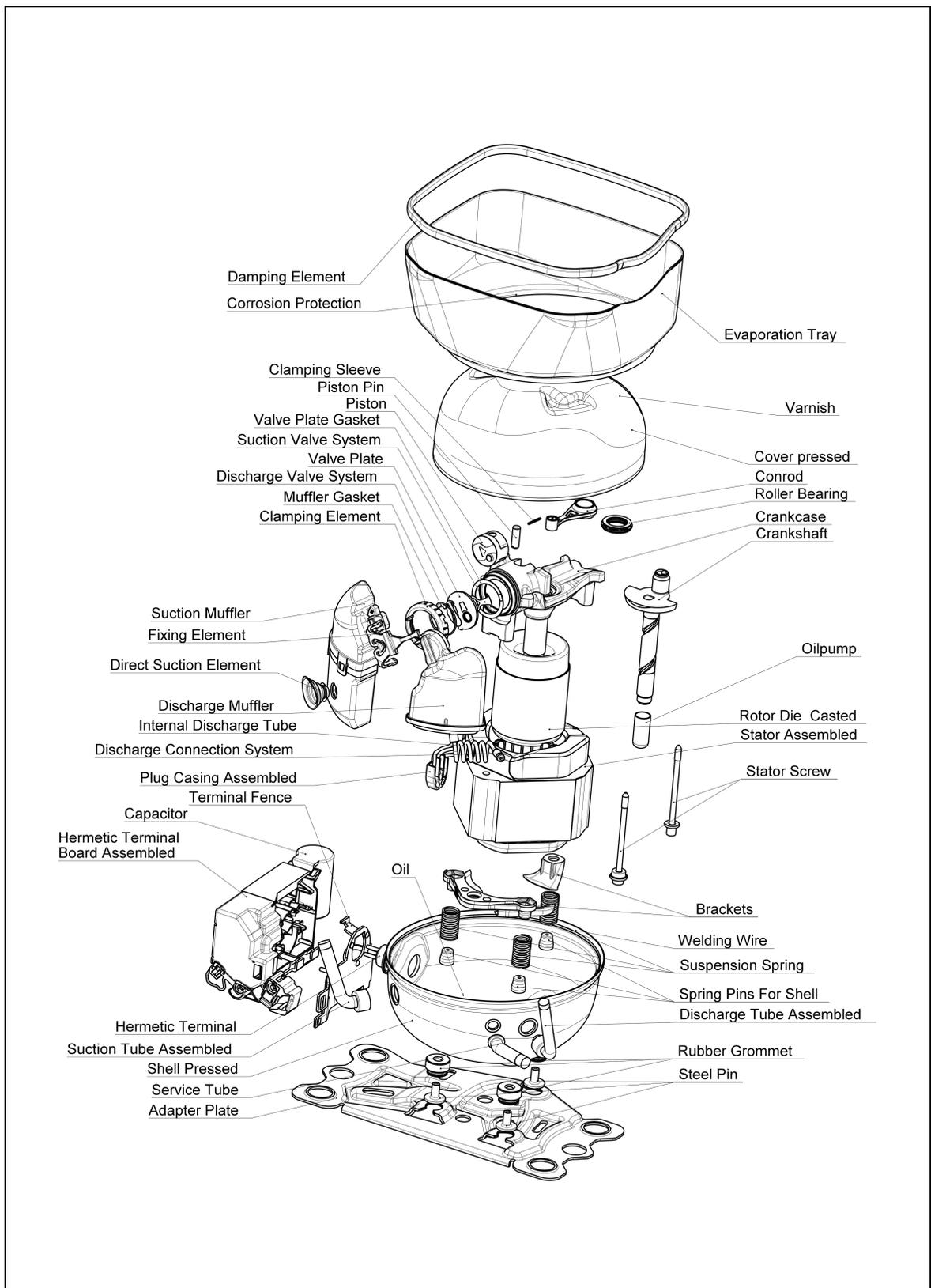


Abbildung 10: delta explosion drawing²⁴

²⁴ ACC (2010c).

Abbildung 10 zeigt alle Bauteile des Delta-Kompressors. Im folgenden Abschnitt wird die Funktionsweise des Kompressors erläutert. Wichtige Elemente aus der Zeichnung sind fett in Klammer geschrieben.

Als Antrieb kommt im Kompressor ein Einphasen-Asynchronmotor mit Hilfsfeld zur Anwendung. Ausgleichsgewichte am Rotor sorgen für einen schwingungsfreien Lauf. Die Bewegungsenergie wird über die Kurbelwelle (**crankshaft**), die von einem Gleitlager (Flanschlager) gehalten wird, an das Pleuel (**conrod**) weitergeleitet. Durch das Pleuel und den Kolbenbolzen wird die Drehbewegung der Kurbelwelle in eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens (**piston**) umgewandelt. In der Kurbelwelle befindet sich eine schräge Bohrung, durch die das Öl mit Hilfe der Fliehkraft nach oben gefördert wird. Das Öl gewährleistet an der Lagerstelle zwischen Kurbelwelle und Flanschlager eine ausreichende Schmierung. In weiterer Folge gelangt das Öl zur Lagerstelle zwischen Kurbelwelle und Pleuel und durch eine Nut im Pleuel zur Lagerung Pleuel/Kolbenbolzen (**piston pin**). Ein großer Teil des hochgeförderten Öls wird frei über das Triebwerk gespritzt und schmiert somit auch den Kolben im Zylindergehäuse. Der Kolben erzeugt bei der Bewegung im Arbeitsraum einen Unterdruck im Vergleich zum Druck im Innenraum des Verdichters. Dieser Unterdruck bewirkt, dass die Blattfederzunge (**suction valve system**), die auf der Ventilplatte aufliegt, aufgedrückt wird und das Gas aus dem Innenraum des Verdichters über den Saugschalldämpfer (**suction muffler**) in die Zylinderbohrung einströmt. Diese Kammer dient der Geräuschsenkung. Nach der Bewegungsumkehr des Kolbens entsteht ein Überdruck in der Zylinderbohrung. Dadurch wird die Blattfeder zum Verdichterinnenraum dicht an die Ventilplatte gedrückt. Der Überdruck steigt jetzt solange an, bis er größer ist, als der Druck an der Druckseite des Verdichters. Ist dieser erreicht, öffnet die Blattfeder (**discharge valve system**) von der Zylinderbohrung zur Druckseite (Druckrohr) des Verdichters und das Gas strömt von der Zylinderbohrung durch die Druckschallkammer (**discharge muffler**) und die Serpentine aus dem Verdichter in den Kühlkreislauf. Zur weiteren Schall- und Vibrationsdämpfung dienen die Druckfedern, auf denen das Triebwerk des Verdichters im Gehäuse steht.²⁵

²⁵ Vgl. ACC (2010b), S.31f

2.3 Coefficient of Performance

In mehreren Abschnitten dieser Arbeit spielt der Coefficient of Performance (COP), auch Leistungszahl eines Kälteprozesses genannt, eine wichtige Rolle. Zur Beurteilung von Prozessen werden oft sogenannte Wirkungsgrade herangezogen. Allgemein wird der dimensionslose Wirkungsgrad als Verhältnis aus Nutzen zu Aufwand dargestellt. Aus der Energieerhaltung geht hervor, dass dieses Verhältnis immer <1 sein muss.

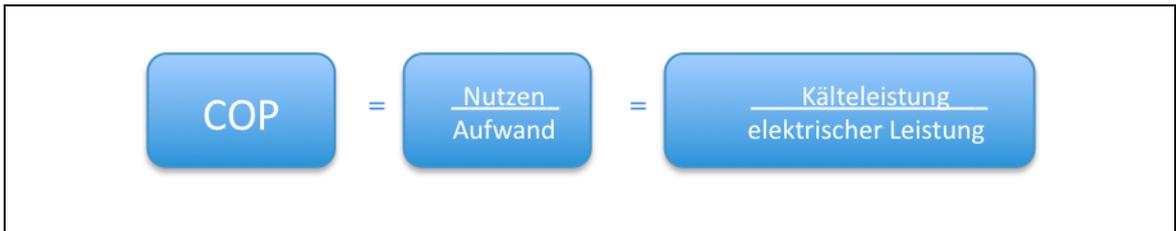


Abbildung 11: Allgemeine Definition des COP

In der Kältetechnik hingegen wird die Kälteleistung als Nutzen und die elektrische Eingangsleistung als Aufwand gesehen. Die Kälteleistung ist dabei die Wärmemenge, die der Kompressor einer definierten Umgebung in einer definierten Zeit entziehen kann²⁶. Daraus ergibt sich in der Regel ein Wirkungsgrad >1 . Deshalb spricht man bei Kälteanlagen und Wärmepumpen von der Leistungszahl. Zur Messung des COP gibt es genormte Bedingungen. Die zwei wichtigsten Institutionen, die diese Bedingungen festlegen, sind die ASHRAE und das European Committee of Air Handling and Refrigerating Equipment Manufacturers (CECOMAF).

²⁶ Vgl. Sorger (2008), S.17.

2.4 KK2018

In der Endphase des Projekts Delta entstanden bereits erste Ideen für das nächste Produktentwicklungsprojekt von ACC Austria, die Vision Kühlkompressor 2018 (KK2018). Erste Grobziele²⁷ waren:

- Ultrakompakte Bauform
- Minimaler Energieverbrauch
- Hohe Kühlkapazität
- Fortschrittliche Vernetzung mit dem Kühlgerät
- Kostenoptimierung
- Ein Kompressor für alle Anwendungen
- Plug and Play
- Eine überarbeitete Vorgehensweise in der Entwicklung

Zur Konkretisierung dieser Ziele für KK2018 wurde im dritten Quartal 2008 eine Diplomarbeit²⁸ bei ACC Austria gestartet. Aus internen Schätzungen, Kundenbefragung und Trendanalysen wurden Zielwerte definiert. Sie gelten für einen Referenzkompressor mit 100W Kälteleistung. Als Kühlmittel kommt R600a zur Anwendung. Es gelten ASHRAE-Bedingungen.

Anschließend wurden unter Miteinbeziehung der russischen Kreativitätsmethode TRIZ Entwicklungsbarrieren in Form sogenannter Widersprüche definiert. Die vorliegende Arbeit setzt an dieser Stelle an und übernimmt die Zielwerte und Widersprüche.

²⁷ Vgl. ACC (2010f), S.4.

²⁸ Sorger (2008).

3. TRIZ

Die Abkürzung TRIZ steht für „Teorija Rezhenija Jzobretatel'skich Zadach“, frei aus dem Russischen übersetzt etwa: „Theorie des erfinderischen Problemlösens“. Dabei handelt es sich um ein System aus Erkenntnissen, Methoden und Werkzeugen, die sich mit dem kreativen Ideenfindungsprozess beschäftigen.

3.1 Invention und Innovation

Die Auseinandersetzung mit TRIZ setzt Kenntnisse des Innovationsmanagements voraus. Vor allem die begriffliche Abgrenzung von Invention und Innovation soll an dieser Stelle hervorgehoben werden. „Unter Invention wird die Erfindung an sich verstanden“. Sie liegt vor, wenn die Technik sprunghaft durch sie bereichert wird.²⁹ Innovationen sind ökonomische Anwendung von Inventionen.³⁰

3.2 Herkunft

Der Begründer von TRIZ war Genrich Saulowich Altschuller zu Zeiten der ehemaligen Sowjetunion. Schon im Alter von 14 Jahren meldete er seine erste Erfindung an und beschäftigte sich intensiv mit kreativen Prozessen. Mit der Arbeit an TRIZ begann er, als er 1946 bei der russischen Marine als Patentoffizier angestellt wurde. Beim Dokumentieren und Mitverfassen von Patentschriften entwickelte er den Gedanken, dass hinter den unzähligen Dokumenten eine gewisse Systematik liegen müsse. Mit der Vision, Problemlösungsprozesse zu strukturieren und somit die Ideenfindungszeit zu verkürzen, fing er an, Patente systematisch zu studieren und zu katalogisieren. Für ihn ergaben sich 4 grundlegende Erkenntnisse:

- Ziel jeder Entwicklung ist ein *ideales Design*.
- Ein Problem ist überwindbar, wenn der bestehende *Widerspruch* formuliert werden kann.
- Nur *Inventionen* stellen Fortschritt dar.

²⁹ Vgl. Wohinz/Embst/Oberschmid (2008), S.4.

³⁰ Vgl. Schumpeter (1987), S.100f.

- Ein *Innovationsprozess* lässt sich schrittweise *gliedern*.³¹

In dieser Zeit entstanden die Kernelemente der späteren TRIZ-Methodik. Als freier Denker fiel Altschuller jedoch bei Stalin in Ungnade und wurde interniert. In Gefangenschaft entwickelte er TRIZ mit anderen Intellektuellen weiter. Ab dem Zeitpunkt seiner Freilassung erschienen erste Publikationen zum Thema TRIZ.³² Nach dem Fall des eisernen Vorhangs emigrierten viele führende TRIZ-Spezialisten in die USA, um dort zu lehren, oder Unternehmungen zu gründen.³³

3.2.1 Patente

Bei der Analyse von über 200.000 Patenten führte Altschuller ein Ordnungsschema ein, nachdem er Erfindungen auf fünf Innovationsniveaus aufteilte. Diese Niveaus decken einen Bereich von einfachen technischen Weiterentwicklungen bis zu Neuentdeckungen naturwissenschaftlicher Phänomene ab. Dies brachte 3 wichtige Einsichten Altschullers mit sich:

- Gleichartige Problemstellungen und Lösungen wiederholen sich in allen naturwissenschaftlichen Disziplinen.
- Die Evolution technischer Systeme verläuft immer nach ähnlichen Mustern.
- Wirkliche Innovationen bedienen sich wissenschaftlicher Erkenntnisse außerhalb der traditionellen Lösungsansätze.

Er zog den wichtigen Schluss, dass 95% aller Probleme in einem anderen Zusammenhang schon gelöst wurden. Daraus ließe sich ein enormes Erfahrungskonzentrat zur Lösung zukünftiger Probleme ableiten.

³¹ Vgl. Klein (2007), S.1.

³² Vgl. <http://www.triz-online.de/index.php?id=5603>, Zugriffsdatum 12.02.2010.

³³ Vgl. Klein (2007), S.6.

3.2.2 Strategie

Aus den oben genannten Ansätzen entstand schließlich das Fundament der TRIZ-Strategie (Abbildung 12):

- Schematisches Formulieren der Problemstellung
- Wechsel auf eine abstrakte Ebene
- Suche nach Lösung des abstrakten Problems in einer Wissensmatrix
- Rücktransformation auf eine konkrete Ebene zu ausführbaren Lösungen³⁴

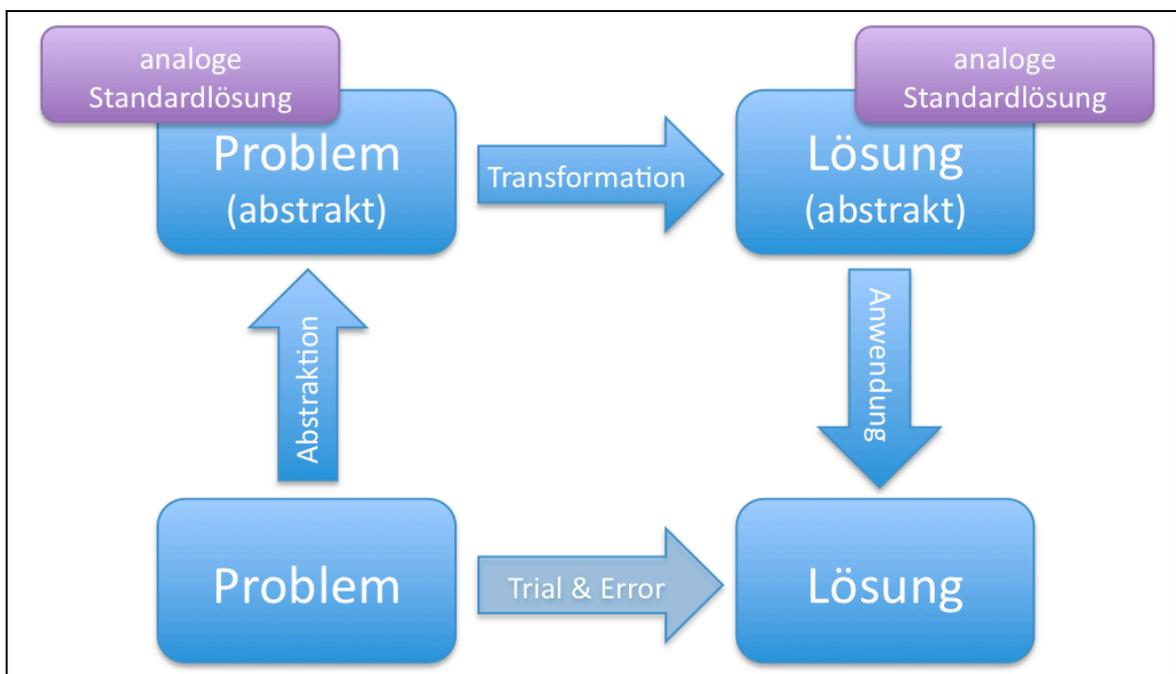


Abbildung 12: TRIZ-Strategie³⁵

3.2.3 Widerspruch

Im unternehmerischen Alltag werden Entwicklungsaufgaben unterschiedlich bearbeitet. Am häufigsten gilt es, ein bestehendes System zu perfektionieren. Dabei entsteht nichts Neues. Nicht selten kommt es außerdem zu Kompromisslösungen, bei der ein Element auf Kosten eines anderen verbessert wird. Dies geht auf eine Logik zurück, die Ingenieure schon seit der Antike anwenden.

³⁴ Vgl. Klein (2007), S.7ff.

³⁵ Vgl. Klein (2007), S10.

Aber bereits der Philosoph Hegel war der Meinung, dass Weiterentwicklungen nur möglich sind, wenn Konflikte gelöst werden. Neben der These und der Antithese muss es auch eine Synthese geben. Man spricht hier von Konflikt- oder Widerspruchsorientierung, eine Form der Logik, die in unseren Breiten nicht sehr gebräuchlich ist.³⁶

TRIZ strebt genau diese Synthese an. Lösungen sollen auf Erfindungsniveau liegen. „Eine Aufgabe hat dann die Qualität einer Erfindungsaufgabe, wenn die notwendige Voraussetzung zu ihrer Lösung in der schöpferischen Überwindung eines bestehenden Widerspruchs besteht.“ Ein Widerspruch besteht demnach aus sich gegenseitig ausschließenden Zuständen, die auf eine einzelne Funktion, Komponente oder die Funktion eines Gesamtsystems gerichtet sind.³⁷

Unterschieden werden der technische und der physikalische Widerspruch. Ersterer ist gekennzeichnet von gleichzeitiger Verbesserung eines und Verschlechterung eines anderen Systemparameters. Der physikalische Widerspruch fordert eine bestimmte Eigenschaft gleichzeitig mit ihrer gegenseitigen Eigenschaft.³⁸

3.3 TRIZ bei ACC

Neue Wege zu beschreiten, wozu auch die Implementierung der TRIZ-Logik in eine Unternehmung gehört, fällt Entscheidungsträgern oft schwer. Schließlich müssen bestehende Strukturen, die gut funktionieren, überdacht und verändert werden. Mit Veränderungen gehen Hemmnisse und Widerstände einher, die bei Nichtbeachtung ein augenscheinlich erfolversprechendes Projekt schnell zum Scheitern verurteilen³⁹. Dem gegenüber steht der Anreiz, als erster mit Hilfe von TRIZ einen entscheidenden Entwicklungsvorsprung zu erzielen.

ACC Austria arbeitet schon seit mehreren Jahren mit dem TRIZ Kompetenzzentrum Österreich zusammen. Früh hat man das Potential von TRIZ in der F&E-Abteilung erkannt und Schritt für Schritt im Arbeitsalltag

³⁶ Vgl. Herb/Herb/Kohnhauser (2000), S.32f.

³⁷ Vgl. Klein (2007), S.37f.

³⁸ Vgl. Klein (2007), S.38.

³⁹ Vgl. Wohinz/Moor (1989), S.199f.

verankert. Deshalb wurde ein firmeninternes Dokument für alle Mitarbeiter aufgesetzt, das den Einstieg in die TRIZ-Welt erleichtern soll, die TRIZ-docs.

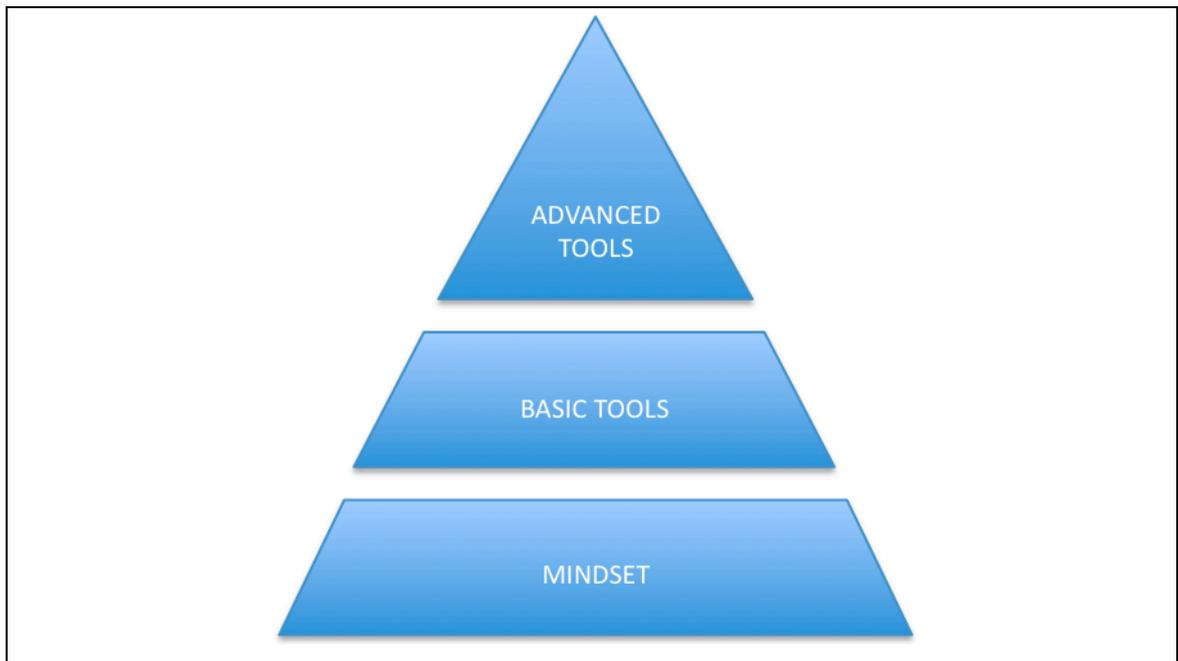


Abbildung 13: Die 3 Ebenen der ACC TRIZ-docs

3.3.1 Mindset

Ebene 1 beschäftigt sich mit der Konfliktorientierung und der Vermeidung von Innovationshürden, die eine TRIZ-Geisteshaltung behindern.

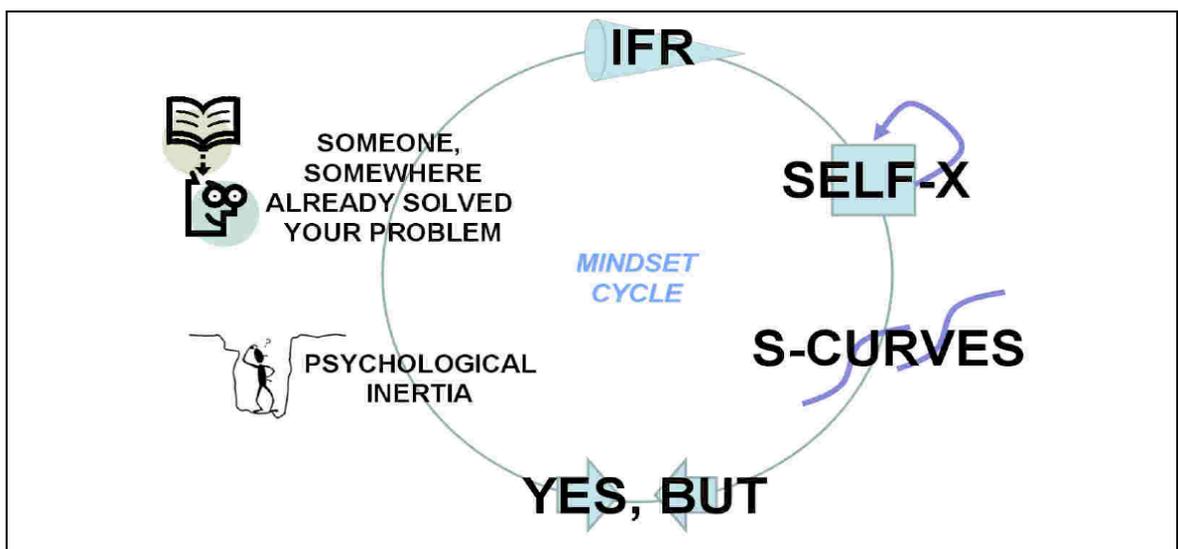


Abbildung 14: TRIZ Mindset ACC⁴⁰

⁴⁰ ACC (2010d), S.6.

- IFR

IFR oder „ideal final result“ greift Altschullers Grundsatz auf, dass jede Erfindung ein ideales Design zum Ziel haben soll. Die Beschäftigung mit dem IFR soll dabei helfen, die Auseinandersetzung mit einem Produkt und dessen Zweck zu intensivieren. Beim Erarbeiten von Detaillösungen sollte das Gesamtziel eines Projekts nie außer Acht gelassen werden.

- SELF-X

Die self-x-Idee beruht auf der Beobachtung, dass Lösungen oft unnötig kompliziert ausgeführt werden, wenn die Sichtweise auf eine Aufgabe zu eng ist. Durch Miteinbeziehung des Gesamtsystems lassen sich Probleme oft einfacher und eleganter lösen.

- S-CURVES

Die relativ gebräuchliche S-Kurvendarstellung zeigt, in welcher Reifephase sich eine Technologie befindet und wie mit ihr umzugehen ist.

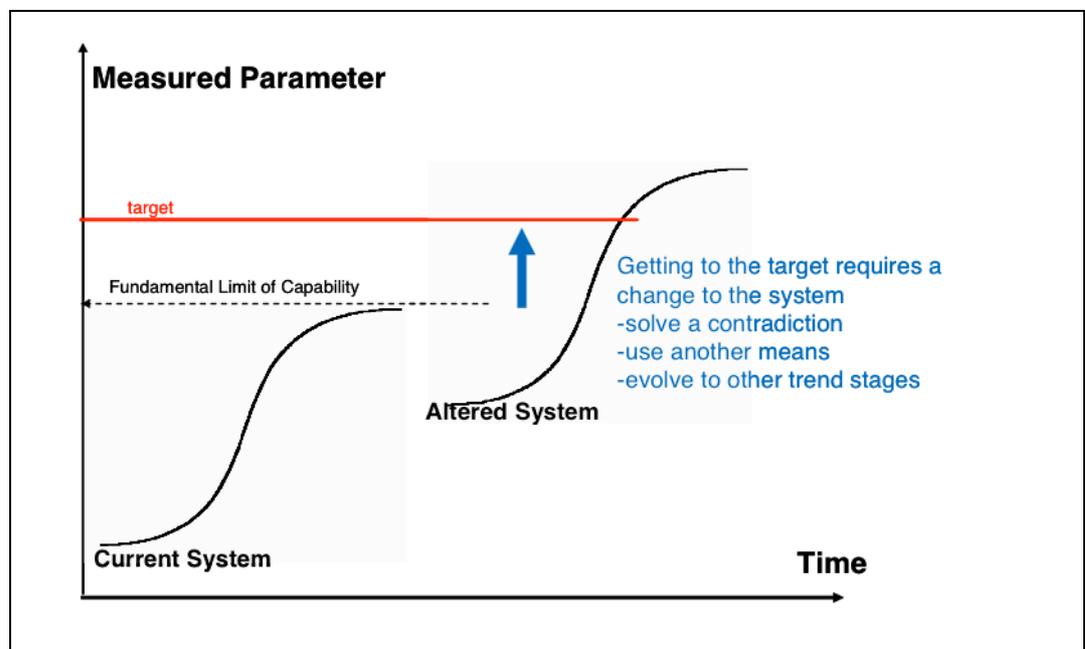


Abbildung 15: S-Kurven⁴¹

⁴¹ ACC (2010d), S.6.

