



Martin Goldberger, BSc

Gezielte Neuentwicklung eines hochdynamischen Serienkompressors

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium: Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Thomas Böhm, BA

Institut für Innovation und Industrie Management
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, April 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Affidavit

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

.....

Datum / Date

.....

Unterschrift / Signature

Vorwort / Danksagung

Hiermit möchte ich jene Personen und Organisationen erwähnen, denen hinsichtlich der erfolgreichen Durchführung dieser Masterarbeit besonderer Dank gebührt. Vorweg ist hierbei festzuhalten, dass die Arbeit auf einer Kooperation zwischen dem Institut für Innovation und Industriemanagement der Technischen Universität Graz und dem in Graz ansässigen Unternehmen VENTREX Automotive basiert.

Zum Ersten bedanke ich mich beim Institut für Innovation und Industrie Management der TU Graz unter der Führung von Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer für die Möglichkeit zur Durchführung dieser Masterarbeit. Im Speziellen möchte ich hierbei meinen Betreuer seitens des Instituts Herrn DI Thomas Böhm, BA erwähnen, der mir bei jeglichen Anliegen mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiters möchte ich mich beim Unternehmen VENTREX Automotive bedanken, besonders bei Herrn Dr. Gerald Jaritz, der mir im Rahmen des geführten Bewerbungsgesprächs zu dieser Arbeit das nötige Vertrauen schenkte. Besonders hervorzuheben sei hierbei mein Betreuer seitens des Unternehmens Herr DI Thomas Wagner, BSc. Eine bessere Betreuung einer Masterarbeit kann ich mir sehr schwer vorstellen.

Auch dem gesamten Projektteam der Firma VENTREX gebührt besonderer Dank. Es sind dies acht Personen, abgesehen von Herrn DI Thomas Wagner und mir, die mit ihrem ständigen Einsatz einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen der Arbeit leisteten.

Abschließend möchte ich mich noch bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die in den vergangenen sechs Monaten egal wann und in welcher Situation, ein offenes Ohr für jegliche Belange fanden und immer zu mir hielten.

Kurzfassung

Diese Masterarbeit fokussiert auf die gezielte Neuentwicklung eines hochdynamischen Serienkompressors unter der Anwendung der in EN 12973 genormten Methodik der Wertanalyse. Die Arbeit basiert auf einer Kooperation zwischen dem Unternehmen VENTREX Automotive und dem Institut für Innovation und Industriemanagement der Technischen Universität Graz.

VENTREX Automotive mit Sitz in Graz ist der globale Marktführer in der Entwicklung und Industrialisierung von hoch dynamischen einstufigen Taumelkolbenkompressoren für die Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen. Ausgangslage für das Produktentwicklungsprojekt ist der Eintritt eines neuen Wettbewerbers in diesen Markt, welcher VENTREX im Vorfeld bereits bei einem anderen Produkt erfolgreich den Rang abgelaufen hat. Der Verlust des gesamten Geschäftsfeldes droht. Im Zuge dieser Neuentwicklung soll dem entgegengewirkt werden, um die Kunden möglichst langfristig an das Unternehmen zu binden, als auch weitere neue Kunden zu akquirieren.

Resultierend daraus werden die beiden Grobziele der Arbeit *Optimierung der Produktfunktionen* und *Reduktion der Herstellkosten* abgeleitet. Im Rahmen der Neuentwicklung kommt es zur Anwendung der nach EN 12973 genormten Methodik der Wertanalyse und dem dazu definierten zehnstufigen Arbeitsplan. Die Wertanalyse ist eine Methodik, die in das ganzheitliche Produktentwicklungskonzept des Value Managements integriert ist. In den einzelnen Stufen des Wertanalyse Arbeitsplans kommen eine Vielzahl an ausgewählten methodischen Instrumenten als auch verschiedene Kreativitätstechniken zur Anwendung, um die dargestellte Problemstellung bestmöglich zu lösen.

Ergebnis der Arbeit sind zwei Lösungskonzepte, welche die beschriebenen Grobziele optimal erfüllen und enormes Potential hinsichtlich einer langfristigen Absicherung des Unternehmenserfolgs aufweisen. Zum einen lässt sich das *Cost and Function Optimization* Konzept festhalten, mit dem eine Reduktion der Herstellkosten als auch eine Optimierung der Produktfunktionen erreicht wird. Zum anderen das *Ultra Function Optimization* Konzept, welches eine enorme Optimierung der Produktfunktionen bei einer einhergehenden Erhöhung der Herstellkosten aufweist.

Abstract

This master thesis focuses on the goal-driven redevelopment of a high dynamic serial compressor. For this task the methodology Value Analysis is applied, which is standardized according to EN 12973. The thesis is based on a cooperation between VENTREX Automotive and the Institute of Innovation and Industrial Management at the University of Technology in Graz.

VENTREX Automotive, which is located in Graz as well, is the global market leader in the development and industrialization of high dynamic single-stage compressors for the supply of compressed air used in pneumatic seating systems. The initial situation for this product development project is the entry of a new competitor into the market, who already has outstripped VENTREX in another business. In this case, the loss of the entire business area threatens here as well. This circumstance should be counteracted in order to bind customers to the company for as long as possible as well as to acquire new customers.

Due to this, the main purpose of this project is the *improvement of the product functions* and the *reduction of the production costs*. In order to do that the standardized methodology Value Analysis according to EN 12973 with the appropriate ten-stage work plan, is applied. Value Analysis is a methodology which is integrated in the holistic product development concept of Value Management. A variety of selected methodical instruments as well as different creativity techniques are used in the individual stages of the Value Analysis work plan to solve the described problem in the best possible way.

The results of this thesis are two solution concepts which optimally fulfill the main targets. Both have enormous potential regarding to a long-term hedge of the company's success. On the one hand, the *Cost and Function Optimization* concept gains a reduction of the production costs and an optimization of the product functions. On the other hand, the *Function Optimization* concept achieves an enormous optimization of the product functions through an associated increase of the production costs.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort / Danksagung	III
Kurzfassung	IV
Abstract.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Aufgabenstellung und Ziele.....	1
1.3 VENTREX Automotive	2
1.4 Struktur der Arbeit.....	3
2 Wertanalyse.....	4
2.1 Wertanalyse und Value Management	4
2.2 Definition der Wertanalyse	5
2.3 Das Konzept des Value Managements.....	6
2.3.1 Erfolge und Schlüsselprinzipien des Value Managements	7
2.3.2 Methoden und Werkzeuge im Value Management	9
2.4 Historische Entwicklung der Wertanalyse	10
2.5 Erfolgsfaktoren der Wertanalyse.....	12
2.5.1 Interdisziplinäre Teamarbeit.....	12
2.5.2 Funktionenkonzept	14
2.5.3 Wertekonzept.....	15
2.5.4 Arbeitsplan.....	17
2.6 Wertanalyse Arbeitsplan	17
2.6.1 Historie und Begriffsbestimmungen	17
2.6.2 Der zehn stufige Wertanalyse Arbeitsplan nach EN 12973	18
2.7 Methodische Instrumente.....	20
2.7.1 Funktionenanalyse.....	20
2.7.2 Funktionskostenanalyse	28
2.7.3 Funktionenpotenzialanalyse	30
2.7.4 Target Costing	31

2.7.5	ABC Analyse.....	31
2.7.6	SWOT Analyse	33
2.7.7	Brainstorming.....	34
2.7.8	Brainwriting.....	34
2.7.9	Morphologischer Kasten	35
2.7.10	Dual Vergleich	35
2.7.11	Nutzwertanalyse	36
2.7.12	Punktbewertung.....	37
3	Wertanalyseprojekt.....	38
3.1	Phase 0 Vorbereitung des Projektes.....	38
3.2	Phase 1 Projektdefinition	38
3.3	Phase 2 Planung.....	39
3.3.1	Wertanalyse Team.....	39
3.3.2	Inhaltliche Planung	39
3.3.3	Zeitliche Planung	40
3.4	Phase 3 Umfassende Daten über die Studie Sammeln	41
3.4.1	Einstufiger Taumelkolbenkompressor.....	41
3.4.2	Vorhandener Wettbewerb	45
3.4.3	Marktvolumen	47
3.4.4	Aktuelle Kunden.....	48
3.4.5	Potentielle Kunden.....	49
3.4.6	Produktportfolio.....	50
3.4.7	ABC Herstellkostenanalyse	51
3.4.8	ABC Massenanalyse.....	52
3.4.9	SWOT Analyse	52
3.5	Phase 4 Funktionen- / Kostenanalyse / Detailziele	59
3.5.1	Workshop Funktionsanalyse.....	59
3.5.2	Funktionsbaum	60
3.5.3	Funktionsbeschreibung.....	63
3.5.4	Funktionserfüllungsgrad.....	63

3.5.5	Funktionskosten.....	68
3.5.6	Funktionskostenanalyse	69
3.5.7	Funktionen Potenzialanalyse	71
3.5.8	Ableitung von Detailzielen.....	77
3.6	Phase 5 Sammeln und Finden von Lösungsideen.....	79
3.6.1	Ideensuchfelder	79
3.6.2	Ideenfindung.....	80
3.6.3	Vorauswahl der Ideen.....	83
3.6.4	Book of Ideas.....	84
3.6.5	Erstellen eines totalen Lösungsfindungssystems	85
3.6.6	Ergebnisse.....	89
3.7	Phase 6 Bewerten von Lösungsideen.....	90
3.7.1	Nutzwertanalyse	90
3.7.2	Kalkulation der Herstellkosten	93
3.7.3	Kosten-Nutzenanalyse.....	93
3.8	Phase 7 Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge.....	95
3.8.1	Lösungskonzept 1: <i>Cost and Function Optimization</i>	95
3.8.2	Lösungskonzept 2: <i>Ultra Function Optimization</i>	97
3.8.3	Gegenüberstellung der Lösungskonzepte	98
3.8.4	Überprüfung auf Zielerreichung	98
3.8.5	Interpretation zur Wertsteigerung	99
3.9	Phase 8 Präsentation der Vorschläge.....	100
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	101
	Literaturverzeichnis	103
	Internetquellenverzeichnis	105
	Abbildungsverzeichnis	106
	Tabellenverzeichnis	109
	Abkürzungsverzeichnis.....	110
	Anhang A: Funktionsbeschreibungen	112
	Anhang B: Funktionskostenmatrix.....	119

Anhang C: Funktionskostenanalyse	120
Anhang D: Dual Vergleich und Potentialanalyse.....	121
Anhang E: Totales Lösungsfindungssystem	129
Anhang F: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte	132

1 Einleitung

VENTREX Automotive mit Sitz in Graz ist der globale Marktführer in der Entwicklung und Industrialisierung von hoch dynamischen einstufigen Taumelkolbenkompressoren für die Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen. Um diese Position unter einem steigenden Wettbewerbsdruck zu behaupten, bedarf es einer ständigen Weiter- bzw. Neuentwicklung von Produkten, wodurch sich ein wichtiger Erfolgsfaktor für das Unternehmen ergibt.

1.1 Problemstellung

Ausgangslage dieser Masterarbeit ist der Eintritt eines neuen Wettbewerbers in den Markt der Kompressoren für die Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen, der es versucht den globalen Marktführer VENTREX den Rang abzulaufen. Ein ähnliches Szenario fand in jüngster Vergangenheit bei einem vergleichbaren Produkt statt, bei dem dies dem selbigen Mitbewerber erfolgreich gelungen ist. Es droht ein Verlust des für den Unternehmenserfolg sehr essentiellen Geschäftsbereich.

1.2 Aufgabenstellung und Ziele

Basierend auf der beschriebenen Problemstellung wird die strategische Entscheidung einer Neuentwicklung getroffen, um weiterhin der Benchmark für einstufige Taumelkolbenkompressoren für die Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen zu bleiben. Durch die Neuentwicklung soll es möglich sein, bestehende Kunden langfristig an das Unternehmen zu binden um somit den Wettbewerbern den Eintritt in den Markt zu erschweren, als auch neue Kunden zu akquirieren. Bezugnehmend darauf können zwei Grobziele für dieses Wertanalyse-Projekt festgehalten werden:

- *Grobziel 1: Optimierung der Produktfunktionen*
- *Grobziel 2: Reduktion der Herstellkosten*

Bei der Neuentwicklung kommt die nach der EN 12973 genormte Methodik der Wertanalyse zur Anwendung. Die methodische Unterstützung erfolgt im Rahmen dieser Masterarbeit durch eine Kooperation zwischen VENTREX und dem Institut für Innovation und Industriemanagement (IIM Institut) der Technischen Universität Graz. Die Betreuung der Arbeit erfolgt seitens des IIM Instituts durch Herrn DI Thomas Böhm, BA und seitens VENTREX durch Herrn DI Thomas Wagner, BSc.

1.3 VENTREX Automotive

VENTREX ist ein führender strategischer Partner der Automobilindustrie mit Sitz in Graz, Österreich. Produktinnovationen des Unternehmens sind weltweit in Kraftfahrzeugen und landwirtschaftlichen Geräten zu finden und machen Fahrzeuge sicherer, effizienter, komfortabler und umweltfreundlicher.¹

Seit der Gründung im Jahre 1949 hat sich das Unternehmen zu einem weltweit führenden Tier1/Tier2-Lieferanten in der Automobilindustrie entwickelt. Neben einem steilen organischen Wachstum, finden zahlreiche Akquisitionen statt, wie z.B. zuletzt jene der Erdgasventilsparte des deutschen Automobilzulieferers Robert Bosch GmbH. Im Jahr 2015 wird VENTREX in das internationale Netzwerk des niederländischen Konzerns *Aalberts Industries* integriert, um die Weiterentwicklung des Standortes Graz sowie die Fortsetzung des Wachstumskurses zu gewährleisten. Heute kooperiert VENTREX mit Partnern in Slowenien, China und Indien und vertreibt die in Graz hergestellten hochwertigen Produkte weltweit.²

Zu den derzeitigen Produkten, welchen den höchsten Qualitätsanforderungen in der Automobilindustrie entsprechen, zählen CNG Komponenten, Reifenkompressoren, Sitzkompressoren und Klimaventile. Das Produktportfolio der CNG Komponenten reicht von elektronischen Druckreglern verschiedenster Bauart, bis hin zu Sicherheitstankventilen. Zum Produktportfolio der Kompressoren zählen neben den Kompressoren für Reifenreparatursysteme, welche eine schnelle und sichere Mobilität nach Reifenschäden gewährleisten, auch Kompressoren für pneumatische Sitzsysteme, die den von den Kunden geforderten Fahrkomfort bestmöglich und effizient sicherstellen. Weiters im Produktportfolio sind Klimaventile für alle gängigen Kältemittel in der Automobilindustrie.³

¹ Vgl. <http://www.ventrex.at/>, Zugriffsdatum: 14.03.2018

² Vgl. <http://www.ventrex.at/>, Zugriffsdatum: 14.03.2018

³ Vgl. <http://www.ventrex.at/>, Zugriffsdatum: 14.03.2018



Abbildung 1: VENTREX Automotive mit Sitz in Graz⁴

1.4 Struktur der Arbeit

Der erste Teil der Arbeit bezieht sich auf eine fundierte Literaturrecherche zur im Zuge der Neuentwicklung angewandten Methodik der Wertanalyse, den darin verwendeten Werkzeugen und Techniken, als auch dem Value Management, welchem diese Methodik zuzuordnen ist.

Der zweite Teil der Arbeit beinhaltet die praktische Anwendung der zuvor recherchierten theoretischen Grundlagen, im Rahmen des Wertanalyse-Projekts. Die Struktur richtet sich grundsätzlich nach dem zur Wertanalyse definierten Arbeitsplan, der in acht Phasen gegliedert ist.

Vorweg ist zu erwähnen, dass die Angabe von firmeninternen Daten wie z.B. den Herstellkosten oder den genauen Stückzahlen, seitens VENTREX untersagt ist.

⁴ <http://www.ventrex.at/>, Zugriffsdatum: 14.03.2018

2 Wertanalyse

Dieses Kapitel bezieht sich im Wesentlichen auf die theoretischen Grundlagen zu der im Rahmen der Neuentwicklung angewandten Methodik der Wertanalyse, welche dem Konzept des Value Managements zuzuordnen ist. Weiters werden die im Zuge der Wertanalyse angewandten Werkzeuge und Techniken detailliert erläutert.

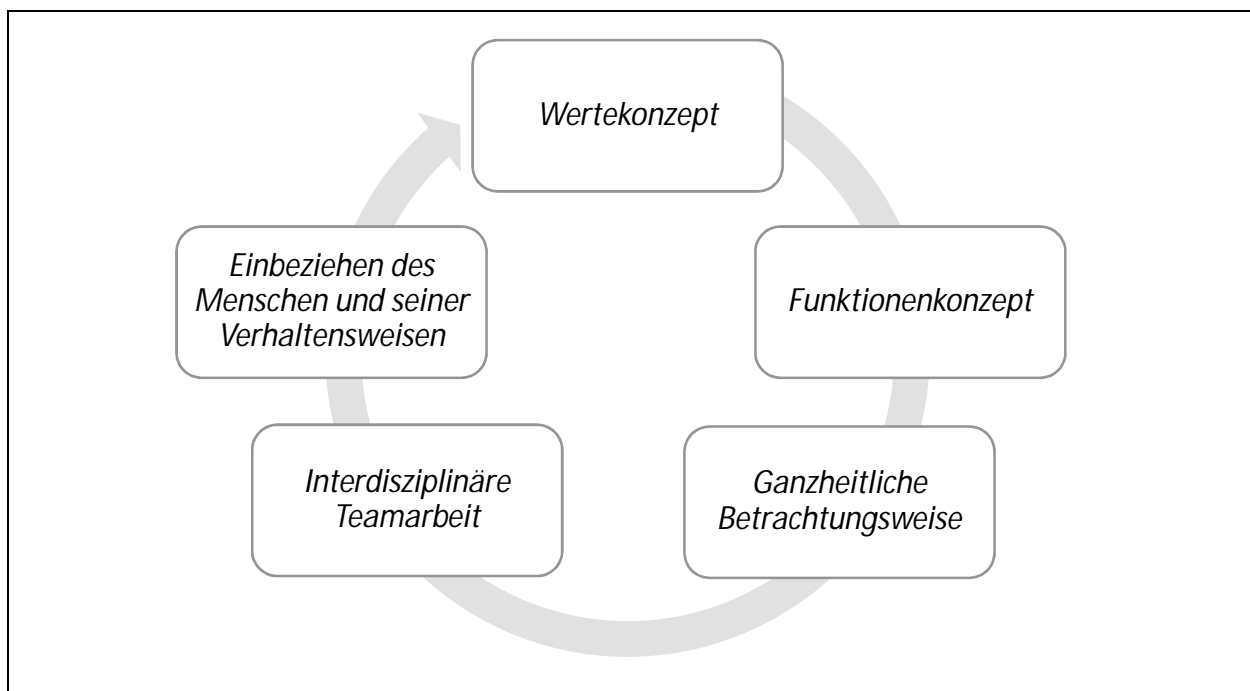
2.1 Wertanalyse und Value Management

Produktentwicklungen finden aktuell in einem Umfeld statt, welches in den letzten Jahren einen starken Wandel durchlaufen hat. Politische aber auch wirtschaftliche Entwicklungen, wie zum Beispiel die Erweiterung des europäischen Binnenmarkts oder die globale Finanzkrise, führen zu Märkten mit einem sehr hohen Wettbewerbsdruck und einer entsprechenden Verkürzung der Entwicklungszeiten von Produkten.⁵

Nur durch ein ganzheitliches Produktentwicklungskonzept können sich Unternehmen diesen Anforderungen stellen und langfristig die notwendigen und essentiellen Wettbewerbsvorteile generieren, um den eigenen Fortbestand zu gewährleisten. Einen erfolgreichen Ansatz dazu bietet das Konzept des Value Managements bzw. die Wertanalyse, welche darin als grundlegende Methodik zur Bearbeitung von erfolgreichen Projekten definiert ist. In der Praxis hat sich dieser Ansatz seit Jahrzehnten bewährt und bietet ausgezeichnete Voraussetzungen, um den Anforderungen an die Entwicklung von Produkten als auch den Prozess der Produktentwicklung bestens gerecht zu werden. Dieses ganzheitliche Produktentwicklungskonzept kann durch die in Abbildung 2 dargestellten fünf Charakteristiken *Wertekonzept*, *Funktionenkonzept*, *ganzheitliche Betrachtungsweise*, *interdisziplinäre Teamarbeit* und *Einbeziehen des Menschen und seiner Verhaltensweisen* beschrieben werden.⁶

⁵ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.1

⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.1f.

Abbildung 2: Charakteristiken des Value Managements⁷

2.2 Definition der Wertanalyse

Die Wertanalyse (WA) stellt somit eine Methodik dar, welche in das Konzept des Value Managements integriert ist. Genauer genommen ist die WA ein Methodensystem, in welchen an geeigneten Stellen hilfreiche methodische Instrumente integriert werden. Durch diese, den Gesamtprozess steuernde Wertanalyse, entsteht ein sehr mächtiges System zum Erreichen der definierten Ziele.⁸ Des Weiteren ist festzuhalten, dass die Wertanalyse die Ausgangsbasis für die Entwicklung des Konzepts des Value Managements darstellt.⁹

In der Richtlinie VDI 2800 ist die Wertanalyse wie folgt definiert:

„Die Wertanalyse ist ein Wirksystem zum Lösen komplexer Probleme in Systemen, die nicht oder nicht vollständig algorithmierbar sind. Sie beinhaltet das Zusammenwirken ihrer Systemelemente Methodik, Verhaltensweisen, Management unter Einbeziehen des Umfelds als Beitrag zu ganzheitlicher Betrachtungsweise des Wertanalyse-Objekts.“¹⁰

⁷ Eigene Abbildung, vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.2

⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.2

⁹ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.26

¹⁰ VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.2

Unter „nicht algorithmierbar“ kann man verstehen, dass für die vorliegenden Probleme weder eine geschlossene Lösung, noch eine Lösung mittels numerischer Verfahren, wie z.B. durch den Einsatz eines Rechners, möglich ist.¹¹

Aus dem Zitat kann man ableiten, dass die Methode nicht auf technisch einfach lösbare Probleme abzielt, welche mit bewährten Verhaltensweisen zu bewältigen sind. Vielmehr sollen damit komplexe Probleme bewältigt werden, deren Lösung oft einen funktionellen und wirtschaftlichen Kompromiss der Interessen sämtlicher Anspruchsgruppen darstellt.¹²

Brankamp hielt diesbezüglich fest, dass die Wertanalyse eine der bekanntesten Methoden ist, um einen sinnvollen Kompromiss zwischen den Anforderungen an das Produkt und den Herstellkosten zu finden. Durch das in der Wertanalyse verankerte funktionale Denken ist es möglich, in einer objektiven Sichtweise nach dem Zweck eines Konstruktionsgebildes und dessen Bestandteilen zu fragen.¹³

Zur weiteren Verdeutlichung sollte hierbei folgende Definition festgehalten werden, wonach sich Wertanalyse beschreiben lässt als eine:

„schrittweise, anwendungsneutrale Vorgehensweise, bei der die Funktionen eines Objektes unter Vorgabe von Wertzielen durch interdisziplinäre Teamarbeit, ganzheitliche Problembetrachtung und mit Hilfe von Ideenfindungsmethoden hinsichtlich Nutzen und Aufwand entwickelt bzw. verbessert werden.“¹⁴

Weiters ist die Wertanalyse in der Europäischen Norm EN 12973 definiert als:

„ein organisierter und kreativer Ansatz, welcher einen funktionenorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess mit dem Ziel der Wertsteigerung eines WA-Objektes zur Anwendung bringt.“¹⁵

2.3 Das Konzept des Value Managements

Dieses Konzept beruht auf der besonderen Beziehung zwischen der Befriedigung unterschiedlicher Bedürfnisse und den dafür eingesetzten Ressourcen. Ein Wert ist umso höher, je größer die Bedürfnisbefriedigung ist, oder je weniger Ressourcen dafür eingesetzt werden. Verschiedene Stakeholder, d.h. Anspruchsgruppen, bzw. interne oder externe Kunden können jedoch unterschiedlicher Auffassung darüber sein, was „Wert“ für sie bedeutet. Value Management (VM) zielt darauf ab, diese Unterschiede miteinander in Einklang zu bringen. Dadurch gelingt es Organisationen, einen

¹¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.2

¹² Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 27

¹³ Vgl. Brankamp (1975), S.22

¹⁴ Zentrum Wertanalyse (1995), S.16f.