Zu Beginn gilt es, die Funktion eines Systems sicherzustellen. Es folgen Verbesserungsphasen, das Ausreifen und schließlich die Phase der Kostenoptimierung, um mit neu auftauchenden Technologien vorübergehend konkurrieren zu können. Werden die in einer Unternehmung eingesetzten Technologien regelmäßig auf ihre Reife kontrolliert, verringert sich das Risiko, neue Technologietrends zu verschlafen.

- YES, BUT

Sobald ein Problem durch Widersprüche beschrieben werden kann, wird dieser Ausdruck auftauchen. „Ja, aber“ ist somit eine Art Indikator zum Sammeln dieser Widersprüche, die für TRIZ-Anwender erwünscht und nicht gefürchtet sind.

- PSYCHOLOGICAL INERTIA

Von psychologischer Trägheit ist vor allem das Spezialistentum einer Unternehmung betroffen. Die langjährige Beschäftigung mit einem Spezialgebiet kann zu einer gewissen Betriebsblindheit gegenüber dem Gesamtsystem führen. Zur Lösung komplexer Probleme ist es notwendig, auch über den eigenen Tellerrand zu sehen. Deshalb ist eine offene Gesprächskultur und abteilungsübergreifende Zusammenarbeit wünschenswert.

- SOMEONE SOMEWHERE ALREADY SOLVED YOUR PROBLEM

Der erwünschte Blick über den Tellerrand bedeutet auch, sich im Sinne Altschillers von konkreten Problemen zu lösen und zu hinterfragen, ob sich andere Unternehmungen oder Branchen schon mit demselben Problem beschäftigt haben. Patentrecherche, gut ausgebaute Netzwerke zu Kunden und Lieferanten sowie externe Berater sollten in Betracht gezogen werden.

3.3.2 Basic Tools

Wichtige Basic Tools werden in Kapitel 2 der TRIZ-docs vorgestellt. Sie sollen den Weg in das tägliche Arbeiten finden.

- TRIZ Trends

Nach Altschuller schreitet die Technik auf vorgezeichneten Entwicklungspfaden fort. Er hat 8 elementare Evolutionstrends, die sich auf viele Probleme anwenden lassen, formuliert.

- Geometrische Entwicklung zu höheren Dimensionen
- Entwicklung von einfachen zu multivariablen Systemen
- Erhöhung der Flexibilität
- Nutzen von Schwingungen
- Segmentierung
- Einführung von Zusätzen
- Verkleinerung
- Automatisierung⁴²

- Innovationscheckliste

Einer der größten Vorteile in der Anwendung von TRIZ besteht weniger in der Beherrschung bestimmter Methoden, als der veränderten Herangehensweise an Problemstellungen. Die Innovationscheckliste soll dabei helfen, Probleme besser zu präzisieren, das Problemumfeld zu analysieren und Ziele sinnvoller zu definieren.

⁴² Vgl. Klein (2007), S.19ff.

3.3.3 *Advanced Tools*

Kapitel 3 umfasst Methoden, die Expertenwissen erfordern. Diese Methoden sind aufwändiger und werden vor allem in moderierten Workshops mit mehreren Teilnehmern angewendet.

- Funktionsanalyse

Die Funktionsanalyse ist eine effektive Methode, um komplexe Zusammenhänge in Systemen darzustellen. Es kommen dabei sowohl graphische Modelle, als auch Beziehungsmatrizen zur Anwendung. Ziel ist meist die Vereinfachung von Systemen. Typische Fragen lauten etwa: „Kann auch ein anderes Objekt diese Funktion übernehmen?“, „Können wir dieses Objekt eliminieren?“.

- Stofffeldanalyse

Die Stofffeldanalyse behandelt nicht Konflikte oder Widersprüche, sondern Verbesserungen bestehender Systeme. Betrachtungsbereich ist die kleinste arbeitsfähige Einheit technischer Systeme. Sie besteht aus drei Elementen. Zwei aufeinander einwirkende Objekte (Stoffe) und ein Feld, das die Wirkung darstellt. Zusammen bilden sie die Stoff-Feld-Triade. Laut Altschuller und seinen Schülern gibt es (bisher) 76 Standardlösungen, um diese Triaden zu verbessern. Die Modellierung der Triaden erfordert ein hohes Maß an Abstraktion, eine Herausforderung für ungeübte TRIZ-User.⁴³

- Widerspruchsmatrix

Ein sehr beliebtes, weil klar vorgegebenes TRIZ-Tool ist die Widerspruchsmatrix. Nach Altschuller gibt es 39 regelmäßig wiederkehrende technische Widerspruchsmerkmale. Die daraus entstehenden Widerspruchsmuster lassen sich durch 40 innovative Grundprinzipien auflösen. Alle möglichen Varianten mit ihren jeweiligen Lösungsansätzen können aus der Widerspruchsmatrix herausgelesen werden.

⁴³ Vgl. Herb/Herb/Kohnhauser (2000), S.151f.

3.4 TRIZ in dieser Arbeit

Von großer Bedeutung ist die Rolle der Widersprüche als Ausgangspunkt dieser Diplomarbeit.

Neben dem allgegenwärtigen TRIZ-Mindset wurden zur Bewertung der Widersprüche eine Function Analysis und als neue Methode das Perception Mapping angewendet. Beide Methoden werden an späterer Stelle noch genauer vorgestellt. (siehe Kap.5.2)

Um von Anfang an eine gemeinsame Orientierung im Umgang mit den Widersprüchen (WS) zu haben, wurde folgende Nummerierung eingeführt:

Widersprüche Gesamtsystem	WS
diversifikation vs. standardization	1
integrated electronics vs. compressor "slave"	2
Widersprüche der Saugstrecke	
low noise vs. small size	3
low pressure loss vs. small size	4
low temperature vs. big size	5
Widersprüche der Kopfgruppe	
low suction- discharge work vs. high cost	6
self-adjusting valves vs. high cost	7
selective heat conductivity vs. current material	8
self-adjusting dead volume vs. current material	9
Widersprüche der Druckstrecke	
low pulsation vs. small size	10
lower starting torque vs. small size	11
low temperature vs. big size	12
Widersprüche der Steuerung	
many interfaces vs. low complexity	13
speed control vs. low complexity	14
easy approbation vs. high complexity	15
Widersprüche des Antriebs	
speed control vs. low cost	16
high efficiency vs. low cost	17
high efficiency vs. small size	18
Widersprüche von Hubkolben & Pleuelwelle	
insulate temperature vs. conduct temperature	19
adjustable for RPM vs. high cost	20
adjustable for RPM vs. high reliability	21
low friction vs. high cost	22
low friction vs. big tolerances	23
Widersprüche des Gehäuses	
no heat exchange between suction and discharge line vs. low noise	24
high heat exchange vs. low noise	25
small size vs. low noise	26

Tabelle 2: Nummerierung der KK2018 Widersprüche

Eine Kurzbeschreibung der Widersprüche befindet sich im Anhang.

4. Begriffsabgrenzungen

Einige Ausdrücke prägen die folgenden Kapitel. Sie wurden entweder erst durch die vorliegende Arbeit formuliert oder in der Vergangenheit bei ACC unzureichend definiert.

4.1 Technologieentwicklung

In der Analysephase der Diplomarbeit tauchte mehrmals der Begriff Technologieentwicklung (TE) auf. Schnell kristallisierte sich heraus, dass die Bedeutung dieses Ausdrucks vielfältig ist und zu Missverständnissen führen kann. Pucher legte in seiner Masterarbeit eine standardisierte Vorgehensweise für Technologieentwicklungsprojekte vor, die laut der F&E-Leitung eingeführt werden soll⁴⁴. Es besteht also Klärungsbedarf, um TE innerhalb ACC für zukünftige Projekte eindeutig zu definieren und etwaigen Irrtümern vorzubeugen.

4.1.1 Technologieentwicklung in der Literatur

In der Literatur findet man allgemein wenige Erwähnungen von TE. Vahs und Burmester erklären, dass Technologiemanagement ohnehin wesentlich weniger gut bestimmt ist, als F&E-Management. Technologiemanagement umfasst dabei die Generierung und Bewahrung neuer Technologien, angewandte Forschung und Vorentwicklung, um die technologische Wettbewerbsfähigkeit einer Unternehmung zu sichern. Im Gegensatz zum Innovationsmanagement fehlt jedoch die Ausrichtung auf konkrete Innovationsprozesse⁴⁵.

Strebel spricht lediglich vom Technologieentwicklungsaufwand beim Ausreifen von Technologien⁴⁶. Er führt die Innovationsrate als Messgröße für TE an, versteht darunter also eine Verbesserung bestehender Technologien⁴⁷.

⁴⁴ Vgl. Pucher (2009), S.85ff.

⁴⁵ Vgl. Vahs/Burmester (2005), S.49.

⁴⁶ Vgl. Strebel (2007), S.44.

⁴⁷ Vgl. Strebel (2007), S.65.

ABB-Energiertechnik bezeichnet mit Technologieentwicklungsprojekt den Prototyp eines verbesserten Modells auf Basis neuer Erkenntnisse⁴⁸.

Im Webportal innovationsmanagement.de findet sich sogar ein Widerspruch. Technologieentwicklungsprojekte werden einerseits in der Ausführungsphase von Innovationen angesiedelt⁴⁹, andererseits wird TE auch als eine der Vorentwicklung vorgeschaltete Planungsphase verstanden⁵⁰.

Folgende Merkmale lassen sich zusammenfassen:

- TE als Synonym für Produktentwicklung
- Ausreifen einer Technologie
- Praktische Anwendung von Ergebnissen der Grundlagenforschung
- Innovationsphase vor der Vorentwicklung

4.1.2 Die bisherige Behandlung von Technologieentwicklung bei ACC

Schon in der Einleitung zu seiner Masterarbeit erklärt Pucher, dass Technologieentwicklungsprojekte helfen sollen, neue Technologien zu Beginn des Innovationsprozesses auszuwählen. Diese Projekte sollen eine Auflistung, Bewertung und Entscheidung beinhalten.⁵¹ Als Merkmale der TE führt er hohe Komplexität und Variabilität bei vergleichbar geringer Strukturierung an, wodurch sich ein hohes technologisches Risiko ergibt.⁵²

⁴⁸ Vgl. <http://www.abb.com.co/cawp/seitp202/0284fe3ad9fab0e0c125766c005caf21.aspx>, Zugriffsdatum 22.01.2010.

⁴⁹ Vgl. <http://chie.de/technologieentwicklung/t6.html>, Zugriffsdatum 22.01.2010.

⁵⁰ Vgl. <http://chie.de/innovationsmanagementsystem/portfolio-management.html>, Zugriffsdatum: 22.01.2010.

⁵¹ Vgl. Pucher (2009), S.1.

⁵² Vgl. Pucher (2009), S.23.

Bei dem Versuch, TE als selbständiges Modul innerhalb eines Innovationsprojekts anzusiedeln, konzipierte er eine allgemeine Vorgehensweise:⁵³

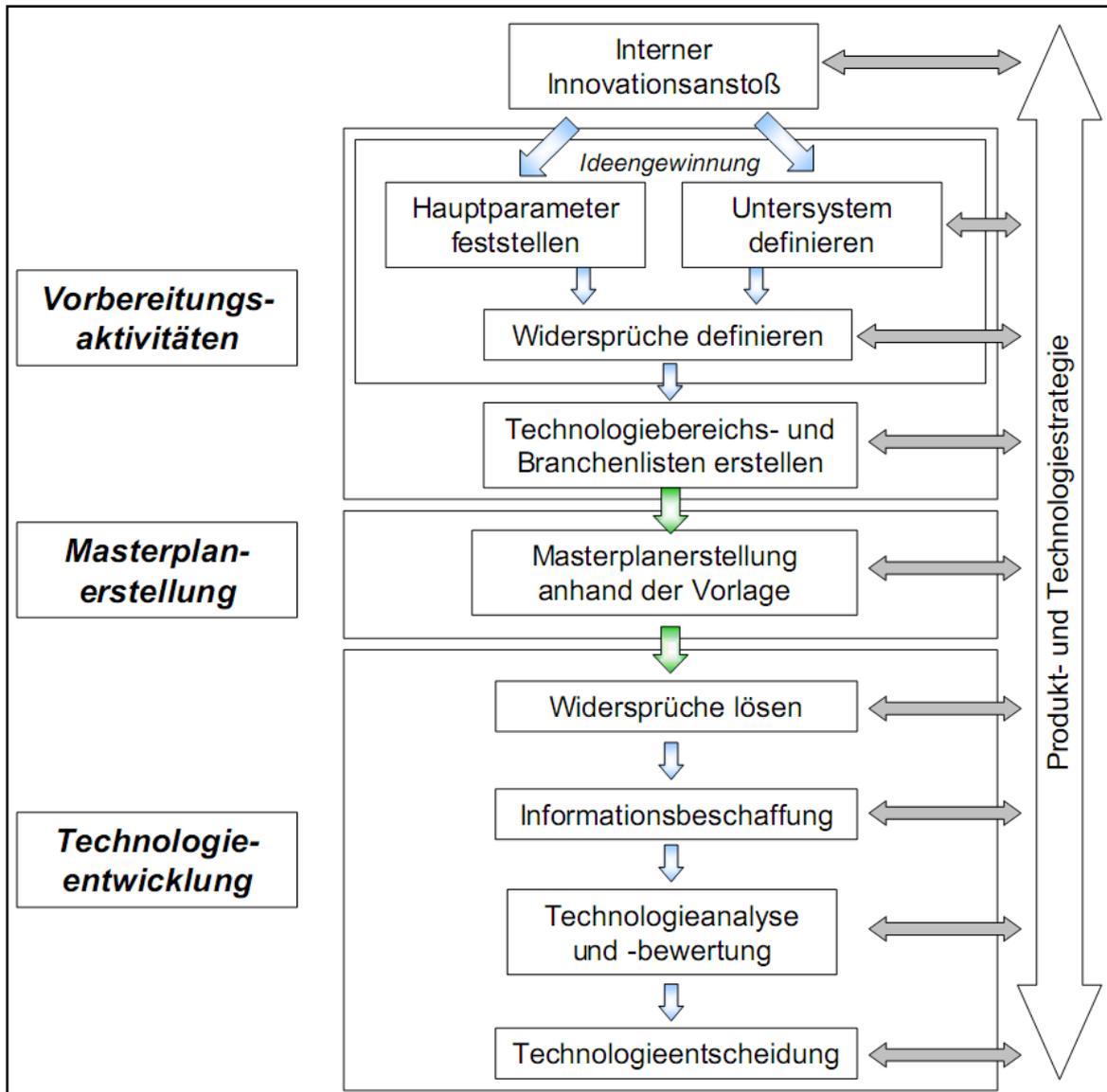


Abbildung 16: Konzipierte Vorgehensweise von Technologieentwicklungsprojekten⁵⁴

In Ansätzen wurde dieses Schema für die Vision KK2018 bei ACC übernommen. So deckte die Diplomarbeit von Sorger die Vorbereitungsaktivitäten ab. Puchers Masterarbeit befasste sich unter anderem mit der Masterplanerstellung. Das Ergebnis war ein dreiphasiger Plan, der in

⁵³ Vgl. Pucher (2009), S.85ff.

⁵⁴ Pucher (2009), S86.

Abbildung 19 dargestellt ist. Die Definitionen der einzelnen Teilphasen sind allerdings noch nicht festgelegt. Die Leitung der ACC-Produktentwicklung möchte nun die Phase Technologieentwicklung weiterentwickeln.

4.1.3 Begriffsdefinition Technologieentwicklung

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wurde nun versucht, den Begriff Technologieentwicklung für ACC zu definieren. Die Ausgangsbasis bildete Puchers Masterplan (Abbildung 17). Dieser wird in die drei Phasen Technologieentwicklungsprojekt (TEP), Vorentwicklungsprojekte (VEP) und Umsetzungsprojekte (UP) unterteilt.



Abbildung 17: Projektphasenplan ACC

Nach mehrmaligem Abwägen ergaben sich drei unumstößliche Anforderungen an die TEP-Phase:

- Wissen soll erzeugt werden.
- Dieses Wissen soll sich auf die Widersprüche aus der Vorbereitungsphase (Abbildung 19) beziehen.
- Das Wissen darf nicht konzept- oder produktbezogen sein.

Daraus ergibt sich folgende Definition:

Technologieentwicklung bei ACC ist ein Schritt, in dem konzeptunabhängiges Wissen, das auf Widersprüchen basiert, erworben werden soll.

In der Vorentwicklung soll das neu erworbene Wissen zur Entwicklung von kompressorspezifischen Prototypen, die auf bestehenden Plattformen funktionieren, eingesetzt werden.

Umsetzungsprojekte dienen der Zusammenführung unabhängig voneinander funktionierender Prototypen zu einer kompletten Kompressorplattform.

Zur eindeutigen Abgrenzung von TEP, VEP und UP wurde eine Tabelle zur weiteren Bearbeitung im Critical Chain Project Management (CCPM) - Workshop erstellt (Tabelle 3). Das ist ein Workshop des Top-Managements bei ACC Austria, der eine Umstrukturierung der aktuell laufenden Projekte zum Ziel hat.

	Ergebnis	DLZ	Zeit bis SOP	Test wo?	ext. Partner	Ressourcen	Dokumentation	...
Technologieentwicklungsprojekt (TEP)	Wissen (explizit)	2,5 a	7,5 a	phys. Tests / Simulationen	Wissenschaft	20%	Wissensbericht	
Vorentwicklungsprojekt (VEP)	WS gelöst, funktionierende Konzepte an bestehenden Plattformen getestet	2,5 a	5 a	auf bestehenden Plattformen	anwenderorientierte / techn. support	30%	Prototypenzeichnung	
Umsetzungsprojekt (UP)	fertiges Endprodukt	2,5 a	2,5 a	auf neuer Plattform	Lieferanten	50%	Serienzeichnung & Produktspezifikationen	

Tabelle 3: CCPM-Workshop (25.01.2010)

In den Grundzügen wurde diese Darstellung bestätigt und um einige weitere Parameter, die an dieser Stelle nicht von Bedeutung sind, erweitert. Aus dieser Gegenüberstellung geht vor allem der zeitliche Rahmen von jeweils ca. 2,5 Jahren pro Phase und die Ressourcenaufteilung auf die Projekte hervor.

4.2 Technologiefelder

Entgegen den bisherigen Darstellungen von Pucher und Sorger sollen TEPs nicht konzeptbezogen sein. Das bedeutet, dass die WS nicht in der TEP-Phase, sondern im VEP gelöst werden. Output der TE soll Wissen sein, das sich auf die WS bezieht. Ein Wunsch seitens ACC ist es, die ungeordneten WS zu sogenannten Technologiefeldern zu gruppieren. Diese sollen als Input für die TEPs eine Orientierungshilfe für die Ermittlung von Projektbezeichnung, Ressourcenzuwendung und dergleichen darstellen. In Anlehnung an die von

Pucher vorgeschlagenen „konzipierten Vorgehensweise von Technologieentwicklungsprojekten“ (Abbildung 16) ergibt sich eine vereinfachte Darstellung:

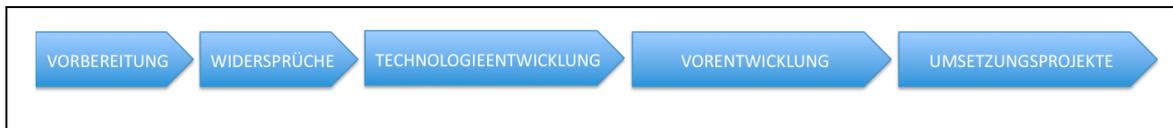


Abbildung 18: Die Phasen der Produktentwicklung in (Anlehnung an Pucher)

Die Diplomarbeit von Sorger bestand aus der Vorbereitungsphase (Abbildung 19) mit den drei Elementen

- Innovationsanstoß
- Ideengenerierung
- Hauptparameter bestimmen

und erstreckt sich bis in die Widerspruchsphase. Vertiefende Informationen zu diesem Thema sind in den Kapiteln 7 und 8 der DA Sorger zu finden, in denen WS definiert und Technologielisten erstellt wurden⁵⁵ (Abbildung 20).

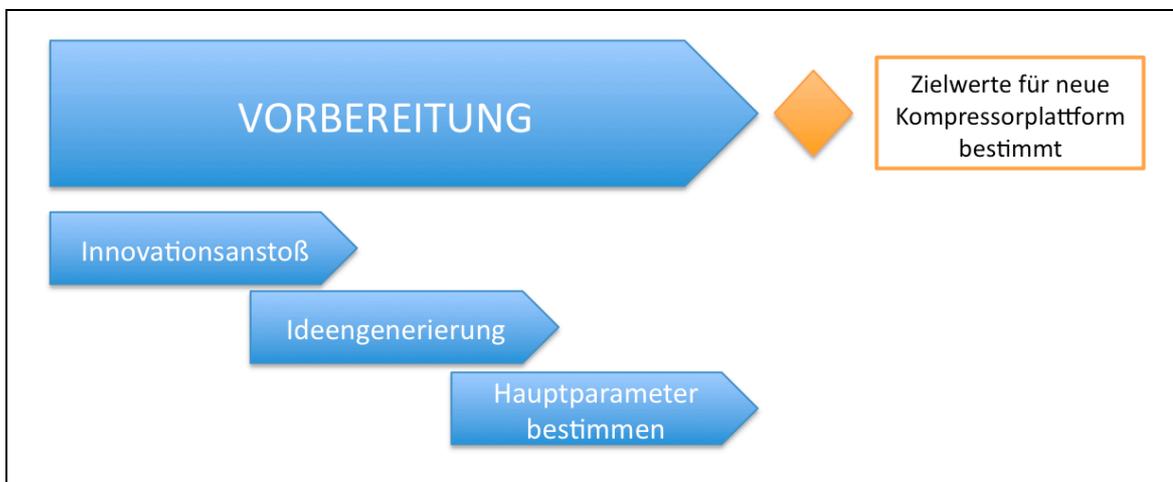


Abbildung 19: Vorbereitungsphase

Die vorliegende Arbeit knüpft bei der Bewertung der WS an. Bevor diese zu Feldern gruppiert werden können, muss der Begriff Technologiefeld eingegrenzt werden.

⁵⁵ Vgl. Sorger (2008), S.60ff.

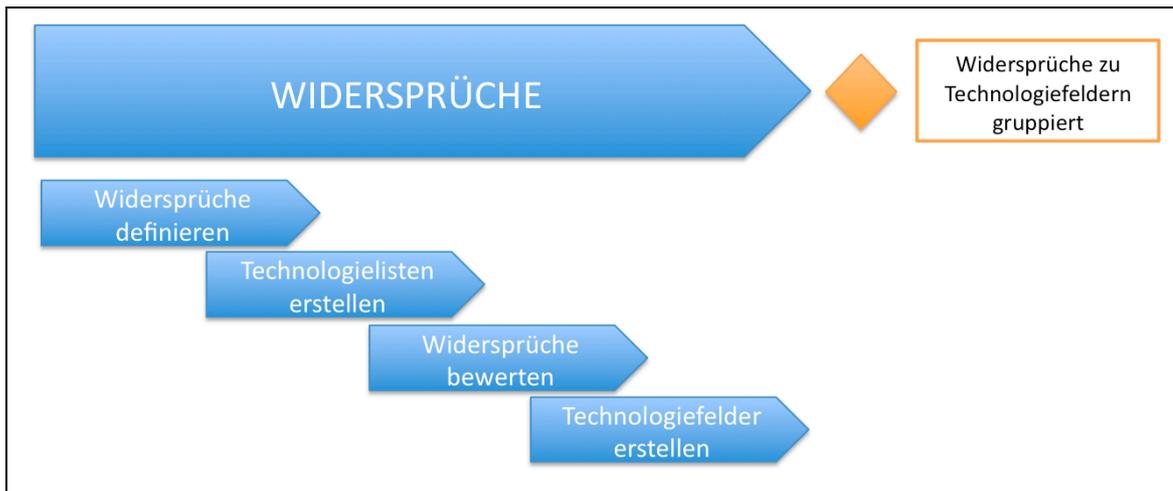


Abbildung 20: Widerspruchsphase

4.2.1 Technologiefelder in der Literatur

In verschiedenen wissenschaftlichen Fachrichtungen wird mit Feld ein Ort für die Wissenschaft im praktischen Einsatz bezeichnet. Ein Beispiel ist der Feldversuch. Der Begriff Technologiefeld wird vielfach gebraucht, jedoch nicht weiter konkretisiert.

Diverse Online-Plattformen sehen den Maschinenbau im Allgemeinen als Technologiefeld⁵⁶. Eine Studie von German Node aus dem Jahr 2007 mit dem Thema „Wirkungsvollste Technologiefelder bis zum Jahr 2020“ sucht nach technischen Forschungsfeldern mit großem Entwicklungspotential.⁵⁷

Probst erklärt in Zusammenhang mit externen Wissensträgern, dass Unternehmensberater, Marktforschungsinstitute und andere Spezialisten Überblick über spezielle Wissensfelder behalten, die Klein- und Mittelbetriebe nicht mit vertretbarem Aufwand verfolgen können.⁵⁸

Pucher beschreibt ein Verfahren, dass zur Erfassung der Ist-Situation eine Abgrenzung von Technologiefeldern erfordert, geht aber nicht weiter auf den Begriff ein⁵⁹. Im Technologiefrüherkennungsprozess werden

⁵⁶ Vgl. <http://www.maschinenbau.sachsen.de/>, Zugriffsdatum 01.03.2010.

⁵⁷ German Node (2010), S.2.

⁵⁸ Vgl. Probst/Raub/Romhardt (1997), S.129.

⁵⁹ Vgl. Pucher (2009), S.70.

Technologiesuchfelder mit Deskriptoren hinterlegt. Deskriptoren sind neutrale beschreibende Kenngrößen für ein Suchfeld.⁶⁰

4.2.2 Begriffsdefinition Technologiefelder

In zwei getrennten Befragungen von ACC-Experten wurde das Thema Technologiefelder erörtert. Es wurden folgende Zielanforderungen formuliert:

- Der Kern des Feldes muss jedem verständlich sein.
Künftige Projektmitarbeiter, die mit dem TEP-Konzept noch nicht vertraut sind, sollen nicht von abstrakten Spezialbegriffen verwirrt werden.
- Im Namen des Felds sollte eine Art Grundlagenthema vorkommen.
Damit sind möglichst allgemein formulierte Technologien gemeint, die jedem Mitarbeiter bekannt sind, wie Spanabhebende Verfahren oder Metallbeschichtung.
- TEF sollen breit definiert sein, um den Blick nicht einzuengen.
Der Name eines Feldes sollte keinen versteckten Hinweis auf bereits angedachte Lösungen beinhalten.
- TEF sollen voneinander abgrenzbar sein.
Mitarbeiter sollen die Aufgabenbereiche der einzelnen TEPs unterscheiden können. Das verhindert auch, dass Probleme parallel behandelt werden.
- TEF sollen sich auf Widersprüche beziehen.
Diese Anforderung steht im Gegensatz zu Punkt 3. Denn ein zu wenig eingegrenztes Feld erschwert die Nennung konkreter TEPs. Es ist also eine gute Balance aus Konkretisierung und Freiräumen gefordert.
- TEF sollen unterschiedliche Sichtweisen auf die Widersprüche möglichst umfassend und sinnvoll vereinen.
Wie in Kapitel 5 gezeigt wird, weichen die Sichtweisen der WS einzelner Mitarbeiter voneinander ab. Dies muss bei der Ableitung von Feldern aus den WS berücksichtigt werden.

⁶⁰ Vgl. Pucher (2009), S.77.

Aus obigen Anforderungen lässt sich folgende Definition ableiten:

Als Technologiefelder werden bei ACC Betätigungsorte der Technologieforschung bezeichnet. Ein TEF wird als Ansammlung von Technologien zu einer übergeordneten Grunddisziplin verstanden. Diese Felder können sich durchaus überlappen. Deshalb muss ein Technologiefeld bei der Nennung von TEPs entsprechend abgegrenzt werden.

4.3 Wissen

Das Ergebnis eines TEPs soll Wissen sein. Wissen gilt als wichtigste Ressource des 21. Jahrhunderts. Hohe Innovationsdynamik erfordert einen effektiven und effizienten Umgang mit Wissen. Im Sinne eines ressourcenorientierten Strategieansatzes, der dauerhafte Erfolge einer Unternehmung auf Ressourcenvorteile gegenüber der Konkurrenz zurückführt, gewinnt Wissen als intangible Ressource, die sich wenig abnutzt, schwer imitierbar, transferierbar und substituierbar ist, an Bedeutung.⁶¹

4.3.1 Recherche

Je nach wissenschaftlicher Disziplin gibt es unterschiedliche Ansätze, Wissen zu definieren. Mehrere einschlägige Werke zum Thema Wissensmanagement bedienen sich der Abgrenzung von Zeichen, Daten, Information und Wissen, um sich dem Wissensbegriff anzunähern.