¹⁵ Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.27

nachhaltigen und größtmöglichen Fortschritt in Richtung der festgelegten Ziele unter einem minimalen Einsatz von Ressourcen zu erreichen.¹⁶ Zur weiteren Beschreibung der Bedeutung von Wert siehe Kapitel 2.5.3. Basierend auf dem VM fand die Entwicklung der *wertorientierten Unternehmensführung* statt, welche von den Begriffen der *Wertanalyse* und des *Value Managements* klar abzugrenzen ist. Diese ist gekennzeichnet durch eine Orientierung an Kennzahlen des Controllings als auch durch eine systematische, bereichsübergreifende Teamarbeit, und ist grundsätzlich auf der strategischen Ebene des VM einzuordnen.¹⁷ Im Rahmen dieser Arbeit wird auf eine weitere Erläuterung der wertorientierten Unternehmensführung nicht weiter eingegangen.

In der Europäischen Norm EN 12973 ist Value Management wie folgt definiert:

„Value Management ist ein Managementstil, der besonders geeignet ist, Menschen zu motivieren, Fähigkeiten zu entwickeln sowie Synergie und Innovation zu fördern, jeweils mit dem Ziel, die Gesamtleistung einer Organisation zu maximieren.“¹⁸

Der Ansatz des Value Managements basiert auf den in Tabelle 1 aufgelisteten drei Grundsätzen.

1. <i>ständiges Bewusstsein, was Wert für eine Organisation bedeutet</i>
2. <i>Konzentration auf Ziele und Sollvorgaben vor Beginn der Lösungssuche</i>
3. <i>Konzentration auf Funktionen als Schlüssel für die Maximierung innovativer und praktikabler Ergebnisse</i>

Tabelle 1: Die drei Grundsätze des Ansatzes des Value Managements¹⁹

2.3.1 Erfolge und Schlüsselprinzipien des Value Managements

Erfolge, die durch die Anwendung von Value Management erzielt werden können, lassen sich wie folgt festhalten:²⁰

- Bessere Geschäftsentscheidungen durch die Schaffung einer sicheren Entscheidungsbasis.
- Erhöhte Wirksamkeit durch eine bestmögliche Nutzung von Ressourcen.

¹⁶ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.6

¹⁷ Vgl. Lingohr and Kruschel (2011), S.46

¹⁸ Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.8

¹⁹ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.7

²⁰ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.6

- Verbesserung der Produkte und Dienstleistungen durch eine vollständige Berücksichtigung der tatsächlichen Kundenbedürfnisse.
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch die Förderung von Innovationen.
- Erreichen eines besseren Verständnisses aller Mitarbeiter hinsichtlich der Ziele der Organisation, durch die Schaffung einer allgemeinen Wertekultur.
- Steigerung des allgemeinen Wissens bezüglich der Haupterfolgskriterien der Organisation.
- Verbesserung von Kommunikation und Leistungsfähigkeit durch interdisziplinäre Teamarbeit.
- Treffen von Entscheidungen, die von allen Stakeholdern unterstützt werden können.

Bei der Anwendung von VM bei Entwicklungsprojekten kann durch die strukturierte Vorgehensweise und die interdisziplinär durchgeführten Arbeiten, bereits in frühen Phasen des Projektes ein erhöhter Aufwand festgestellt werden. Ob die Aufwendungen hierbei im Vergleich zu einem Vorgehen ohne VM größer bzw. kleiner sind, ist als sekundär zu betrachten. Primär und somit als klarer Vorteil darstellbar, geht es darum, dass geplante Markteintrittstermine durch den Einsatz von VM einfacher eingehalten werden können. Dies ist in Abbildung 3 übersichtlich dargestellt.²¹

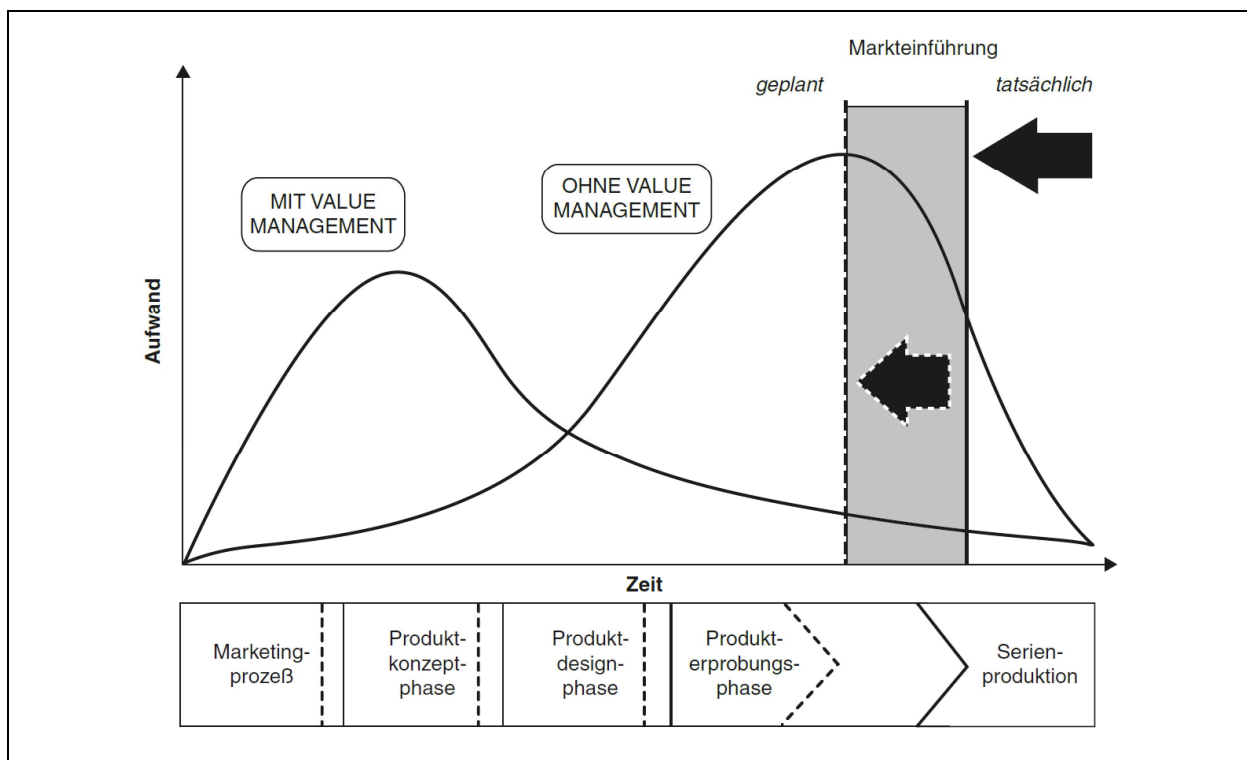


Abbildung 3: Entwicklungsprojekt mit bzw. ohne VM (Nach Brankamp 1975)²²

²¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.12

²² VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.13

Der Unterschied von VM zu anderen Managementansätzen lässt sich dadurch begründen, dass bestimmte Faktoren gleichzeitig miteinbezogen werden, was man normalerweise in dieser Form so nicht anfindet. Die in Abbildung 4 dargestellten Elemente können in einem einzigen System miteinander vereint werden und als Schlüsselprinzipien des VM festgehalten werden.²³

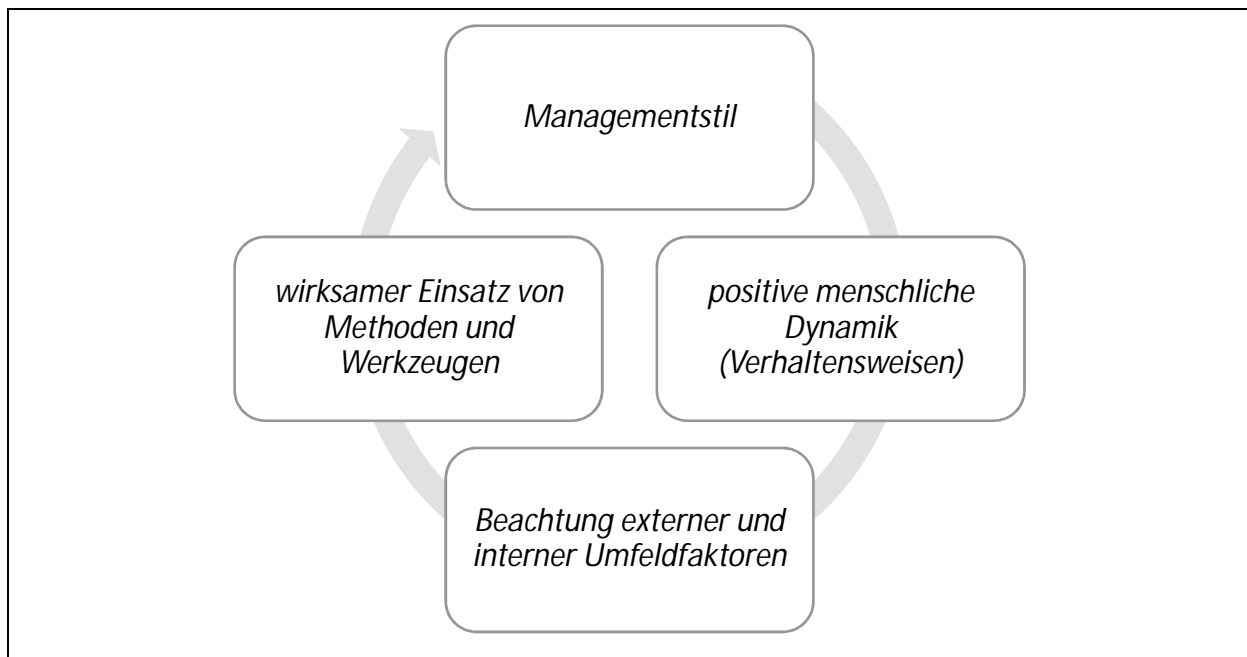


Abbildung 4: Schlüsselprinzipien des Value Managements²⁴

2.3.2 Methoden und Werkzeuge im Value Management

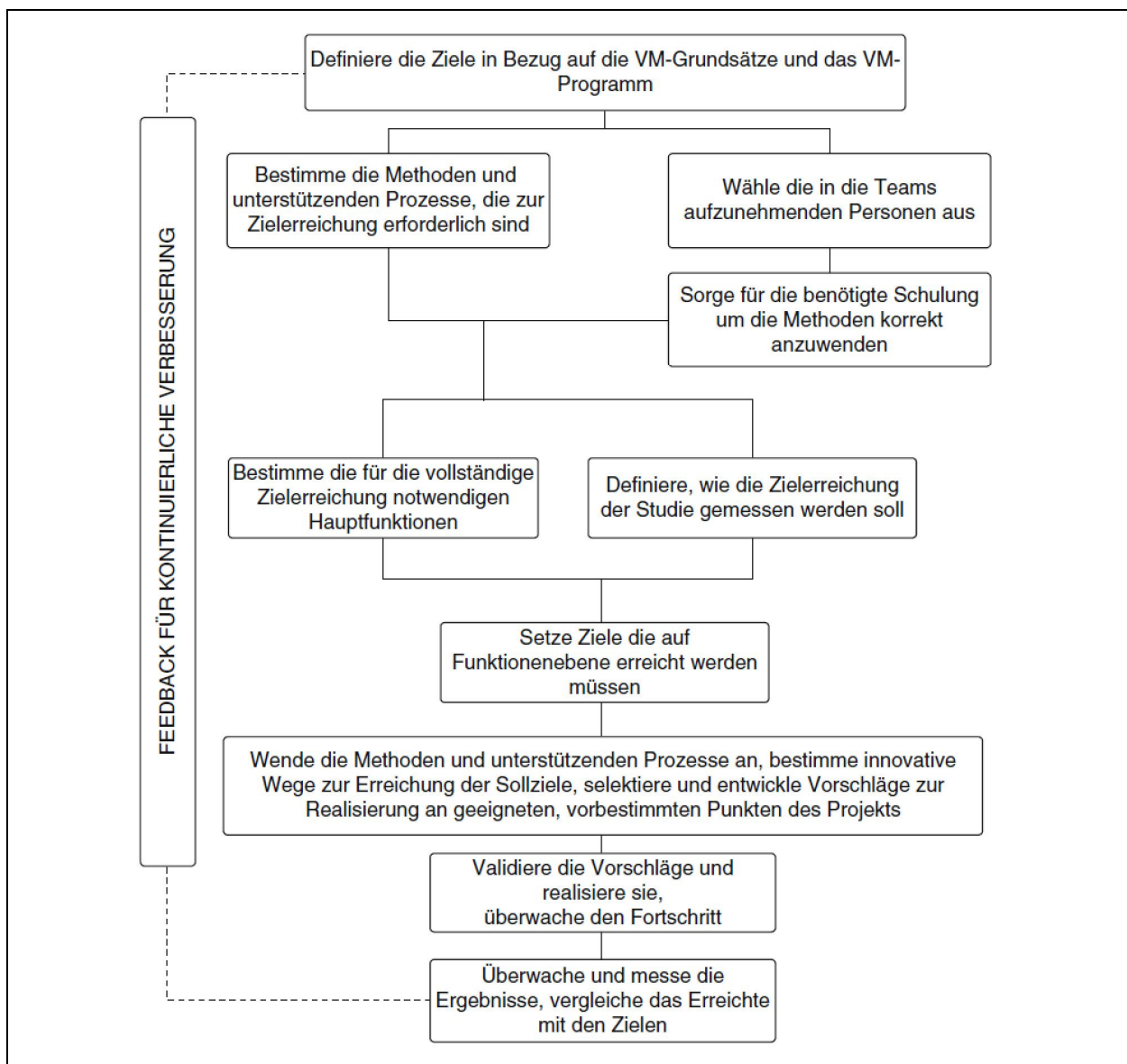
Die Methoden und Werkzeuge, welche im Value Management Anwendung finden, lassen sich in zwei Klassen einteilen. Zum einen die Methode zur Abwicklung einer VM-Studie, genannt *Value Management Arbeitsplan* und zum anderen die Methoden und Techniken, die innerhalb dieser Value Management Studie Anwendung finden.²⁵ Der Begriff „*Value Management Arbeitsplan*“ ist klar vom Begriff des „*Wertanalyse Arbeitsplan*“ abzugrenzen. Der zur Verdeutlichung der Begriffsabgrenzungen in Abbildung 5 dargestellte VM-Arbeitsplan beschreibt grundsätzlich den Ablauf einer VM-Studie. Die Wertanalyse sei hier als eine der am häufigsten angewendeten Methodiken innerhalb einer VM-Studie anzuführen.²⁶ Der Wertanalyse Arbeitsplan wird in Kapitel 2.6 detailliert erläutert.

²³ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.10

²⁴ Eigene Abbildung, vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.10

²⁵ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.20

²⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.22ff.

Abbildung 5: Arbeitsplan einer Value Management Studie nach EN 12973²⁷

2.4 Historische Entwicklung der Wertanalyse

Grundlage für die Entwicklung der Wertanalyse bildet der damalige Chefeinkäufer des amerikanischen Unternehmens General-Electrics, *Lawrence D. Miles* im Jahre 1947. Er stellte fest, dass es in Mangelzeiten bei der Suche nach Alternativen hinsichtlich Material bzw. entsprechenden Handlungen oft zu Lösungen kommt, die zu deutlich geringeren Kosten führen und zugleich höheren Ansprüchen gerecht werden, als die Ursprungslösung. Durch die Untersuchung dieses Sachverhalts gelang es *Miles* eine Methode zu entwickeln mit der sich der Effekt der Wertverbesserung nicht nur zufällig, sondern auch systematisch und gezielt erreichen lässt. Daraus gehen die Begriffe „*Value*

²⁷ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.23

Analysis“ und später auch „*Value Engineering*“ hervor.²⁸ L.D. Miles definierte die Wertanalyse als:

*„eine organisierte Anstrengung, die Funktion eines Produktes für die niedrigsten Kosten zu erstellen, ohne dass die erforderliche Qualität, Zuverlässigkeit und Marktfähigkeit des Produktes negativ beeinflusst werden“.*²⁹

Schon bald lässt sich feststellen, dass man unter dem Begriff Produkt grundsätzlich alle Arten von Leistungen verstehen kann und nicht nur gegenständliche Objekte. Bemerkenswert hierbei ist, dass sich Miles beim Erstellen des Arbeitsplanes nur auf bereits bekannte methodische Elemente wie Teamarbeit, Funktionenbegriffe, verschiedene Analysetechniken und Ideenfindungskonzepte bezieht.³⁰

Der Unterschied der ursprünglichen Vorgehensweise nach Miles zu anderen Kostensenkungsmaßnahmen ist dadurch gekennzeichnet, dass Preisvergleiche bei der Beschaffung und Kostenvergleiche bei der Herstellung durch die Begriffe „Wert“ und „Funktionen“ erweitert werden.³¹

Aufgrund der erzielten Erfolge, als auch durch Veröffentlichungen und Vorträge in der amerikanischen Industrie kann eine schnelle Verbreitung der Wertanalyse festgestellt werden. Diesbezüglich kam es in den USA 1959 zur Gründung des Vereins *Society of American Value Engineers (SAVE)*, welcher sich für Ausbildungen zur Wertanalyse, den notwendigen Erfahrungsaustausch und die entsprechende Weiterentwicklung der Methodik einsetzt. 1975 erfolgt im deutschsprachigen Raum die Gründung des VDI-Gemeinschaftsausschusses „*Wertanalyse*“ mit ähnlichen Zielsetzungen. 1984 werden dessen Aktivitäten für die Bundesrepublik Deutschland durch das Zentrum Wertanalyse der VDI Gesellschaft - Systementwicklung und Projektgestaltung, übernommen und entsprechend verstärkt. Die Förderung der Wertanalyse in Österreich wird durch das Zentrum Wertanalyse im Wirtschaftsförderungsinstitut der österreichischen Wirtschaftskammer durchgeführt. Bis dato sind vergleichbare WA Institutionen in zahlreichen weiteren Ländern anzutreffen, wie z.B. in Frankreich, oder auch Japan.³²

Auf die Historie des Wertanalyse Arbeitsplans wird im folgenden Kapitel 2.6 näher eingegangen.

²⁸ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.10

²⁹ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.11

³⁰ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.11f.

³¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.27f.

³² Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.12

2.5 Erfolgsfaktoren der Wertanalyse

Die mittels der Wertanalyse erzielten Erfolge, lassen sich im Wesentlichen durch die in Abbildung 6 dargestellten vier Charakteristiken beschreiben. Es sind dies die *interdisziplinäre Teamarbeit*, das *Funktionenkonzept*, das *Wertekonzept* und der *Wertanalyse Arbeitsplan*, der als methodischer roter Faden dient.³³

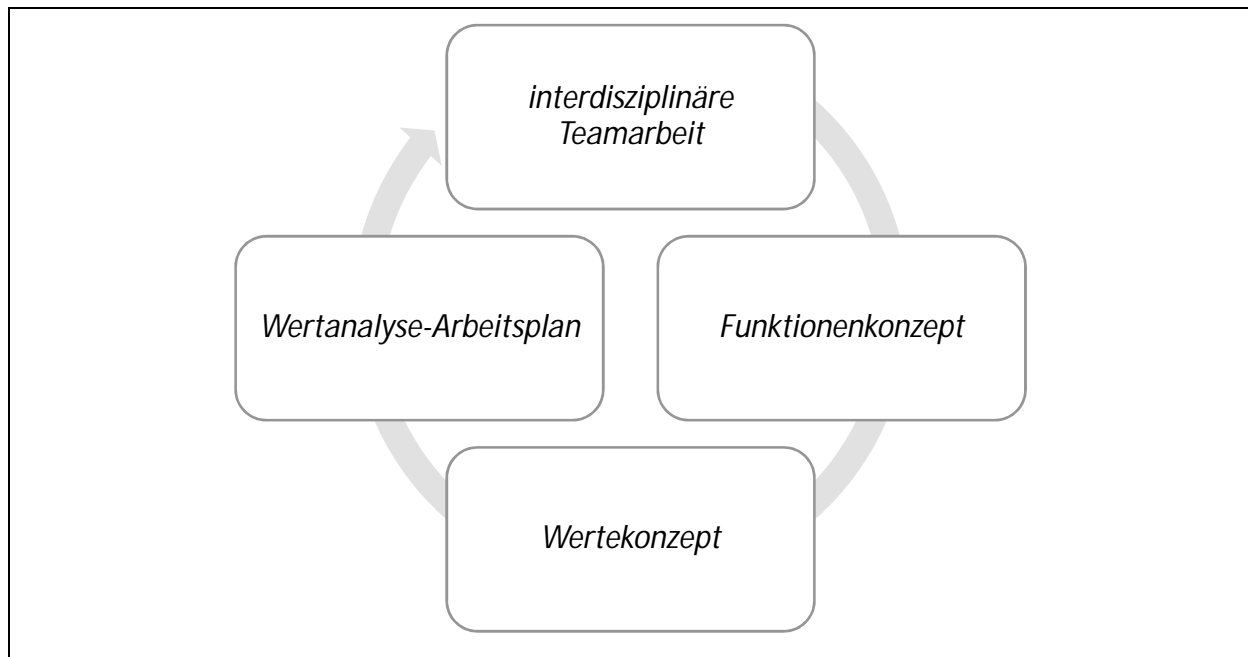


Abbildung 6: Erfolgsfaktoren der Wertanalyse³⁴

2.5.1 Interdisziplinäre Teamarbeit

Ein Unternehmen bzw. eine Organisation ist grundsätzlich in verschiedene Fachabteilungen gegliedert, welche nach thematisch abgegrenzten Zuständigkeiten strukturiert sind und dementsprechend spezielles Fachwissen und Erfahrungen in den jeweiligen Bereichen sammeln. Es ist nicht verwunderlich, dass jede Abteilung danach strebt ein möglichst optimiertes Kosten-Nutzen Verhältnis am Gesamtprodukt darzustellen, um die geforderten Abteilungsziele zu erreichen. Das Unternehmen hingegen ist bestrebt, den Unternehmenswert entsprechend zu maximieren, was basierend auf den Denkstrukturen und Eigenheiten in den einzelnen Abteilungen oft nicht verwirklicht werden kann. Um diesen verschiedenen Bestrebungen entgegenzuwirken, können durch die Bildung eines interdisziplinären, abteilungsübergreifenden Teams, die genannten Barrieren bewusst aufgebrochen werden. Dadurch kann ein sonst in dieser Ausprägung nicht vorhandenes Gesamtwissen generiert werden, wodurch

³³ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.3

³⁴ Eigene Abbildung, vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.3

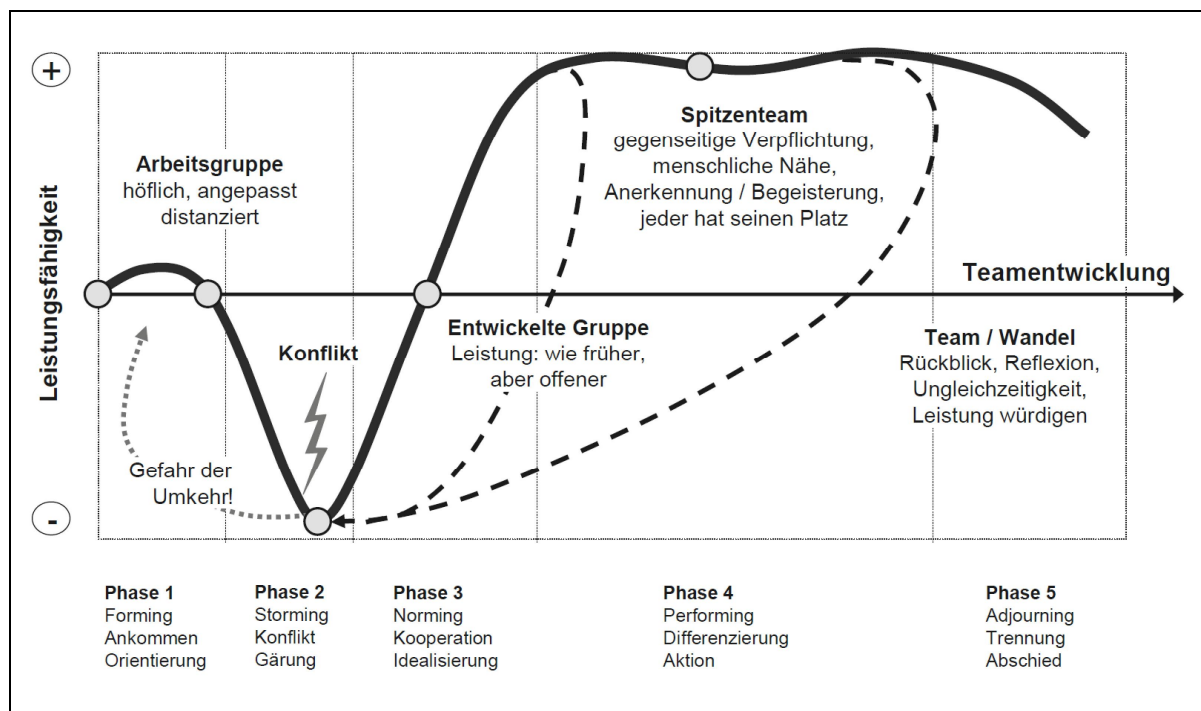
Aufgabenstellungen und Probleme besonders effektiv und nachhaltig bearbeitet werden können.³⁵

Besonders sei hierbei auf den Entwicklungsprozess von Teams hinzuweisen. Dieser kann durch das von B.W. Tuckmann (1965) entwickelte und später ergänzte Modell in fünf Phasen unterteilt werden. Es ist zu erwähnen, dass diese Phasen basierend auf sich ändernden Randbedingungen, nicht immer der Reihe nach durchlebt werden und sich auch wiederholen können. Die fünf Phasen, welche in Abbildung 7 dargestellt sind, werden wie folgt festgehalten:³⁶

- 1) *Forming*: Diese Phase lässt sich kennzeichnen durch ein eher zurückhaltendes und höfliches Verhalten der Teammitglieder. Sie haben unterschiedliche Erwartungen bzw. stellen sich Fragen was von ihnen erwartet wird, oder beschäftigen sich damit ob sie generell akzeptiert werden.
- 2) *Storming*: Die Teammitglieder beginnen Vertrauen zu fassen und versuchen ihre Interessen zu kommunizieren als auch zu behaupten. Sie reagieren kritisch aufeinander, auch der Teamleiter wird meistens kritisiert.
- 3) *Norming*: Das Team ist für die Mitglieder attraktiv geworden, welche jetzt auch in der Lage sind wertschätzend miteinander umzugehen. Die Kommunikation und Kooperationsbereitschaft zwischen den Teilnehmern gewinnt an Qualität und die Teamarbeit beginnt Freude zu machen.
- 4) *Performing*: Die vorhandenen Energien der Teammitglieder richten sich nahezu ausschließlich auf die Bewältigung der Aufgabenstellungen. Das Team hat sich zu einer dynamisch arbeitenden Gruppe entwickelt, die mit Verantwortung und Zuverlässigkeit an die Problemstellungen herangeht und hat gelernt mit den auftretenden Konflikten umzugehen.
- 5) *Adjourning*: Im Mittelpunkt dieser Phase steht die Auflösung des Teams und die Reintegration der Mitglieder. Einzelne Teilnehmer fokussieren sich bereits auf das nächste Projekt, während andere noch in den Erinnerungen der vergangenen Zusammenarbeit verweilen. Der Teamleiter ist verantwortlich für einen klaren Abschluss des Projektes und würdigt die Leistungen des Teams.

³⁵ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.4

³⁶ Vgl. Kuster (2011), S.264f.

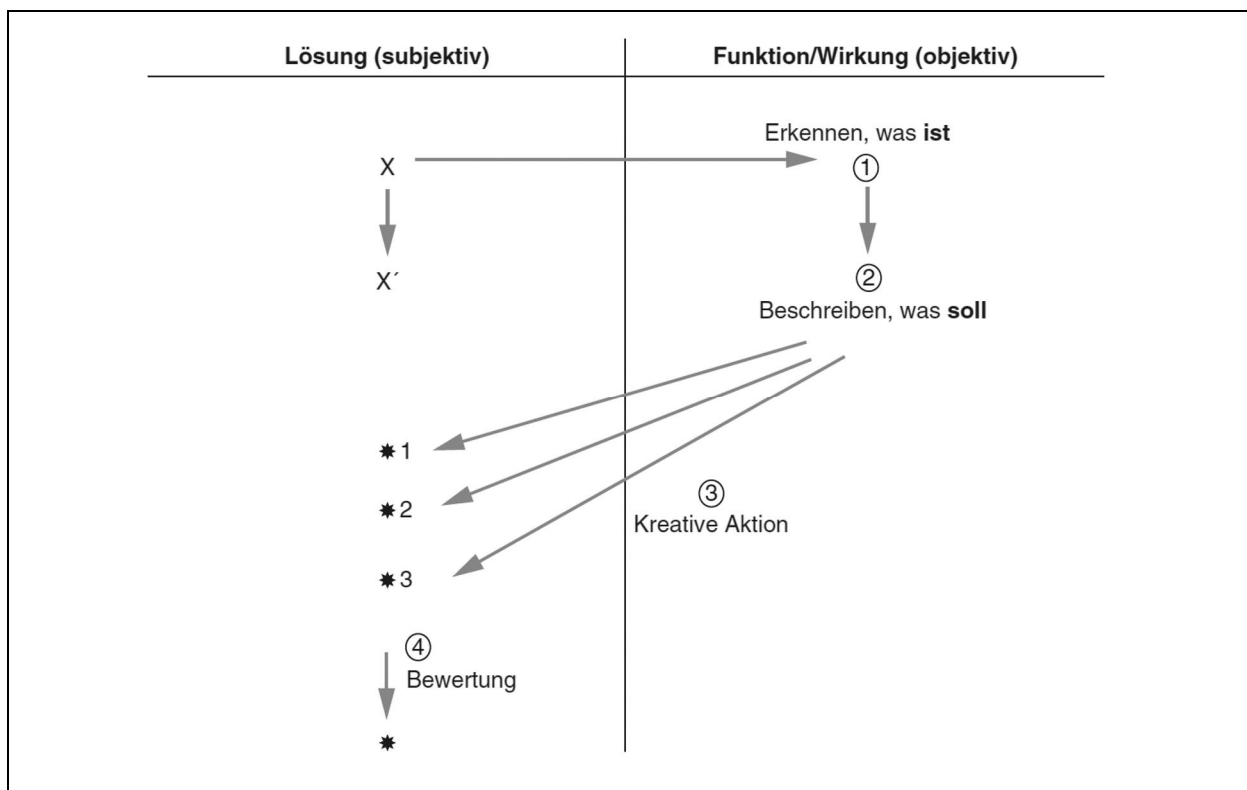
Abbildung 7: Phasen der Teamentwicklung³⁷

2.5.2 Funktionenkonzept

Der grundlegende Gedanke dahinter ist, dass der Käufer bzw. Nutzer eines Produktes an sich nicht das Objekt selbst, sondern dessen Funktionen bzw. Wirkungen haben möchte. Aufgabe des Wertanalyseteams ist es, diese Funktionen zu ermitteln und zu beschreiben. Durch die Konzentration auf die Funktionen befreit man sich von der existierenden subjektiv belegten Lösungsebene und vom momentanen Istzustand, und kann somit viel Freiraum für neue Lösungsideen generieren. Die Beschreibung des Produktes anhand von Funktionen steigert die Objektivität der Betrachtungsweise und liefert die Basis für die Definition eines Sollzustandes. Die Vorgehensweise dazu ist in Abbildung 8 schematisch dargestellt.³⁸

³⁷Kuster (2011), S.266

³⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.5

Abbildung 8: Abstraktion mittels Funktionenbeschreibung³⁹

2.5.3 Wertekonzept

Unter dem Begriff „Wert“ werden in den verschiedensten Fachbereichen wie z.B. Mathematik, Physik oder Betriebswirtschaftslehre, unterschiedliche Bedeutungen verstanden.⁴⁰ In Bezug auf die Wertanalyse wird darunter die Beziehung zwischen der Befriedigung von Bedürfnissen und dem damit verbundenen Einsatz von Ressourcen definiert, was in Abbildung 9 dargestellt ist.

$$\text{Wert } \alpha \frac{\text{Befriedigung von Bedürfnissen}}{\text{Einsatz von Ressourcen}}$$

Abbildung 9: Definition von „Wert“ in der Wertanalyse⁴¹

D.h. unter dem Wert eines Objektes versteht man in der Wertanalyse wie wichtig, bzw. bedeutsam dieses für jemanden ist.⁴² Es ist anzumerken, dass der Wert α nicht absolut, sondern relativ ist und lediglich eine Gegenüberstellung zwischen der Befriedigung von Bedürfnissen zum Einsatz von Ressourcen darstellt, was durch das nicht Vorhandensein des „=“ Zeichens ausgedrückt wird. Diese beiden Faktoren werden hinsichtlich des

³⁹ Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.6

⁴⁰ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.6

⁴¹ In Anlehnung an: Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.13

⁴² Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (1996), S.7

Findens des größten Nutzens gegeneinander abgewogen. In Abbildung 10 sind verschiedene Möglichkeiten zur Steigerung des Wertes α angeführt.⁴³

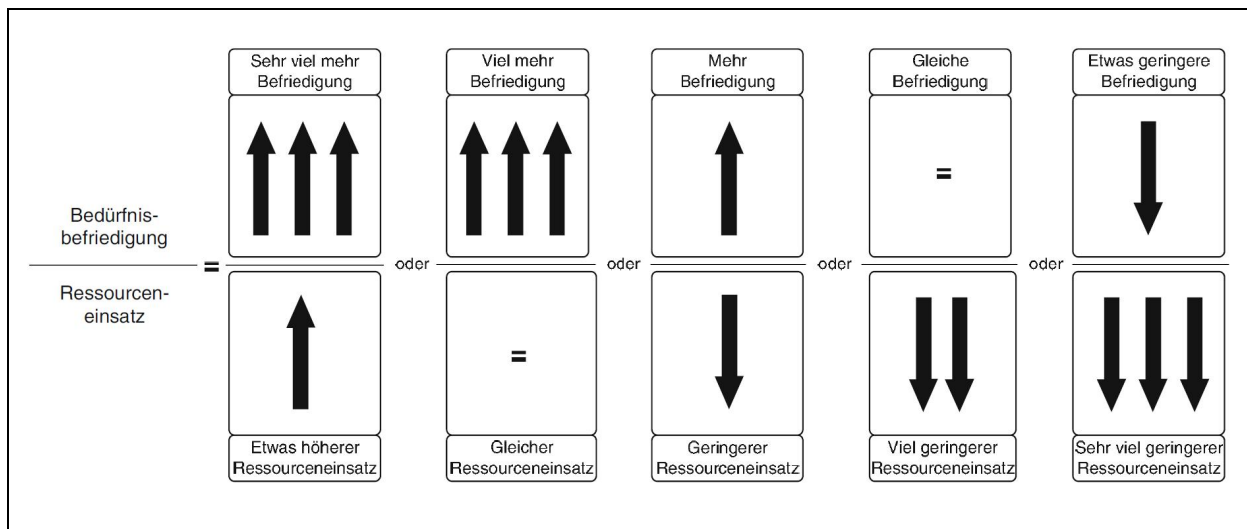


Abbildung 10: Möglichkeiten zur Wertsteigerung⁴⁴

Zur objektiven Messung bzw. zur effektiven Gestaltung einer Wertverbesserung ist es notwendig, den Zähler und den Nenner des in Abbildung 9 dargestellten Verhältnisses zu quantifizieren. Bezüglich des Einsatzes von Ressourcen ist zu erwähnen, dass sich dieser meist sehr gut bestimmen lässt. Als Beispiel sind hierzu die Herstellkosten von gegenständlichen Produkten anzuführen. Bedürfnisse hingegen müssen z.B. anhand von Kriterien oder Niveaus quantifiziert werden.⁴⁵ Die Definition eines Bedürfnisses ist in EN 1325-1 wie folgt festgehalten:

„Was für den Nutzer notwendig ist oder von ihm gewünscht wird.“⁴⁶

Das Gesamtbedürfnis umfasst grundsätzlich viele verschiedene Komponenten. Zum Beispiel kann zur weiteren Beschreibung eine Unterscheidung zwischen „Gebrauchsbedürfnissen“ und „Geltungsbedürfnissen“ durchgeführt werden. Jene Komponenten des Gesamtbedürfnisses, die sich auf körperliche, messbare Aktivitäten beziehen sind demnach den Gebrauchsbedürfnissen zuzuordnen. Die Geltungsbedürfnisse sind die subjektiven, attraktiven oder moralischen Bestandteile des Gesamtbedürfnisses. Weiters ist festzuhalten, dass im Vergleich dazu z.B. die Bedürfnisse des Managements von Situation zu Situation unterschiedlich sein können.⁴⁷

⁴³ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.13f.

⁴⁴ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.16

⁴⁵ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.15

⁴⁶ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.6

⁴⁷ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.14

2.5.4 Arbeitsplan

Der Arbeitsplan dient als roter Faden durch das Wertanalyseprojekt und spiegelt im Grunde genommen den natürlichen Denkablauf des Menschen wider, wodurch das Arbeiten damit grundsätzlich einfach handzuhaben ist. Man erkennt was ist, beschreibt anschließend was sein soll, und beschäftigt sich weiters mit dem Finden von Ideen. Diese werden abschließend bewertet um daraus entsprechende Entscheidungen abzuleiten.⁴⁸ Eine detaillierte Beschreibung zum Wertanalyse Arbeitsplan ist im nachfolgenden Kapitel 2.6 zu finden.

2.6 Wertanalyse Arbeitsplan

Das Kernstück der Methodik der Wertanalyse bildet der definierte und anzuwendende Wertanalyse Arbeitsplan.⁴⁹ Eine detaillierte Beschreibung dazu ist diesem Kapitel zu entnehmen.

2.6.1 Historie und Begriffsbestimmungen

Die Historie des Wertanalyse-Arbeitsplanes durchläuft mehrere Entwicklungsstufen. Bereits 1964 definierte *Miles* einen Arbeitsplan der durch die folgenden sieben Phasen festgehalten werden kann:⁵⁰

- *Phase 1: Orientierung*
- *Phase 2: Information*
- *Phase 3: Möglichkeiten*
- *Phase 4: Analyse*
- *Phase 5: Programmplanung*
- *Phase 6: Programmausführung*
- *Phase 7: Zusammenstellung und Schlussfolgerung*

Zurzeit ist in Deutschland der in der VDI 2800 (2000) Richtlinie definierte 6-Stufen Arbeitsplan am meisten verbreitet, welcher jedoch bereits im Jahre 2010 in der Aktualisierung der VDI 2800 auf den 10-Stufen Arbeitsplan erweitert wurde. Dieser wird oft als der Arbeitsplan des Value Managements bezeichnet, wobei der 6-stufige oft als der Arbeitsplan der Wertanalyse bezeichnet wird, was in der Form jedoch nicht korrekt ist. Beide Ausprägungen stellen Formen des Arbeitsplanes der Wertanalyse dar. Der neue Arbeitsplan ist für ein erweitertes Objektfeld ausgelegt, und ist genauer und ausführlicher in der Beschreibung als das Vorgängermodell.⁵¹

⁴⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.7

⁴⁹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.34

⁵⁰ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.35

⁵¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.35

In der VDI 2800 (2000) Richtlinie ist der Begriff Wertanalyse Arbeitsplan und das damit bearbeitete Wertanalyseobjekt, wie folgt definiert:

„Der Wertanalyse-Arbeitsplan ist die Beschreibung und die zweckmäßige gegenseitige Zuordnung der Wertanalyse Arbeitsschritte beim Bearbeiten eines Wertanalyse -Objekts.“⁵²

„Wertanalyse-Objekt ist ein entstehender oder bestehender Funktionenträger, der mit Wertanalyse behandelt werden soll. Wertanalyse-Objekte können materiell oder immateriell sein, also Produkte, Prozesse, Dienstleistungen.“⁵³

2.6.2 Der zehn stufige Wertanalyse Arbeitsplan nach EN 12973

Dieser Arbeitsplan bildet das Herzstück der Wertanalyse. Es handelt sich hierbei um den nach EN12973 genormten zehn stufigen Arbeitsplan, dessen Arbeitsschritte durchgehend durch Logik aufeinander abgestimmt sind. Die Arbeitsschritte sind in ihrer Sequenz so voneinander abhängig, dass alle auf den Weg zu einer erfolgreichen Problemlösung im Rahmen des WA Projektes zu durchlaufen sind, was in Abbildung 11 dargestellt ist. Der definierte Ablauf ist als roter Faden durch das Projekt zu sehen, dessen Ziele nur erreicht werden, wenn man die Systematik auch einhält. Dementsprechend sollten die beiden Grundregeln *keinen Arbeitsschritt auslassen* und *die Sequenz der Arbeitsschritte einhalten*, beachtet werden.⁵⁴

In den einzelnen Arbeitsschritten können basierend auf den definierten Aufgaben bzw. dem jeweiligen WA-Objekt unterschiedliche Bearbeitungstiefen notwendig sein. Weiters kann es resultierend aus neuen Erkenntnissen der durchgeführten Arbeiten zu Rückkopplungen und auch zur wiederholten Durchführung von einzelnen Teilschritten kommen. Es ist auch möglich, dass die Grob- und Detailziele dementsprechend neu definiert werden müssen.⁵⁵ Die Auswahl und die Anwendung entsprechender Methodiken obliegt der Einschätzung und Erfahrung des WA-Moderators. Die Zielorientierung der methodischen Instrumente, basierend auf der erforderlichen Zweckmäßigkeit in den jeweiligen Arbeitsschritten, ist als eindeutiges Erfolgsmerkmal festzuhalten.⁵⁶ In Abbildung 11 ist der nach EN 12973 genormte zehn stufige Wertanalyse Arbeitsplan dargestellt.

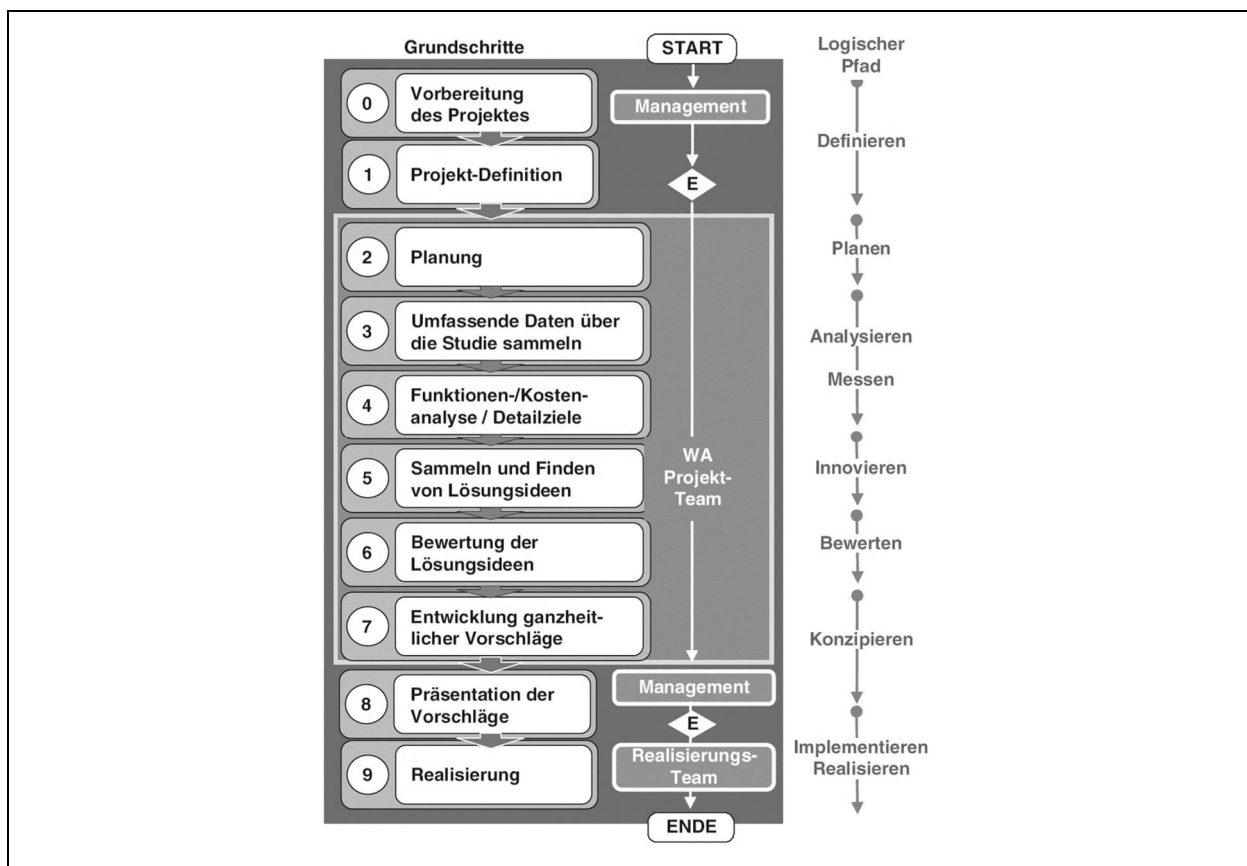
⁵² VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.2

⁵³ VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.2

⁵⁴ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.39

⁵⁵ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.94

⁵⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.39

Abbildung 11: WA Arbeitsplan, 10-stufig nach EN 12973⁵⁷

In der Phase null „Vorbereitung des Projektes“ und eins „Projekt Definition“ ist grundsätzlich das Management bzw. der Auftraggeber des Wertanalyseprojektes gefragt, um die Voraussetzungen zu klären und die Aufgabenstellung als auch die Ziele entsprechend zu definieren. Die Phase zwei „Planung“, drei „umfassende Daten über die Studie sammeln“, vier „Funktionen- / Kostenanalyse / Detailziele“, fünf „Sammeln und Finden von Lösungsideen“, sechs „Bewertung der Lösungsideen“ und sieben „Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge“ betrifft den Aufgabenbereich des Wertanalyse Teams. Im Schritt acht „Präsentation der Vorschläge“ werden diese dem Management bzw. dem Auftraggeber präsentiert, der dann die Entscheidung über die Phase neun „Realisierung“ des Ergebnisses trifft.⁵⁸

Die Methodiken und Instrumente, welche in diesem Wertanalyse Projekt in den einzelnen Phasen zur Anwendung kommen sind dem Kapitel 3 zu entnehmen. Die theoretischen Erläuterungen dazu werden im Kapitel 2.7 detailliert beschrieben.

⁵⁷ In Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.40

⁵⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.41ff.

2.7 Methodische Instrumente

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Instrumente und Werkzeuge, welche im Rahmen des Wertanalyse Projekts und der Vorgehensweise nach dem genormten zehnstufigen Wertanalyse Arbeitsplans Anwendung finden, näher erläutert.

2.7.1 Funktionenanalyse

Unter der Funktionenanalyse (FA) versteht man im Sinne der WA die Analyse von Funktionen eines WA Objekts. Als Wertanalyse Objekte kommen wie schon im Kapitel 2.6.1 erwähnt Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen in Frage. Dies führt dazu, dass in der Theorie und Praxis je nach Aufgabenstellung mit unterschiedlichen Funktionenbegriffen gearbeitet werden muss. An der Tatsache, dass die FA unter Berücksichtigung von auftretenden Anfangsschwierigkeiten, wie die Praxis zeigt in jeglichen Bereichen erfolgreich anwendbar ist, ändert sich dennoch wenig.⁵⁹

Die FA stellt das grundlegende VM Werkzeug für die Untersuchung, die Strukturierung und die Beschreibung der Funktionen dar. Des Weiteren dient sie der Ermittlung bzw. Definition von Kostenzielen für entsprechende Funktionen. Wichtig hierbei ist, dass man sich von Lösungen die man sonst üblicherweise betrachtet bzw. erarbeitet löst und sich auf die Funktionen des VM Objekts fokussiert.⁶⁰

Die Beschaffung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen erfolgt in der Regel unter funktionalen Gesichtspunkten. Kunden kaufen grundsätzlich nicht eine Anzahl von Bauteilen, sondern geben das Geld für Funktionen aus, welche ihren Bedürfnissen am ehesten entsprechen. Anhand des folgenden Beispiels eines Fernsehers soll dies verdeutlicht werden. Dieser soll fernsehen ermöglichen, fernbedienbar sein, ein entsprechendes Design aufweisen, die geforderten Außenabmessungen einhalten und Anschlüsse bereitstellen. Sehr schnell wird klar, dass den Kunden nicht interessiert, wie viel die im Fernseher verbauten Bauteile kosten, sondern die Funktionen, für die er auch bereit ist, den dafür akzeptablen Preis zu zahlen. Für den Kunden steht somit in erster Linie die Funktion im Vordergrund, d.h. das „Was“, in zweiter Linie jedoch auch das „Wie“, d.h. wie kreativ und alleinstellend die jeweilige Funktion umgesetzt wird.⁶¹ Funktionen beschreiben demnach grundsätzlich die Wirkung von Produkten bzw. deren Bestandteile und werden weiters von Erfüllungsmerkmalen begleitet.⁶²

⁵⁹ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (1996), S.2

⁶⁰ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.40

⁶¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.57

⁶² Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.39

Anwendung findet die FA zur:⁶³

- *Bestimmung der Funktion eines Produkts, eines Systems oder einer Organisation*
- *Quantifizierung der zu erreichenden Funktionserfüllung*
- *Verbesserten Kommunikation zwischen den beteiligten Menschen*

Im Arbeitsschritt 4 des Wertanalyse Arbeitsplanes verfolgt man den spezifischen wertanalytischen Denkansatz, dass jede Aufgabenstellung eines WA-Projektes in jene Funktionen zu gliedern ist, welche vorrangig den Markt bzw. den Nutzer interessieren. Es ist dabei sicherzustellen, dass alle nutzerrelevanten Funktionen berücksichtigt werden, um ein vollständiges nutzergerechtes Anforderungsprofil zu erstellen, welches die Grundlage für die weitere Vorgehensweise bildet. In einem nächsten Schritt werden den entsprechenden nutzerbezogenen Funktionen die relevanten Kosten zugeordnet, was als Sollzielfeld für materielle Verbesserungsansätze aufgezeigt werden kann. Weiters erfolgt eine Bewertung jeder nutzerbezogenen Funktion hinsichtlich des Funktionserfüllungsgrades, welcher beschreibt in wie fern der Markt bzw. der Nutzer mit dem Istzustand der jeweiligen Funktion zufrieden ist.⁶⁴ Es ist festzuhalten, dass sich der Begriff „Nutzer“ nicht immer auf den Endnutzer eines Produktes bezieht, sondern auf all jene, die in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus bestimmte Anforderungen bzw. Erwartungen an das Produkt haben.⁶⁵

2.7.1.1 Begriffsbestimmungen

Um Klarheit zu schaffen werden die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Begriffe zur Funktionenanalyse näher erläutert.

Funktionsbegriff

In der Wertanalyse und im Value Management versteht man unter dem Begriff „*Funktionen*“ Wirkungen, die von einem bestehenden bzw. zu entwickelnden Erzeugnis, einer Dienstleistung oder einem Bestandteil davon ausgehen.⁶⁶ Die Definition des Wortes „*Wirkung*“ kann hierbei nach VDI 2800 wie folgt festgehalten werden:

„Der begriffliche Inhalt des Wortes „Wirkung“ umfaßt hier als Ziel den Zweck, also „das Bewirken“, als Ablauf das Wirken, als Ergebnis die Wirkung des WA-Objektes.“⁶⁷

Ist-Funktionen sind jene Funktionen, welche zu Beginn am Istzustand des Wertanalyse Objekts ermittelt werden. *Soll-Funktionen* sind primär abnehmerorientiert und definieren

⁶³ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.39

⁶⁴ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.46

⁶⁵ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.39f.

⁶⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.57f.

⁶⁷ VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.4

den anzustrebenden Endzustand.⁶⁸ Vergleiche dazu Abbildung 8 in Kapitel 2.5.2, welche die Abstraktion mittels der Funktionenbeschreibung verdeutlicht, um den Sollzustand zu beschreiben.

Funktionsträger

Diese Bezeichnung bezieht sich auf die Träger der einzelnen Funktionen. Bei technischen Produkten kommen als Funktionsträger Bauteile, Baugruppen oder auch das Gesamterzeugnis in Frage.⁶⁹

Funktionskosten

Jene Anteile der Kosten von Funktionsträgern, die einer bestimmten Funktion zugeordnet werden können, werden als Funktionskosten dieser Funktion bezeichnet.⁷⁰

Funktionsarten

In der Wertanalyse und im Value Management unterscheidet man zwei Arten von Funktionen, wodurch eine Zuordnung zu den jeweiligen Nutzungsbereichen möglich ist. Diese können wie folgt festgehalten werden:⁷¹

- a) *Gebrauchsfunktionen*: Dies sind Funktionen, welche zur sachlichen Nutzung des WA-Objektes erforderlich sind. In der Regel sind diese quantifizierbar.
- b) *Geltungsfunktionen*: Diese Funktionen sind nicht zur unmittelbaren sachlichen Nutzung des WA-Objektes erforderlich. Es handelt sich hierbei um eine personenbezogene, subjektiv wahrgenommene Wirkung eines WA-Objektes, welche auch dementsprechend meist nur subjektiv quantifizierbar ist.

Bei einem WA Projekt ist es von besonderer Wichtigkeit beide Arten von Funktionen zu untersuchen, da viele Kaufentscheidungen aus Prestige Gründen bzw. basierend auf geschmacklichen Präferenzen getroffen werden. In Abbildung 12 sind die Anteile von Gebrauchs- und Geltungsfunktionen bei unterschiedlichen Gütern, zum Vergleich dargestellt.⁷² Ein Überblick der Gliederung der Funktionen bezüglich den erläuterten Funktionsarten und den nachfolgend beschriebenen Funktionsklassen wird in Abbildung 13 gezeigt.

⁶⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.58

⁶⁹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.58

⁷⁰ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.6

⁷¹ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.4

⁷² Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.60

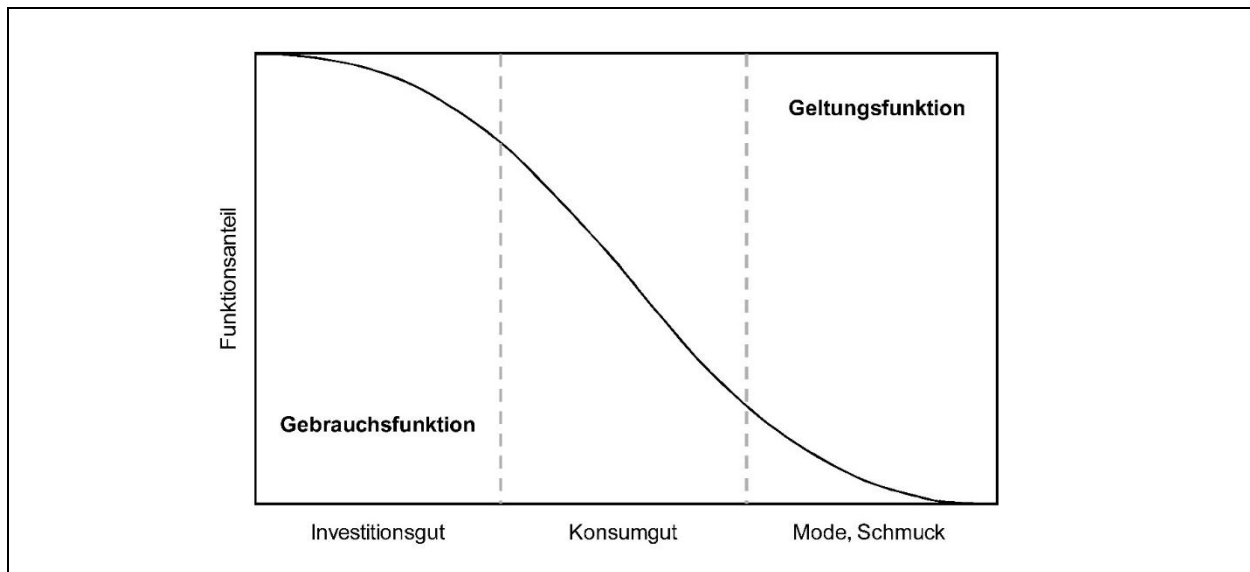


Abbildung 12: Gebrauchs- und Geltungsfunktionen diverser Investitionsgüter⁷³

Funktionsklassen

Die ermittelten Funktionen des Wertanalyse Objekts lassen sich hinsichtlich ihrer Wichtigkeit für den Nutzer wie folgt in Hauptfunktionen (HF) und Nebenfunktionen (NF) einteilen:

a) *Hauptfunktionen*: Durch sie wird der Verwendungszweck des Objektes beschrieben. Eine Erfüllung der HF ist zwingend notwendig.⁷⁴ Ein WA-Objekt kann mehrere Hauptfunktionen aufweisen, da auch mehrere entsprechend gleich hoch gewichtete Wirkungen auftreten können.⁷⁵

b) *Nebenfunktionen*: Sie unterstützen die Hauptfunktion, beschreiben weitere notwendige Aufgaben und sind oft durch das Lösungskonzept bestimmt. Die Anzahl an vorhandenen NF bestimmt dabei die Einfachheit des Konzeptes. In gewissen Fällen kann es sinnvoll sein eine weitere Gliederung der NF vorzunehmen, in abnehmerorientierte und herstellerorientierte NF. Eine abnehmerorientierte Nebenfunktion (aNf) ist für den Kunden noch als unterstützende Funktion erkennbar und kann dementsprechend auch noch ein Entscheidungskriterium darstellen. Eine herstellerorientierte Nebenfunktion (hNF) hingegen dient rein der Umsetzung und wird vom Hersteller festgelegt.⁷⁶ Im Regelfall hat ein WA-Objekt mehrere NF, es kann aber auch vorkommen, dass es nur eine oder auch keine aufweist.⁷⁷

⁷³ In Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.60

⁷⁴ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.61

⁷⁵ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.5

⁷⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.61

⁷⁷ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.5

Unerwünschte Funktionen

Zusätzlich zu den genannten Funktionenarten und Funktionenklassen, ist hier weiters die Definition von unerwünschten Funktionen angeführt. Diese stellt eine vermeidbare, bzw. aus gegebenen Gründen unvermeidbare, unerwünschte Wirkung des Wertanalyseobjektes dar. Unerwünschte, vermeidbare Funktionen dürfen dabei nur bei der Analyse des Ist-Zustandes auftreten, da sie als unnötig festgehalten werden können. Unerwünschte, unvermeidbare Funktionen hingegen können auch im Sollzustand vorkommen. Grundsätzlich können als unerwünscht, Funktionen aller Arten und Klassen festgestellt werden.⁷⁸

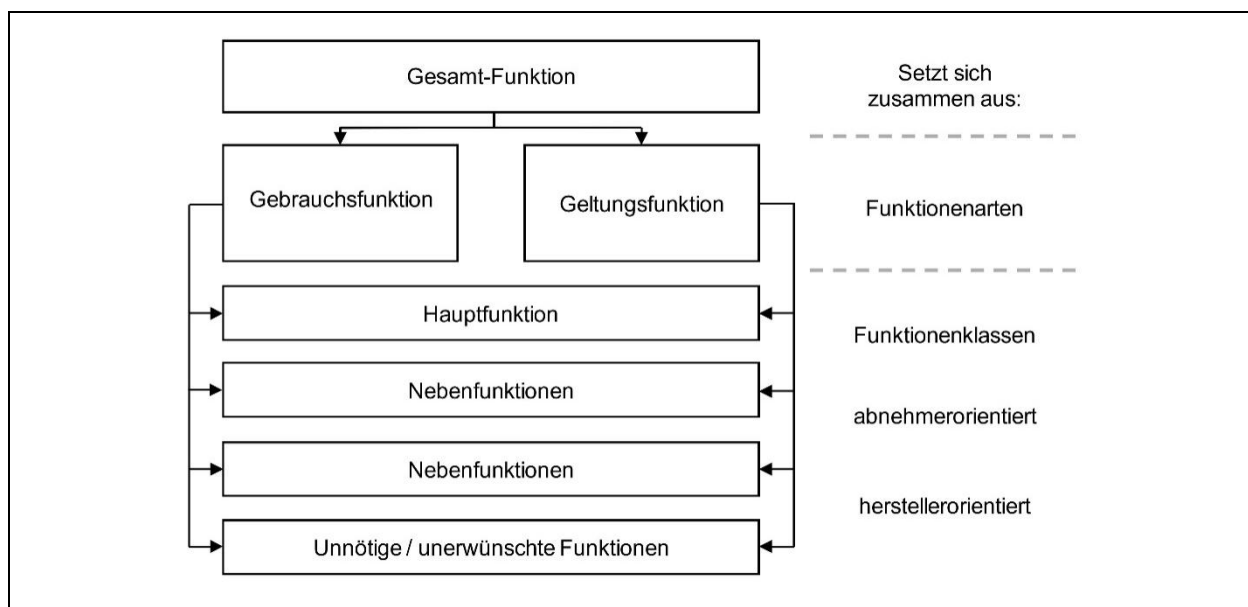


Abbildung 13: Gliederung hinsichtlich Funktionenarten und Funktionenklassen⁷⁹

2.7.1.2 Benennung von Funktionen

Funktionen werden durch ein Substantiv (Hauptwort) und ein Verb (Tätigkeitswort) klar und kurz beschrieben. Das Verb gibt hierbei die für die Befriedigung des Bedürfnisses notwendige Art der Tätigkeit an. Das Substantiv bezeichnet das Element, an welchem die Tätigkeit ausgeführt wird.⁸⁰ Die Benennung von Funktionen soll basierend auf dem in Abbildung 14 dargestellten Beispiel anhand einer Glühbirne verdeutlicht werden.

⁷⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (2000), S.5f.

⁷⁹ Eigene Abbildung, in Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.62

⁸⁰ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.41

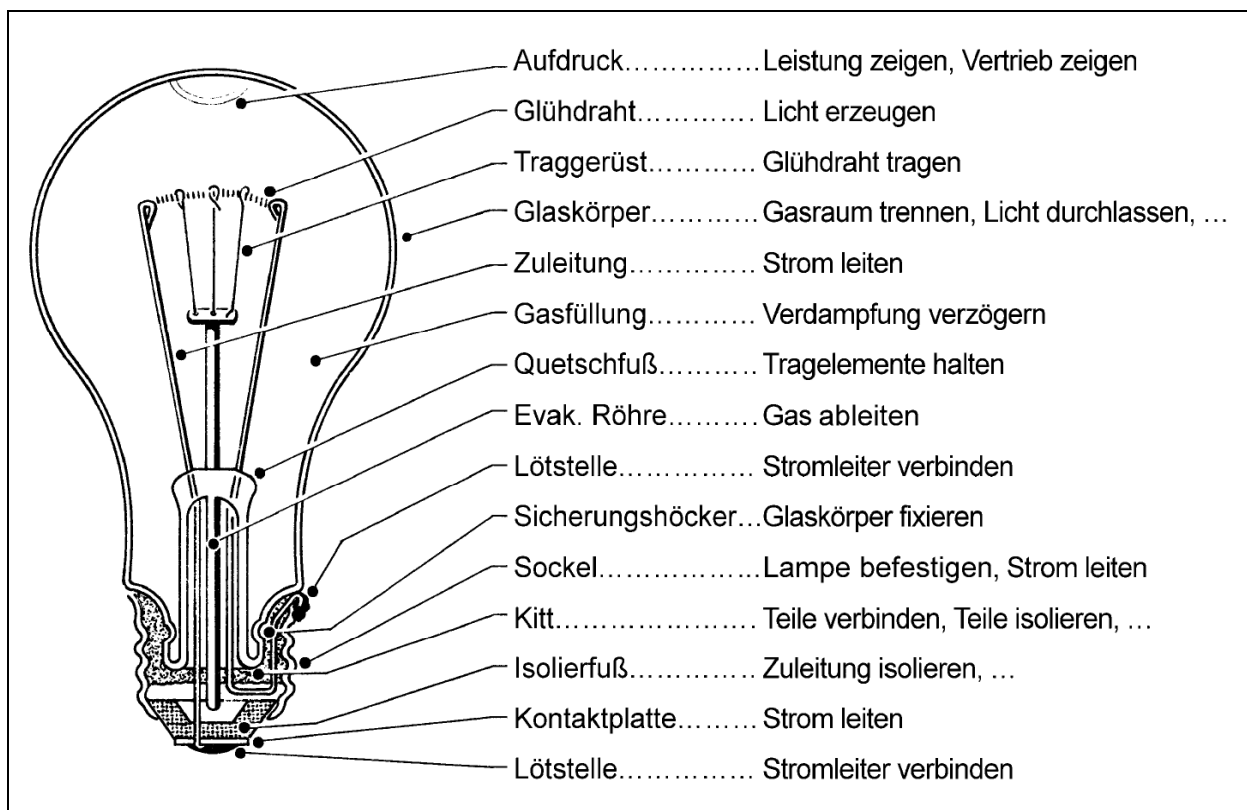


Abbildung 14: Benennung von Funktionen anhand des Beispiels einer Glühlampe⁸¹

2.7.1.3 Vorgehensweise

Die Durchführung einer Funktionsanalyse bedeutet, in einem interdisziplinären Team mit Fachleuten aus der gesamten Organisation zu arbeiten, die mit dem Produkt in allen Stadien des Produktlebenszyklus direkt, bzw. indirekt zu tun haben.⁸² Der Prozess der FA kann wie folgt durch sieben Teilschritte beschrieben werden:⁸³

- 1) *Erkennung der Aufgaben eines Objektes*
Bei Wertverbesserungen – Was tut es?
Bei Wertplanungen und Wertgestaltungen - Was soll es tun?
- 2) *Beschreibung der Aufgaben eines Objektes als Funktionen*
- 3) *Klassifizierung der Funktionen in Haupt und Nebenfunktionen*
- 4) *Gliederung der Funktionen in HF, aNF und hNF mit den Fragen Wozu? und Wie?*
- 5) *Ermittlung des Funktionsaufwandes bei Wertverbesserungen bzw. Bemessung der Funktionen bei Wertplanung und Wertgestaltung*
- 6) *Ermittlung von Soll Funktionen – „Was soll es tun“ bzw. „Ist die betrachtete Funktion erforderlich?“*
- 7) *Definition des Aufwandes der Soll-Funktionen*

⁸¹ Bronner and Herr (2006), S.82

⁸² Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.40

⁸³ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.66f.