Zeichen sind Buchstaben, Ziffern oder Sonderzeichen. Daten können aus Zeichen oder einer Folge von Zeichen bestehen und ergeben einen sinnvollen Zusammenhang. Es fehlt ihnen aber ein Verwendungshinweis. Erst, wenn Daten einem Problembezug (Kontext) zugeordnet werden und der Verfolgung eines Ziels dienen, werden daraus Informationen.⁶² Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind Informationen Daten, die zur Vorbereitung von Handlungen und Entscheidungen dienen. Die zweckorientierte Vernetzung von Daten erzeugt

⁶¹ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.3ff.

⁶² Vgl. Rehäuser/Krcmar (1996), S4.

Wissen. Ein und derselbe Sachverhalt kann aber, abhängig von individuellen Erfahrungen, zu unterschiedlichem Wissen führen.⁶³ Probst, Raub und Romhardt fassen diese Beziehungen folgendermaßen zusammen: Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist jedoch immer an Personen gebunden.

Wissen wird als die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen, gesehen.⁶⁴

4.3.2 Aspekte von Wissen

Abbildung 21 stellt die unterschiedlichen Aspekte von Wissen dar.

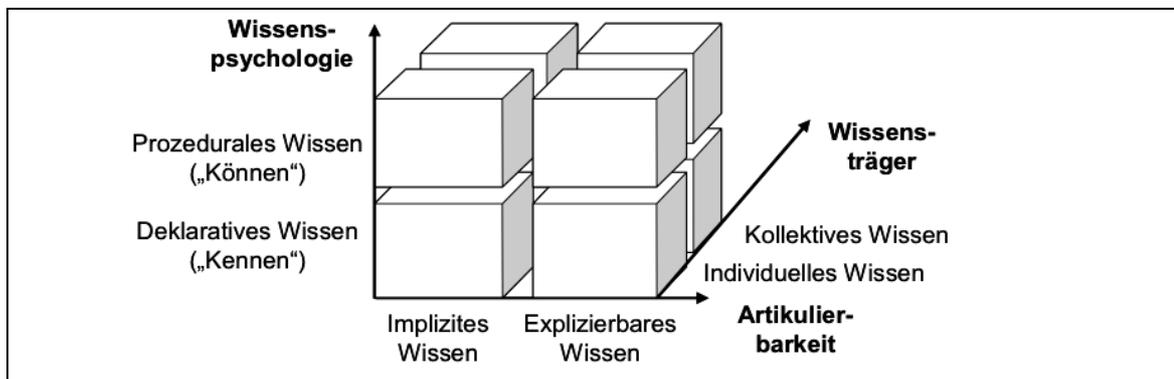


Abbildung 21: Strukturierung des Wissens (in Anlehnung an Scheuble)⁶⁵

- Artikulierbarkeit

Explizites Wissen ist dem Wissensträger bewusst und kann artikuliert werden. Somit kann es als Information in Datenbanken abgelegt werden. Es stellt in der Praxis jedoch nur einen geringen Anteil des organisatorischen Know-hows einer Unternehmung. Implizites Wissen ist unbewusst in den Köpfen der Personen gespeichert und drückt sich in Überzeugungen und Einstellungen aus.⁶⁶

⁶³ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.11.

⁶⁴ Probst/Raub/Romhardt (1997), S.44.

⁶⁵ Wohinz/Oberschmid (2008), S13.

⁶⁶ Vgl. Gehle/Mülder (2001), S.21.

- Wissensträger

Je nachdem, ob Wissen von einem einzigen Individuum verfügbar ist, oder nur in Kombination von Mitgliedern einer Gruppe vorliegt, kann zwischen individuellem und kollektivem Wissen unterschieden werden.

- Wissenspsychologie

Deklaratives Wissen bezieht sich auf Tatsachen und kann vereinfacht mit Kennen beschrieben werden. Prozedurales Wissen hingegen betrifft die Art, wie kognitive Prozesse ausgeführt werden. Es entspricht also dem Können.⁶⁷

⁶⁷ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.13.

5. Bewertung der Widersprüche

In Kapitel 3.4 zeigt sich, dass der Widerspruch (WS) die Grundlage des TEPs darstellt. Bisher liegen die zum Kompressor 2018 erarbeiteten WS ohne besondere Ordnung vor. Für die Planung von TEPs wäre es wünschenswert, eine Reihung nach Wichtigkeit zu erarbeiten, um Projekte mit großer Tragweite früh zu erkennen und vorrangig zu behandeln.

Schon in der vorhergehenden Arbeit zum Thema hat sich herausgestellt, dass es nur unzureichend möglich ist, Entwicklungsschwerpunkte für den Kompressor als Gesamtsystem und seine Untersysteme zu nennen, ohne Gefahr zu laufen, wichtige Punkte zu übersehen. Darum wurde eine Gegenüberstellung der Widersprüche, Fachgebiete und Branchen entwickelt, die während der Brainstormingsessions erarbeitet wurden.⁶⁸

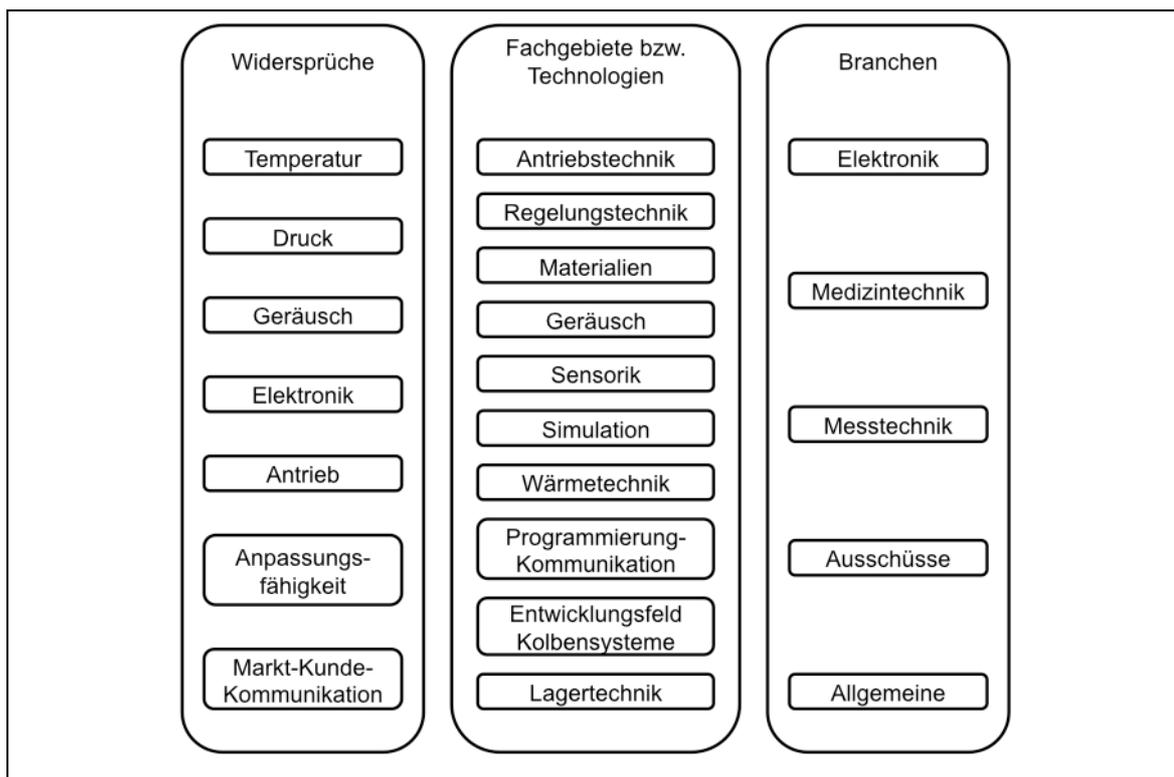


Abbildung 22: Ergebnis der Gruppierung von Widersprüchen, Fachgebieten und Branchen⁶⁹

⁶⁸ Vgl. Sorger (2008), S.80.

⁶⁹ Sorger (2008), S.88.

Somit entstand der Grundstein für eine Zuordnung der WS zu Technologien, die potentiell mögliche Lösungen und Lösungsansätze bereithalten könnten. Noch kam es aber zu keiner Priorisierung. Es stellt sich die Frage, nach welchem Parameter WS gereiht werden können.

Eine Kurzbeschreibung der WS befindet sich im Anhang.

5.1 Widerspruchsbewertung in Euro

ACC-Experten schlagen eine Bewertung in Euro vor. Schon in der Vergangenheit wurden in der F&E-Abteilung erfolgreich Eurowerte für unterschiedliche Projekte benutzt. Begründet werden die positiven Erfahrungen vor allem mit höherer Akzeptanz bei den Mitarbeitern gegenüber einheitslosen Nutzwerten. Außerdem stießen hardfact-basierte Kennwerte bei Kunden auf positives Feedback. Dass ACC versucht, nicht nur die Kosten einzelner Bauteile, sondern auch Funktionen des Kompressors zu bewerten, bringt nicht nur für die eigenen Mitarbeiter, sondern auch für ACC-Kunden mehr Transparenz. Dies könnte die Kundenbindung intensivieren und zum Wettbewerbserfolg beitragen.

5.1.1 Systemkosten

Innerhalb der F&E-Abteilung gibt es außerdem bereits eine mögliche Grundlage für eine Euro-Bewertung. So wurden in den letzten Jahren bereits die nicht erreichten COP-Potentiale der einzelnen Kompressorenmodelle in Euro bewertet und den Kosten für Material (DM), Arbeit (DL) und Gemeinkosten /Abschreibungen (DOH/AfA) gegenübergestellt (Abbildung 23).

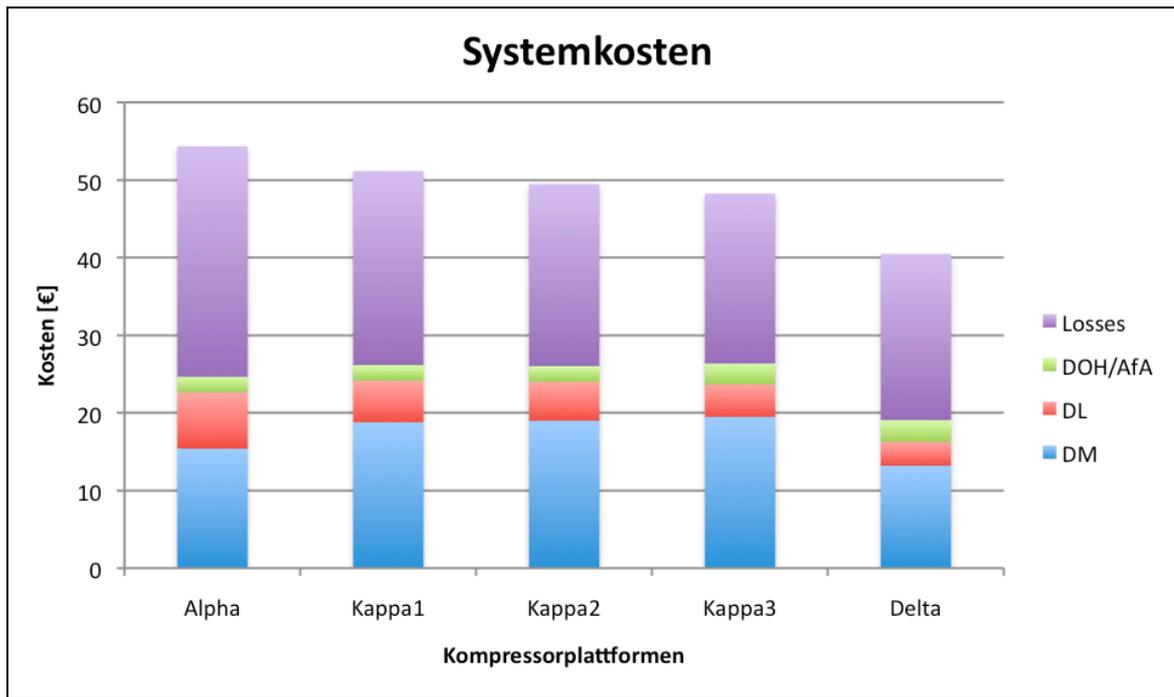


Abbildung 23: bisherige Systemkostenbetrachtung

Man erkennt deutlich, dass der Balken Losses von Plattform zu Plattform immer kleiner wird. Je kleiner der Balken, desto näher ist der COP des betreffenden Kompressors am COP des idealen Kompressors (3,2 bzw. 3,84 für den geschwindigkeitsgeregelten idealen Kompressor). Außerdem ist die Differenz der Materialkosten zwischen Kappa3 und dem neuen Delta-Kompressor ersichtlich.

Ermöglicht wird diese Darstellung durch die Einführung eines Faktors zur Berechnung der COP-Verluste (Losses) in Euro. Dieser Umrechnungsfaktor wurde bei ACC aus drei Einflüssen ermittelt (Abbildung 24).

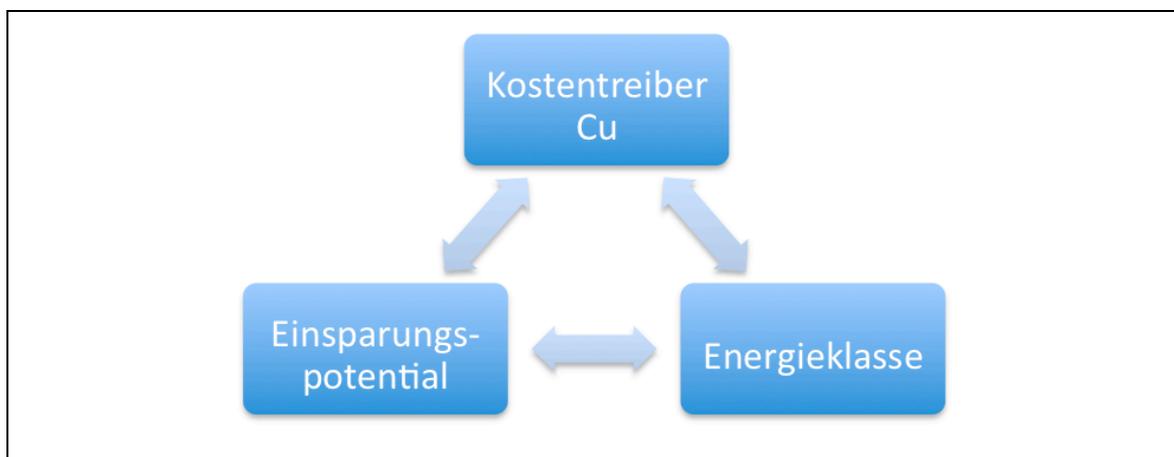


Abbildung 24: Einflüsse auf den COP-€-Faktor

- Kostentreiber Cu:

Der Rohstoff Kupfer ist für den Großteil der Materialkosten verantwortlich. Je höher der gewünschte COP eines Kompressors, desto mehr Kupfer wird für die Wicklungen im Stator des Elektromotors benötigt. Daraus lässt sich ein direkter monetärer Zusammenhang zwischen COP und Kosten ableiten. Die stark schwankenden Kupferpreise müssen zwar berücksichtigt werden, es wird jedoch angenommen, dass 1% COP-Verbesserung ungefähr 0,5€ Mehrkosten entspricht.

- Einsparungspotential:

Ein weiterer Einfluss ergibt sich aus den Einsparungen, die ein Kühlschrank im Einjahresbetrieb beim Endverbraucher bewirkt. ACC-Untersuchungen ergaben einen Mittelwert von 0,48€ für 1% COP-Verbesserung.

- Energieklasse:

Auch die Kunden von ACC sind interessiert an guten COP-Werten. Es existiert ein EU-Energie-Labeling-System, das Kühlgeräte entsprechend ihrer Energieeffizienz kennzeichnet. Die Energieklasse ist für den Endkunden im Handel ersichtlich.⁷⁰ Somit können die Anbieter von Kühlgeräten ihre Preisstrategie an den Energieklassen ausrichten. ACC-Kunden sind deshalb bereit, für 1% COP ca. 0,5€ mehr zu bezahlen.

Innerhalb dieser Diplomarbeit wurde demnach folgende Faustregel festgelegt:

$1\% \text{ COP} \triangleq 0,5 \text{ €}$
--

Niedrige COP-Werte können somit als Opportunitätskosten interpretiert werden. In weiterer Folge wird von Verlusten bzw. Verlustkosten gesprochen.

⁷⁰ Vgl. Sorger (2008), S.47.

Der Wert für die Verlustkosten errechnet sich aus dem Verhältnis von tatsächlichem zu idealem COP und dem oben hergeleiteten Umrechnungsfaktor:



Das Diagramm zeigt die Berechnung der Verlustkosten. Es besteht aus drei blauen, abgerundeten Rechtecken, die durch Gleichheitszeichen verbunden sind. Das linke Rechteck enthält den Text 'Verlustkosten'. Das mittlere Rechteck enthält die Formel $\frac{(\text{idealer COP} - \text{COP}) * 100}{\text{idealer COP}}$. Das rechte Rechteck enthält den Text '*0,5€'.

Abbildung 25: Berechnungsschema der Verlustkosten

Die Posten DL sowie DOH/AfA veränderten sich von Kompressor zu Kompressor kaum. Außerdem ist deren Beeinflussung durch die WS vernachlässigbar, weswegen sie nicht weiter behandelt werden.

Die vorliegende Arbeit wurde als Gelegenheit wahrgenommen, die Systemkostenbetrachtung zu übernehmen und weiterzuentwickeln. Da man aus Abbildung 23 die COP-Verbesserung und die Einsparungen im DM direkt ablesen kann, entstand die Idee, die Einsparungspotentiale als Summe der gelösten WS zu interpretieren. Die Zielwerte für KK2018 wurden bereits 2008 festgelegt.⁷¹

Die Zielwerte für KK2018 ergeben geringere Verlust- und DM-Kosten. Diese Werte werden aber nur erreicht, wenn die WS gelöst werden. In Abbildung 26 repräsentieren die rot dargestellten Balken das Einsparungspotential der WS aus DM und Losses in Euro.

⁷¹ Vgl. Sorger (2008), S.77.

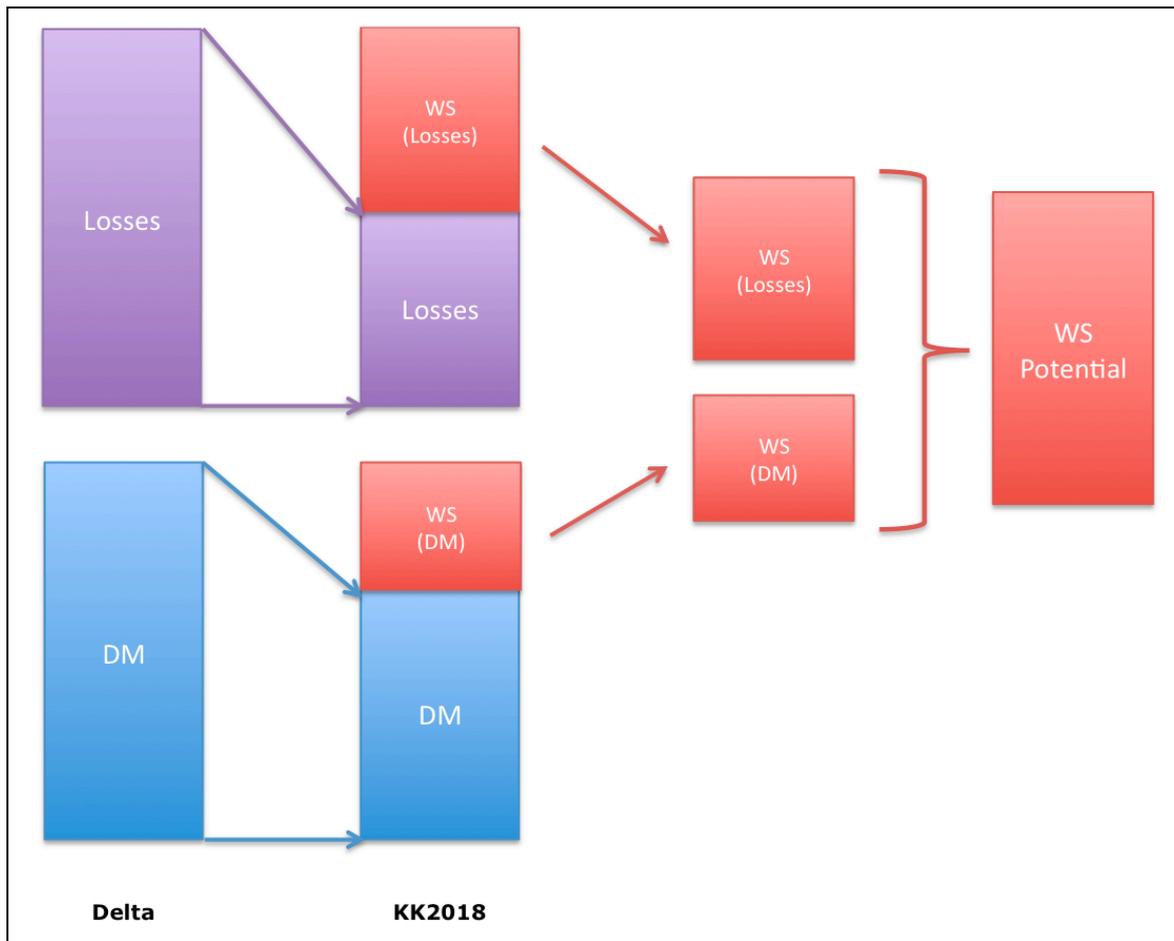


Abbildung 26: Einsparungspotential der KK2018-Widersprüche

Die meisten WS betreffen COP und DM. Das Gesamtsystem, noise und size lassen sich aber nicht in COP oder DM übersetzen. In den Bereich Gesamtsystem fallen Themen wie elektrische Anbindung des Kompressors oder Befestigungsvorrichtungen. Diese Funktionen treten bei ACC-Kompressoren in unterschiedlichen Varianten nach Kundenwunsch auf und werden als Zusatzfunktionen zum Basismodell einer Kompressorplattform bezeichnet. Basierend auf diesen Überlegungen wurde beschlossen, die drei neuen Komponenten Zusatzfunktionen (ZF), Lärm und Bauraum in der Darstellung einzuführen. In einer ACC-Untersuchung zum Thema Compartment, das ist das Volumen, das im Kühlschrank zur Unterbringung des Kompressors genutzt wird, wurde bereits ein Berechnungsfaktor von 0,3€ je Liter Bauraum bestimmt. Er stützt sich auf den von Kühlschrankherstellern ermittelten Mehrwert eines Kühlschranks, der im Bodenbereich mehr Kühlvolumen zur Verfügung stellt. Was den Lärm angeht, wurde ein

durchschnittlicher Wert von 0,2€ je Dezibel auf Basis der bisherigen akustischen Weiterentwicklung festgelegt. Für zukünftige Projekte könnte dieser Faktor größer sein, da leise Technologien an Attraktivität zunehmen. Der Markt ist allerdings noch nicht bereit, für einen akustischen Mehrwert zu bezahlen. Viele Funktionen, die für Kappa zugekauft werden müssen, sind bei Delta automatisch inkludiert, wie zum Beispiel die Verdunsterschale und der Serviceanschluss. Der Umrechnungsfaktor von 0,5€ wurde über den Durchschnittswert aller Zusatzfunktionen ermittelt. Tabelle 4 fasst noch einmal alle Umrechnungsfaktoren zusammen.

Eingangsgröße	Einheit	Umrechnungsfaktor
COP	-	0,5 [€ / %COP]
Bauraum	Liter	0,3 [€ / l]
Lärm	dB(A)	0,2 [€ / dB(A)]
Zusatzfunktion	Anzahl	0,5 [€ / #]

Tabelle 4: €-Umrechnungsfaktoren

KK2018 wird geschwindigkeitsgeregelt ausgeführt. Zwischen der Basisversion und der geregelten Version besteht ein enormer COP-Unterschied. Ein Vergleich zwischen Delta und KK2018 wäre somit nicht sinnvoll. Deshalb wurde ein virtueller Kompressor RPM-Delta eingeführt. Da es bei ACC Austria schon Versuche und erste Prototypen für einen geregelten Kompressor auf Basis von Kappa gibt, flossen diese Erfahrungen in die Bewertung von RPM-Delta ein. Abbildung 27 zeigt die überarbeitete Systemkostendarstellung der letzten 4 Plattformen.

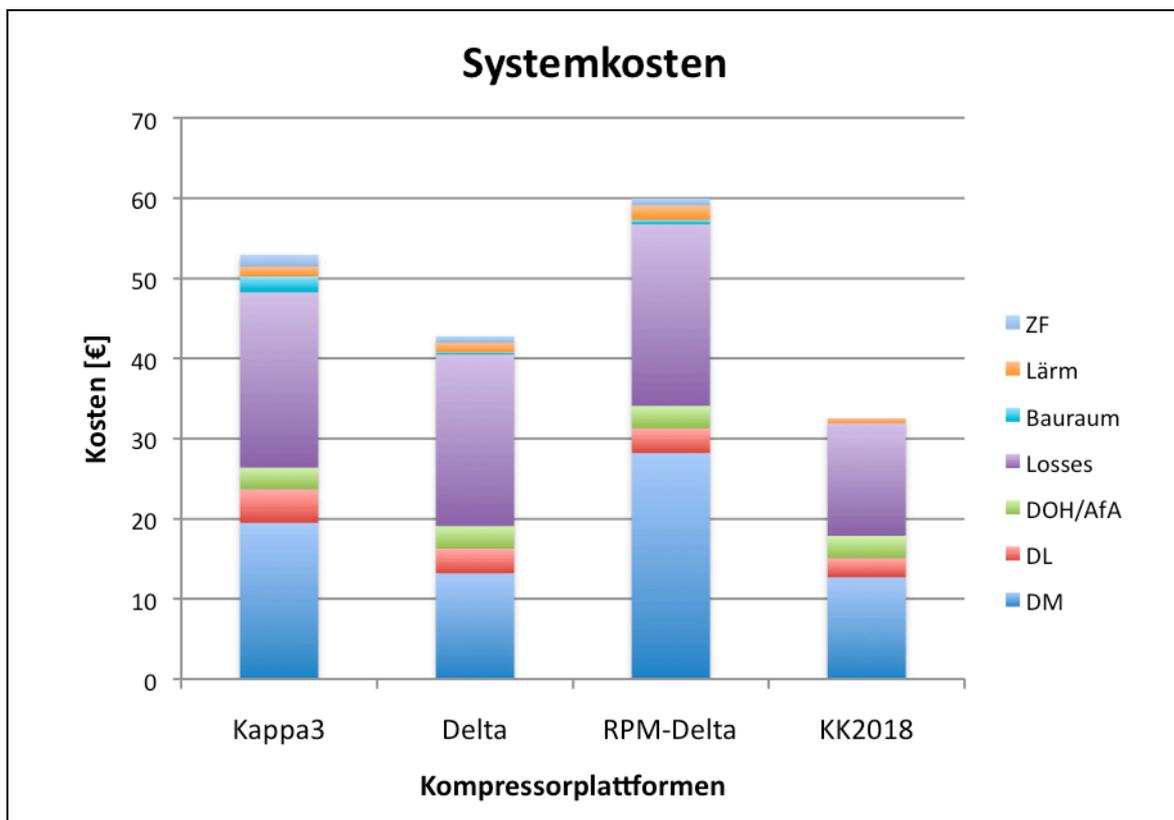


Abbildung 27: überarbeitete Systemkostenbetrachtung

An dieser Darstellung fällt sofort auf, dass ein Delta-Kompressor mit Geschwindigkeitsregelung derzeit sehr viel kostet. Das bedeutet, dass ein großer Anteil des WS-Einsparungspotentials auf die Steuerung entfallen wird. Dass der Losses-Balken von RPM-Delta nicht kleiner ist, als der von Delta, liegt daran, dass sich RPM-Delta auf einen geschwindigkeitsgeregelt idealen Kompressor mit einem COP von 3,84 bezieht, während Delta mit einem COP von 3,2 verglichen wird. Der Wert 3,2 ergibt sich aus dem idealen Kreisprozess für den Kühlkreislauf, während der COP mit 3,84 bei gleichem Kreisprozess aus

den Einsparungen der Antriebsenergie durch die Geschwindigkeitsregelung resultiert.

KK2018 wird zum heutigen Wissensstand keine optionalen Zusatzfunktionen aufweisen, sondern als Komplettpaket verkauft. Sollte jedoch ein Bedarf an neuen ZFs auftreten, werden die ZF-Balken aller Plattformen um den gleichen Betrag anwachsen.

Ähnlich verhält es sich mit Lärm und Bauraum, Aus derzeitiger Sicht ist der Anteil der Lärmverluste bei KK2018 sehr gering. ACC-Experten rechnen aber damit, dass die Rolle der Geräusentwicklung in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Mit Delta hat man bereits einen konkurrenzlos kompakten Kompressor entwickelt. Es ist aber anzunehmen, dass auch der Faktor zur Berücksichtigung des Bauraums in Zukunft wachsen wird.

5.1.2 *Bewertungsinterviews*

Addiert man die Verbesserungspotentiale aus COP, DM, ZF, Lärm und Bauraum, erhält man ein gesamtes Einsparungspotential von 26,6 Euro. Das ist der Rahmen, in den die WS eingepasst werden müssen. Eine Möglichkeit wäre, die Bewertung der WS von ACC-Experten durch Schätzung und paarweisen Vergleich machen zu lassen. Fundiertere Ergebnisse sind jedoch zu erwarten, wenn die WS mit Hilfe der definierten Zielwerte⁷² für die Untersysteme von KK2018 bewertet würden. Eine anschließende Aufsummierung kann mit den Systemkosten verglichen werden, wobei gravierende Fehleinschätzungen schnell auffallen würden. Es wird also eine Einzelbewertung (bottom-up) der Systembewertung (top-down) gegenübergestellt (Abbildung 28).

⁷² Vgl. Sorger (2008), S.58.

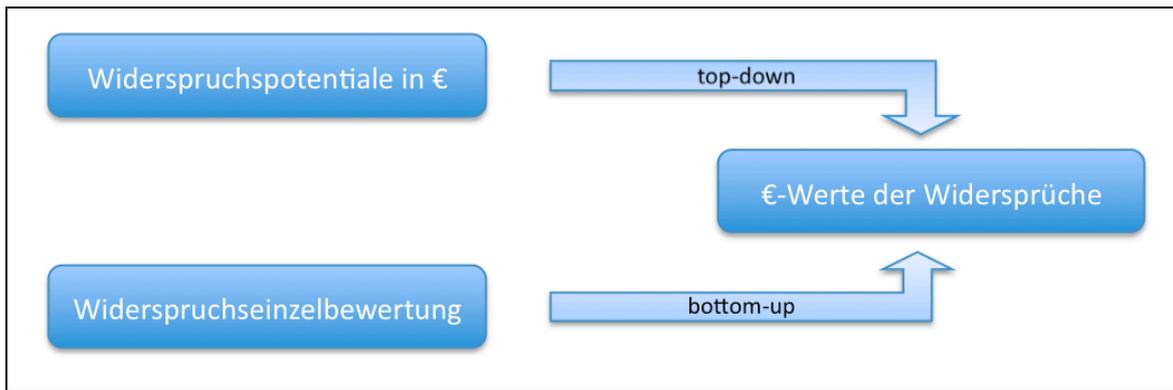


Abbildung 28: €-Bewertung top-down und bottom-up

Zur Abschätzung der Euro-Werte einzelner WS wurden Fragebögen an die Teamleiter der folgenden Bereiche ausgeteilt:

- Gasline (Saugstrecke, Kopfgruppe, Druckstrecke),
- Electrics (Antrieb, Steuerung),
- Kinematics (Hubkolben, Kurbelwelle)
- External (Gehäuse, Anbauten)

Ein Wunsch der F&E-Leitung für zukünftige Projekte ist es, die Barrieren zwischen diesen einzelnen Bereichen abzubauen. Somit könnte die Widerspruchsbewertung ebenfalls in bereichsübergreifenden Workshops stattfinden, was den zeitlichen Rahmen dieser Diplomarbeit jedoch gesprengt hätte.

Da die Erstellung der Widerspruchsliste schon einige Zeit zurücklag, begann jedes Interview mit einer kurzen Diskussion der Thematik. Anschließend wurden die Zielwerte aus DA Sorger mit den Ist-Werten des Delta-Kompressors verglichen, um die Potentiale beziffern zu können. Neben COP-Einsparungen wurden auch Material, Geräusch und Bauraum berücksichtigt. Die Ergebnisse wurden zusammen mit der F&E-Leitung den Systemkosten gegenübergestellt. Einige wenige WS wurden dabei nach oben korrigiert, weil die verantwortlichen Mitarbeiter bei der Bewertung bewusst vorsichtig vorgehen. Ansonsten waren die bottom-up-Ergebnisse sehr nahe an den top-down-Ergebnissen. Die schlussendliche Bewertung ist in Abbildung 29 zu sehen.

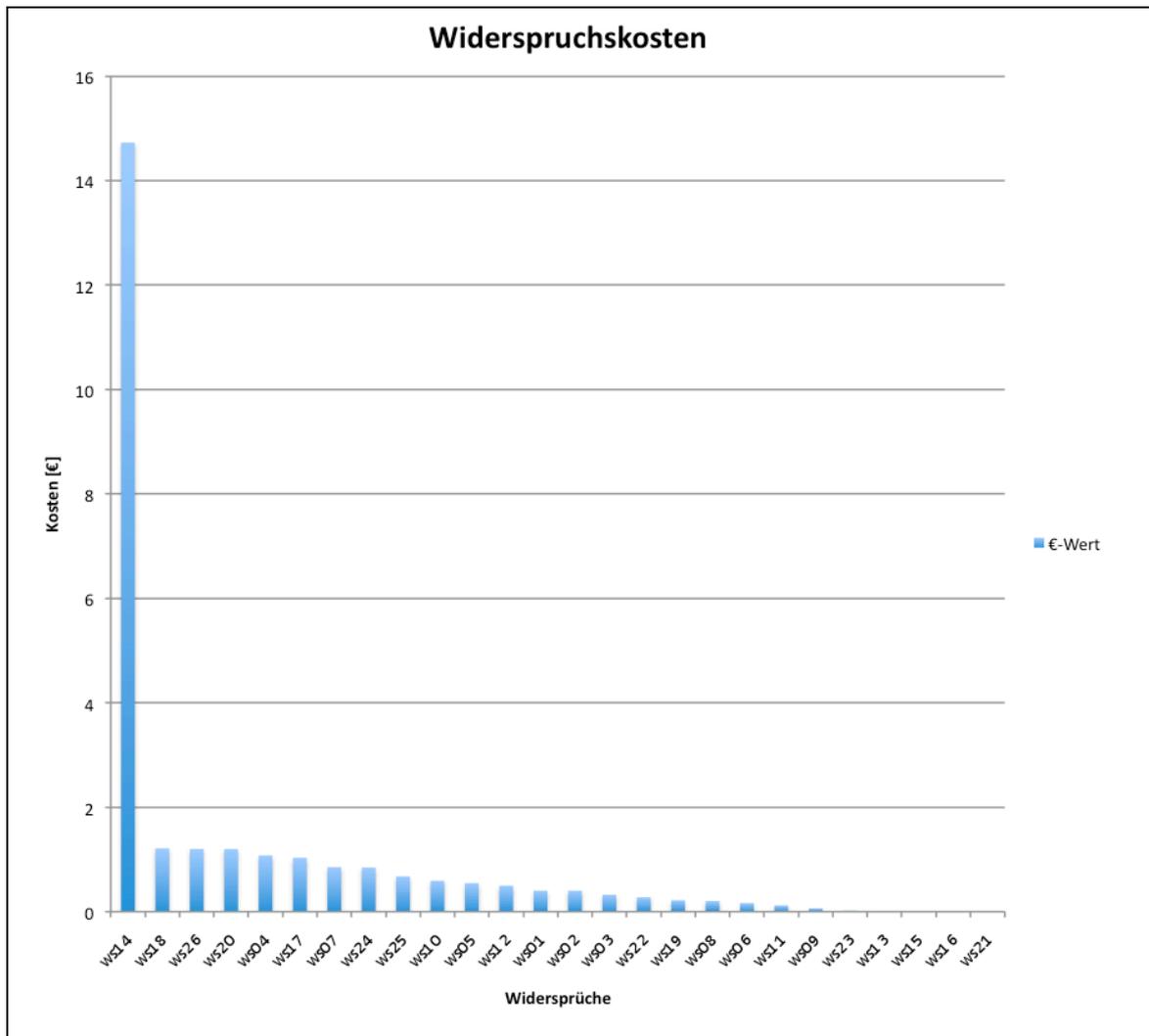


Abbildung 29 : Widerspruchskosten KK2018

5.2 TRIZ-Workshop

Die Interviews zeigten auf, dass einzelne WS eng zusammenhängen. Dies verleitete dazu, mehr in einen WS hineinzuzinterpretieren, als er eigentlich darstellt. Obwohl die €-Bewertung jeden WS streng isoliert betrachtet, ist es wichtig, die gegenseitige Beeinflussung nicht zu vernachlässigen. Denn hat z.B. ein WS mit geringen Kosten großen Einfluss auf einen teureren WS, ist seine Rolle relativ auf die anderen WS bezogen wichtiger, als auf den ersten Blick erkennbar.

Zur Untersuchung der Widerspruchsbeziehungen wurde ein eintägiger TRIZ-Workshop angesetzt, der von Dipl. Ing. Jürgen Jantschgi, einem TRIZ-Experten

(Jantschgi C&R), geleitet wurde. Er stellte die Methoden vor, die zur Anwendung kamen und übernahm die Moderation.

Für den Workshop wurden zwei Methoden zur systematischen Widerspruchsanalyse ausgewählt:

- Perception Mapping
- Function Analysis

Beide Methoden werden nachstehend erklärt.

5.2.1 *Perception Mapping*

Perception-Mapping ist ein Werkzeug, das versucht, unterschiedliche Sichtweisen (perceptions) auf ein Problem zu vereinen. Die Schlüsselphrase „X führt zu Y“ wird dabei verwendet, um Zusammenhänge der Perceptions aufzuzeigen. Diese Zusammenhänge lassen sich in einem Netzdiagramm (Perception Map) darstellen, das aus Knotenpunkten, Schleifen und Ketten bestehen kann.⁷³

Im konkreten Fall wurde die Methode insofern abgewandelt, als keine Lösungsansätze, sondern WS verglichen wurden. Dazu wurden mehrere Versuche durchgeführt. Folgende Fragen standen zur Diskussion:

- Durchgang 1: WS X führt zu welchem WS?
- Durchgang 2: Die Lösung von WS X führt zur Lösung welches WS?
- Durchgang 3: Der WS X findet sich wieder in welchem WS?

Durchgang 1 und 2 lieferten keine aussagekräftigen Formationen. Die Frage des dritten Durchgangs (Abbildung 30) führte nicht zu einer Verknüpfung der WS untereinander, sondern einer Gruppierung nach ähnlichen Eigenschaften, die für alle Anwesenden nachvollziehbar war.

⁷³ Vgl. Mann (2007), S.149ff.

Perception Mapping / ACC Austria		
05.03.10 Markus Pucher, Michael Gartner, Florian Bilek, Walter Brabek, Jürgen Jantschgi		
Widerspruch	Zuordnung zu "Untersystem"	Widerspruch findet sich wieder in ...
Low noise / small size	Saugstrecke	26 10 24
Low pressure loss / small size	Saugstrecke	10
Low temperature / big size	Saugstrecke	12 24
Low suction-discharge work / high cost	Kopfgruppe	7
Self-adjusting valves / high cost	Kopfgruppe	6
Selective heat conductivity / current material	Kopfgruppe	19 24 25
Self-adjusting dead volume / current material	Kopfgruppe	22 23
Low pulsation / small size	Durststrecke	3 4
Lower starting torque / small size	Durststrecke	17
Low temperature / big size	Durststrecke	5 24
Many interfaces / low complexity	Steuerung	
Speed control / low complexity	Steuerung	13 15
Easy approbation / high complexity	Steuerung	
Speed control / low cost	Antrieb	
High efficiency / low cost	Antrieb	18
High efficiency / small size	Antrieb	17
Insulate temperature / conduct temperature	Hubkolben & Kurbelwelle	8 24 25
Adjustable for RPM / high cost	Hubkolben & Kurbelwelle	21 22 23
Adjustable for RPM / high reliability	Hubkolben & Kurbelwelle	20 22 23
Low friction / high cost	Hubkolben & Kurbelwelle	9 20 21
Low friction / big tolerances	Hubkolben & Kurbelwelle	9 20 21
No head exchange between suction and discharge linre / low noise	Gehäuse	8 25 19
High heat exchange / low noise	Gehäuse	8 24 19
Small size / low noise	Gehäuse	3 10

Abbildung 30: Ausschnitt aus der Bewertungstabelle des Perception Mapping

Das Ergebnis ist in Abbildung 36 zu sehen. Die WS, die Gemeinsamkeiten aufweisen, sind darin zu Gruppen zusammengefasst.

WS11: lower starting torque vs. small size (Druckstrecke) WS17: high efficiency vs. low cost (Antrieb) WS18: high efficiency vs. small size (Antrieb)	WS6: low suction- discharge work vs. high cost (Kopfgruppe) WS7: self-adjusting valves vs. high cost (Kopfgruppe)
WS20: adjustable for RPM vs. high cost (Hubk./Kurbelw.) WS21: adjustable for RPM vs. high reliability (Hubk./Kurbelw.) WS22: low friction vs. high cost (Hubk./Kurbelw.) WS23: low friction vs. big tolerances (Hubk./Kurbelw.) WS9: self-adjusting dead vol. vs. current material (Kopfgruppe)	WS13: many interfaces vs. low complexity (Steuerung) WS14: speed control vs. low complexity (Steuerung) WS15: easy approbation vs. high complexity (Steuerung) WS16: speed control vs. low cost (Antrieb)
WS5: low temperature vs. big size (Saugstrecke) WS8: selective heat conductivity vs. current material (Kopfgruppe) WS12: low temperature vs. big size (Druckstrecke) WS19: insulate temperature vs. conduct temperature (Hubk./Kurbelw.) WS24: no heat exchange between suction and discharge line vs. low noise (Gehäuse) WS25: high heat exchange vs. low noise (Gehäuse)	WS3: low noise vs. small size (Saugstrecke) WS4: low pressure loss vs. small size (Saugstrecke) WS10: low pulsation vs. small size (Druckstrecke) WS26: small size vs. low noise (Gehäuse)
WS1: Diversifikation vs. Standardisierung (Gesamtsystem) WS2: integrierte Elektronik vs. Kompressor "slave" (Gesamtsystem)	

Abbildung 31: Gruppierung der Widersprüche durch Perception Mapping

5.2.2 Function Analysis

Die Function Analysis gehört bereits zum Werkzeugkoffer der TRIZ-Anwender bei ACC (siehe Kapitel 3.3). Ähnlich wie beim Perception Mapping wurde die Methode zur Widerspruchsanalyse abgewandelt. Statt Komponenten eines technischen Systems, wurden in diesem Workshop WS bzw. WS-Komponenten untersucht. Als vielversprechend erwies sich das ausfüllen einer sogenannten Interaktionstabelle (Abbildung 32). Darin werden die zu analysierenden Elemente in beiden Richtungen aufgetragen. Anschließend werden Beeinflussungen im Tabellenraster bewertet. Gängige Bewertungsschlüssel sind +/-, Ja/nein oder 1/0. Das Arbeiten mit Widerspruchskomponenten fiel den Teilnehmern deutlich leichter, als mit den WS selbst. Statt Beeinflussungen einfach mit Plus oder Minus einzutragen, kam ein Notenschlüssel zum Einsatz. Starke Beziehungen erhielten die Note 3, schwächere die Note 1. Die Ziffer 0 steht für „beziehungslos“.

	WS		1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7
Widersprüche Gesamtsystem			1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
Diversifikation	1	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Standardisierung	1	2	0		3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
integrierte Elektronik	2	3	3	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompressor "slave"	2	4	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Widersprüche der Saugstrecke														
low noise	3	5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
small size	3	6	0	0	0	0	3		0	0	0	1	0	0
low pressure loss	4	7	0	0	0	0	0	3		0	3	3	0	0
low temperature	5	9	0	0	0	0	0	3	0		0	3	0	0
big size	5	10	0	0	0	0	3	0	3	0		0	0	0
Widersprüche der Kopfgruppe														
low suction- discharge work	6	11	0	0	0	0	1	0	1	0	0		1	0
high cost	6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
self-adjusting valves	7	13	0	0	3	0	0	1	3	0	1	3	3	
selective heat conductivity	8	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
current material	8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
self-adjusting dead volume	9	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Abbildung 32: Ein Ausschnitt aus der Interaktionstabelle der Funktionsanalyse

Da die WS-Komponenten sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung vorkommen, lässt sich sogar die Richtung der Verknüpfungen darstellen. Die Frage, die zur Erstellung der Interaktionstabelle führte, lautete deswegen: „Wie stark führt Widerspruchskomponente X zu Widerspruchskomponente Y?“. Abbildung 33 zeigt die Auswertung der Interaktionstabelle in Form eines Netzplans.

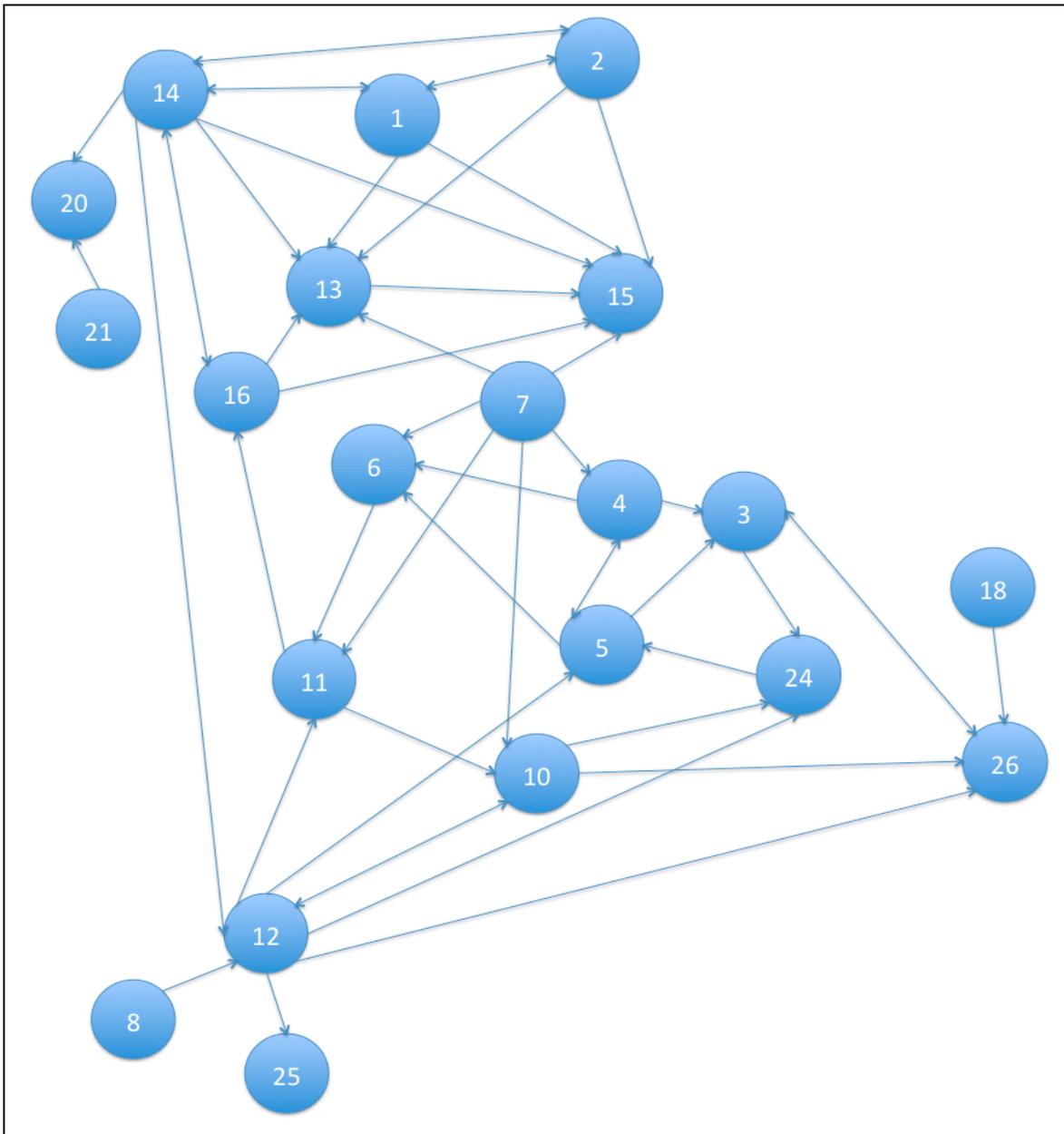


Abbildung 33: Netzplan der Funktionsanalyse

Die Pfeilspitzen zeigen, ob eine Beeinflussung von dem jeweiligen WS ausgeht, oder auf ihn einwirkt. Zum Beispiel wird WS15 von sechs weiteren WS direkt beeinflusst.

6. Zuordnung von Widersprüchen auf Technologiefelder

Wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, sollen mit Hilfe der WS von KK2018 Technologiefelder bestimmt werden, die eine leicht verständliche Zuordnung der TEPs zu einem gemeinsamen Thema ermöglichen. Bis jetzt liegen die WS jedoch in ungeordneter Form vor. Die Bewertung in Euro ist ein Ansatz, eine Gruppierung vorzunehmen (Kapitel 5). Des Weiteren wurden die WS auf Verknüpfungen untersucht. In Sorgers Diplomarbeit wurde vorgeschlagen, die WS nach Branchen, Baugruppen oder Technologien zu ordnen. Es gibt also schon eine Vielzahl von Ansätzen einer Klassifizierung. Ziel dieses Kapitels ist es, einen Weg zu finden, möglichst viele Blickwinkel auf dieses komplexe Thema zusammenzuführen.

6.1 Inputs

Die genannten Sichtweisen kann man als Inputs auf die Betrachtung von Technologiefeldern verstehen. Ohne im Vorhinein eine Wertung über diese Feldinputs vorzunehmen, könnte man sie als gleichwertige Beiträge zur Formulierung von Technologiefeldern sehen (Abbildung 34).

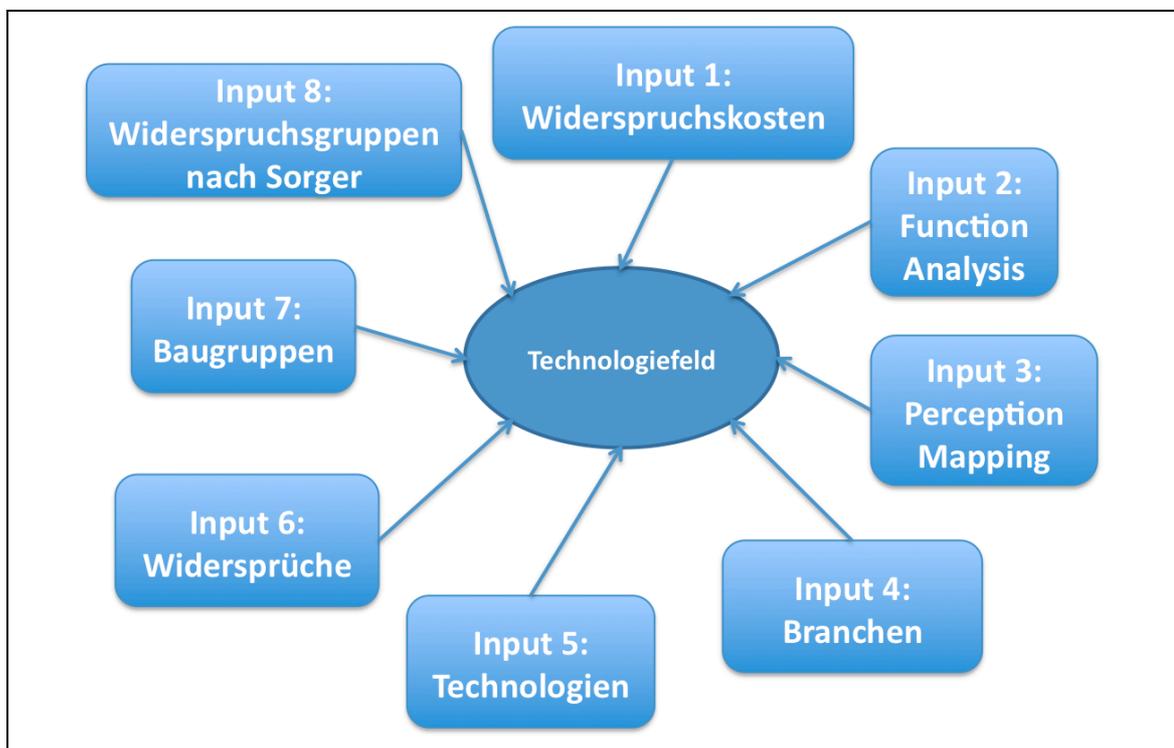


Abbildung 34: Feldinputs

Feldinput 1: Widerspruchskosten

Wie in Kapitel 5 beschrieben, liegt bereits eine kostenmäßige Bewertung der WS vor. Basierend auf Interviews mit Baugruppenleitern und einer Gesamtkostenbetrachtung der Kompressorplattformen können die WS nach ihrem zugewiesenen Eurowert gereiht werden (Abbildung 29). In Abbildung 40 sind die Widerspruchskosten in einem Tortendiagramm dargestellt.

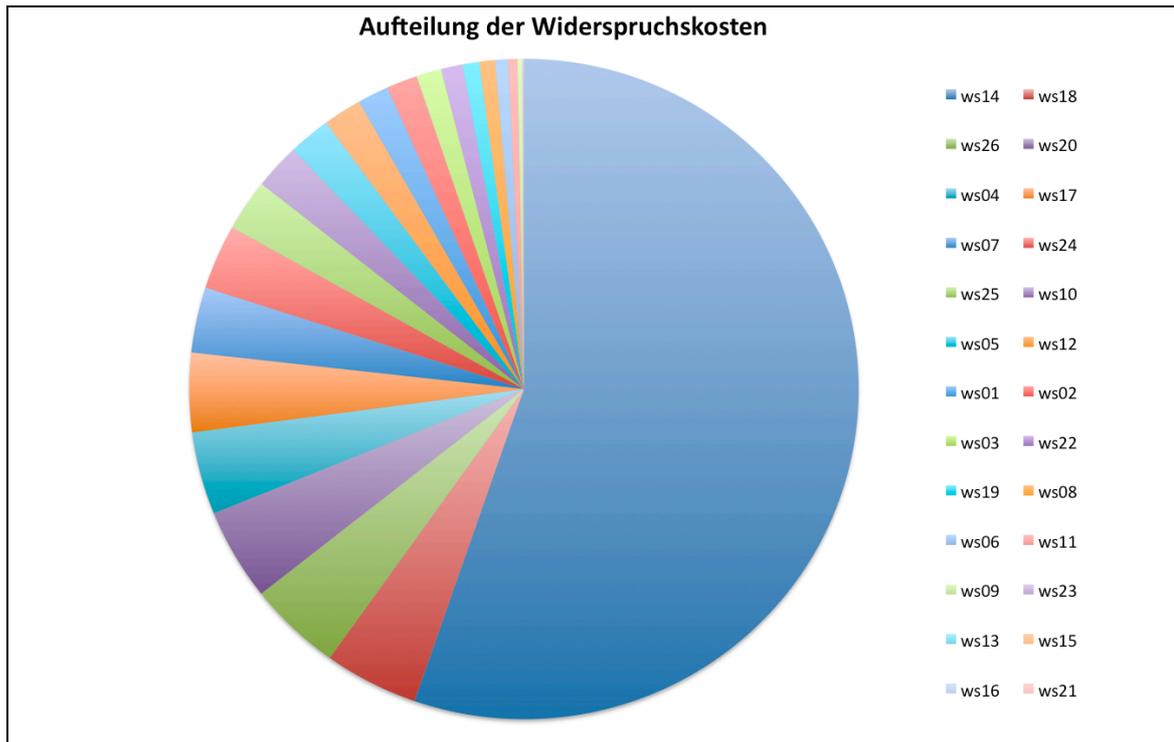


Abbildung 35: Aufteilung der Widerspruchskosten

Ein erster Blick auf diese Auswertung offenbart bereits, dass WS14 (speed control vs. low complexity) in dieser Betrachtung dominiert. Er allein macht schon gut 55% des gesamten Euro-Potentials aller WS aus. Sehr frei interpretiert könnte man hier eine Pareto-Verteilung erkennen, derzufolge 20% aller Ursachen 80% der Wirkung erreichen.⁷⁴ In diesem Fall tragen WS14 bis WS24 zu 80% des Gesamtwerts aller bei. Das sind zwar mehr als 20% aber man kann grundsätzlich feststellen, dass wenige einen überwiegenden Anteil an Kosten verursachen. WS14 verursacht dabei ca. 2/3 der kostenintensivsten acht WS.