Weiters ist zu erwähnen, dass sich das Verfahren der FA nach *Kaneo Akiyama* grundsätzlich in die folgenden drei Schritte einteilen lässt (vgl. Abbildung 15):⁸⁴

- 1) *Erfassen des Analyseobjekts*: Ein zutreffendes und fehlerfreies Erfassen des Analyseobjektes ist unerlässlich für den Gebrauch der FA und beruht auf einer Sammlung der vorhandenen Informationen zum Objekt.
- 2) *Benennen der Funktionen*: Die Funktionenbenennung stellt den Kern der FA dar und stützt sich dabei auf das Modell der Substantiv-Verb Form.
- 3) *Strukturieren der Funktionen*: Auch diesen Schritt kommt eine essenzielle Bedeutung zu. Die verschiedenen Funktionen, die vom Analyseobjekt auszuführen sind, stehen in bestimmten wechselwirkenden Beziehungen zueinander, und nehmen somit keine isolierte Stellung ein.

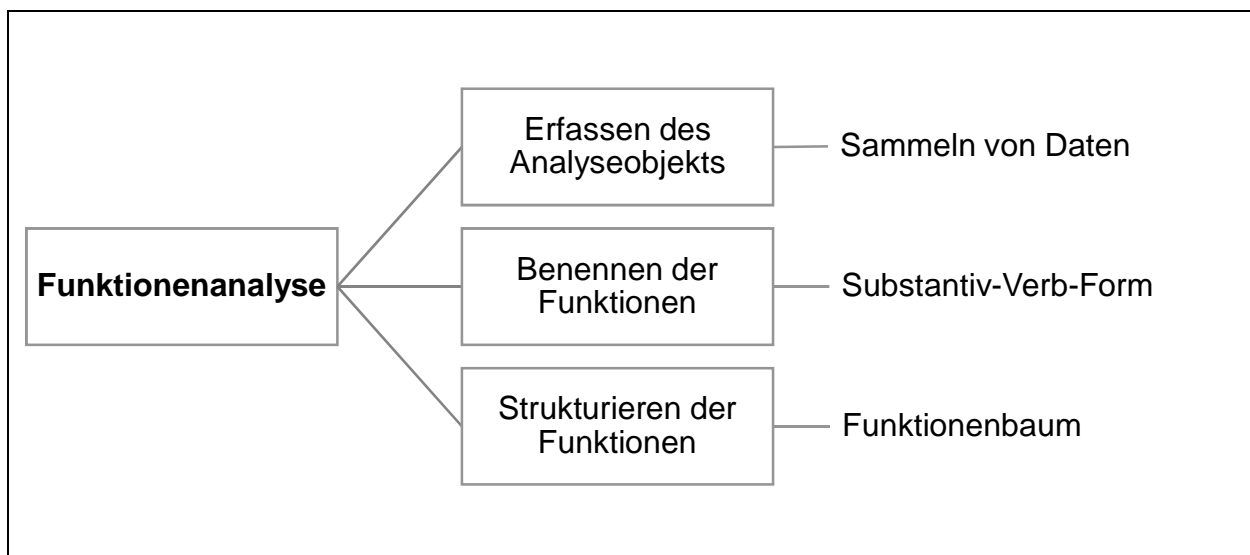


Abbildung 15: Ansatz der Funktionenanalyse nach *Akiyama*⁸⁵

2.7.1.4 Funktionenbaum

Zur Strukturierung der Beziehungen zwischen den einzelnen Funktionen lassen sich im Wesentlichen zwei Methodiken festhalten, der Funktionenbaum und das Function Analysis System Technique Diagramm (FAST Diagramm). Aufgrund der Durchführung dieses Projekts mit der Methodik des Funktionenbaums, wird in dieser Arbeit auf das FAST Diagramm nicht weiter eingegangen.⁸⁶

Durch den Funktionenbaum kann das Zusammenwirken von Haupt- und Nebenfunktionen grafisch dargestellt werden um somit die Funktionenstruktur sichtbar zu machen (vgl. dazu Abbildung 16). Die Zuordnung der ermittelten Funktionen erfolgt

⁸⁴ Vgl. Akiyama (1994), S.28ff.

⁸⁵ In Anlehnung an: Akiyama (1994), S.28

⁸⁶ Vgl. Akiyama (1994), S.30

dabei nach Rang und Abhängigkeit. Grundsätzlich kann die Ordnung einzelner Funktionen durch die folgenden Fragen vorgenommen bzw. überprüft werden:⁸⁷

- „Wie wird die betrachtete Funktion erfüllt?“ Eine Antwort darauf ergibt eine untergeordnete Funktion.
- „Wozu wird die betrachtete Funktion erfüllt?“ Eine Antwort darauf ergibt eine übergeordnete Funktion.

Eine übersichtliche Darstellung bezüglich der Strukturierung eines Funktionenbaumes ist Abbildung 16 zu entnehmen.

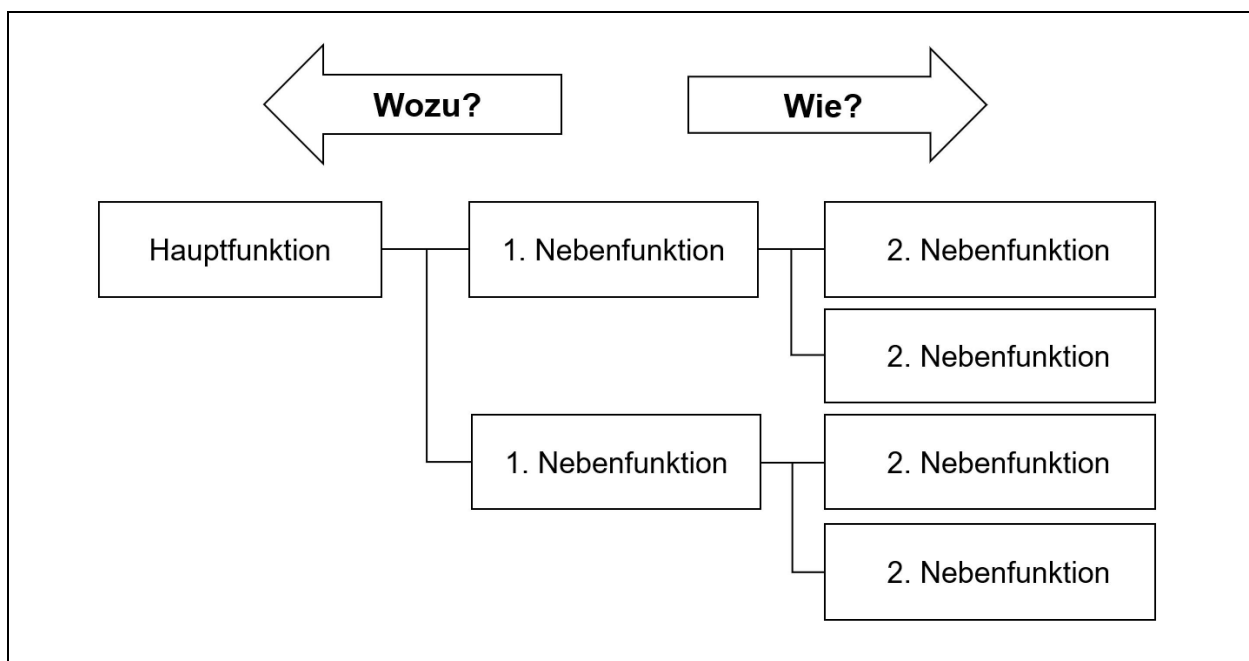


Abbildung 16: Darstellung der Strukturierung eines Funktionenbaums⁸⁸

2.7.1.5 Funktionserfüllungsgrad

Wie bereits in der Beschreibung der Funktionsanalyse erwähnt, werden die nutzerbezogenen Funktionen hinsichtlich dessen Funktionserfüllungsgrades einer Bewertung unterzogen. Hierbei kommt es zur Feststellung, inwiefern der Markt bzw. der Nutzer mit dem Ist-Zustand der jeweiligen Funktion zufrieden oder unzufrieden ist. Die tatsächliche Graduierung der Kundenzufriedenheit spielt dazu eine große Rolle, weshalb man diesbezüglich auf das Wissen des Vertriebsfachmanns oder auch auf direkte Kundenbefragungen zurückgreifen sollte.⁸⁹

Der Funktionserfüllungsgrad (FEG) gibt Hinweise auf Veränderungspotentiale und wird vielfach als Ausgangspunkt zur Ableitung von Detailzielen verwendet. Er nimmt immer

⁸⁷ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.62f.

⁸⁸ In Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.63

⁸⁹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.64

auf eine bestimmte Lösung Bezug, wird durch relative oder auch absolute Größen dargestellt und durch den Vergleich von Lösungen mit Lösungsmöglichkeiten ermittelt (z.B. IST / SOLL).⁹⁰ In Abbildung 17 wird die Ermittlung des FEG in relativen Größen dargestellt.

$$FEG = \frac{IST}{SOLL} [\%]$$

Abbildung 17: Darstellung des Funktionserfüllungsgrads

2.7.2 Funktionskostenanalyse

Die Kalkulation der Kosten mittels herkömmlichen Verfahren basiert üblicherweise auf einer Betrachtung der einzelnen Bauteile. Teilt man diese Kosten auf die einzelnen Funktionen auf, so können dadurch neue Erkenntnisse über die Betrachtungsweise eines Produktes generiert werden. Die Gesamtheit aller geplanten, angefallenen Ressourceneinsätze bzw. Aufwendungen stellen dabei die Gesamt-Funktionskosten dar, was den Gesamtkosten des Produktes entspricht. Die Betrachtung der Funktionskosten kann als sehr wirksame Methode im Value Management festgehalten werden, da man sich neben der Funktionskostenermittlung auch mit dem Wert des Gesamtproduktes samt den einzelnen Eigenschaften beschäftigt.⁹¹

Die Vorgehensweise zur Erstellung der Funktionskosten-Analyse kann durch die folgenden drei Schritte festgehalten werden:⁹²

- 1) *Auswahl der Funktionen, die es zu bewerten gilt*
- 2) *Verknüpfung der Bauteile mit den Funktionen über Gewichtungsschlüssel*
- 3) *Berechnung der Kostenanteile der einzelnen Funktionen an den Gesamtkosten*

Ad 1): Es ist zu erwähnen, dass die Auswahl der für das entsprechende Objekt wichtigen Funktionen z.B. durch die Wahl einer gesamten Ebene (z.B. 1. Nebenfunktionen) durchgeführt werden kann. Weiters besteht auch die Möglichkeit einen von Funktion zu Funktion spezifischen Detailierungsgrad zu wählen. D.h. sollte z.B. bei einer grundsätzlichen Wahl der Ebene der 1. NF bei einzelnen Funktionen ein höherer Detailierungsgrad notwendig sein, so werden bei diesen die Funktionen auf der Ebene der 2. NF gewählt.⁹³

Ad 2): Die Ermittlung der Funktionskosten basiert auf der Erstellung einer Funktionskostenmatrix. Diesbezüglich stellt die Zuordnung von Funktionen und Bauteilen eine wesentliche Voraussetzung dar. Zur Vorgehensweise ist zu erwähnen, dass die

⁹⁰ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), S.115ff.

⁹¹ Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2001), S.28

⁹² Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.69

⁹³ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.70

Bauteilkosten, welche aus vorhandenen Kalkulationen übernommen werden können, nach einem festzulegenden, prozentuellen Gewichtungsschlüssel auf die einzelnen Funktionen aufgeteilt werden (vgl. Abbildung 18). Zu beachten ist hierbei auch die Berücksichtigung von diversen Tätigkeiten wie z.B. Montage, oder durchzuführende Prüfungen, welche auch Funktionskostenträger darstellen.⁹⁴

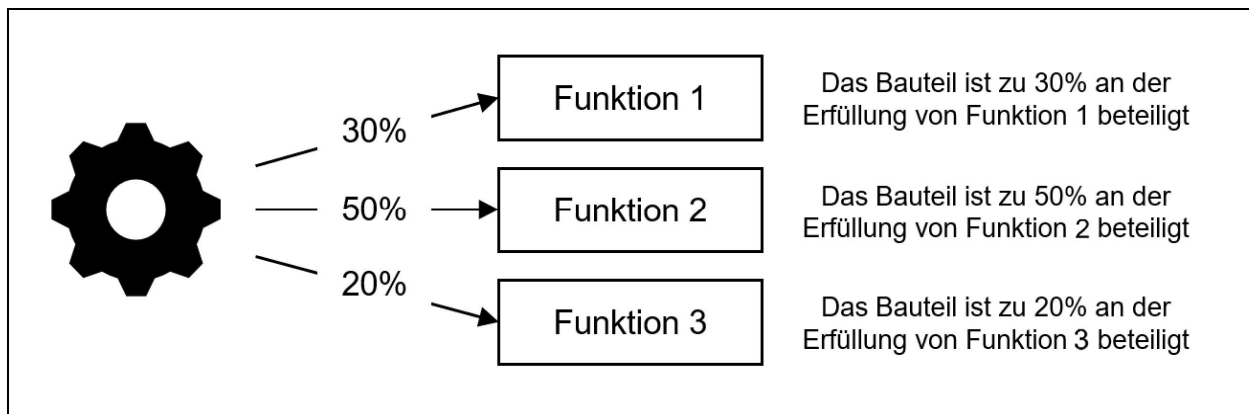


Abbildung 18: Prozentuelle Aufteilung der Bauteile auf die einzelnen Funktionen⁹⁵

Ad 3): Es erfolgt die Berechnung der Kostenanteile der einzelnen Funktionen. Die in Schritt 2 definierten Anteile der Funktionen werden mit den Gesamtkosten der entsprechenden Bauteile multipliziert. Die Kosten der Funktionen ergeben sich durch die Aufsummierung der zugewiesenen Kostenanteile. Die Gesamtkosten aller Funktionen müssen dabei den Gesamtkosten des analysierten Bauteils entsprechen (vgl. Abbildung 19).⁹⁶

	Kosten Bauteil	Funktion 1		Funktion 2		Funktion 3		Summe der Zeile
		in %	in €	in %	in €	in %	in €	
Bauteil 1	40 €	20 %	8 €	30 %	12 €	50 %	20 €	100 %
Bauteil 2	60 €	10 %	6 €	60 %	36 €	30 %	18 €	100 %
Bauteil 3	30 €	40 %	12 €	30 %	9 €	30 %	9 €	100 %
Bauteil 4	40 €	10 %	4 €	5 %	2 €	85 %	34 €	100 %
Bauteil 5	10 €	50 %	5 €	20 %	2 €	30 %	3 €	100 %
Summe	180 €	19 %	35 €	34 %	61 €	47 %	84 €	100 %

Abbildung 19: Berechnung der Kostenanteile der einzelnen Funktionen⁹⁷

⁹⁴ Vgl. Zentrum Wertanalyse (1995), 163f.

⁹⁵ Eigene Abbildung, in Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.71

⁹⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.71

⁹⁷ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.71

2.7.3 Funktionenpotenzialanalyse

Ziel dieser Analyse ist es, das Verhältnis zwischen den Kosten und der Bedeutung einer Funktion festzustellen und für den Nutzer in Einklang zu bringen. Steht dieses Verhältnis nicht im Einklang, ist dies ein Hinweis für mögliche Verbesserungen. D.h. im Vergleich zu einer reinen Funktionskostenanalyse, wo man sich im Wesentlichen auf die kostentreibenden Funktionen fokussiert, wird zusätzlich die Bedeutung der jeweiligen Funktion überprüft. Das Verhältnis von den Kosten zur Bedeutung (siehe Abbildung 20) zeigt jene Funktionen auf, die für eine Optimierung besonders aussichtsreich sind, und somit vorrangig behandelt werden sollten. Die Kosten der betrachteten Funktionen können direkt aus den mittels der Funktionskostenmatrix ermittelten Funktionskosten übernommen werden. Die Bedeutsamkeit der Funktionen kann z.B. mittels dem in Kapitel 2.7.10 beschriebenen Dual Vergleich ermittelt werden.⁹⁸

$$\frac{\text{Kosten der Funktion}}{\text{Bedeutung der Funktion}}$$

Abbildung 20: Darstellung des Verhältnisses zwischen Kosten und Bedeutung

Ist das dargestellte Verhältnis im Einklang, d.h. nahezu eins, so besteht basierend auf dieser Analysetechnik grundsätzlich kein Handlungsbedarf. Ist es zu hoch, d.h. größer eins, handelt es sich um eine kostentreibende Funktion. Je größer das Missverhältnis, umso unwichtiger ist dem Nutzer die Bedeutung der Funktion im Vergleich zu den Kosten, die er dafür bezahlt. Dies bedeutet, je größer das beschriebene Missverhältnis umso dringender muss an einer Reduktion dieser Funktionskosten gearbeitet werden. Sollte dies gelingen, so führt das zum angestrebten Ausgleich des Kosten/Bedeutungs Verhältnisses. Handelt es sich im Gegensatz dazu um ein zu geringes Verhältnis, d.h. kleiner eins, so spricht man von einer potentialbehafteten Funktion. Das bedeutet, dass möglicherweise bei geringem Mehraufwand, ein zusätzlicher Kundennutzen generiert werden kann.⁹⁹

Der Fokus dieser Analyse bezieht sich bei sehr vielen Optimierungsprojekten im Wesentlichen auf die Identifizierung kostentreibender Funktionen, da die Kostenreduktion meistens das Hauptziel bzw. zumindest ein Nebenziel darstellt. Im Vergleich dazu erfolgt der Fokus auf die Feststellung potentialbehafteter Funktionen eher bei Neuentwicklungen bzw. „jungen“ Produkten, wo man aktiv nach Potentialen zur Steigerung der Attraktivität des Produktes für den Nutzer sucht. Die Darstellung der

⁹⁸ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011) S.72

⁹⁹ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011) S.72f

Bedeutsamkeit und der Kosten der entsprechenden Funktionen kann sehr übersichtlich in einem Portfoliodiagramm erfolgen, welches in Kapitel 3.5.7 näher erläutert wird.¹⁰⁰

2.7.4 Target Costing

Bei der Anwendung der Methodik des Target Costings (deutsch: Zielkostenrechnung) geht es im Vergleich zu klassischen Kalkulationsverfahren nicht um die Frage, was ein Produkt kosten wird, sondern darum was das Produkt kosten darf, um am Markt durchsetzbare Preise generieren zu können. Die Neuentwicklung eines Produktes kann demnach nicht als alleinige Aufgabe von z.B. Entwicklung, Konstruktion oder Arbeitsvorbereitung gesehen werden.¹⁰¹ Eine entsprechende Kostenplanung wird darum nicht erst in der Produktionsphase, sondern in der frühen Phase der Produktentwicklung eingesetzt. Die Vorgehensweise lässt sich grundsätzlich in die drei Schritte Zielkostenfindung, Zielkostenspaltung und Zielkostenerreichung einteilen.¹⁰²

2.7.5 ABC Analyse

Diese Analysetechnik unterstützt die Ordnung bzw. die Klassifizierung einer großen Menge von Daten, mit dem Ziel, Wichtiges von weniger Wichtigem zu unterscheiden, um dementsprechende Prioritäten zu setzen.¹⁰³

Der Begriff der ABC Analyse wird, unter der Berücksichtigung des Pareto-Prinzips, 1951 zum ersten Mal von *H. Ford. Dickie* bei der Klassifizierung von Daten verwendet.¹⁰⁴ Das Pareto-Prinzip besagt, dass sich mit 20 Prozent des Einsatzes, 80 Prozent des Ergebnisses erzielen lässt. Diese Faust- bzw. Grundregel wird 1897 vom italienischen Ökonom und Soziologen *Vilfredo Pareto* entdeckt. Er stellte bei seinen Untersuchungen der Vermögensverteilung in England fest, dass sich 80 Prozent des Vermögens auf 20 Prozent der Bevölkerung aufteilt. Unabhängig von Land und Zeitpunkt, stieß er immer wieder auf dieses Zahlenverhältnis.¹⁰⁵

Aufgrund der einfachen Logik und der Unabhängigkeit vom entsprechenden Untersuchungsobjekt, lässt sich die ABC Analyse sehr vielseitig einsetzen. Stellvertretend seien hier als Beispiele die Analyse von Produkten, Kunden oder auch Materialien zu nennen. Die einzelnen Elemente der Daten werden dabei immer den Klassen A, B, und C zugeordnet. Dadurch kann eine entsprechende Komplexitätsreduzierung bei großen Datenmengen generiert werden. Weiters ist zu

¹⁰⁰ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011) S.72f.

¹⁰¹ Vgl. Horsch (2015), S.295f.

¹⁰² Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.80

¹⁰³ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.97

¹⁰⁴ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.97

¹⁰⁵ Vgl. Russell-Walling (2011), S.68

erwähnen, dass die gegebene Vergleichbarkeit der zu analysierenden Daten eine wesentliche Voraussetzung für die korrekte Anwendung der Analyse darstellt.¹⁰⁶

Im Folgenden soll die Vorgehensweise zur ABC Analyse anhand einer Klassifizierung von Beschaffungsobjekten in fünf Schritten verdeutlicht werden:¹⁰⁷

- 1) *Berechnung des Einkaufsvolumens pro Jahr*: Der Einkaufspreis pro Stück wird mit der jeweiligen jährlichen Bedarfsmenge multipliziert. Dadurch wird das Einkaufsvolumen pro Jahr für das entsprechende Element ermittelt.
- 2) *Neusortierung der Elemente*: In diesem Schritt wird eine absteigend sortierte Rangfolge der jeweiligen ermittelten Einkaufsvolumina gebildet.
- 3) *Berechnung der relativen Anteile am Gesamteinkaufsvolumen*: Der prozentuelle Anteil des Einkaufsvolumens des entsprechenden Elements am Gesamtvolumen wird hierbei berechnet.
- 4) *Kumulierung der einzelnen relativen Anteile*: Dies ist für die Ermittlung der einzelnen Klassen unerlässlich.
- 5) *Klassifizierung der Beschaffungsobjekte*: Die Klassifizierung der Elemente ist grundsätzlich nicht genormt, jedoch hat sich die in Tabelle 2 dargestellte Einteilung in der Praxis bewährt.

Klassen	Wertgrenzen	Mengengrenzen
<i>A Elemente</i>	80%	20%
<i>B Elemente</i>	15%	30%
<i>C Elemente</i>	5%	50%

Tabelle 2: Klasseneinteilung im Rahmen der ABC Analyse¹⁰⁸

Die Klassifizierung der Objekte lässt sich (vgl. Abbildung 21) durch die so genannte Lorenzkurve grafisch darstellen, welche basierend auf den ungleichen Verhältnissen zwischen Mengen und Wertanteilen in einer statistischen Verteilung ihren typischen konkaven Verlauf annimmt.¹⁰⁹

¹⁰⁶ Vgl. Schawel and Billing (2014), S.12f.

¹⁰⁷ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.99f.