⁷⁴ Vgl. Tietjen/Müller (2003), S.69.

Feldinput 2: Function Analysis

Mit der Function Analysis-Methode wurden Anzahl und Wirkrichtung der Zusammenhänge zwischen den WS ermittelt. Dargestellt in einem Netzplan ergibt sich eine unübersichtliche Flut von Informationen (Abbildung 33). Denkbar wäre eine Berücksichtigung der Beeinflussungen nach Häufigkeit, Wert des jeweiligen WS, Richtung etc. In Abbildung 36 wurden zum Beispiel die WS grün hervorgehoben, von denen mindestens vier Beeinflussungspfeile ausgehen. Das zeigt die 8 WS, die sich am stärksten auf andere auswirken.

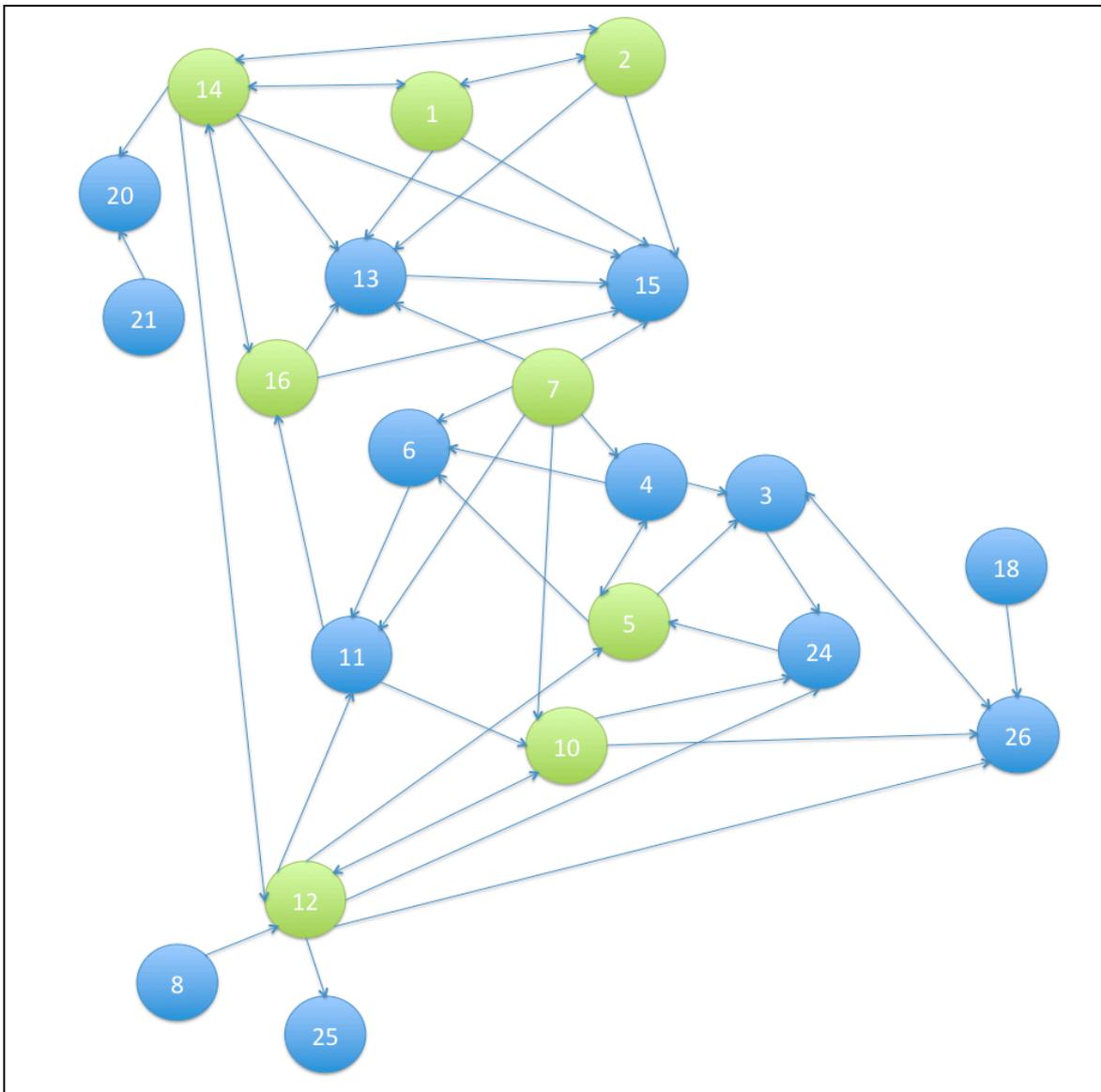


Abbildung 36: Netzplan der Funktionsanalyse mit hervorgehobenen stark beeinflussten Widersprüchen

Feldinput 3: Perception Mapping

Die Durchführung des Perception Mapping-Workshops lieferte nach mehreren Anläufen eine Widerspruchsgruppierung nach gemeinsamen Merkmalen (Kapitel 5.2.1).

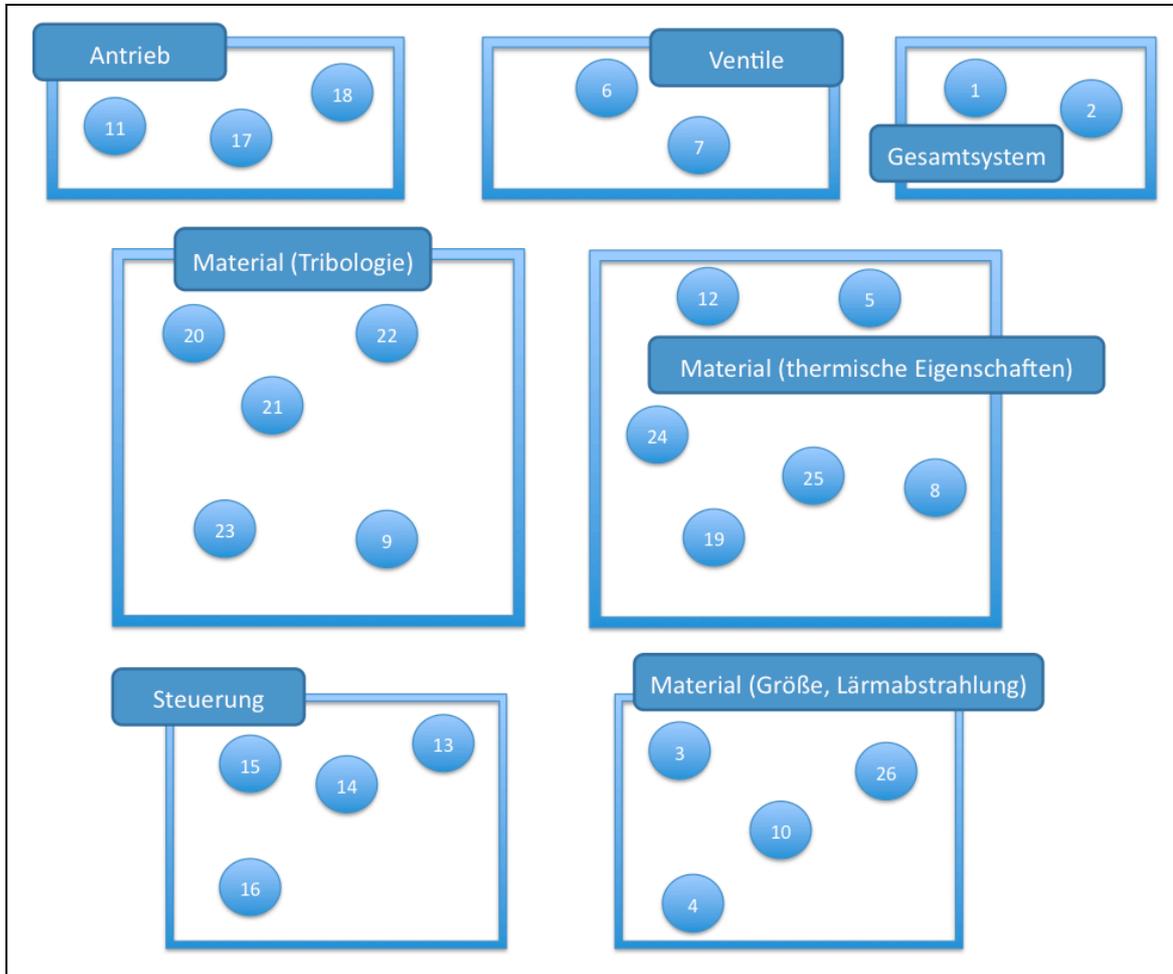


Abbildung 37: Perception Mapping

Abbildung 37 zeigt 7 Widerspruchsgruppen, die beim Perception Mapping nach Gemeinsamkeiten geordnet wurden. Widerspruchskosten und gegenseitige Beeinflussung wurden nicht berücksichtigt.

Feldinput 4: Branchen

Im Zuge der DA Sorger fand eine Brainstorming-Session statt, deren Ziel es war, Themen, Unternehmungen etc. zu finden, die bei der Lösung der WS hilfreich sein könnten. Ein Output davon waren fünf Bereiche, deren

Unternehmungen bereits fertige Lösungen für KK2018 bereit halten könnten, oder potentielle Partner für gemeinsame Entwicklungstätigkeiten beheimaten.⁷⁵

Die Liste geht über Branchen hinaus und beschreibt eigentlich Technologiebereiche. Um der Konsistenz Folge zu leisten, wird der Begriff Branche für folgende Bereiche beibehalten.

1. Elektronik:

- Spielkonsolen
- Autoelektronik (zB. Epcos, Infineon)
- Laptopkühlung
- Handheldtechnologie

2. Medizintechnik:

- Zahnmedizin & Implantattechnik

3. Messtechnik:

- Schallmesstechnik
- Oberflächenbewegungsmesstechnik
- Thermomesstechnik

4. Ausschüsse:

- CECOMAF
- European Compressor Appliance
- Normenausschuss

5. Allgemeine:

- Fahrzeugindustrie
- Bionik
- Nanotechnologie
- Musikgeräte⁷⁶

⁷⁵ Vgl. Sorger (2008), S.86ff.

⁷⁶ Vgl. Sorger (2008), S.86f.

Feldinput 5: Technologien

Ein weiterer Output des oben genannten Brainstormings war eine Liste von Technologien bzw. Fachgebieten, die von ACC-Mitarbeitern genannt wurden. Sie sind zu 10 Gebieten zusammengefasst:

1. Antriebstechnik
2. Regelungstechnik
3. Materialien
4. Akustik
5. Sensorik
6. Simulation
7. Wärmetechnik
8. Kommunikation
9. Kolbensysteme
10. Lagertechnik

Die vollständige Auflistung der Technologien befindet sich im Anhang der Arbeit.

Feldinput 6: Widersprüche

Die WS selbst haben noch keine Ordnung in sich. Sie stellen insofern eine Sortierung dar, als sie schon einen Auswahlprozess hinter sich haben, weil sie als die wichtigsten 26 aus einem größeren Widerspruchspool gefiltert wurden.⁷⁷ Die Inputs 1 bis 3 und 8, stellen schon eine Behandlung des Feldinputs 6 dar. Deshalb bedarf dieser keiner weiteren Berücksichtigung.

Feldinput 7

Eine naheliegende, wenn auch unstrukturierte Herangehensweise, die WS zuzuordnen, ist die Zuweisung zu den bestehenden Baugruppentteams. Diese Gruppierung kam bisher innerhalb dieser Arbeit zur Anwendung

⁷⁷ Vgl. Sorger (2008), S.62ff.

Feldinput 8

Ein Vorschlag von Sorger, die WS nach Gemeinsamkeiten zu neuen Gruppen zusammenzufassen gibt folgende Unterteilung:

1. Temperatur
2. Druck
3. Geräusch
4. Elektronik
5. Antrieb
6. Anpassungsfähigkeit
7. Markt-Kunde-Kommunikation⁷⁸

Es zeigte sich in den Besprechungen zur Technologiefeldbestimmung, dass diese Aufgliederung der Herangehensweise in Feldinput 3 ähnelt (Ergebnis aus Perception Mapping). Das Thema Druck kommt zwar in den Beschreibungen der WS vor, ist aber kein zu behandelndes Problem per se. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass in zukünftigen Projekten mehr Zeit in die klare Definition der WS einfließen sollte. Somit wird dieser Feldinput nicht weiter behandelt.

6.2 Ziele

Aus Kapitel 4.2 lassen sich folgende Ziele eines Technologiefeldes für die Variantenbildung zusammenfassen:

- Bezug auf Widersprüche (Muss)
Somit sind Input 6 bzw. jene, die Input 6 beinhalten, also Feldinput 1, 3 und 8 unbedingt zu berücksichtigen.
- Gute Verständlichkeit (Soll)
Allen Projektmitarbeitern sollen Name und die Abgrenzung der TEPs untereinander klar sein.

⁷⁸ Vgl. Sorger (2008) S.81f.

- Flexibilität (Soll)
Felder sollen nicht zu eng definiert sein, damit im Laufe eines TEPs die Möglichkeit besteht, nicht eingeplante Richtungen einzuschlagen.
- Erleichterte Projektbildung (Soll)
Die vorgeschlagenen Felder sollen den Entscheidungsträgern helfen, TEPs zu bestimmen. Dazu ist eine Ordnung erwünscht, die das Zusammenfassen mehrerer WS zu einem Projekt ermöglicht.
- Personalentwicklung (Wunsch)
Die Weiterentwicklung der organisationalen Wissensbasis liegt im Interesse der Unternehmung und der Mitarbeiter.
- Aufsprengen von Grenzen zwischen Abteilungen (Wunsch)
Die Projektmitarbeiter sollen in TEPs abteilungsübergreifend arbeiten. Daraus soll ein besseres Verständnis der betrieblichen Abläufe und eine verbesserte interne Kommunikation resultieren.

6.3 Variantenbildung

Laut Systems Engineering ist die Variantenbildung immer sinnvoll. Der zeitliche Aufwand rechtfertigt sich dadurch, dass bei frühzeitiger Entscheidung für eine spontane Lösung entsprechend viel Zeit in Detailverbesserungen einer unbefriedigenden Lösung einfließt. Für den seltenen Fall, dass nur eine Lösung wirklich sinnvoll erscheint, geben Varianten die nötige Sicherheit hinsichtlich der Richtigkeit des eingeschlagenen Weges.⁷⁹ Schon bei ersten Zwischenpräsentationen und beim Start erster TEPs wurde deutlich, dass eine nachvollziehbare Projektbildung für neuartige Vorgehensweisen wie in der TE für die Kommunikation mit Projektpartnern unverzichtbar ist. Seitens ACC entstand der Wunsch, auch für Projekte nach KK2018 eine nachvollziehbare Vorgehensweise zur Definition von Technologiefeldern zu entwickeln, die vor allem auch für Mitarbeiter außerhalb der Produktentwicklungsabteilung und externen Partnern gut verständlich ist. Auch wenn einige Schritte zur Felddefinition bereits von Anfang an als zielführend erschienen, war es Ziel dieses Kapitels, mehrere Varianten möglichst unvoreingenommen zu analysieren. Triviale Modelle, wie zB. die Beziehungen aus Feldinput 2 als

⁷⁹ Vgl. Habermüller et al. (2002), S.36.

alleinigen Parameter zu betrachten, fielen dabei schon in einer Vorauswahl aus. Die übrigen Varianten mögen zwar auf den ersten Blick nicht gleichwertig erscheinen, sind jedoch durchführbar und sollen die Vor- und Nachteile anderer Varianten hervorstreichen.

6.3.1 Variante 1: Input 3 (Perception Mapping)

Die Gruppierungen, die aus dem Perception Mapping (Abbildung 37) resultieren, haben bereits Feld-Charakter. Die Namen sind für jeden Mitarbeiter verständlich, die WS klar zugeordnet.

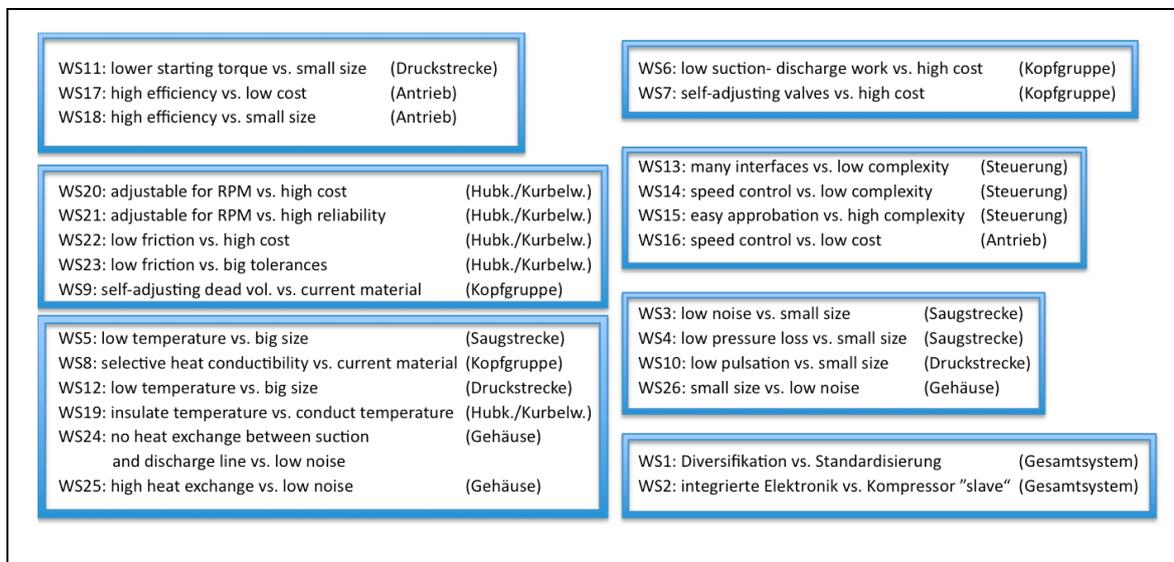


Abbildung 38: Technologiefelder - Variante 1

Es wäre bereits für obige Felder denkbar, Projektteams aufzustellen, die sich nicht aus den derzeit etablierten Baugruppentteams zusammensetzen. Ohne die Bewertung der WS könnte es schwierig sein, konkrete Projekte zu nennen. Die Gemeinsamkeiten der Feldelemente ermöglichen jedoch eine, für den wenig konkreten Charakter eines TEPs angemessene, Orientierung.

6.3.2 Variante 2: Inputs 1, 2, 3 (Widerspruchskosten, Function Analysis, Perception Mapping)

Der oben genannten Vorgehensweise könnte man noch die Bewertung der WS aus Input 1 und 2 vorausschicken. Dies würde zwar mehr Aufwand bedeuten,

ergäbe aber eine gut nachvollziehbare Reihung der Felder untereinander sowie der WS in den Feldern (Abbildung 39). Die Benennung von Projekten sollte damit einfacher sein.

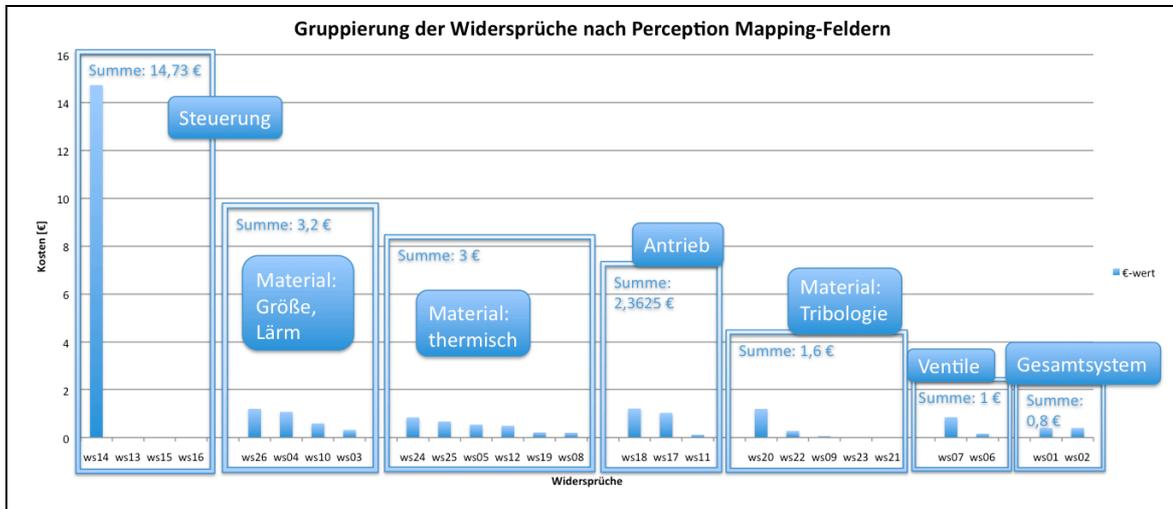


Abbildung 39: Technologiefelder – Variante 2

6.3.3 Variante 3: Inputs 1, 4 (Widerspruchskosten, Branchen)

In Projektteams, oder in Brainstormingsessions mit den F&E-Mitarbeitern werden die WS der Branchenliste gegenübergestellt. Jeder WS bekommt mindestens eine Branche, die zu seiner Lösung beiträgt, zugewiesen (Tabelle 5). Schließlich können die WS nach den zugewiesenen Branchen geordnet werden. Im Idealfall ergeben sich Mehrfachnennungen, wonach zu jeder Branche ein TEP gestartet werden kann. Durch die Eurobewertung der WS wären die Prioritäten der einzelnen Branchen ersichtlich.

Branche	WS 1	WS 2	...	Branchenpriorität
A				5
B		x		7
C	x			3
D		x		2
E				6
F			x	1
...				...

Tabelle 5: Technologiefelder – Variante 3

6.3.4 Variante 4: Inputs 1, 5 (Widerspruchskosten, Technologien)

Analog zu Variante 3 könnten die WS auch mit den bestehenden Technologielisten gefiltert werden.

Es zeigt sich, dass Branchen- und Technologielisten als umfangreiche Sammlungen von Wissensquellen durchaus Berücksichtigung in TEPs finden sollten. Gegen ihre Verwendung beim Erstellen von Technologiefeldern spricht jedoch, dass eine Vorauswahl TEPs bereits in einem sehr frühen Stadium einengt. Außerdem hat es den Anschein, als müssten die Listen noch einmal grundlegend überarbeitet und erweitert werden. In der Frühphase von TEPs könnten neue oder potentiell interessantere Branchen/Technologien auftauchen. Das Wesen dieser Listen führt daher zur Auffassung, dass es eine weitere Möglichkeit wäre, ein Workpackage zum Filtern von Branchen- und Technologielisten etwas später im TEP vorzusehen.

6.3.5 Variante 5: Input 1, 7 (Widerspruchskosten, Baugruppen)

Der geringste Aufwand entstünde vorerst, wenn die WS in den Abteilungen behandelt würden, wo sie definiert wurden. Das heißt, dass z.B. Mitarbeiter aus dem Bereich Gaslinie WS der Saugstrecke bearbeiten. In diesen Abteilungen gibt es jedoch, bedingt durch die langjährige Beschäftigung mit dem jeweiligen Spezialgebiet, schon Ideen für die weitere Entwicklung. Dieser Umstand würde ein TEP, das durch Konzeptunabhängigkeit und große kreative Freiheiten gekennzeichnet sein soll, bremsen. Die Trennung des TEPs vom Tagesgeschäft in Linienarbeit sowie in anderen Projekten wäre zudem schwierig.

6.4 Bewertung der Varianten

Auch bei einer überschaubaren Anzahl von Lösungsmöglichkeiten ist es sinnvoll, bei der Bewertung methodisch vorzugehen, um die Entscheidung rechtfertigen zu können.⁸⁰ Zwei besonders geeignete Methoden zum Variantenvergleich sind Argumentenbilanz und Nutzwertanalyse.

Erstere ist im Prinzip nichts anderes, als eine Auflistung von Vor- und Nachteilen der jeweiligen Variante. Das Verfahren stößt aber schnell an seine Grenzen, wenn die Vor- und Nachteile und deren Gewichtung sehr verschieden sind. Die Bilanz eignet sich deshalb vor allem für schnelle Entscheidungen bei wenig komplexen Problemen.

Die Nutzwertanalyse⁸¹ wird eingesetzt, wenn mehrere Alternativen aufgrund fehlender quantitativer Vergleichsgrößen mittels eines Nutzwertes verglichen werden sollen. Dabei wird folgende Systematik⁸² angewendet:

1. Formulierung der Bewertungskriterien
2. Gewichtung der Teilziele entsprechend der Bedeutung zueinander
3. Bewertung der Alternativen hinsichtlich ihrer Erfüllung der Teilziele
4. Ermittlung der Teilnutzwerte durch Multiplikation der festgelegten Bewertungspunkte mit der hierarchisch niedrigsten Teilzielgewichtung
5. Ermittlung des Gesamtnutzens durch Addition der Teilnutzwerte und Erstellung einer Rangordnung der Alternativen

Als Bewertungskriterien dienen in der Regel die Muss-, Soll- und Wunschziele. Manchmal treten auch im Rahmen der Synthese neue Ziele auf.⁸³ Für die Nutzwertanalyse der Technologiefelder (Tabelle 6) wurden die Kriterien von den Zielen aus Kapitel 6.2 abgeleitet und in Zusammenarbeit mit ACC-Experten gewichtet. Der Benotungsschlüssel reicht von 0 (schlecht) bis 10 (gut).

⁸⁰ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.194.

⁸¹ Vgl. Zangenmeister (1972).

⁸² Vgl. Wohinz et al. (2007), S.63.

⁸³ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.203.

Kriterien	%-Anteil	Note	Var1	Note	Var2	Note	Var3	Note	Var4	Note	Var5
	(g)	(n)	(n*g)								
		(0-10)		(0-10)		(0-10)		(0-10)		(0-10)	
Zeitdauer	5	7	35	4	20	5	25	5	25	9	45
Erweiterbarkeit	10	9	90	9	90	6	60	6	60	8	80
WS-Bezug	40	1	40	9	360	7	280	7	280	7	280
Abteilungsgrenzen	10	8	80	8	80	8	80	8	80	1	10
Projektbildung	10	5	50	8	80	9	90	9	90	2	20
Personalentwicklung	25	8	200	8	200	8	200	8	200	7	175
Summe	100	38	495	46	830	43	735	43	735	34	610

Tabelle 6: Nutzwertanalyse zur Erstellung von Technologiefeldern

6.5 Durchführung der gewählten Variante

Nach der Nutzwertanalyse ist Variante 2 zu bevorzugen. Sie vereint auch die meisten Inputs in sich. Die in Euro bewerteten WS in die Felder des Perception-Mapping einzufügen, bereitet keine weiteren Umstände (Abbildung 39). Nun stellt sich die Frage, wie die Ergebnisse aus der Function Analysis berücksichtigt werden können.

6.5.1 Korrektur der Eurobewertung

Die Beziehungen der WS untereinander sollen berücksichtigt werden. Schlussendlich müssen die €-Werte so angepasst werden, dass vorerst niedrig bewertete WS, die einen großen Einfluss auf andere ausüben, in der Reihung nach oben wandern. Vorerst werden nur die starken Beeinflussungen, die mit 3 bewertet wurden, berücksichtigt.

Mit ACC-Spezialisten wurde eine Vorgehenslogik entwickelt, die zwischen „Einflüssen auf“ und „Auswirkungen von“ WS unterscheidet.



Abbildung 40: Einfluss und Auswirkung eines Widerspruchs

Ein erster Ansatz ist, die Beeinflussungen abzuzählen. Abbildung 41 zeigt, dass sich die meisten Einflüsse, als Punkte dargestellt, im mittleren Diagrammbereich und bei den WS ohne Eurowert befinden.