¹⁰⁸ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.101

¹⁰⁹ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.98

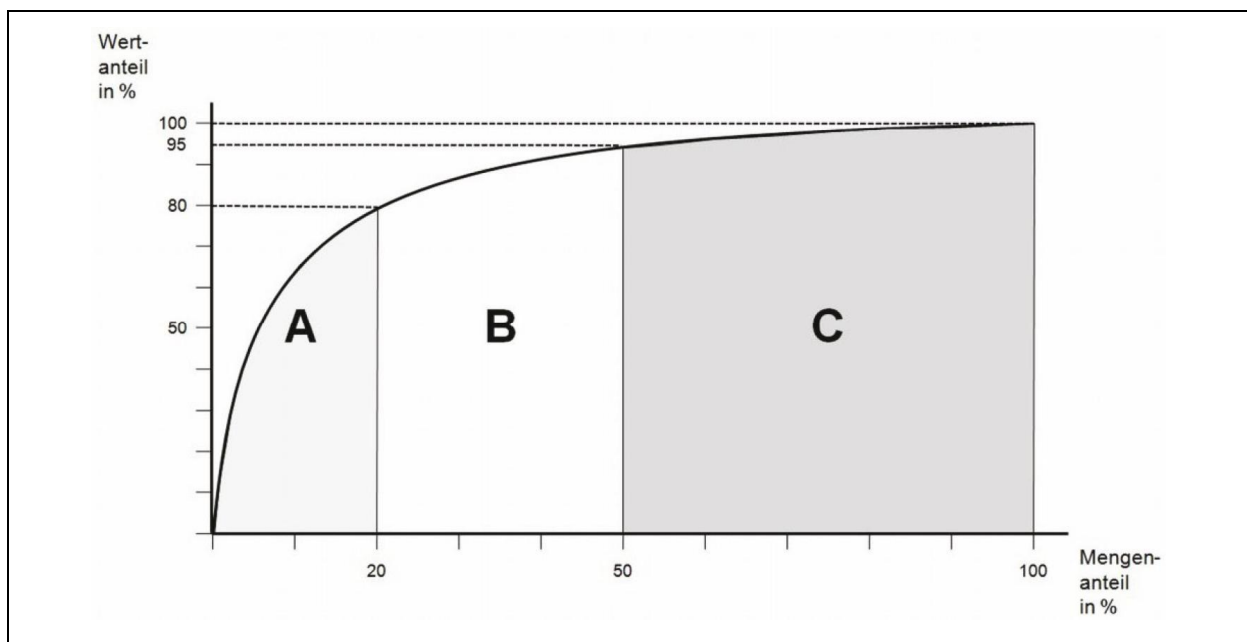


Abbildung 21: Darstellung der ABC Analyse mittels einer Lorenzkurve¹¹⁰

Die Gegenüberstellung der Mengen und Wertanteile verdeutlicht, auf welche Schwerpunkte man sich besonders fokussieren sollte, um den größten Nutzen z.B. in Form einer Senkung der Kosten zu erreichen.¹¹¹ D.h. konkret wird man sich zum Ersten auf die A-Teile fokussieren, da diese wie bereits erwähnt mengenmäßig 20 Prozent der Elemente darstellen und einen Wertanteil von 80 Prozent aufweisen.

Der folgende Sachverhalt soll die Wichtigkeit der Priorisierung verdeutlichen. Durch eine angenommene Kostenreduktion von A-Teilen (80 Prozent Wertanteil) um 10 Prozent kann eine Reduktion der Gesamtkosten von 8 Prozent erreicht werden. Im Vergleich dazu kann man durch die gleiche Reduktion der Kosten der C-Teile um 10 Prozent (angenommener Wertanteil: 5 Prozent der Gesamtkosten) lediglich eine Reduktion der Gesamtkosten um 0,5 Prozent erreichen.

2.7.6 SWOT Analyse

Die SWOT Analyse stellt eines der bekanntesten Mittel einer systematisierten Situationsanalyse dar. Das Akronym SWOT setzt sich zusammen aus den englischen Begriffen *Strengths* (deutsch: Stärken), *Weaknesses* (Schwächen), *Opportunities* (Möglichkeiten) und *Threats* (Gefahren). Die Stärken und Schwächen werden in einer gegenwartsbezogenen Betrachtungsweise durch eine Unternehmensanalyse identifiziert, die Möglichkeiten und Gefahren hingegen in einer zukunftsorientierten Analyse des Unternehmensumfeldes.¹¹² Anschließend werden diese in einer Matrix

¹¹⁰ Andreas Stollenwerk (2016), S.98

¹¹¹ Vgl. Andreas Stollenwerk (2016), S.98

¹¹² Vgl. Lippold (2016), S.24

gegenübergestellt. Anhand des in Abbildung 22 dargestellten Beispiels des Produktsortiments eines mittelständischen Industrieunternehmens wird dies verdeutlicht.

<i>intern orientiert</i>	<p>Stärken</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hohe Produktqualität - Gute Dokumentation 	<p>Schwächen</p> <ul style="list-style-type: none"> - veraltete Produkte - schlechter Kundenservice
<i>extern orientiert</i>	<p>Möglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifikation neuer Produkte - Verbesserung alter Produkte 	<p>Gefahren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verlust der Alleinstellung - Kostenstruktur der Produktion

Abbildung 22: SWOT Analyse des Produktsortiments eines Unternehmens¹¹³

Die Stärken und Schwächen beziehen sich dabei, wie bereits erwähnt, auf eine intern orientierte Sichtweise, wobei die Möglichkeiten und Gefahren extern orientiert festzustellen sind.

2.7.7 Brainstorming

Die Durchführung der Kreativitätstechnik des Brainstormings wird grundsätzlich als sehr einfach eingeschätzt, jedoch hängt der Erfolg dieser Methodik im Wesentlichen von der Vorbereitung, der Nachbereitung und dem Vorgehen während der Anwendung der Methode ab. Wird das Brainstorming in der Gruppe durchgeführt empfiehlt es sich dazu einen Moderator mit entsprechenden methodischen Kenntnissen einzusetzen, der bewusst auf die im Zuge des Brainstormings auftretenden Hemmnisse eingeht. Neben der Wahl eines kreativen Arbeitsumfelds ist die Auswahl der Gruppenzusammensetzung von entscheidender Bedeutung. Hierbei sollte auf eine möglichst ähnliche Hierarchieebene Acht gegeben werden.¹¹⁴

2.7.8 Brainwriting

Die Brainwriting Techniken greifen im Wesentlichen den Grundgedanken des Brainstormings auf. Eine der bekanntesten unter diesen Techniken ist die 635 Methode. Die Namensgebung basiert auf der Vorgehensweise, dass sechs Personen jeweils drei Ideen in einer Taktzeit von fünf Minuten notieren. Dazu werden grundsätzlich sechs Durchgänge durchgeführt, was in Summe eine Gesamtdurchlaufzeit von dreißig Minuten ergibt. Diesbezüglich werden Arbeitsblätter vorbereitet auf denen die jeweiligen Ideen

¹¹³ Eigene Abbildung, in Anlehnung an: Disselkamp (2012), S.141

¹¹⁴ Vgl. Lindemann (2007) S.140f.

notiert werden, und die nach Ablauf jeder fünf Minuten Taktung an den Sitznachbarn weitergereicht werden. Dieser kann sich in der nächsten Taktzeit von den bereits festgehaltenen Ideen inspirieren lassen, oder aber auch drei neue Ideen hinzufügen. Der Vorgang wiederholt sich solange, bis alle Teilnehmer ihre Gedanken notiert haben.¹¹⁵

2.7.9 Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten ist eine systematisch-analytische Methode zur Ideenfindung, und geht auf den Schweizer Astrophysiker *Fritz Zwicky* zurück. Unter Morphologie kann man in der Ideenfindung die Lehre vom geordneten Denken verstehen.¹¹⁶ Es handelt sich um ein Werkzeug zur systematischen Strukturierung eines Problems, um alternative Lösungswege zu generieren. Erarbeitete Einzelideen werden in einer Matrix systematisch nach verschiedenen Parametern bzw. Merkmalen, wie z.B. Funktionen oder Komponenten eines Produktes, dargestellt.¹¹⁷ Die Vorgehensweise kann durch die folgenden fünf Schritte beschrieben werden:¹¹⁸

- 1) *Analyse, Definition und Verallgemeinerung des Objekts bzw. Problems*
- 2) *Zerlegung des Problems in dessen Parameter*
- 3) *Finden möglicher Ausprägungen der Parameter*
- 4) *Analyse der möglichen Alternativen*
- 5) *Auswahl der Alternativen*

2.7.10 Dual Vergleich

Bewertet man verschiedene Alternativen nach qualitativen Kriterien, so kann man deren Gewichtung mittels eines Dual Vergleichs, auch genannt paarweiser Vergleich, feststellen. Dazu werden die zu gewichtenden Kriterien in einer Kreuztabelle gegenübergestellt, was in Abbildung 23 dargestellt ist. Im Anschluss darauf entscheidet man nacheinander durch den direkten Vergleich von jeweils zwei Kriterien, ob Kriterium A *wichtiger* oder *unwichtiger* ist als Kriterium B, dann Kriterium A zu Kriterium C usw. wobei man hierbei Zeile für Zeile vorgeht bis man bei der letzten Entscheidung hinsichtlich Kriterium F zu Kriterium G angelangt ist. Die dunkelgrauen Felder symbolisieren das Aufeinandertreffen von gleichen Kriterien d.h. dem Vergleich mit sich selbst, diese Zellen werden demnach nicht ausgefüllt. Wurde eine Entscheidung zwischen zwei Kriterien bereits getroffen, so werden diese nicht mehr miteinander verglichen. D.h. ist A bereits *wichtiger* als B definiert, so ist B zwingend *unwichtiger* als A.¹¹⁹

¹¹⁵ Vgl. Blumenschein and Ehlers (2007), S.90f.

¹¹⁶ Vgl. Knieß (2006), S.125

¹¹⁷ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.136f.

¹¹⁸ Vgl. Knieß (2006), S.125ff.

¹¹⁹ Vgl. Kühnapfel (2014), S.14

Kriterium	A	B	C	D	E	F	G
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							

Abbildung 23: Kreuztabelle zum Dual Vergleich¹²⁰

Der Vergleich von zwei Kriterien kann durch die Ziffern 0 für *weniger wichtig* und 1 für *wichtiger* ausgedrückt werden. Weiters ist auch ein Vergleich mittels 0, 1 und 2 möglich, wobei in dem Fall 0 als *weniger wichtig*, 1 als *gleich* und 2 als *wichtiger* festzuhalten ist.¹²¹ Die Festlegung der Werte bezieht sich nur auf eine der beiden Seiten der in Abbildung 23 dargestellten Diagonalen, die andere Seite ergibt sich aus den reziproken Werten dazu. Im Anschluss darauf wird für alle Zeilen in einer zusätzlichen Spalte rechts neben der Kreuzmatrix die Summe der Werte für jedes einzelne Kriterium gebildet. Diese werden weiters zu einer Gesamtsumme addiert. Die relative Gewichtung des jeweiligen Kriteriums ergibt sich durch Division der Zeilensumme durch die Gesamtsumme. Verwendet man den Dual Vergleich zur Ermittlung der Bedeutung von Funktionen, so wird eine weitere Differenzierung hinsichtlich des Vergleichs der Kriterien vorgeschlagen. Mehr dazu siehe Kapitel 3.5.7.¹²²

2.7.11 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse dient der Auswahl von verschiedenen Alternativen und kann als Planungsmethode zu einer systematischen Entscheidungsfindung verstanden werden. Die Entscheidungsalternativen werden horizontal und die entsprechenden Bewertungskriterien vertikal, oder auch umgekehrt, in einer Tabelle aufgelistet. Durch einen Gewichtungsfaktor der z.B. mittels Dual Vergleich ermittelt werden kann, wird die Bedeutung der einzelnen Kriterien dargestellt. Im nächsten Schritt werden die Alternativen hinsichtlich der definierten Kriterien nach einfachen Skalen wie z.B. 1 sehr schlecht und 10 sehr gut bewertet. Diese Bewertungen werden zunächst mit dem Gewichtungsfaktor des entsprechenden Kriteriums multipliziert und in weiterer Folge zum

¹²⁰ Kühnapfel (2014), S.14

¹²¹ Vgl. Ehrlenspiel (2003), S.484

¹²² Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.68f.

Gesamtnutzwert aufsummiert. Basierend auf den dadurch ermittelten Nutzwerten der einzelnen Alternativen kann eine Entscheidung getroffen werden. Werden keine weiteren Kostenfaktoren berücksichtigt, entscheidet man sich für das Konzept mit dem größten Nutzwert. Einen wesentlichen Vorteil dieses Verfahrens stellt die Vorgehensweise zur Entscheidungsfindung dar, die transparent und nachvollziehbar durchgeführt wird. Großes Augenmerk sollte dabei auf die entsprechende Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien gelegt werden.¹²³

2.7.12 Punktbewertung

Diese Methodik basiert auf der Vergabe von Punkten hinsichtlich definierten, nicht gewichteten Bewertungskriterien, nach denen einzelne Varianten bzw. Ideen bewertet werden. Die in Summe erreichten Punkteanzahlen der jeweiligen Alternativen dienen in weiterer Folge als Entscheidungskriterium.¹²⁴

¹²³ Vgl. Felkai and Beiderwieden (2011) S.128f.

¹²⁴ Vgl. Ehrlenspiel (2003), S.485

3 Wertanalyseprojekt

Dieses Kapitel beschreibt die praktische Anwendung der in Kapitel 2 erläuterten theoretischen Grundlagen, im Rahmen des Wertanalyse-Projekts. Die Struktur des Kapitels richtet sich grundsätzlich nach dem definierten, zehnstufigen Wertanalyse Arbeitsplans, wobei die letzte Phase der Realisierung nicht mehr Teil dieser Arbeit ist.

3.1 Phase 0 Vorbereitung des Projektes

In dieser Phase erfolgen die Auswahl und die Benennung der zur Durchführung des Wertanalyse-Projektes notwendigen klaren Verantwortlichkeiten des Wertanalyse Managers und des Projektleiters. Als Wertanalyse Manager ist der Verfasser dieser Arbeit *Martin Goldberger, BSc* und als Projektleiter seitens der Firma VENTREX Hr. *DI Thomas Wagner, BSc* festzuhalten. Die Klärung aller weiteren notwendigen Voraussetzungen zur Durchführung des Projekts erfolgt seitens VENTREX.

3.2 Phase 1 Projektdefinition

Diese Phase dient der kurzen Beschreibung des Wertanalyse Objekts. Die Problemstellung, die Aufgabenstellung und die Ziele des WA Projekts sind dem Kapitel 1 zu entnehmen.

Wertanalyseobjekt

Beim Wertanalyseobjekt handelt es sich um einen einstufigen Taumelkolbenkompressor der VENTREX intern als CSI bezeichnet wird, was so viel bedeutet wie *Compressor for Seats and Industrial use*. Das Hauptanwendungsgebiet stellt die Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen dar. Das Wertanalyse Objekt ist in Abbildung 24 dargestellt. Weitere detaillierte Informationen dazu sind dem Kapitel 3.4 zu entnehmen.

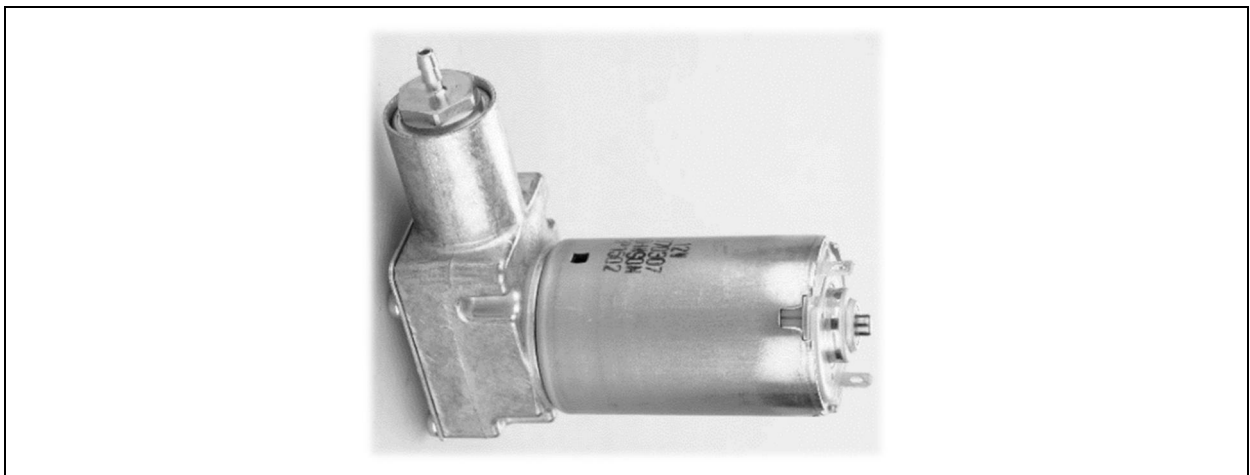


Abbildung 24: Wertanalyse Objekt – CSI "Compressor for Seats and Industrial use"¹²⁵

¹²⁵ Quelle: VENTREX - Intern

3.3 Phase 2 Planung

In dieser Phase erfolgt die Auswahl des Wertanalyse Teams und die inhaltliche als auch die zeitliche Planung zur Durchführung des Wertanalyse Projekts.

3.3.1 Wertanalyse Team

Das ausgewählte, sehr breit aufgestellte interdisziplinäre Team des Wertanalyseprojekts, setzt sich in Summe aus zehn Mitgliedern, aus sechs unterschiedlichen Abteilungen der Firma VENTREX zusammen. Der Wertanalyse Manager der TU Graz als auch der Projektleiter seitens VA sind in den vier Personen der Entwicklungsabteilung mit inbegriffen. Weiters ist die Abteilung Prozessentwicklung mit zwei Personen und die Abteilungen Vertrieb, Einkauf, Qualitätsmanagement, als auch die Arbeitsvorbereitung mit jeweils einer Person vertreten. Eine übersichtliche Darstellung der Teamkonstellation ist in Abbildung 25 zu finden.

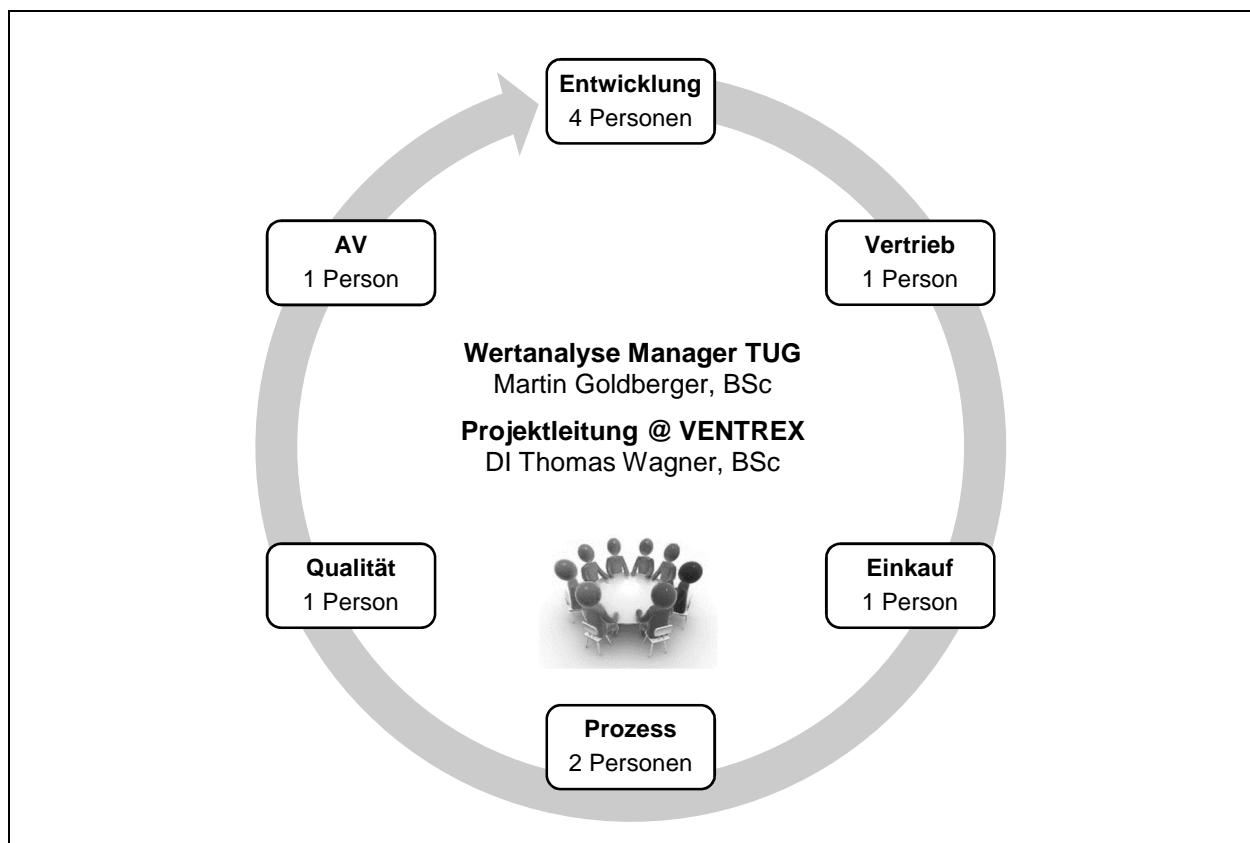


Abbildung 25: Wertanalyse Projektteam

3.3.2 Inhaltliche Planung

Diesbezüglich werden die für die einzelnen Phasen des Wertanalyse Arbeitsplan vorgeschlagenen Werkzeuge und Methoden, hinsichtlich der in diesem WA Projekt vorliegenden Ausgangssituation festgelegt, wonach sich in weiterer Folge die zeitliche Planung richtet. Ein grober Überblick zu den methodischen Inhalten der einzelnen Phasen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Phase WA-Arbeitsplan	Grober Überblick zu den methodischen Inhalten
2	<i>Teambuilding, Planung der einzelnen Phasen</i>
3	<i>Datensammlung zum CSI, Kundenanalyse, ABC-Analyse, SWOT-Analyse, Analyse Wettbewerber</i>
4	<i>Funktionsanalyse, Funktionskosten-Matrix, ABC-Analyse, Funktionenpotentialanalyse, Target Costing</i>
5	<i>Brainstorming, Brainwriting, morphologischer Kasten</i>
6	<i>Nutzwertanalyse, Herstellkostenkalkulation, Kosten-Nutzenanalyse</i>
7	<i>Entwicklung und Beschreibung der Lösungskonzepte</i>
8	<i>Präsentation der Vorschläge</i>

Tabelle 3: Grober Überblick zu den methodischen Inhalten in den einzelnen Phasen

3.3.3 Zeitliche Planung

Den Projektstart stellt das Kick-Off Meeting an der TU Graz am Mittwoch dem 4.10.2017 dar. Der Abschluss des Projekts wird am Montag dem 26.3.2018 im Rahmen einer Abschlusspräsentation in der Firma VENTREX durchgeführt. In Summe kann eine Projektdauer von ca. sechs Monaten festgehalten werden. Als die zeitlich längsten Phasen sind die Phase vier „*Funktionen- / Kostenanalyse / Detailziele*“ mit ca. sechs Wochen und die Phase fünf „*Sammeln und Finden von Lösungsideen*“ mit ca. acht Wochen zu erwähnen. Ein Überblick dazu ist in Abbildung 26 dargestellt.