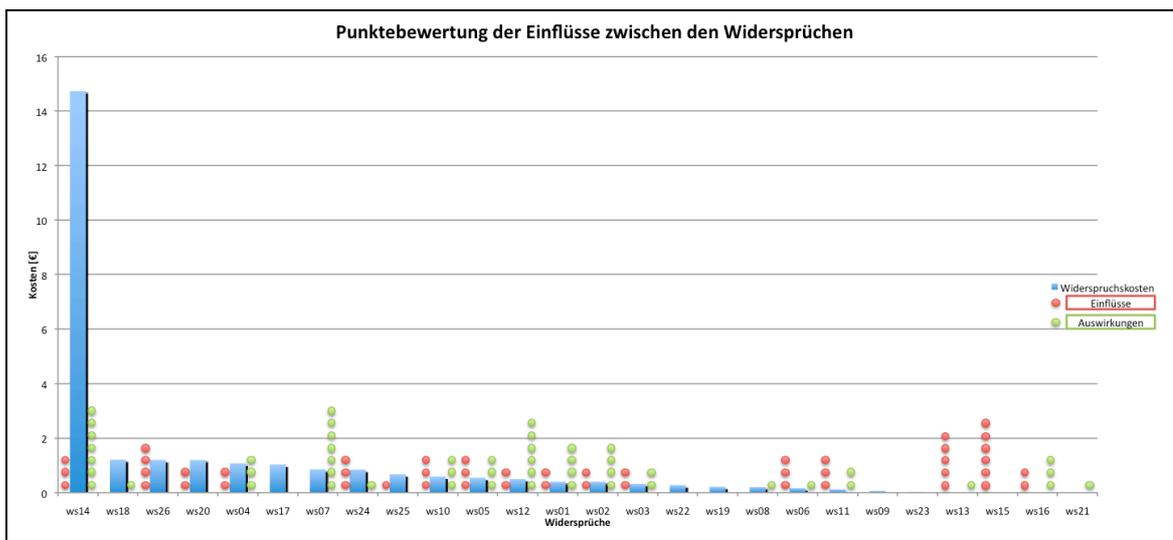


Abbildung 41: Punktebewertung der Einflüsse zwischen den Widersprüchen

Diese Darstellung verdeutlicht, wo sich Widerspruchsbeziehungen konzentrieren und bildet eine Grundlage zur Diskussion der Einflüsse. WS14 überragt die anderen so deutlich, dass eine Neubewertung nichts an seiner Spitzenposition verändern würde. WS10 bis WS3 weisen starke Verknüpfungen auf, haben dabei sehr ähnliche Eurowerte. Ausreißer sind WS7, WS13 und WS15.

Noch aussagekräftiger als die Zuweisung von Punkten wäre die unmittelbare Berücksichtigung in Form eines Euro-Werts. Dafür muss die Anzahl der Widerspruchsverknüpfungen mit einem Korrekturfaktor multipliziert und zum ursprünglichen Eurowert addiert werden. Die Auswirkungen, die ein WS auf andere hat, sollen seinen Stellenwert stärker erhöhen, als die Einflüsse auf ihn. Mit ACC-Experten wurde festgelegt, dass die Auswirkungen drei mal so hoch bewertet werden sollen, wie die Einflüsse. Da es schwerfällt, einen einzigen Korrekturfaktor vorzugeben, wurden mehrere Varianten berechnet und anschließend auf ihre Plausibilität kontrolliert. Als obere Grenze wurden 30 Cent pro Auswirkung angenommen, da der Durchschnittswert der WS, mit Ausnahme von WS14, weniger als 1 Euro beträgt. Die folgende Abbildung zeigt den ursprünglichen Eurowert in blau und den korrigierten Wert in rot. Die Reihung bezieht sich bereits auf die korrigierte Bewertung.

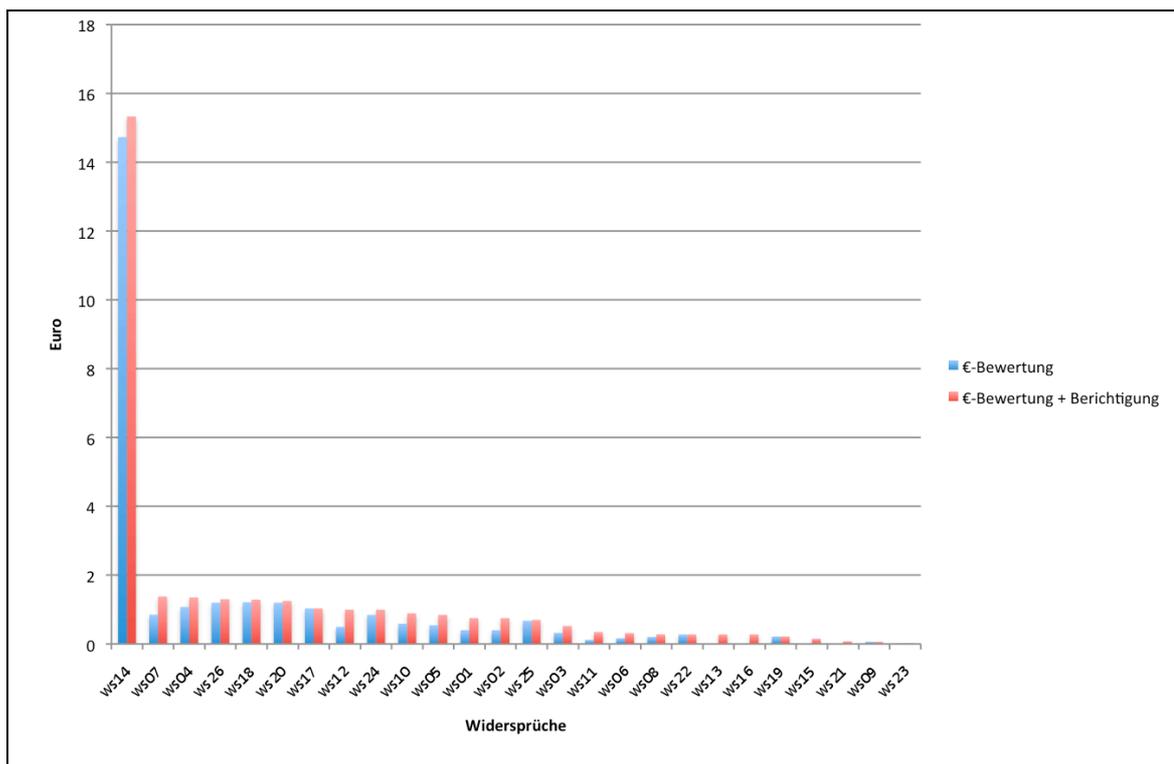


Abbildung 42: Neubewertung der Widersprüche mit Korrekturfaktoren 0,025 & 0,075

Abbildung 42 zeigt eine ähnliche Ausprägung wie die Punktebewertung in Abbildung 41. WS13 und WS15 sind jedoch weniger dominant, weil sie in erster Linie von anderen WS beeinflusst werden. Die größten Sprünge in der Wertung sind, unabhängig vom Korrekturfaktor, bei WS7, WS12, WS10 und WS5 zu

beobachten. Sie betreffen die Ventilsteuerung und die Ausführungen von Druck- und Saugmuffler. Weitere Auswertungen mit unterschiedlichen Korrekturfaktoren befinden sich im Anhang.

6.5.2 Entscheidung durch Expertenbefragung

Durch paarweisen Vergleich der herausgehobenen WS mit Spezialisten der F&E-Abteilung fiel die Entscheidung zugunsten der Korrekturfaktoren 0,025 & 0,075 (Abbildung 42) aus. Es muss angemerkt werden, dass die Entscheidung für einen Faktor einer persönlichen Interpretation der Punktebewertung (Abbildung 41) ähnelt. Wäre die Widerspruchsreihe für ein neues Projekt weniger von einem einzigen WS dominiert, müssten die Korrekturfaktoren erneut auf ihre Plausibilität kontrolliert werden. Für weniger eindeutige Verteilungen gäbe es noch Entwicklungspotential. Vorstellbar wäre ein Korrekturwert, der vom Eurowert des betroffenen WS abhängig ist.

6.5.3 Bewertung der Technologiefelder

Nun können die korrigierten WS in die Felder des Perception Mappings eingefügt werden (Abbildung 43).

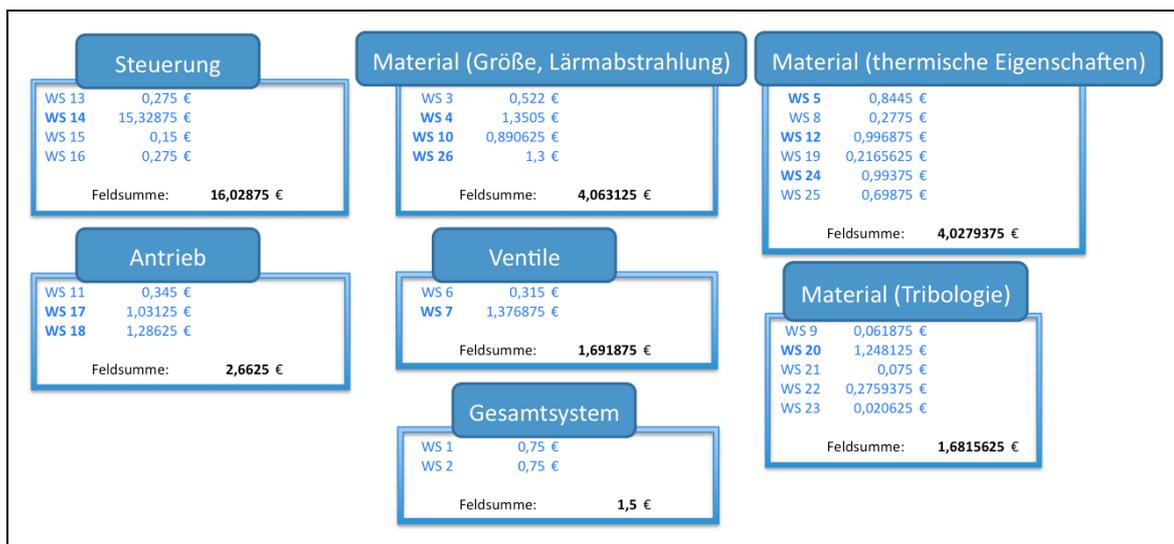


Abbildung 43: Technologiefelder für KK2018

Während das Feld Steuerung die anderen deutlich übertrifft, sind die restlichen Technologiefelder ausgewogener.

6.6 Definition von Projekten

Das Projekt KK2018 wurde noch nicht offiziell gestartet. Anzahl und Umfang der zu startenden TEPs wird von den freien Ressourcen und dem zur Verfügung stehenden Budget abhängen. Da ACC Austria neben den Neuentwicklungen auch Modellpflege und Spezialaufträge abwickelt, ist davon auszugehen, dass nicht die volle Entwicklungsabteilung abgezogen als Personalressource zur Verfügung steht.

Selbst eine vorsichtige Prognose wird voraussagen, dass das wichtigste TEP aus dem Technologiefeld Steuerung gestartet werden wird. Mit gut 16 Euro macht es mehr als 50% des Gesamtpotentials aus. Ein Projekt aus diesem Feld könnte „Geschwindigkeitsregelungskonzepte analysieren“ heißen. Sollten mehrere Projekte vorgesehen sein, können sich diese an den WS orientieren, die im Sinne einer Pareto-Verteilung den Großteil des Gesamtpotentials repräsentieren. Diese wurden in Abbildung 43 fett dargestellt. Obwohl die Elemente der Technologiefelder aus unterschiedlichen Bereichen (Baugruppen) stammen, ließen sie sich gut in Expertengesprächen zu einzelnen Projekten zusammenfassen. Dies ist als Erfolg für die Arbeit mit Perception Mapping zu werten.

Die geplanten Projekte:

- Geschwindigkeitsregelungskonzepte analysieren

Bisherige Konzepte für geschwindigkeitsgeregelte Kühlkompressoren sind derzeit noch zu teuer, um sie gewinnbringend absetzen zu können. Andere Branchen bzw. Preissenkungen bei Elektronikbauteilen sollen Lösungen aufzeigen.

- Vermeidung von Pulsation beim Gaswechsel

Die WS 3, 4 und 10 betreffen die ruckartige Gasbewegung an unterschiedlichen Stellen im Kompressor. Geschickter Umgang mit Muffler-Volumina und strömungsgünstigen Oberflächen werden angestrebt.

- Optimierung der Wärmeabfuhr durch gezielten Materialeinsatz

Der Weg hin zu neuen Materialien oder Materialpaarungen könnte bessere Wärmeabfuhr bei gleichbleibend kompakten Abmessungen ermöglichen. Dies betrifft alle WS aus dem Feld Material – thermische Eigenschaften.

- Analyse alternativer Antriebskonzepte

Bestehende Elektromotorenkonzepte gelten als ausgereizt. Wirkungsgrad und Kosten werden vor allem durch den Materialeinsatz beeinflusst.

- Analyse neuer Lagerungskonzepte

Der erweiterte Drehzahlbereich stellt erhöhte Anforderungen an eine kostengünstige und gleichzeitig zuverlässige Lagerung von Kolben und Kurbelwelle.

- Intensivierung von Kundenbeziehungen

Die Festlegung auf bzw. das Vorgeben von neuen Standards, seien es Aufhängung im Kühlgerät, Anbindung an den Kühlkreislauf etc., sind Entscheidungen, die großen Einfluss auf künftige Marktanteile haben und Vorteile gegenüber der Konkurrenz bewirken können. Je früher der Kunde in die Entwicklung miteinbezogen werden kann, desto geringer die Unsicherheit. Die Auswahl und Einbindung von besonders qualifizierten Kunden im Sinne des Lead-User-Ansatzes von Eric van Hippel beschäftigt sich mit diesem Phänomen.

- Analyse von Ventilsteuerungskonzepten

Derzeit werden die Ventile des Kompressors in Form von einfachen Metallblättchen noch durch Druckdifferenzen des Kühlkreislaufs betätigt. Geregelte Ventile würden nicht nur flexiblere Regelprogramme ermöglichen, sondern auch die Gaswechselerluste minimieren.

7. Phasenmodell der Technologieentwicklung

Zur effizienten Durchführung eines TEPs bedarf es einer systematischen Vorgehensweise. In Kapitel 6.6 wurden bereits Projekte genannt. Aus der Definition eines TEPs bei ACC (Kapitel 4.1) stammt das Ziel, Wissen zu entwickeln. Diese beiden Vorgaben sind der Grund, dass zur Erstellung des TEP-Phasenmodells Prinzipien des Projektmanagements und Elemente des Wissensmanagements einfließen. Anschließend sollen zu den einzelnen TE-Phasen wichtige Workpackages genannt werden.

Die Literatur behandelt Wissensmanagement meist als ein dem Wertschöpfungssystem übergeordnetes System⁸⁴. In wissensintensiven Prozessen wird Wissensmanagement als eine Supportfunktion wahrgenommen⁸⁵. TE bei ACC geht darüber hinaus. Das Erarbeiten von Wissen ist der gewünschte Prozess selbst.

7.1 Einflüsse aus dem Wissensmanagement

Wissensmanagement ist nicht als Management von Wissen, sondern als Management von Wissenssystemen zu verstehen. „Es handelt sich dabei um ein Führungskonzept zur zielgerichteten Gestaltung, Lenkung und Entwicklung einer Organisation unter dem speziellen Aspekt Wissen“. Unterschieden wird zwischen einem technologieorientierten Ansatz, der Daten- und Informationssysteme betrachtet, und einem personenorientierten Ansatz, der sich auf den Menschen als Wissensträger bezieht.⁸⁶

Zur Einteilung der Wissensmanagement-Aktivitäten gibt es in der Literatur unterschiedliche Herangehensweisen. Allen gemeinsam ist, dass sie den Wissensmanagementprozess in logische Phasen gliedern. Dadurch werden Wissensmanagementprobleme systematisiert. Es entstehen Ansatzpunkte für mögliche Interventionen.⁸⁷ Probst definiert einen integrierten Bezugsrahmen

⁸⁴ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.25.

⁸⁵ Vgl. Wissensmanagement Forum (2007), S.102ff.

⁸⁶ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.14.

⁸⁷ Vgl. Schindler (2000), S.53.

des Wissensmanagements, der sechs Kernprozesse unterscheidet (Abbildung 44)⁸⁸.

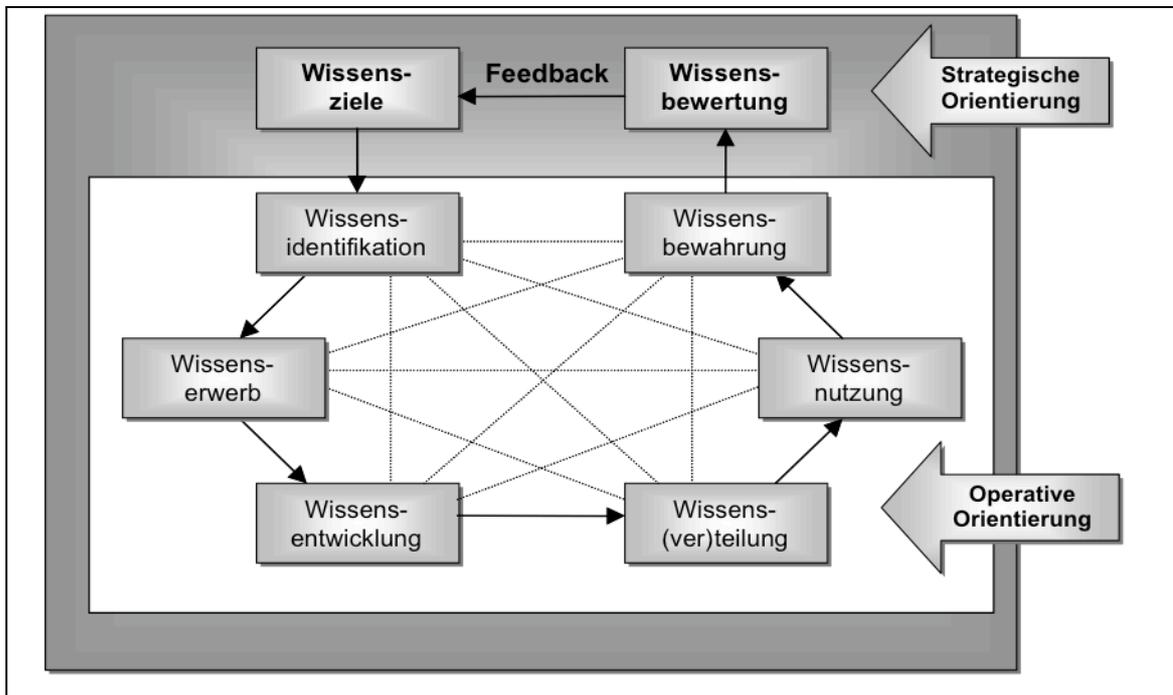


Abbildung 44: Bausteine des Wissensmanagement (nach Probst, Raub und Romhardt)⁸⁹

Diese Elemente sind in Abbildung 45 zu drei Teilprozessen gruppiert.

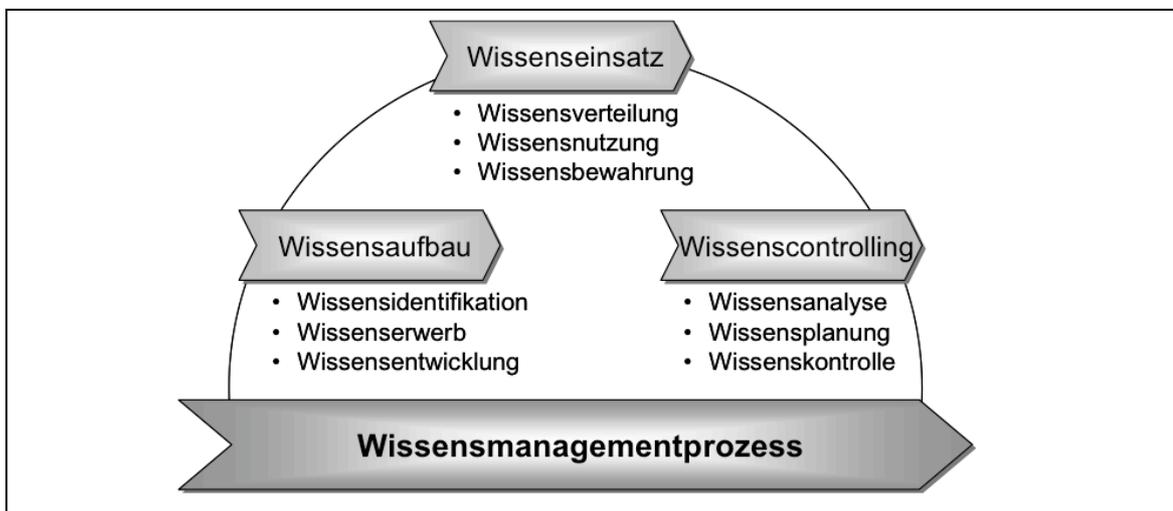


Abbildung 45: Teilprozesse eines prozessorientierten Wissensmanagements⁹⁰

⁸⁸ Vgl. Probst/Raub/Romhardt (1997), S.49ff.

⁸⁹ Wohinz/Oberschmid (2008), S.20.

⁹⁰ Wohinz/Oberschmid (2008), S.36.

- Wissensaufbau

Dieser Prozess betrifft die Generierung von neuem Wissen. Aufgabe der Wissensidentifikation ist es, Transparenz über internes und externes Wissen zu schaffen. Mangelnde Klarheit verhindert effizientes Handeln und beeinträchtigt Entscheidungen.

Wurde ein Wissensdefizit festgestellt, muss das notwendige Wissen erworben werden. Dies kann zum Beispiel auf dem Wege der Kooperation, oder durch Rekrutierung externer Experten geschehen.

Wissensentwicklung zielt auf die Entwicklung neuer Fähigkeiten ab.

- Wissenseinsatz

Zunächst muss neu erworbenes Wissen verteilt werden. Wichtig ist, die Bereitschaft zur Weitergabe von Wissen zu fördern und dafür zu sorgen, dass die richtigen Mitarbeiter miteinbezogen werden.

Die Nutzung des Wissens im Sinne seiner Zweckbestimmung ist das eigentliche Ziel des Wissensmanagements. Dazu ist es notwendig, Barrieren der Nutzung fremden Wissens zu berücksichtigen.

Zum Schutz von Wissensverlusten muss erworbenes Wissen langfristig bewahrt werden. Dazu gehören Dokumentation und Maßnahmen der Personalverwaltung.⁹¹

- Wissenscontrolling

Aufgabe des Wissenscontrollings ist die Einhaltung von Legitimitäts-, Effektivitäts- und Effizienzkriterien. In der Wissensanalyse wird die Ist-Situation erfasst. In der Wissensplanung werden Wissensziele definiert. Die Wissenskontrolle überprüft, ob die gesetzten Ziele erreicht wurden.⁹²

⁹¹ Vgl. Probst/Raub/Romhardt (1997), S.52ff.

⁹² Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.37f.

Für das TEP-Phasenmodell wird vorgeschlagen, die Elemente des Wissensaufbauprozesses zu übernehmen:



Abbildung 46: Technologieentwicklung als Wissensaufbauprozess

7.2 Einflüsse aus dem Projektmanagement

Projektmanagement kann als Überbegriff für alle Management-Aktivitäten zur Abwicklung von Projekten definiert werden. Es handelt sich dabei inhaltlich nicht um Aktivitäten, die das zu lösende Problem selbst betreffen, sondern um das Management des Problemlösungsprozesses. Dazu gehören u.a. die Abgrenzung des Problems, Zielvereinbarungen, Koordination von Ressourcen, Überwachung der Projektgruppe.⁹³

Die Durchführung eines Projekts, gleichgültig, ob es sich um Produktentwicklung, oder um den Aufbau von Wissen handelt, verlangt nach mehr als der Nennung von Projektzielen und einem Startschuss. Entscheidungsträger müssen genannt, Projektteams gebildet und Termine fixiert werden. Außerdem muss unter allen Beteiligten Klarheit über Zweck und Inhalte des Projekts herrschen. Um diese typischen Aspekte in das TEP-Phasenmodell miteinzubeziehen, fließen einige Prinzipien des klassischen Projektmanagements ein.

⁹³ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.243.

7.2.1 *Projektstart*

Die Ingangsetzung ist ein nicht zu unterschätzender Teil eines Projekts. Werden in dieser Phase Aufgaben vernachlässigt, entstehen daraus Probleme, die sich durch das ganze Projekt ziehen. Je nach Umfang oder Komplexität eines Projekts kann es notwendig sein, diverse Ingangsetzungsarbeiten auch während eines laufenden Projekts durchzuführen. Das kann der Beginn einer neuen Phase, Umstrukturierungen etc. sein.

Die Aufgaben der Ingangsetzung:

- Formulierung eines Projektauftrags
- Projektleiter suchen und benennen
- Personalplanung: Aufbauorganisation, Projektgruppe und Entscheidungsinstanzen festlegen
- Projekt-Kick-off (Startsitzung)
- Festlegung von Teilaufgaben und Ablauflogik
- Budgetierung und Aufwandsplanung
- Terminfestlegung
- Planung von Dokumentations- und Berichtswesen

Alle Aufgaben, sollen in einem schriftlichen Dokument, dem sogenannten Projektauftrag möglichst prägnant festgehalten werden. Der Umfang des Projektauftrags hängt von der Größe des Projekts ab. Ein minimaler Formalismus ist auch bei kleinen Projekten zweckmäßig, um etwaige Mißverständnisse früh aufdecken zu können. Ein Projektauftrag sollte so formuliert sein, dass er möglichst zweifelsfrei zu interpretieren ist.

7.2.2 *Inganghaltung*

Zur Inganghaltung zählen alle Aspekte des Lenkens und Kontrollierens der Projektstätigkeiten, zu denen Aufgabenzuordnung, Werkzeugeinsatz, Motivationsmaßnahmen etc. gehören. Zwei wesentliche Bestandteile sind Arbeitsaufträge, die konkrete Workpackages beinhalten und die Projektkontrolle in Form von Fortschrittsberichten und Entscheidungsberichten.

7.2.3 Projektabschluss

Der Abschlussphase von Projekten wird in der Praxis etwas nachlässig behandelt, obwohl sie in der Theorie unumstritten wichtig ist. Es ist zweckmäßig, klare Übergabebedingungen zu planen und umzusetzen. Das Projektteam kann sich dadurch vor häufig auftretenden Zusatzwünschen schützen. Außerdem zwingt ein klarer Übergabezeitpunkt zu einem sorgfältigeren Abschluss der Arbeiten, denn je mehr Möglichkeiten zu einer nachträglichen Korrektur bestehen, desto geringer ist dieser Zwang. Gerade bei internen Projekten, bei denen kein Kunde auf Ergebnisse pocht, ist es in vielen Unternehmungen gang und gäbe, Termin- und Kostenüberschreitungen hinzunehmen, so lange die schlussendliche Lösung die gewünschten Funktionsanforderungen annähernd erfüllt. Ein wichtiges Werkzeug der Abschlussphase ist die Manöverkritik. Ihr Zweck ist es, festzustellen, in welchem Umfang die Projektziele erreicht wurden und was aus den Erfahrungen gelernt werden kann. Projektmitarbeiter erhalten Feedback. Bei erfolgreichen Projekten wird sie oft als unnötige Profilierungsübung gesehen. Bei weniger erfolgreich verlaufenen Projekten wiederum besteht die Gefahr von Schuldzuweisungen.⁹⁴

7.3 Ableitung von Unterphasen des Technologieentwicklungsprojekts

Die Zusammenführung oben angeführter Einflüsse aus Wissens- und Projektmanagement bringt eine weitere Unterteilung der drei TEP-Hauptphasen (Abbildung 46) hervor.

Zu Projektbeginn müssen die Aspekte der Ingangsetzung berücksichtigt werden. Sie fallen in den bei ACC Austria üblichen Meilenstein „Anstoß“.

Um Wissensziele definieren zu können, muss zunächst eine Bestandsaufnahme des organisationellen Wissens stattfinden. Dies geschieht in der Phase „interne Wissenssichtung“. Durch einen Soll-Ist-Vergleich des internen Wissens mit dem bisherigen Projektauftrag sollen Wissensziele

⁹⁴ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.246ff.

definiert werden. Diese Ziele führen zur Überarbeitung und Konkretisierung des Projektauftrags. Den Abschluss der Wissensidentifikation (Abbildung 47) bildet ein Projekt-Kick-off. Am Ende der Wissensidentifikation soll der Wissensbedarf erkannt sein.

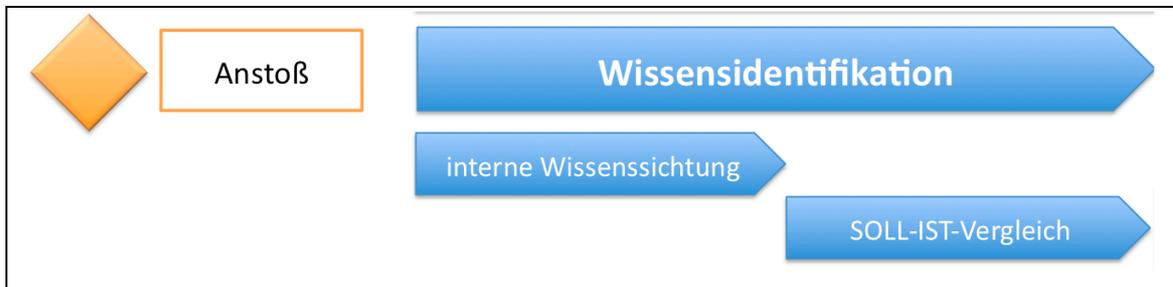


Abbildung 47: Phasen der Wissensidentifikation

Der Wissenserwerb (Abbildung 48) wird in eine Suchphase, „Wissensträger/Quellen hinzuziehen“ und die Phase „Wissen akquirieren“ aufgeteilt. In ersterer soll eine Entscheidung über die anzupfendenden Wissensträger & Wissensquellen fallen. Innerhalb der zweiten Phase wird Kontakt zu externem Wissen hergestellt und eine etwaige Übertragung von externem Wissen beschlossen. Die letzte Phase umfasst vor allem Tätigkeiten des externen Wissensträgers/Quelle, um die vereinbarten Wissensziele zu erfüllen. Der Wissenserwerb ist beendet, wenn das benötigte externe Wissen von internen Wissensträgern erworben ist.