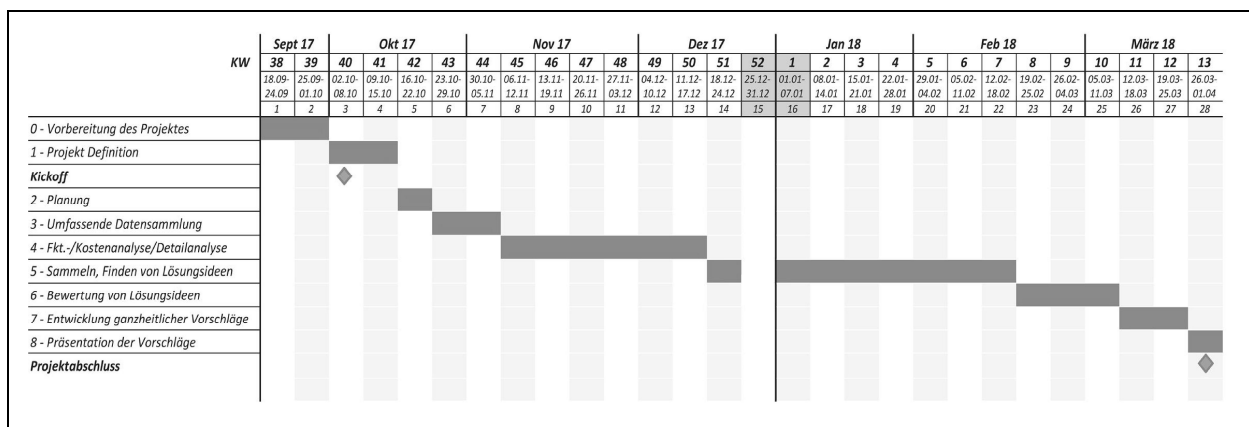


Abbildung 26: Projektzeitplan

3.4 Phase 3 Umfassende Daten über die Studie Sammeln

Diese Phase dient der umfangreichen Datensammlung, als auch der Durchführung von sämtlichen Analysen zum CSI, um im gesamten Wertanalyse Team Klarheit zur Ausgangslage zu schaffen.

3.4.1 Einstufiger Taumelkolbenkompressor

Beim Wertanalyseobjekt handelt es sich um einen einstufigen Taumelkolbenkompressor namens CSI, was so viel bedeutet wie *Compressor for Seats and Industrial use*.

3.4.1.1 Anwendungsbereiche

Als Hauptanwendung kann der Einsatz zur Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen von z.B. Landmaschinen, Baumaschinen oder auch Staplern, festgehalten werden, was im linken Bild in Abbildung 27 dargestellt ist. Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet stellt die Druckluftversorgung von Zusatzluftfedern für Hinterachsen dar, welche zur Höheneinstellung von z.B. Wohnwägen aber auch anderen Fahrzeugen mit besonderem Zwecke dient (siehe Abbildung 27 – rechtes Bild). Weiters findet der CSI Anwendung in der Druckluftversorgung von sämtlichen technischen Systemen in der Industrie.



Abbildung 27: Anwendungsbereiche des CSI¹²⁶

¹²⁶ Quelle Sitzsystem: VENTREX - Intern;

Quelle Zusatzluftfeder: <http://goldschmitt.de/zusatzluftfedersysteme/>, Zugriff: 24.01.2018

3.4.1.2 Funktionsanforderungen

Bezugnehmend auf die erwähnten Anwendungsgebiete des CSI, sind die grundlegenden Anforderungen an den Kompressor in der nachfolgenden Tabelle 4 angeführt.

<i>Abmessungen</i>	<i>108 x 82 x 72mm</i>
<i>Maximaldruck</i>	<i>13 ± 3 bar</i>
<i>Lieferleistung</i>	<i>1 Liter / 0 - 6 bar / 36sec</i>
<i>Lebensdauer</i>	<i>10 Jahre</i>
<i>Versorgungsspannung</i>	<i>12V, 24V, 48V</i>
<i>Max. Stromaufnahme</i>	<i>9A, 5A, 3A</i>

Tabelle 4: Funktionsanforderungen an den CSI

Eine Schnittdarstellung des CSI durch den Kompressionsraum ist in Abbildung 28 dargestellt. Der detaillierte Aufbau der einzelnen Baugruppen wird in Kapitel 3.4.1.3 beschrieben.



Abbildung 28: Schnittdarstellung des CSI durch den Kompressionsraum¹²⁷

¹²⁷ Quelle: VENTREX - Intern

3.4.1.3 Produktaufbau

Der aktuelle CSI setzt sich aus den in Abbildung 29 dargestellten drei Baugruppen, der Motor Baugruppe, der Pleuel Baugruppe und der Zylinder Baugruppe zusammen, welche durch drei weitere Schrauben bei der Endmontage miteinander verschraubt werden. Der gesamte Strukturbaum des CSI ist übersichtlich in Abbildung 30 dargestellt.

Die Motor Baugruppe besteht aus dem Elektro-Motor, dem Kurbelgehäuse, der Kurbelscheibe, zwei Schrauben zur Montage des Kurbelgehäuses an den Motor, und einer Deckel Baugruppe. Die Deckel Baugruppe kann weiters aufgeteilt werden in einen oberen Deckel, welcher den Luftfilter aufnimmt, den Luftfilter selbst und den unteren Deckel, welcher die Fixierung des Filters sicherstellt.

Die Pleuel Baugruppe setzt sich zusammen aus dem Pleuel, dem Kolbenboden, dem saugseitigen Ventilblättchen, einer Schraube zur Fixierung des Ventilblättchens, dem Rillenkugellager und der Kolben Baugruppe, welche weiters in den Kolben und die Schraubenfeder unterteilt wird.

Die Zylinder Baugruppe setzt sich aus dem Zylinderrohr, dem Ventildeckel, einen innen- und einen außenliegenden O-Ring, dem druckseitigen Ventilblatt, einer Schraubenfeder und dem Zylinderdeckel zusammen. Der Zylinderdeckel stellt den Druckluftanschluss für den Kunden dar, und wird kundenspezifisch in verschiedenen Ausführungen angeboten.



Abbildung 29: Explosionsdarstellung des Wertanalyseobjekts¹²⁸

In Abbildung 29 ist zur linken Seite die Motor Baugruppe mit acht Bauteilen, in der Mitte die Pleuel Baugruppe mit sieben Bauteilen und zur rechten Seite die Zylinder Baugruppe mit ebenso sieben Bauteilen dargestellt. Weitere drei Schrauben verbinden die einzelnen Baugruppen miteinander. Demnach besteht der CSI in Summe aus fünfundzwanzig Bauteilen.

¹²⁸ Quelle: VENTREX - Intern

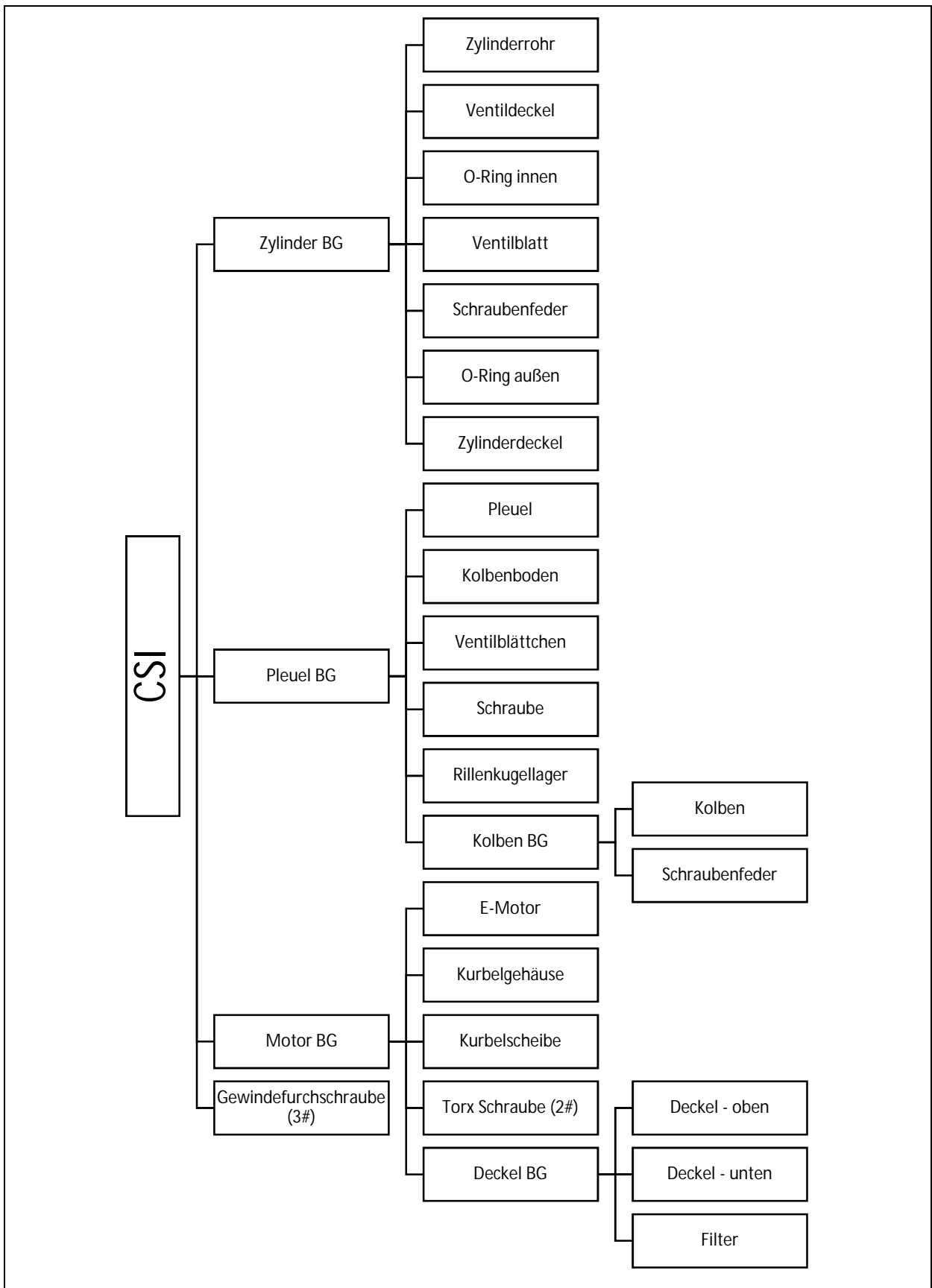


Abbildung 30: Strukturbaum des Wertanalyseobjekts

3.4.2 Vorhandener Wettbewerb

Als vorhandener Wettbewerb im Bereich der Sitzkompressoren werden im Wesentlichen zwei Konkurrenten identifiziert. Zum einen die Firma *Gardner Denver Thomas GmbH* (im weiteren Verlauf des Schriftstücks als „*Thomas*“ bezeichnet) und zum anderen die Firma *Aircom Automotive sp. z o.o. sp.k* (im weiteren Verlauf als „*Aircom*“ bezeichnet). Zu erwähnen ist, dass Thomas im vorhandenen Markt bereits vertreten ist, und das Aircom voraussichtlich in diesem Jahr (2018) mit einem neuen Produkt zum ersten Mal in den Markt eintreten wird. Ursprünglich war der Markteintritt von Aircom bereits für Ende 2017 prognostiziert, was der Grund dafür ist, warum dieser bereits unter den vorhandenen Mitbewerbern angeführt ist. Untenstehend, als auch in Tabelle 5, sind weitere Informationen zu den genannten Konkurrenten zu finden.

Thomas:

- Das Unternehmen bietet ein sehr breites Produktportfolio mit diversen Serien, welche in verschiedenen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen.
- Weiters wird ein großes Technologieportfolio im Bereich von Kompressoren und Vakuumpumpen abgebildet, wie z.B. Kolbenpumpen, Membranpumpen und Drehschieberpumpen.
- Laut firmeninternen Informationen vom Vertrieb VA wird hauptsächlich die Serie 135 in den Sitzen verbaut, welche in Abbildung 31 samt einer kurzen Beschreibung technischer Details dargestellt ist.
- Thomas ist eine Marke von Gardner Denver, einem amerikanischen Unternehmen.



Abbildung 31: Serie 135 – Thomas Kompressor¹²⁹

¹²⁹ Vgl. <https://www.gd-thomas.com/de/>, Zugriffsdatum: 04.10.2017

Aircom:

- Aircom hat VA bereits bei einem anderen Produkt, den Kompressoren für Reifenreparatursysteme, erfolgreich den Rang abgelaufen.
- Bringt 2018 ein neues Produkt, erstmalig einen Sitzkompressor, auf den Markt und hat sich bereits Marktanteile beim größten Kunden von VA, der Grammer AG, vertraglich zugesichert. Zum Jetztstand (April 2018) wurde jedoch noch keine Freigabe für das Produkt seitens des Kunden erteilt.
- Über die zu erwartende Performance des Sitzkompressors ist bis dato nichts bekannt.

<i>Firmenname</i>	Thomas „Gardner Denver Thomas GmbH“	Aircom „Aircom Automotive sp. z o.o. sp.k“
<i>Firmenlogo</i>		
<i>Firmensitz</i>	Deutschland	Polen
<i>Produktionsstandort</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nordamerika • Deutschland • China 	<ul style="list-style-type: none"> • Polen
<i>Produkte</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kompressoren • Vakuumpumpen • Flüssigkeitspumpen 	<ul style="list-style-type: none"> • Luftkompressoren • Reifenfüllkompressoren • Elektronische Ventile für CNG und LPG • Ad Blue Pumpen
<i>Anwendungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Labor • Medizintechnik • Automobiltechnik • Umwelttechnik • Lebensmittel • Sonstige 	<ul style="list-style-type: none"> • Automobilindustrie

Tabelle 5: Identifizierter vorhandener Wettbewerb¹³⁰

¹³⁰ Thomas vgl. <https://www.gd-thomas.com/de/>, Zugriffsdatum: 04.10.2017
Aircom vgl. <http://www.aircom.ag/de/>, Zugriffsdatum: 04.10.2017

3.4.3 Marktvolumen

Das Marktvolumen für das gesamte Geschäftsfeld der Sitzkompressoren umfasst im Geschäftsjahr 2017 ca. 70x Stück, wovon 62x Stück, was einem relativen Anteil von 89 Prozent entspricht, von VENTREX geliefert werden. Die restlichen 11 Prozent, d.h. ca. 8x Stück werden hauptsächlich vom Mitbewerber Thomas geliefert. In Abbildung 32 ist dies zur Verdeutlichung übersichtlich dargestellt. Für 2018 wird lt. firmeninternen Informationen aus dem Vertrieb von VA, eine Steigerung des Marktvolumens von ca. 5 Prozent erwartet.

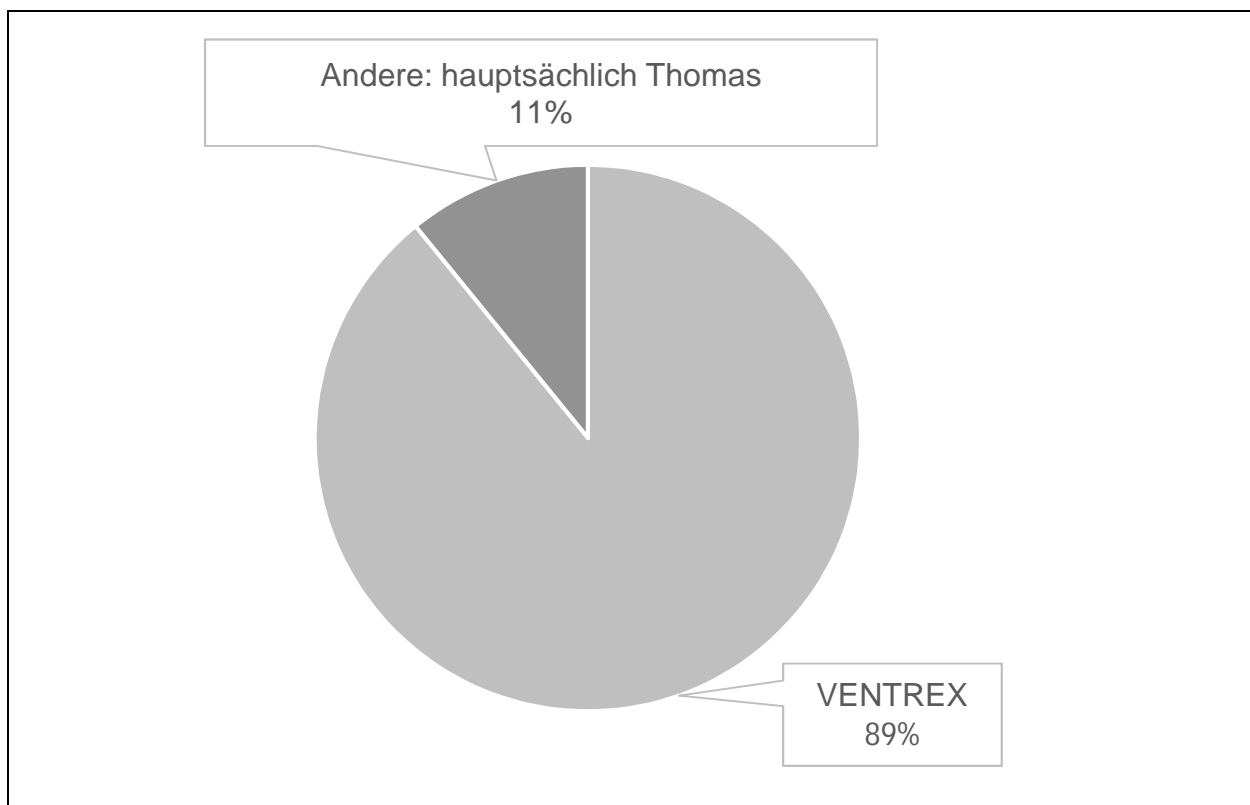


Abbildung 32: Relativer Anteil am Marktvolumen im Geschäftsjahr 2017

Fazit ist, dass VENTREX Automotive das Geschäftsfeld der Sitzkompressoren im Geschäftsjahr 2017 mit einem relativen Anteil von 89 Prozent am Gesamtvolumen dominiert.

3.4.4 Aktuelle Kunden

Die aktuellen Kunden lassen sich samt den verkauften Mengen im Geschäftsjahr 2017 in Tabelle 6 in absoluten Zahlen darstellen. Die angeführten Kunden werden im genannten GJ zu 100 Prozent von VA beliefert und liegen dabei ausschließlich im Bereich von B2B (Business to Business) Geschäftsbeziehungen.

Kunden (B2B)	Verkaufte Mengen [Stk./a]
<i>Grammer AG</i>	33x
<i>Sears Seating</i>	18x
<i>KAB Seating - Commercial Vehicle Group (CVG) US, UK</i>	6x
<i>Isringhausen</i>	2x
<i>Sonstige Kleinkunden</i>	5x
Summe Geschäftsjahr 2017	64x

Tabelle 6: Absolute Verkaufszahlen an aktuelle Kunden im Geschäftsjahr 2017

Die Abbildung 33 stellt die relativen Anteile der Verkaufszahlen an bestehende Kunden für das Geschäftsjahr 2017 dar.

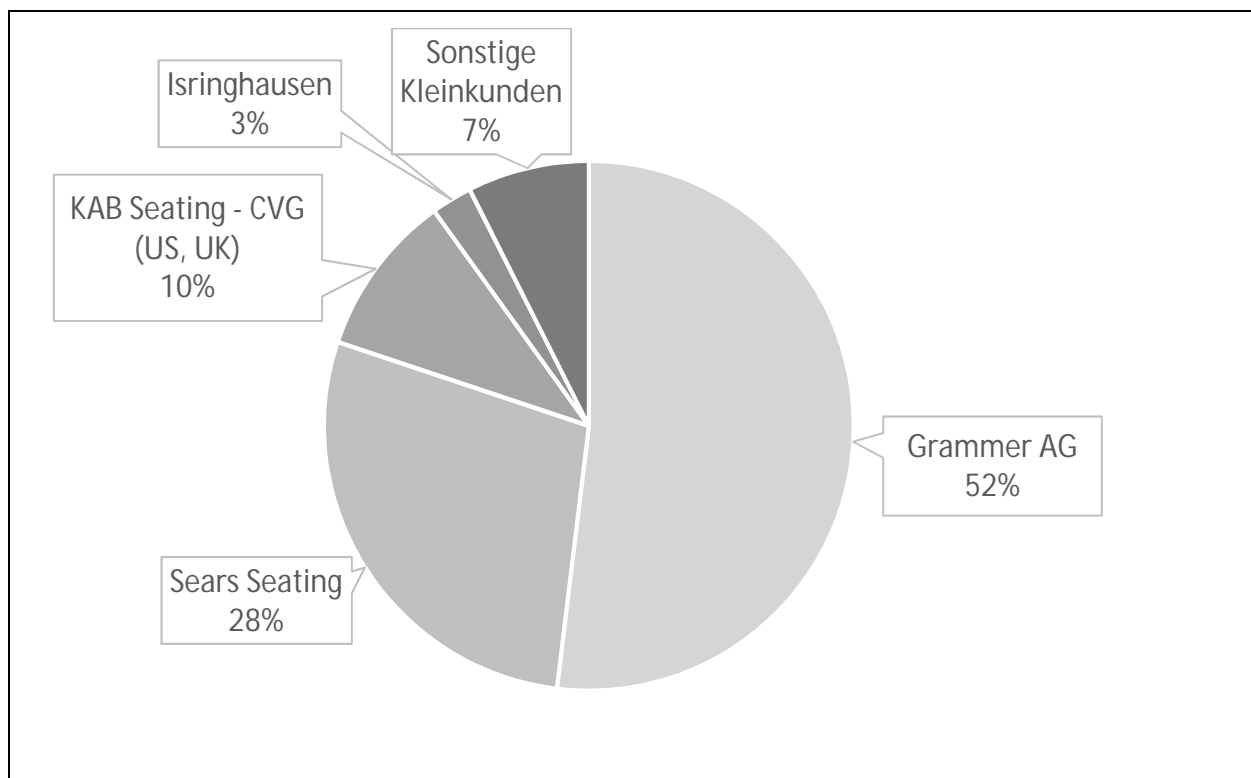


Abbildung 33: Relative Anteile der Verkaufszahlen an aktuelle Kunden im GJ 2017

Fakt ist, dass im Geschäftsjahr 2017 zwei Kunden ca. 80 Prozent der Gesamtumsätze des CSI ausmachen. Zum einen die *Grammer AG* mit 52 Prozent, d.h. 33x verkauften Stück und zum anderen *Sears Seating* mit 28 Prozent, d.h. 18x verkauften Stück.