Abbildung 48: Phasen des Wissenserwerbs

Nach dem Wissenserwerb liegt bereits neues Wissen vor, dass in den vorhergehenden Phasen auf ACC-Mitarbeiter übergegangen ist. Ziel der Wissensentwicklung (Abbildung 49) ist, das neue Wissen nutzbar zu machen. In der Phase „Wissen aufbauen“ soll implizites zu explizitem Wissen werden. Die Zusammenarbeit in Projektgruppen soll Wissensteilung möglich machen.

Die Nachbereitung beinhaltet eine Manöverkritik. Schließlich kommt es zum Projektabschluss.

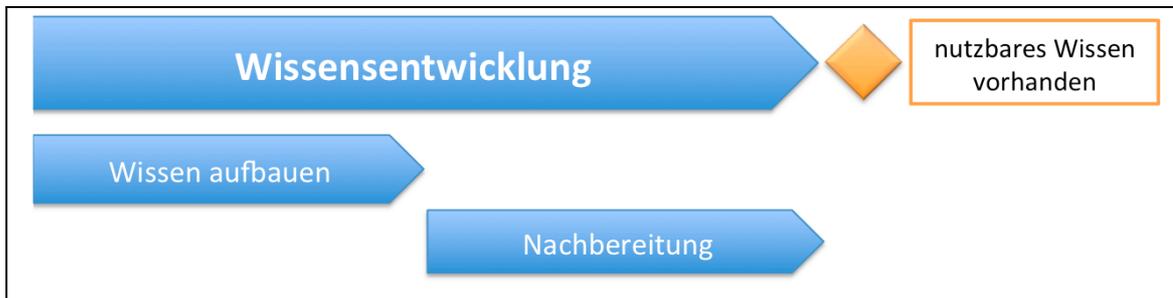


Abbildung 49: Phasen der Wissensentwicklung

Eine Darstellung des gesamten TEP-Phasenplans befindet sich im Anhang dieser Arbeit (Abbildung 56).

7.4 Workpackages in Technologieentwicklungsprojekten

In Zusammenarbeit mit ACC-Experten wurden erste Workpackages für die Phasen des TEPs erstellt, die so allgemein formuliert wurden, dass sie für einfache und für umfangreichere TEPs gültig sind. Jeder Versuch, weiter ins Detail zu gehen, zeigte, dass man dem Anspruch an einen allgemeinen Vorgehensplan nicht mehr gerecht wurde. Es bleibt deshalb nicht aus, dass im Zuge der Erstellung eines konkreten Projektauftrags diverse Änderungen und Erweiterungen auftreten werden. Um die Kernaussage der einzelnen Projektphasen herauszuheben, werden sie in diesem Kapitel genauer erörtert. Zusätzlich wird eine Checkliste angeführt, die als Hilfsmittel zur Erstellung der Workpackages in späteren Projekten dienen soll.

Die Ausprägungen der Workpackages eines TEPs werden von Projekt zu Projekt stark variieren. Es könnten TEPs zustandekommen, in denen mehrere Projektmitarbeiter über einige Jahre mit externen Unternehmungen kooperieren. Genauso könnte ein kleines TEP, das schon nach wenigen Monaten beendet ist, von einer einzigen Person betreut werden.

Um dem Gebot eines Minimums an Formalität gerecht zu werden (Kapitel 7.2.1) sollten für jedes Workpackage eine Reihe von W-Fragen beantwortet werden. Diese sind in nachfolgender Checkliste festgehalten.

Workpackage	WP1	WP2	WP3	WP4	...
Was?	Aufgabeninhalt, qualitativ und quantitativ				
Wann?	Zeitfolgen, -dauern, -punkte				
Wer?	personelle Arbeitszuordnung				
Wie?	Methoden, Tools,...				
Wo?	Ort				
Womit?	Sachmittel, Art und Menge				

Abbildung 50: Checkliste für TEP-Workpackages

7.4.1 Anstoß

- Auftrag durch Sponsor

Eine dem späteren Projektleiter und Team übergeordnete Entscheidungsebene, wie die Geschäftsleitung oder ranghohe Vertreter der betroffenen Bereiche, müssen die Durchführung eines Projekts in Auftrag geben. Oft geht das Hand in Hand mit der Ernennung des Projektleiters. Typische Positionen, die für TEPs in Frage kommen, sind die Leiter der unterschiedlichen Baugruppenbereiche. Parallel zu Gliederung nach Baugruppen wird auch an einer Erfassung des ACC-Expertentums gearbeitet. Sollten sich im Laufe der nächsten TEPs mehr und mehr Spezialisten herauskristallisieren, ergibt sich eine weitere Möglichkeit, Projektleiter zu ernennen. Mögliche Gremien und Instanzen

der Projektarbeit sind in Abbildung 51 zu sehen. Unabhängig von der Art eines Projekts und der gewählten Organisationsform gibt es in jedem Projekt drei verschiedene Funktionsebenen: Die Entscheidungs-, die Leitungs- und die Ausführungsebene⁹⁵.

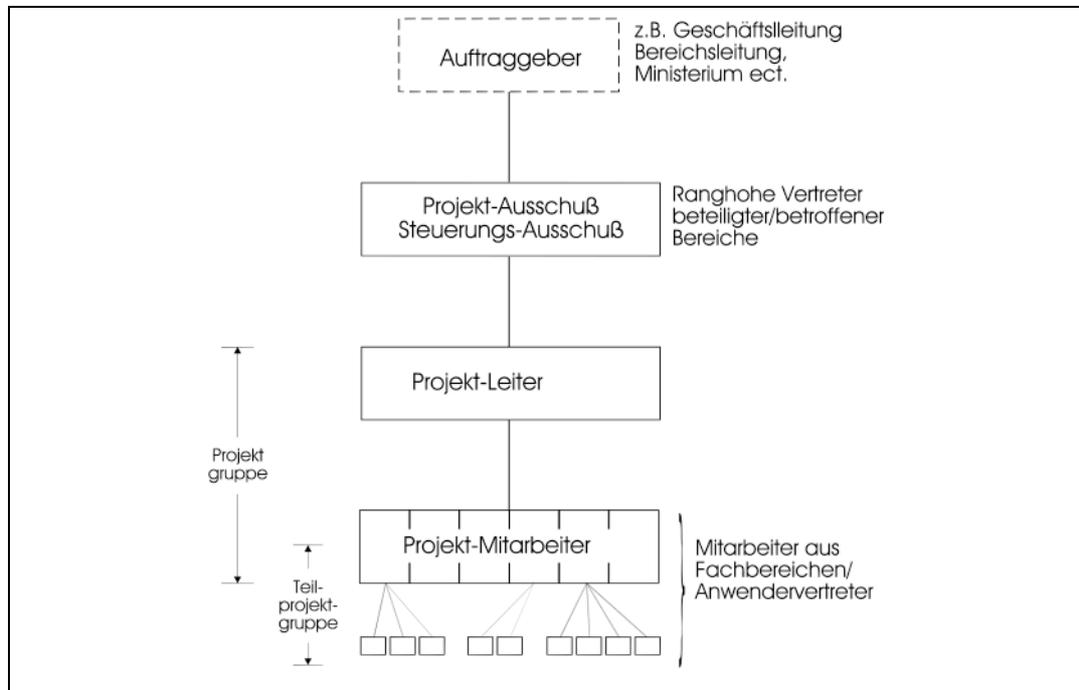


Abbildung 51: Gremien und Instanzen⁹⁶

In der Literatur finden sich standardisierte Stellenbeschreibungen für Projektleiter⁹⁷. Sie beinhalten meist einen umfangreichen Katalog von erwünschten fachlichen Qualifikationen, Führungsfähigkeiten und Erfahrung. Dadurch entstehen imaginäre Bilder von Projekt-Heroen, die Mitarbeiter eher einschüchtern oder von vornherein keine Akzeptanz finden.

⁹⁵ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.269.

⁹⁶ Haberfellner et al. (2002), S.265.

⁹⁷ Haberfellner et al. (2002), S.270.

Eine realistische Herangehensweise orientiert sich an den tatsächlichen Anforderungen eines Projekts. Dabei gibt es zwei wichtige Thesen:

- Die Anforderungen an den Projektleiter hängen von der Art des Projekts ab. Es gibt anspruchsvolle Projekte, die kaum Führung erfordern und es gibt harmlose Projekte, die wegen ihrer geringen Attraktivität durchsetzungsstarke Führungspersönlichkeiten voraussetzen.
 - Die Anforderungen an den Projektleiter sind von den beteiligten Personen abhängig. Das Auswahlgremium wird andere Vorstellungen vom Projektleiter haben, als die Team-Mitglieder.⁹⁸
- Schriftlichen Projektauftrag verfassen

Wie in Kapitel 7.2.1 erwähnt, werden im Projektauftrag alle organisatorischen Rahmenbedingungen eines Projekts schriftlich festgehalten. „Bei der Formulierung des Projektauftrags sollte der Projektleiter wenigstens beigezogen werden.“ Es ist sogar zweckmäßig, wenn er einen Formulierungsvorschlag vorlegt. Dadurch erhält der Projektauftrag den Charakter eines innerbetrieblichen Angebots, das durch seine Annahme verbindlich wird.⁹⁹ Für komplexe Projekte, deren Ziele nicht sofort klar sind, empfiehlt sich eine besonders sorgfältige Auftragsklärung. Auch spätere Anpassungen sind denkbar. Höchste Priorität hat die Vermeidung von unklaren Zielen.¹⁰⁰

7.4.2 *Interne Wissenssichtung*

- ACC-Wissensbasis screenen

Die organisationelle Wissensbasis ist die Summe der zugänglichen individuellen und kollektiven Bestände, sowohl impliziten, als auch expliziten Wissens sowie der Daten- und Informationsbestände einer

⁹⁸ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.270f..

⁹⁹ Vgl. Haberfellner et al. (2002), S.249.

¹⁰⁰ Vgl. Mayrshofer/Kröger (1999), S.53.

Organisation¹⁰¹. Bevor Ziele bezüglich eines Wissenserwerbs formuliert werden, muss Klarheit über das in der Unternehmung vorhandene Wissen bestehen. Die Auseinandersetzung mit internem Wissen ist keineswegs alltäglich. Deswegen wird die Schaffung von Transparenz über internes Wissen als eine zentrale Aufgabe von Wissensmanagement gesehen¹⁰².

Wie in Kapitel 7.4.1 bereits erwähnt, hat sich bei ACC Austria, unabhängig von den Baugruppen, eine Klassifizierung von Spezialisten für Themen wie Akustik oder Thermodynamik eingebürgert. TEPs sollen die Entwicklung des Spezialistentums vorantreiben.

Eine Möglichkeit, die Wissenstransparenz einer Unternehmung zu steigern, sind sogenannte Wissenskarten. Das sind graphische Verzeichnisse von Wissensträgern, Wissensbeständen, Wissensquellen, Wissensstrukturen oder Wissensanwendungen. Sie erleichtern das Auffinden von Wissensträgern oder –quellen und das Einordnen neuen Wissens in bestehendes.¹⁰³

7.4.3 Soll-Ist-Vergleich

- Wissensziele nennen

Ausgehend von den groben Zielen im Projektauftrag und der Analyse der ACC-Wissensbasis sollen nun Wissensziele definiert werden. Die Literatur unterscheidet zwischen drei Arten von Wissenszielen:

1. Normative Wissensziele bilden die Basis einer wissensfreundlichen bzw. wissensbewussten Organisationskultur. Sie werden im Wissensleitbild einer Unternehmung festgehalten.
2. Strategische Wissensziele definieren das organisationale Kernwissen und legen fest, welches Portfolio an Fähigkeiten in

¹⁰¹ Schindler (2000), S.115.

¹⁰² Vgl. Gehle/Mülder (2001), S.40.

¹⁰³ Vgl. Probst/Raub/Romhardt (1997), S.107f

Zukunft angestrebt wird. Somit legen sie fest, welches Wissen zu bewahren und welches in Zukunft aufzubauen bzw. zu erwerben ist.

3. Operative Wissensziele übersetzen die normativen und strategischen Wissensziele in Teilziele, die mit konkreten Maßnahmen erreicht werden können.¹⁰⁴

An dieser Stelle im TEP geht es um die Formulierung operativer Wissensziele. Die Beschäftigung damit sollte aber auch die Auseinandersetzung mit strategischen und operativen Zielen ermöglichen. Ein wissensbasierter Strategieansatz postuliert nämlich, „dass strategische Entscheidungen einer Unternehmung unter Beachtung der Wissensbasis zu treffen sind und Wissen die zentrale und oft einzige strategische Ressource einer Organisation ist.“¹⁰⁵

- Projektauftrag überarbeiten

Sind operative Wissensziele definiert, sollte der Projektauftrag neu aufgesetzt werden. Das betrifft nicht nur die Aufnahme der Wissensziele, sondern auch terminliche, personelle u.a. Änderungen, die sich aus ihnen ergeben.

- Kick-off-Veranstaltung abhalten

Das Signal „Jetzt geht es los!“ ist besonders wichtig für beteiligte Mitarbeiter, die bisher noch nicht in die Projektplanung miteingebunden waren. Neben formellen Dingen, wie Bekanntgabe der Ziele, der Organisation, etc. haben die Beteiligten die Gelegenheit, sich kennenzulernen. Der informelle Teil ist mindestens so wichtig, wie der formelle.¹⁰⁶ Es kommt immer wieder vor, dass einzelne Mitarbeiter und Untergruppen eines Projekts unabhängig voneinander mit dem Projekt beginnen, ohne sich einmal getroffen zu haben. Da jeder mit der

¹⁰⁴ Vgl. Wohinz/Oberschmid (2008), S.38.

¹⁰⁵ Wohinz/Oberschmid (2008), S.6.

¹⁰⁶ Vgl. Schweizer (2001), S.111.

Information arbeitet, die er zufällig bekommen oder aus seinem Blickwinkel verstanden hat, läuft die Arbeit oft aneinander vorbei. Dieser unkoordinierte Anfang führt leicht zu chaotischen Zuständen im Projekt. Misstrauen, widersprüchliche Aussagen und Unklarheiten über Projektziele sind die Folge¹⁰⁷. Es empfiehlt sich also, eine offizielle Start-Veranstaltung abzuhalten. Dazu gehören die Vorstellung der beteiligten Instanzen, des aktuellen Projektauftrag, des Zeitplans der Projektphasen mit den ersten Meilensteinen, etc. Schließlich folgt in der Regel eine Diskussion von Erwartungen und Interessen der Mitarbeiter.

7.4.4 Wissen suchen

- Technologielisten screenen

Zu den KK2018-Widersprüchen wurden Listen mit relevanten Branchen und Technologien erstellt. „Bei der Wissensidentifikation wird viel Zeit und Energie verschwendet, weil man die falschen Wissensträger befragt oder ungeeignete Wissensquellen nutzt.“¹⁰⁸ Das sollen die vorhandenen Listen verhindern. Sie erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, unterliegen außerdem in Zeiten hoher Innovationsflut einem ständigen Aktualisierungsbedarf. Es wäre denkbar, für zukünftige Projekte eine mitwachsende Wissensquellendatenbank anzulegen. Wissensträger sind Experten, Professoren, Berater, Lieferanten und Kunden. Zu den Wissensquellen zählen Unternehmungsverbände, Archive, externe Datenbanken, Messen, Fachzeitschriften und unter Einschränkungen auch das Internet. In dieser Phase ist Initiative der Projektgruppe gefragt, um Ideen zu generieren. Hier sollte nicht an Zeit gespart werden.

- Externe Berater befragen

Ergeben sich aus der vorhergehenden Phase keine vielversprechenden externen Wissensquellen, besteht die Möglichkeit, externe Berater

¹⁰⁷ Vgl. Mayrshofer/Kröger (1999), S.133.

¹⁰⁸ Probst/Raub/Romhardt (1997), S.129.

hinzuzuziehen. Diese sogenannten Wissensbroker haben sich darauf spezialisiert, Wissensfelder zu überblicken und für Unternehmungen nutzbar zu machen.¹⁰⁹ Dipl. Ing. Jantschgi schlägt in diesem Zusammenhang z.B. Dr. Omar Taghezout¹¹⁰, einen Spezialisten für Patent- und Literaturrecherchen vor.

- Entscheidung über Wissensträger fällen

Liegt eine Vielzahl von Vorschlägen vor, muss im Sinne des TEP-Umfangs eine Entscheidung getroffen werden, welche Wissensträger bzw. Wissensquellen „angezapft“ werden sollen.

7.4.5 Wissensträger/Quellen hinzuziehen

- Kontakt zu Wissensträgern/Quellen herstellen

Die ausgewählten Wissensträger müssen zu einem ersten Treffen eingeladen werden. In diesem rein organisatorischen Schritt geht es lediglich um die Kontaktaufnahme. Handelt es sich nicht um Personen, sondern um Wissensquellen, werden verantwortliche Stellen, wie Messeorganisationen, Abo-Service und dergleichen kontaktiert.

- Meeting abhalten

Im Zusammentreffen mit potentiellen Partnern wird das TEP vorgestellt. Daraufhin können die Wissensträger das Projekt beurteilen und ihr Interesse an einer Zusammenarbeit bekunden.

- Entscheidung über Zusammenarbeit treffen

Sind Wissensträger an einer Zusammenarbeit interessiert, wird diese nun besiegelt. Da es sich sozusagen um ein Projekt im Projekt handelt, müssen alle relevanten Bedingungen festgehalten werden. Dazu dienen vor allem eine Reihe von Verträgen. Erste TEPs, die schon während der

¹⁰⁹ Vgl. Probst/Raub/Romhardt (1997), S.129.

¹¹⁰ Vgl. <http://www.stenum.at/de/index.php?id=inside/team/taghezout>, Zugriffsdatum 22.03.2010.

Verfassung dieser Arbeit gestartet wurden, zeigten, dass zwei Faktoren von besonderer Wichtigkeit für den reibungslosen Anlauf solcher Projekte sind. Das ist zum einen die Ernennung eines Projektbetreuers aus der ACC-Projektgruppe, der eine wichtige Funktion als Anlaufstelle und Kontrollorgan übernimmt. Zum anderen sind das klar definierte Ziele. In Zusammenarbeit mit dem ACC-Management wurde ein Muss-Ziel festgelegt: Am Ende der Wissensakquirierung müssen Konzeptprototypen vorliegen. Damit sind Prototypen gemeint, die mit Hilfe der untersuchten Technologie hergestellt wurden. Die Anwendbarkeit im System Kühlkompressor wird dabei noch außer Acht gelassen. Zum Beispiel wurde bereits eine Dissertation in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik der TU Graz gestartet. Als Ziel wurden fünf ausgeführte Paarungen von unterschiedlichen Werkstoffen vereinbart.

7.4.6 *Wissen akquirieren*

- Projekt starten

Ab dem Starttermin liegen die Aufgaben zur Erreichung der vereinbarten Ziele in der Hand der externen Wissensträger. Zu typischen Aktivitäten zählen Schulungen, Vorträge, Prototypenbau, etc., bei denen ACC-Mitarbeiter aus den Projektgruppen eingebunden werden.

- Externe Tätigkeiten betreuen

Der ACC-Projektbetreuer hat in dieser wichtigen Phase als Bindeglied zwischen ACC und dem Projektpartner zu fungieren. Er überwacht die Einhaltung von Terminen und steht für Anfragen zur Verfügung. Seine Aufgabe ist mit Übergabe des Konzeptprototypen beendet.

7.4.7 *Wissen aufbauen*

Durch die Zusammenarbeit mit externen Wissensquellen, die Neuanstellung eines Experten oder Hinzuziehen von Wissensquellen im

Laufe des Projekts haben ACC-Mitarbeiter neues Wissen erworben. Wissen ist aber nicht gleich Wissen. Wie in Kapitel 4.3 erwähnt, entsteht Wissen erst dadurch, dass Informationen in Kontext gesetzt werden. In der Vorentwicklung (VE), die auf die Technologieentwicklung (TE) folgt, soll das neue Wissen in Kompressorkonzepte einfließen. Auch wenn Wissensentwicklung nach dem Verständnis von Probst vor allem aus der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse besteht, was im Fall der ACC-Produktentwicklung erst in der Vorentwicklung passiert, muss bereits in dieser Phase der Grundstein zur Weiterentwicklung des Erworbenen Wissens gesetzt werden¹¹¹. Des Weiteren wird mit Wissensentwicklung hier auch die Explizierung von gerade erworbenem Wissen verstanden. Denn explizites Wissen kann leichter geteilt und bewahrt werden. Man darf sich nicht nur auf einzelne Experten verlassen, man muss auch kollektive Fähigkeiten, wie das kollektive Problemlösen in heterogenen Teams, entwickeln¹¹².

- Dokumentation abschließen

Zur Schaffung eines wissensfreundlichen Arbeitsumfelds gehört auch, die neu erworbenen Fähigkeiten vollständig zu dokumentieren und allen gut zugänglich zu machen. In diesem Workpackage sollen alle Statusberichte, Zwischen- und Endergebnisse des Wissenserwerbs zusammengefasst und abgespeichert werden.

- Maßnahmen zur Wissensteilung & Explizierung einleiten

Neben der allgemeinen Akzeptanz von Wissensmanagement auf allen Organisationsebenen hilft das Herstellen von innovationsfördernden Freiräumen und die umfassende Anwendung von Kreativitätstechniken bei der Wissensentwicklung. Eine Möglichkeit, erworbenes Wissen zur Anwendung zu bringen, ist die Umsetzung von kreativen Ideen der ACC-Mitarbeiter. Zu diesem Zweck existiert bereits ein Erfindungsbriefkasten bei ACC-Austria, der allen Angestellten zur Verfügung steht, die

¹¹¹ Probst/Raub/Romhardt (1997), S.177.

¹¹² Probst/Raub/Romhardt (1997), S.176.

Verbesserungsvorschläge zu Produkten oder Prozessen innerhalb ACC oder sonstige interessante Ideen haben. Auch ein firmeninterne Innovationswettbewerbe in Zusammenhang mit den TEPs wären denkbar.

7.4.8 Nachbereitung

- Manöverkritik durchführen

Die meisten Projekte enden mit einem Endspurt. „Andere Projekte werden überhaupt nie offiziell abgeschlossen und versanden in der Hektik des Alltags.“ Einige werden bewusst abgebrochen. Beinahe allen gemeinsam ist, dass sie enden, ohne dass bewusst aus den Erfahrungen gelernt wird.¹¹³ Gibt es keine offizielle Manöverkritik, findet das Lernen aus Erfahrungen nur auf individueller Ebene statt. Ziel ist es also, positive und negative Erfahrungen für alle nutzbar zu machen.

- Abschlussveranstaltung abhalten

Genauso wie die Kick-off-Veranstaltung den Mitarbeitern den Start eines gemeinsamen Vorgehens vermittelt, dient die Abschlussveranstaltung der offiziellen Beendigung. Mit der Teamauflösung wird auch die Verantwortung, die eine Position in der Projektorganisation mit sich bringt, wieder abgegeben. Ein wichtiger Aspekt, der in der Literatur herausgehoben wird, ist die Würdigung von erfolgreicher Arbeit. Bleibt sie aus, ist in nachfolgenden Projekten mit wenig Motivation zu rechnen.¹¹⁴

¹¹³ Vgl. Mayrshofer/Kröger(1999), S.167.

¹¹⁴ Vgl. Schweizer (2001), S.129.

7.5 Bemerkungen

Es ist zu berücksichtigen, dass dieses Modell keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat.

In die Erstellung dieser Vorgehensweise sind bisher nur wenige Erfahrungen aus der Praxis eingeflossen, da das Projekt KK2018 noch nicht gestartet wurde.

Das Projektmanagement ist ein mächtiges Werkzeug, dessen umfangreiche Behandlung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist. ACC Austria arbeitet jedoch schon seit vielen Jahren in Projekten. Die komplexen Anforderungen der Projektarbeit sind also bekannt.

Wissensmanagement geht über die Bausteine nach Probst hinaus. Die Disziplin ist noch relativ jung und es gibt viele Vorschläge in der Literatur, wie konkrete Probleme im Umgang mit Wissen behandelt werden können. Im Bezug auf Technologieentwicklung bei ACC ist zu erwähnen, dass das obige Phasenmodell „Wissen vom Reißbrett“ darstellt. Die verbissene Durchsetzung solch idealer technischer Systeme, ohne Miteinbeziehung der betroffenen Personen ist nicht zielführend¹¹⁵. Die Mitarbeiter sollten also bei der Umsetzung von Technologieentwicklung aktiv eingebunden werden.

¹¹⁵ Vgl. Schneider (2001), S.42ff.

8. Zusammenfassung & Ausblick

ACC hat sich mit immer höher entwickelten Produkten die Rolle des Kostenführers im High Performance-Segment von Kältemittelkompressoren errungen. Mit der Vision, auf Basis von TRIZ-Widersprüchen sehr früh neueste Technologien zu akquirieren, wurde der Grundstein für ein neuartiges Produktentwicklungskonzept gelegt.

In dieser Diplomarbeit wurden bereits definierte Widersprüche zum Projekt KK2018 aufgegriffen, bewertet und zu Technologiefeldern gruppiert. Anschließend wurde eine allgemeine Vorgehensweise für sogenannte Technologieentwicklungsprojekte entwickelt.

Zunächst wurden die für die vorliegende Arbeit essentiellen Begriffe Technologieentwicklung, Technologiefeld und Wissen abgegrenzt und definiert. Im Zuge dessen wurden gemeinsam mit dem ACC-Management die bisherigen Produktentwicklungsphasen überdacht und neu festgelegt. Diese Umstrukturierung ermöglichte es, Wissen als die wichtigste strategische Ressource der Unternehmung zu identifizieren.

Anschließend wurden die Widersprüche mit Hilfe verschiedener Methoden bewertet. Die Herausforderung bestand darin, abweichende Wahrnehmungen der Widersprüche von Mitarbeitern einzelner Entwicklungsabteilungen zusammenzuführen. Ein Nebenprodukt dieser Phase war die Darstellung der bei ACC Austria gefertigten Kompressorplattformen in der sogenannten Systemkostenbetrachtung. Diese stellt den tatsächlichen Herstellkosten Opportunitätskosten in Form von Wirkungsgradverlusten, Lärm, Bauraum und Zusatzfunktionen gegenüber.

Der nächste Abschnitt beschäftigte sich mit Gruppierung der Widersprüche zu Technologiefeldern. Zunächst wurden fünf Varianten zur Erstellung eines Technologiefeldes vorgeschlagen und in einer Nutzwert-Analyse bewertet. Die am besten geeignete Variante wurde schlussendlich ausgearbeitet. Das Ergebnis waren sieben Technologiefelder, zu denen jeweils ein Technologieentwicklungsprojekt vorgeschlagen wurde.

Abschließend wurde ein Phasenmodell für Technologieentwicklungsprojekte eingeführt, das auf den Bausteinen des Wissensmanagements basiert. Zu jeder Phase wurden Workpackages definiert, die sich in jedem Technologieentwicklungsprojekt wiederfinden.

Bisher stehen ein Testlauf des Modells und ein anschließendes Feedback aus, allerdings wurde das Phasenmodell bereits zur Budgetplanung für das Jahr 2011 herangezogen. Des Weiteren stellte sich Systemkostenbetrachtung als wirkungsvolles Instrument in der Kommunikation mit Kunden heraus. Als positiven Nebeneffekt von Technologieentwicklungsprojekten erwartet sich ACC das Loslösen von bestehenden Organisationsstrukturen, da in abteilungsübergreifenden Projektteams gearbeitet werden soll. Dadurch soll das organisationale Lernen gefördert werden.

Optimierungspotentiale wurden bei der Definition und Bewertung der Widersprüche erkannt. Es fiel auf, dass nicht alle Widersprüche klar abgegrenzt waren, was bisweilen zu Missverständnissen führte. Außerdem wurden von ACC Mitarbeitern relevante Widersprüche genannt, die bisher keine Beachtung fanden. So wurde zum Beispiel das Potential einer flexiblen Plug and Play-Lösung für die Anbindung des Kompressors im Kühlschrank mehrfach thematisiert. Hinsichtlich der Widerspruchsbewertung besteht die Möglichkeit die Rolle der gegenseitigen Beeinflussung intensiver zu beleuchten.

Literaturverzeichnis

ACC 2010a: Aufgabenbeschreibung für den Werkvertrag, firmeninternes Dokument KB23019-A.

ACC 2010b: Informationen für unsere neuen Mitarbeiter, firmeninternes Dokument A0060-Q.

ACC 2010c: delta explosion drawing, firmeninternes Dokument KB16675-D.

ACC 2010d: TRIZ DOCS, firmeninternes Dokument KB-19699-B.

ACC 2010e: Product Development ACC Austria, firmeninternes Dokument KB-23798.

ACC 2010f: Way CC 2018, firmeninternes Dokument KB 22037-A.

GEHLE, M.; MÜLDER, W.: Wissensmanagement in der Praxis, Frechen 2001.

HABERFELLNER R. et al.: Systems Engineering –Methodik und Praxis, 11. Auflage, Zürich 2002.

HERB, R.; HERB, T.; KOHNHAUSER, V.: TRIZ – Der systematische Weg zur Innovation, Landsberg 2000.

HIPPEL, E. V.; THOMKE, S.; SONNACK, M.: Creating Breakthroughs at 3M, in: Harvard Business Review, 1999, September-October, Reprint 99510.

KLEIN, B.: TRIZ/TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens, 2. Auflage, München 2007.

MANN, D.: Hands-On Systematic Innovation for Business and Management, 2. Auflage, Devon 2007.

MAYRSHOFER D.; KRÖGER, H.: Prozesskompetenz in der Projektarbeit, Hamburg 1999.

NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung, 3. Auflage, Wiesbaden 2002.

PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: Wissen Managen- Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen, Wiesbaden 1997.

PUCHER, M.: Erstellung der Vorgehensweise für Technologieentwicklungsprojekte in der Forschung und Entwicklung am Beispiel der Kältemittellekompressorindustrie, Masterarbeit, Fachhochschule Campus02 Graz, 2009.

REHÄUSER, J.; KRCCMAR, H.: Wissensmanagement im Unternehmen, Hohenheim 1996, zitiert in: GEHLE, M.; MÜLDER, W.: Wissensmanagement in der Praxis, Frechen 2001.

SCHINDLER, M.: Wissensmanagement in der Projektabwicklung, Lohmar 2000.

SCHNEIDER, U.: Die 7 Todsünden im Wissensmanagement- Kardinaltugenden für die Wissensökonomie, Frankfurt/Main 2001, zitiert in: WOHINZ, J.; OBERSCHMID H.: Wissensmanagement, 5. Auflage, Graz 2008.

SCHUMPETER, J.A.: Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 7. Auflage, Berlin 1987, zitiert in: WOHINZ, J.; EMBST, S.; OBERSCHMID H.: Betriebliches Innovationsmanagement, Graz 2008.

SCHWEIZER, P.: Systematische Lösungen realisieren -Innovationsprojekte leiten und Produkte entwickeln, Zürich 2001.

SORGER, M.: Identifizierung von Potentialen sowie von Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkten am Beispiel des Kältemittelaggregates, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 2008.

STREBEL H.: Innovations- und Technologiemanagement, 2. Auflage, Wien 2007.

TIETJEN, T.; MÜLLER, D.: FMEA-Praxis –Das Komplettpaket für Training und Anwendung, 2. Auflage, München 2003.

VAHS, D.; BURMESTER, R.: Innovationsmanagement -Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung, 3. Auflage, Stuttgart 2005.

WISSENSMANAGEMENT FORUM: Das Praxishandbuch Wissensmanagement –integratives Wissensmanagement, Graz 2007.

WOHINZ, J. et al.: Industriebetriebslehre, 20.Auflage, Graz 2007.

WOHINZ, J.; EMBST, S.; OBERSCHMID H.: Betriebliches Innovationsmanagement, Graz 2008.

WOHINZ, J.; MOOR, M.: Betriebliches Energiemanagement –Aktuelle Investition in die Zukunft, Wien 1989.

WOHINZ, J.; OBERSCHMID H.: Wissensmanagement, 5. Auflage, Graz 2008.

ZANGENMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, München 1972.

ZIPPL, G.: Erstellung der Energiebilanz eines Kältemittelkompressors, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, 2002.

GERMAN NODE: Wirkungsintensivste Technologiefelder im Jahr 2020 – Expertenumfrage des German Node im Rahmen des globalen Think Tanks Millenium Project, <http://stateofthefuture.de/media/GN-Survey-Final.pdf>, Zugriffsdatum 01.03.2010.

HARLAND, PETER E.: Innovationsmanagement - Portfolio-Management, 2008, <http://chie.de/innovationsmanagementsystem/portfolio-management.html>, Zugriffsdatum 22.01.2010.

HARLAND, PETER E.: Technologieentwicklung - Technologie entwickeln, 2008, <http://chie.de/technologieentwicklung/t6.html>, Zugriffsdatum 22.01.2010.

o.V.: <http://www.abb.com.co/cawp/seitp202/0284fe3ad9fab0e0c125766c005caf21.aspx>, Zugriffsdatum 22.01.2010.

o.V.: <http://www.maschinenbau.sachsen.de/>, Zugriffsdatum 01.03.2010.

o.V.: <http://www.the-acc-group.com/cgi-bin/WebObjects/ACCSite.woa/wa/Nav/goTo?cm=83>, Zugriffsdatum 11.05.2010.

o.V.: <http://www.triz-online.de/index.php?id=5603>, Zugriffsdatum 12.02.2010.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organigramm des ACC-Konzerns	2
Abbildung 2: Organigramm der F&E-Abteilung (Research & Development), ACC Austria.....	5
Abbildung 3: Komponenten des SE	6
Abbildung 4: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE-Vorgehensmodells (tendenzielle Zuordnung).....	7
Abbildung 5: DA Phasenplan	8
Abbildung 6: Gestaltungsphase	9
Abbildung 7: ACC Work Package List	10
Abbildung 8: Funktion des Kompressors im Kühlgerät	12
Abbildung 9: Ts - Diagramm für Betriebsbedingungen nach ASHRAE (R600a)	12
Abbildung 10: delta explosion drawing	14
Abbildung 11: Allgemeine Definition des COP	16
Abbildung 12: TRIZ-Strategie	20
Abbildung 13: Die 3 Ebenen der ACC TRIZ-docs.....	22
Abbildung 14: TRIZ Mindset ACC	22
Abbildung 15: S-Kurven	23
Abbildung 16: Konzipierte Vorgehensweise von Technologieentwicklungsprojekten.....	30
Abbildung 17: Projektphasenplan ACC.....	31
Abbildung 18: Die Phasen der Produktentwicklung in (Anlehnung an Pucher)	33
Abbildung 19: Vorbereitungsphase	33
Abbildung 20: Widerspruchsphase	34
Abbildung 21: Strukturierung des Wissens (in Anlehnung an Scheuble).....	37

Abbildung 22: Ergebnis der Gruppierung von Widersprüchen, Fachgebieten und Branchen	39
Abbildung 23: bisherige Systemkostenbetrachtung	41
Abbildung 24: Einflüsse auf den COP-€-Faktor	41
Abbildung 25: Berechnungsschema der Verlustkosten	43
Abbildung 26: Einsparungspotential der KK2018-Widersprüche	44
Abbildung 27: überarbeitete Systemkostenbetrachtung	46
Abbildung 28: €-Bewertung top-down und bottom-up.....	48
Abbildung 29 : Widerspruchskosten KK2018.....	49
Abbildung 30: Ausschnitt aus der Bewertungstabelle des Perception Mapping	51
Abbildung 31: Gruppierung der Widersprüche durch Perception Mapping.....	51
Abbildung 32: Ein Ausschnitt aus der Interaktionstabelle der Funktionsanalyse	52
Abbildung 33: Netzplan der Funktionsanalyse.....	53
Abbildung 34: Feldinputs	54
Abbildung 35: Aufteilung der Widerspruchskosten	55
Abbildung 36: Netzplan der Funktionsanalyse mit hervorgehobenen stark beeinflussten Widersprüchen	56
Abbildung 37: Perception Mapping	57
Abbildung 38: Technologiefelder - Variante 1	62
Abbildung 39: Technologiefelder – Variante 2	63
Abbildung 40: Einfluss und Auswirkung eines Widerspruchs	67
Abbildung 41: Punktbewertung der Einflüsse zwischen den Widersprüchen .	67
Abbildung 42: Neubewertung der Widersprüche mit Korrekturfaktoren 0,025 & 0,075.....	68
Abbildung 43: Technologiefelder für KK2018	69

Abbildung 44: Bausteine des Wissensmanagement (nach Probst, Raub und Romhardt).....	73
Abbildung 45: Teilprozesse eines prozessorientierten Wissensmanagements	73
Abbildung 46: Technologieentwicklung als Wissensaufbauprozess	75
Abbildung 47: Phasen der Wissensidentifikation	78
Abbildung 48: Phasen des Wissenserwerbs.....	78
Abbildung 49: Phasen der Wissensentwicklung	79
Abbildung 50: Checkliste für TEP-Workpackages	80
Abbildung 51: Gremien und Instanzen.....	81
Abbildung 52: Korrekturfaktoren 0,1 & 0,3.....	112
Abbildung 53: Korrekturfaktoren 0,05 & 0,15.....	112
Abbildung 54: Korrekturfaktoren 0,01 & 0,03.....	113
Abbildung 55: Korrekturfaktoren 0,001 & 0,003.....	113
Abbildung 56: TEP-Phasenmodell	114

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ACC - Produktportfolio	3
Tabelle 2: Nummerierung der KK2018 Widersprüche	27
Tabelle 3: CCPM-Workshop (25.01.2010).....	32
Tabelle 4: €-Umrechnungsfaktoren.....	45
Tabelle 5: Technologiefelder – Variante 3	63
Tabelle 6: Nutzwertanalyse zur Erstellung von Technologiefeldern	66

Abkürzungsverzeichnis

ACC	Appliances Components Companies
AfA	Absetzung für Abnutzung
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CAD	Computer Aided Design
CCPM	Critical Chain Project Management
CECOMAF	European Committee of Air Handling and Refrigerating Equipment Manufacturers
COP	Coefficient of Performance
DA	Diplomarbeit
DL	Direct Labour
DM	Direct Material
DOH	Direct Overhead Costs
etc.	et cetera
F&E	Forschung und Entwicklung
IFR	Ideal Final Result
ITZ.....	Innovations- und Technologiezentrum
MA.....	Masterarbeit
PDE.....	Product Development
SE	Systems Engineering
TE	Technologieentwicklung

TEP	Technologieentwicklungsprojekt
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
TU	Technische Universität
u.a.	unter anderem
UP	Umsetzungsprojekt
VE	Vorentwicklung
VEP	Vorentwicklungsprojekt
WS	Widerspruch
z.B.	zum Beispiel
ZF	Zusatzfunktion

Anhang

Kurzbeschreibung der Widersprüche.....	103
Technologien	108
Korrektur der Eurobewertung.....	112
TEP - Phasenmodell	114

Kurzbeschreibung der Widersprüche

Gesamtsystem

1. diversifikation vs. standardization

Der Markt verlangt nach sehr unterschiedlichen Kühlgeräten. Die ACC-Kunden fragen viele Kompressorvarianten 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 Kompressorhersteller zum Systemlieferanten zu entwickeln.

Saugstrecke

3. low noise vs. small size

Das Volumen des Saugmufflers wird u.a. zur Geräuschkämpfung 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 Ausschleibarbeit 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.

Technologien¹¹⁶

1. Antriebstechnik:

- Anlauftechnik
- Antriebskonzepte
- Getriebetechnik
- Lineartechnologie
- Magnetic Fluids
- Miniaturantriebe
- Permanent-Magnetismus
- Schnellaufende Motoren

2. Regelungstechnik:

- Drehzahlregelung
- Drehzahlwandelsysteme
- Frequenztransformation
- Halbleiter
- Leistungselektronik
- Modulationstechnik
- Motorzustandserfassung
- Netzversorgung
- SMD

3. Materialien:

- Amorphes Eisen
- Bimetalle
- Ferrit
- Monokristalline Kolben

¹¹⁶ Vgl. Sorger (2008), S.84ff.

- Flexible Materialien
- Active materials
- Auxetic materials
- Compound materials
- Smart materials
- Geschäumte Materialien
- Selbstformende Materialien
- Poröse Materialien
- Bio-Polymere
- Elektrische/Magnetische Kunststoffe
- Keramik
- Reibungsfreie Fluide
- Katalysatoren
- Nanomaterialien
- Nanobeschichtung
- Nanopolymere
- Batteriesysteme
- Beschichtungen
- Wasserstofftechnik

4. Akustik:

- Akustisch aktive Elemente
- Aktivdämpfungstechnik
- Antischall
- Dekompressoren
- Lautsprecher
- Mikroaktuatoren
- Piezotechnologie

- Resonanzabsorber
- Saugrohresonator
- Schalldämmung
- Strömungslehre
- Supersuction
- Ventilsteuerung
- Vibrationsenergiewandler
- 2-Taktladungswechsel

5. Sensorik:

- Elektronik
- Hall-Sensor
- Mikroelektronik
- Sensorik
- Ultraschallsensorik
- Vibrationssensorik

6. Simulation:

- CFD
- FEM
- MKS
- Wärmesimulation

7. Wärmetechnik:

- Elektronisch geregelte Wärmeleiter
- Wärme-/Energiespeicher
- HLK-Technik
- Peltierelement
- Rückkühler
- Stirling-Prozesse

- Vakuumentchnik
- Wärmetauschertechnik

8. Kommunikation:

- Drahtlose Kommunikation
- Drahtlose Sensorik
- Elektronische Standardisierung
- Ergonomie
- Neurale Netzwerke
- Vernetzung
- Mensch-Maschine-Kommunikation
- Kühlschrankssteuerung
- Selbstkonfigurierte Schnittstelle
- Self-Learning-Programm
- Schnittstellenstandardisierung
- Steuerungstechnik

9. Kolbensysteme:

- Kinematik
- Kleinmotoren
- Maschinendynamik
- Massenausgleich

10. Lagertechnik:

- Gaslagerung
- Hydraulik
- Öladitivierung
- Ölfreie Lager
- Ölpumpen
- Schmierungstechnik

Korrektur der Eurobewertung

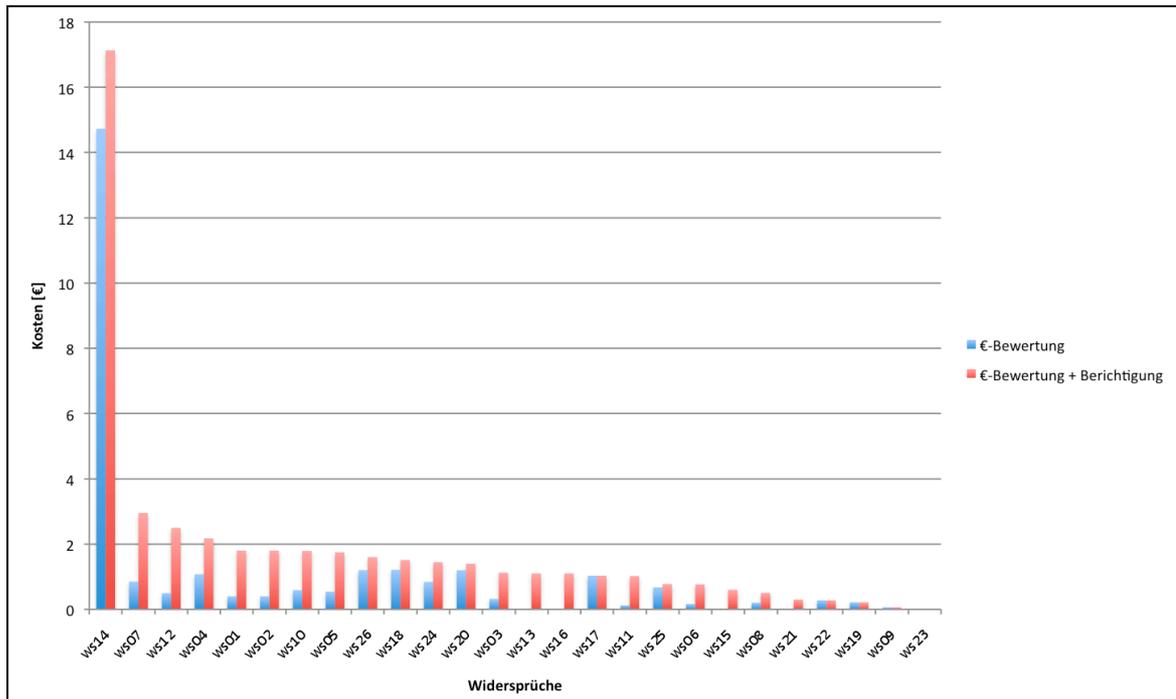


Abbildung 52: Korrekturfaktoren 0,1 & 0,3

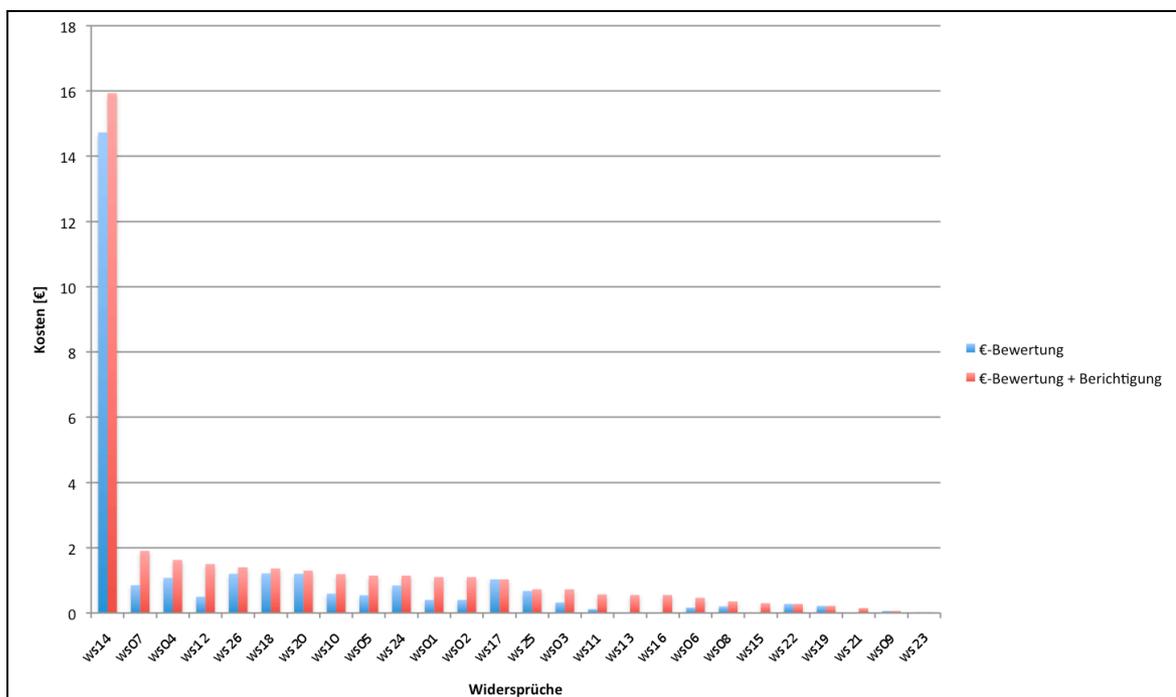


Abbildung 53: Korrekturfaktoren 0,05 & 0,15

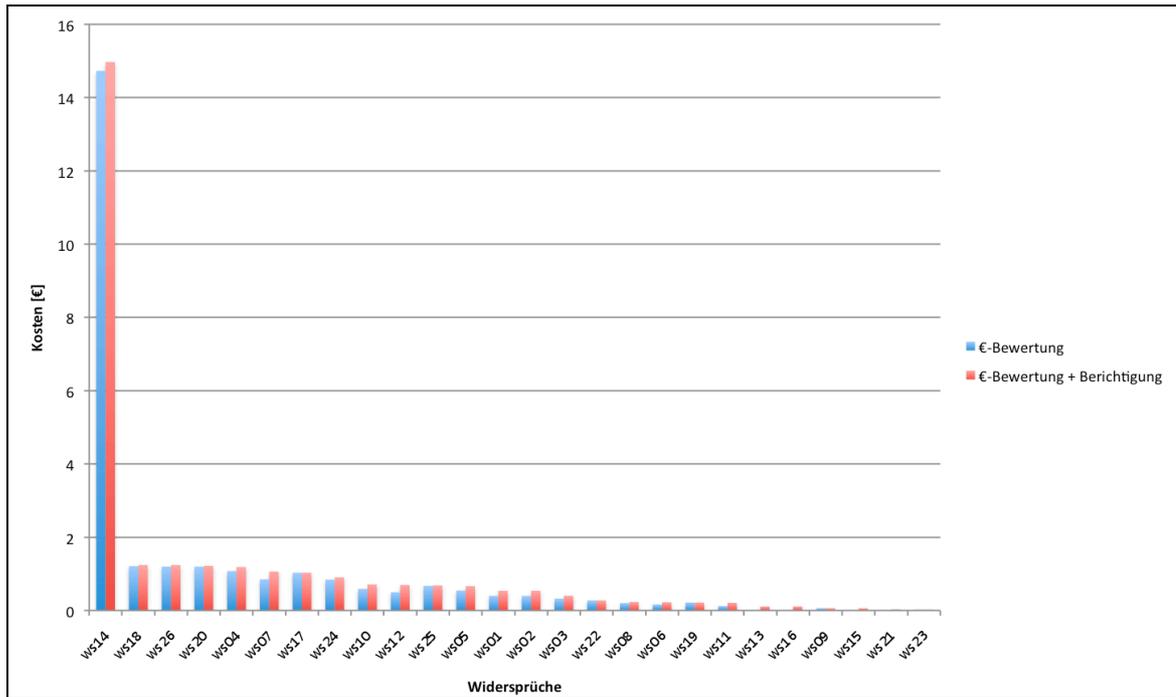


Abbildung 54: Korrekturfaktoren 0,01 & 0,03

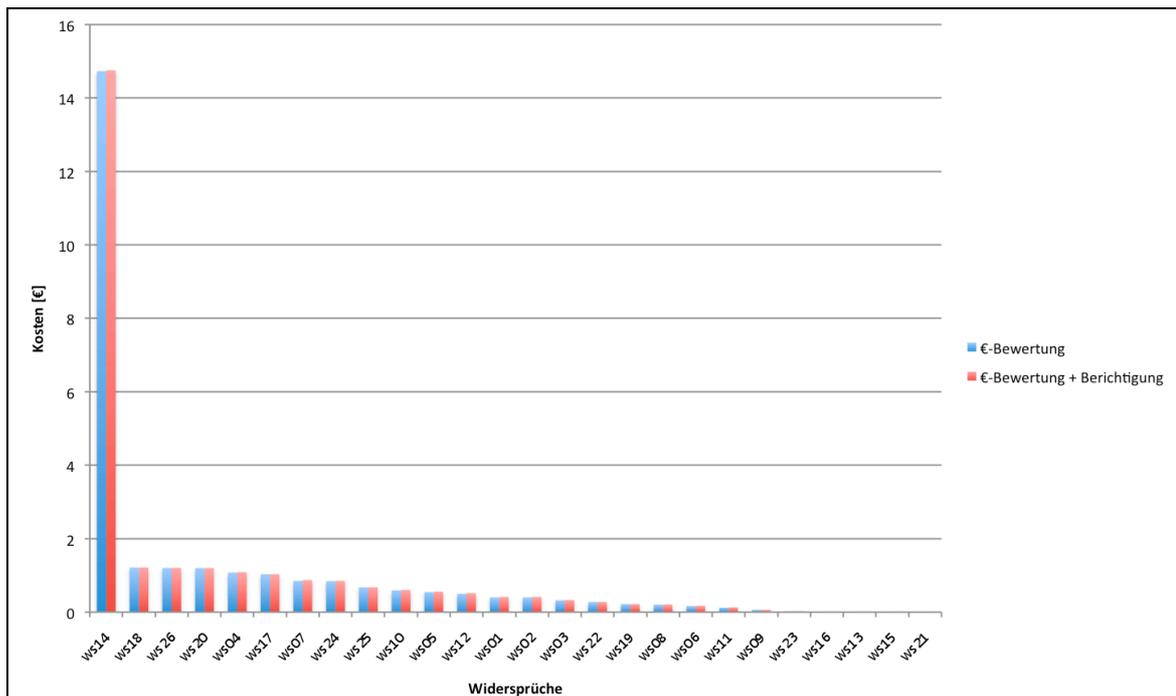


Abbildung 55: Korrekturfaktoren 0,001 & 0,003

TEP - Phasenmodell

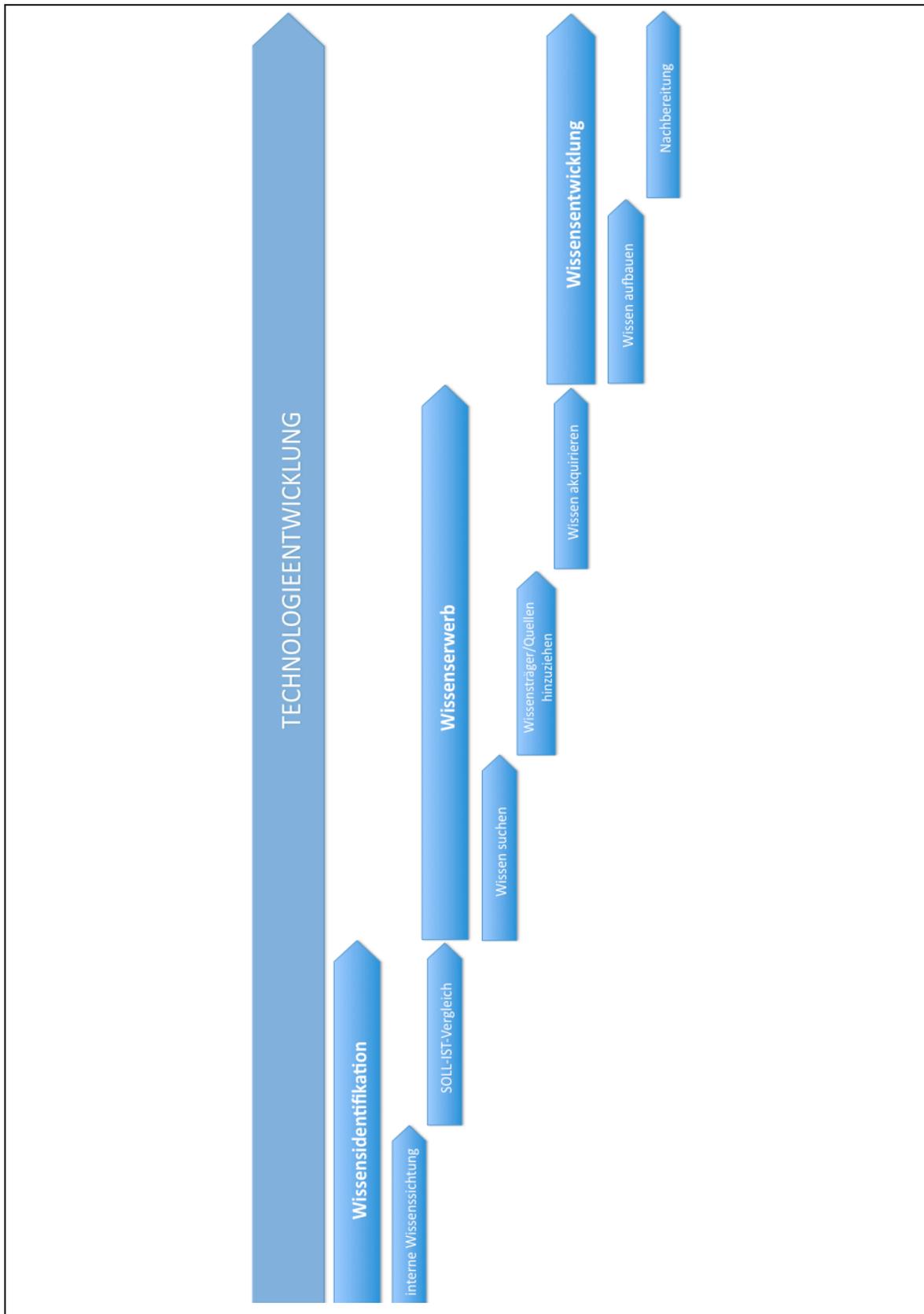


Abbildung 56: TEP-Phasenmodell