Die *Grammer AG* ist ein deutsches Unternehmen mit Sitz in Amberg in der Oberpfalz. *Sears Seating* hat seinen Hauptsitz in den USA - Davenport, Iowa und ist mit einem weiteren Standort in Großbritannien - Ebbw Vale, Gwent vertreten.

Abgesehen von den beiden Großkunden sind *KAB Seating - CVG (US, UK)* mit 10 Prozent, *Isringhausen* mit 3 Prozent und *sonstige Kleinkunden* mit 7 Prozent relativem Anteil an den gesamten Verkaufszahlen im GJ 2017 festzuhalten.

3.4.5 Potentielle Kunden

Im Geschäftsfeld der Sitzkompressoren lassen sich laut Informationen aus dem Vertrieb VA drei potentielle Kunden feststellen, die alle vom Mitbewerber Thomas beliefert werden. Es sind dies *CVG Shanghai*, *Tiancheng Controls* und *BE-GE Seating Division*, welche in China produzieren, was sich für den Mitbewerber Thomas durch seine lokale Ansässigkeit mit einem Produktionsstandort nahe Shanghai als Vorteil darstellt. Die in Summe benötigten Stückzahlen der identifizierten potentiellen Kunden liegen bei, wie bereits im Kapitel 3.4.3 dargestellt, ca. 8x Stück/Jahr, bezogen auf das Geschäftsjahr 2017.

3.4.6 Produktportfolio

Das Produktportfolio, welches mit dem Wertanalyseobjekt abgebildet wird, unterscheidet sich im Wesentlichen durch die drei verschiedenen Varianten des für den Antrieb des Kompressors notwendigen Gleichstrommotors. Diese resultieren aus den gegebenen Versorgungsspannungen 12V, 24V oder 48V des kundenseitigen Batteriesystems. Des Weiteren wird der Druckluftanschluss in seiner Ausführung kundenspezifisch angepasst, was in dieser Arbeit nicht weiter erläutert wird. Hinsichtlich der weiteren Kompressoreinheit gibt es, abgesehen von marginalen kundenspezifischen Adaptionen, keine Differenzierungen.

Im Geschäftsjahr 2017 werden, bei einer wie bereits im Kapitel 3.4.4 erwähnten Stückzahl von 64x verkauften Kompressoren, 47x Stück der 12V Motorvariante, 16x Stück der 24V Motorvariante und 1x Stück der 48V Motorvariante zugeordnet. In Abbildung 34 ist dies anhand der Darstellung der relativen Anteile verdeutlicht.

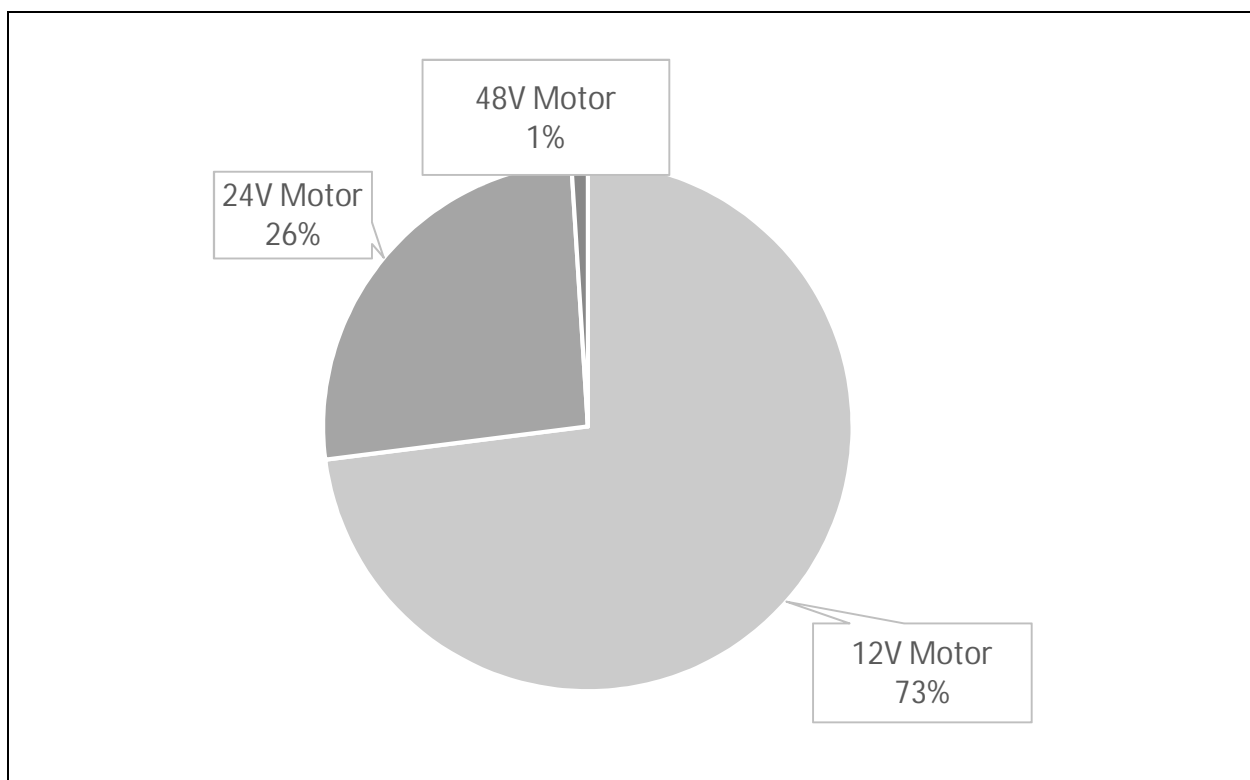


Abbildung 34: Relative Anteile verschiedener Motorvarianten im GJ 2017

Es ist festzustellen, dass die 12V Motorvariante mit einem relativen Anteil von 73 Prozent an der gesamten im GJ 2017 verkauften Stückzahl den größten Anteil ausmacht, gefolgt von der 24V Motorvariante mit 26 Prozent. Die 48V Motorvariante macht dabei mit einem Prozent den geringsten relativen Anteil aus.

3.4.7 ABC Herstellkostenanalyse

Die aktuellen Herstellkosten des CSI werden einer Kostenanalyse durch die Anwendung der Methodik der ABC Analyse unterzogen. Die notwendigen Informationen dazu werden seitens VA zur Verfügung gestellt. Hinsichtlich der Vorgehensweise zur Verarbeitung und Aufbereitung der Daten mittels der Methodik der ABC Analyse, siehe Kapitel 2.7.5. In Summe gehen 26 Einzelkostenelemente in die Kostenanalyse ein, 22 davon sind Bauteilkosten und 4 davon sind Montagekosten der voll-automatisierten Montagelinie. Die durchgeführte Analyse ist in Abbildung 35 dargestellt.

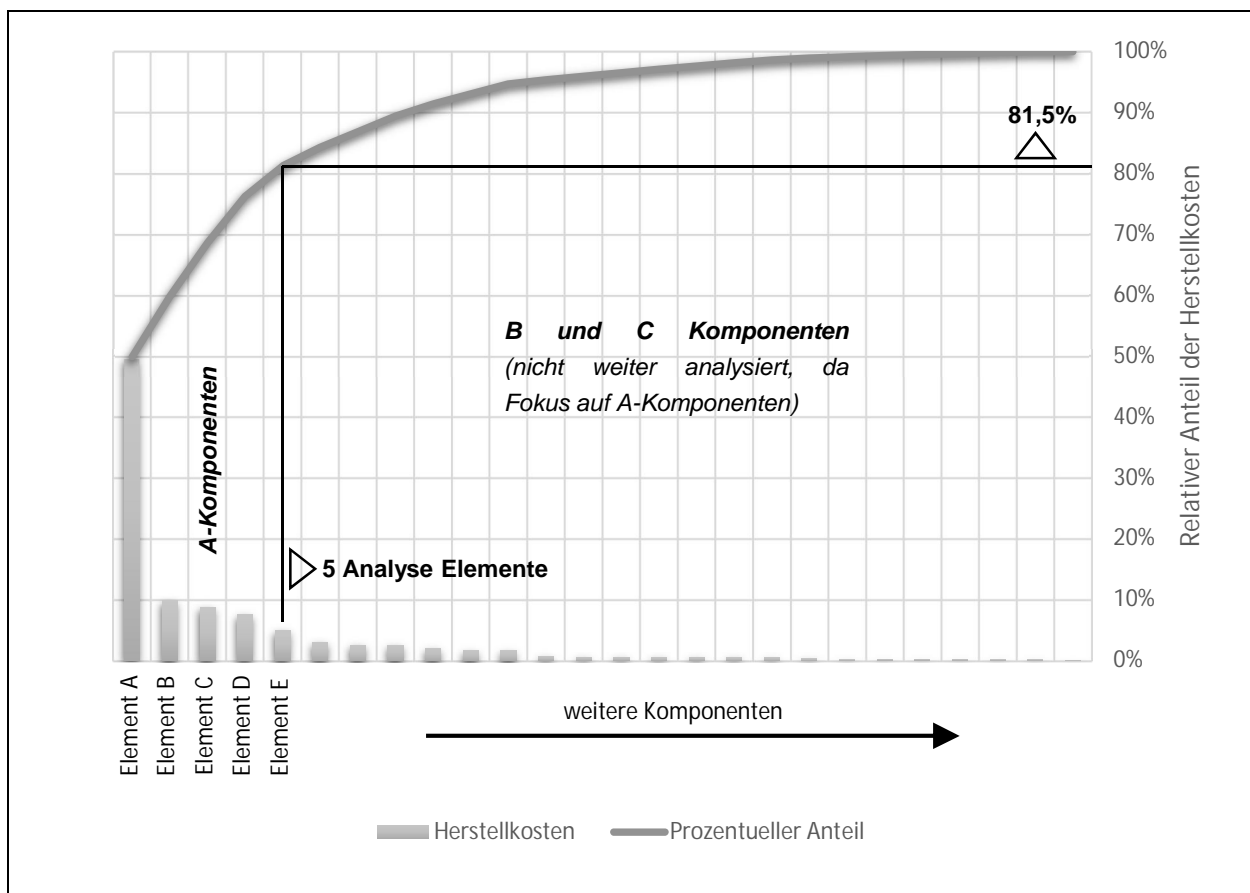


Abbildung 35: ABC Analyse der Herstellkosten des CSI

Es ist festzustellen, dass das Element A mit einem relativen Anteil von 50 Prozent an den gesamten Herstellkosten des CSI den größten Kostentreiber darstellt. Gefolgt wird dieses von den Elementen B mit 10 Prozent, C mit 9 Prozent D mit 8 Prozent und E mit 4,5 Prozent relativen Anteil. In Summe bilden diese fünf Kostentreiber, welche 19,2 Prozent der Analyseelemente ausmachen, einen Herstellkostenanteil von 81,5 Prozent ab.

3.4.8 ABC Massenanalyse

Die Informationen zu den Massen der einzelnen Bauteile des CSI werden seitens VA zur Verfügung gestellt und einer ABC Analyse unterzogen, welche in Abbildung 36 dargestellt ist. Hinsichtlich der Vorgehensweise zur Verarbeitung und Aufbereitung der Daten mittels der Methodik der ABC-Analyse, siehe Kapitel 2.7.5.

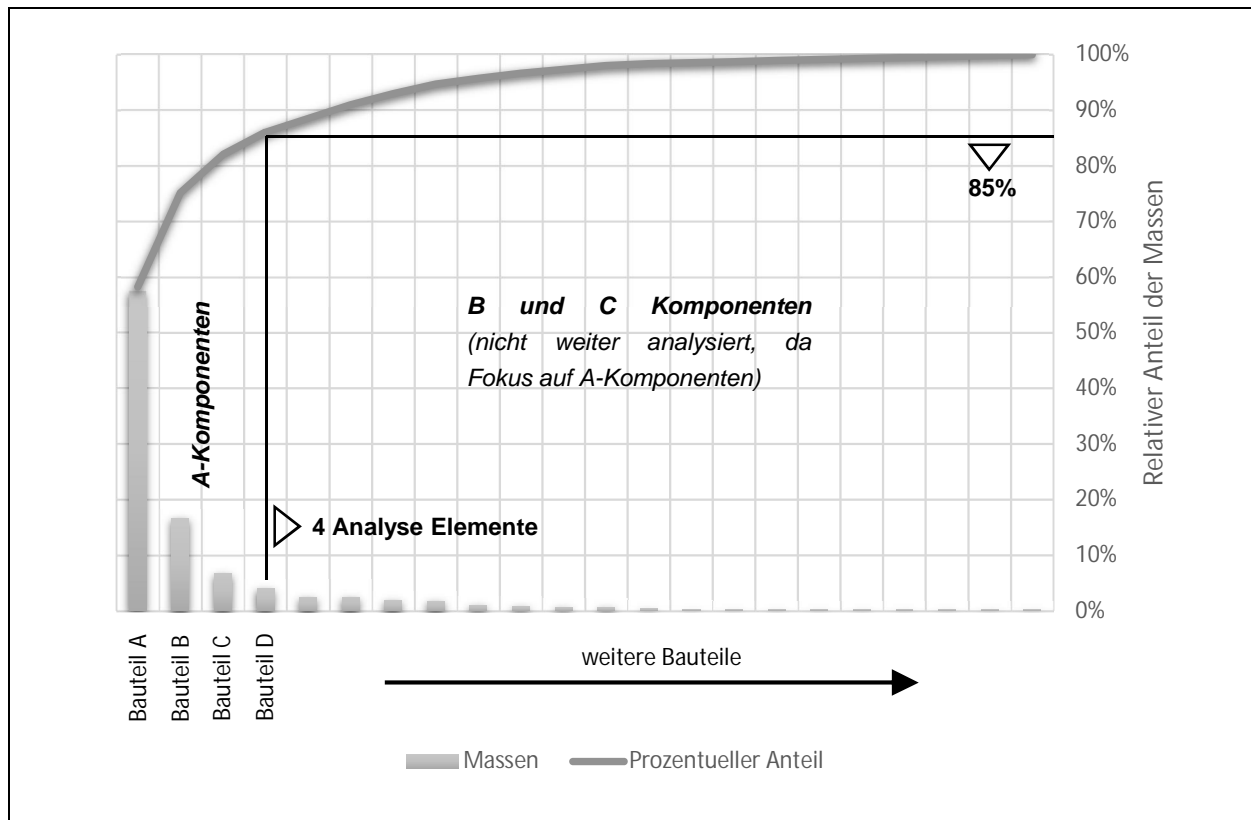


Abbildung 36: ABC Analyse der Massen des CSI

Es ist festzustellen, dass das Element A mit 58 Prozent den größten Anteil an der Gesamtmasse aufweist. Gefolgt vom Element B mit 16 Prozent, dem Element C mit 7 Prozent und dem Element D mit 4 Prozent. In Summe bilden diese 4 Bauteile, welche 18,2 Prozent aller Analyseelemente ausmachen, einen Anteil von 85 Prozent der Gesamtmasse ab.

3.4.9 SWOT Analyse

Im Zuge eines durchgeführten Workshops, an welchem die Teammitglieder aus der Entwicklung und dem Vertrieb teilnahmen, wird eine SWOT Analyse des Wertanalyseobjekts, als auch eine Analyse der Stärken und Schwächen der beiden identifizierten Wettbewerber Thomas und Aircom durchgeführt.

3.4.9.1 SWOT Analyse CSI

Vorweg sei erwähnt, dass eine detaillierte Beschreibung und Erläuterung der Methodik der SWOT Analyse im Kapitel 2.7.6 zu finden ist.

Zuerst werden die intern orientierten Stärken und Schwächen, als auch die extern orientierten Möglichkeiten und Gefahren des CSI ermittelt. Weiters werden diese einer Priorisierung auf einer Skala von 1 bis 6 unterzogen und dementsprechend gereiht, wobei 6 die höchste und 1 die niedrigste Priorität widerspiegelt. In der in Tabelle 7 dargestellten SWOT Analyse zum CSI ist die Spalte, in welcher die Priorisierung angeführt ist, mit „P“ gekennzeichnet. Bezüglich den festgestellten Gefahren erfolgt eine weitere Unterscheidung hinsichtlich der Dringlichkeit in „aktuelle Gefahr“, „Gefahr in > fünf Jahren“ und „Gefahr in > zehn Jahren“.

	P	Strengths / Stärken	P	Weaknesses / Schwächen
Unternehmensorientierung	6	a) <i>Marktführerschaft</i>	5	a) <i>Kein Alleinstellungsmerkmal</i>
	5	b) <i>Qualitätsstandard</i>	5	b) <i>Mangelnde Flexibilität</i>
	5	c) <i>Bestehendes Netzwerk</i>	5	c) <i>Veraltetes Produkt</i>
	5	d) <i>Entwicklungspartner</i>	4	d) <i>Vertriebsstruktur</i>
	5	e) <i>Innovationstrieb</i>	4	e) <i>R&D Know-how</i>
	4	f) <i>Supply Chain</i>	4	f) <i>Kundenbelastbarkeit</i>
	4	g) <i>Produktportfolio</i>	2	g) <i>Lohnniveau</i>
	3	h) <i>Finanzkraft</i>	2	h) <i>Marketing</i>
		1	i) <i>Produktspezifische Schwächen</i>	
	P	Opportunities / Möglichkeiten	P	Threats / Gefahren
Umweltorientierung	5	a) <i>Steigerung Marktanteile</i>	6	a) <i>Verlust von Marktanteilen</i>
	5	b) <i>Neukunden im akt. Markt</i>	6	b) <i>Preiskampf</i>
	5	c) <i>Redukt. Systemkomplexität</i>	3	c) <i>Zentrale Druckluftversorgung</i>
	5	d) <i>Kundenbindung</i>	3	d) <i>Autonomes Fahren</i>
	4	e) <i>Mitbewerber kaufen</i>	1	e) <i>Elektrifizierung der Landmaschinen</i>
	3	f) <i>Märkte erschließen</i>		
	3	g) <i>Vergrößerung Marktvolumen</i>		

Tabelle 7: SWOT Analyse des CSI

In Summe können acht Stärken, neun Schwächen, sieben Möglichkeiten und fünf Gefahren identifiziert werden, die sich wie folgt detailliert beschreiben lassen:

Stärken

- a) *Marktführerschaft*: Mit dem CSI hält VA die Marktführerschaft im Bereich der Sitzkompressoren (vgl. dazu Kapitel 3.4.3).
- b) *Qualitätsstandard*: Es wird ein sehr guter Qualitätsstandard geboten, welcher auf den hohen Automatisierungsgrad und den stabilen Prozess rückzuführen ist.
- c) *Bestehendes Netzwerk*: Das Netzwerk zu den Kunden als auch den Lieferanten wird sehr stark gepflegt.
- d) *Entwicklungspartner*: VA ist Partner bei Neuentwicklungen der beiden Großkunden Grammer AG und Sears Seating.
- e) *Innovationstrieb*: Im Unternehmen ist ein sehr starker Innovationstrieb festzustellen.
- f) *Supply Chain*: Die sehr gut organisierte Supply Chain garantiert geringe Vorlaufzeiten.
- g) *Produktportfolio*: Dieses weist bezüglich des Antriebs und des Anschlusses einen hohen Grad an Flexibilität hinsichtlich der Kundenanforderungen auf (vgl. Kapitel 3.4.6).
- h) *Finanzkraft*: Die Finanzkraft des Eigentümers von VA, Aalberts Industries ist als Stärke festzuhalten.

Schwächen

- a) *Kein Alleinstellungsmerkmal*: Es ist kein Alleinstellungsmerkmal festzustellen.
- b) *Mangelnde Flexibilität*: Die bestehenden Maschinen, Anlagen und Einrichtungen hemmen aufgrund mangelnder Flexibilität entsprechende Neuerungen.
- c) *Veraltetes Produkt*: Grundsätzlich handelt es sich beim CSI um ein veraltetes Produkt.
- d) *Vertriebsstruktur*: Diese stellt in NAFTA und Asien Aufholbedarf dar.
- e) *R&D Know-how*: Obwohl das Produkt schon seit Jahren im Portfolio der Firma angeführt ist, befindet sich das R&D Know-how dazu im Aufbau. Den Grund dafür stellt der Abgang von Expertenwissen zum CSI dar.
- f) *Kundenbelastbarkeit*: Mit neuen Produktentwicklungen eine entsprechende Kundenbelastbarkeit zu generieren, stellt sich als äußerst schwierig heraus.
- g) *Lohnniveau*: Im Vergleich zum Wettbewerb wird das Lohnniveau in Österreich als Schwäche angeführt, was jedoch durch die vollautomatisierte Montagelinie bestens kompensiert wird.
- h) *Marketing*: Das Marketing wird als mangelhaft eingestuft. Zum Beispiel muss die Online Präsenz des Produktes verbessert werden.

- i) *Produktspezifische Schwächen*: Diese werden hinsichtlich der Priorität an die letzte Stelle gesetzt, da es sich um ein sehr ausgereiftes Produkt handelt.

Möglichkeiten

- a) *Steigerung Marktanteile*: Aktuelle Marktanteile erhöhen und die bestehenden Verkaufspreise beibehalten.
- b) *Neukunden im aktuellen Markt*: Als globaler Lieferant mit Fokus auf den asiatischen Markt auftreten und somit Neukunden im aktuellen Geschäftsfeld akquirieren.
- c) *Reduktion Systemkomplexität*: Die kundenseitige Systemkomplexität durch die Neuentwicklung reduzieren.
- d) *Kundenbindung*: Die Kunden durch das neue Produkt wieder möglichst lange an das Unternehmen binden.
- e) *Mitbewerber kaufen*: Den in den Markt eintretenden Wettbewerber Aircom akquirieren.
- f) *Märkte erschließen*: Neue Märkte durch den Einsatz des CSI in weiteren Anwendungen erschließen.
- g) *Vergrößerung Marktvolumen*: Mechanische Sitze werden Schritt für Schritt auf luftgefederte Sitze umgestellt, wodurch sich das Marktvolumen vergrößert.

Gefahren

- a) *Verlust von Marktanteilen*: Basierend auf den Eintritt des Mitbewerbers Aircom droht der Verlust von Marktanteilen, was als aktuelle Gefahr eingestuft wird.
- b) *Preiskampf*: Aufgrund des dadurch auftretenden Preiskampfs droht eine Reduktion der Gewinnspanne, was ebenfalls als aktuelle Gefahr eingestuft wird.
- c) *Zentrale Druckluftversorgung*: Eine zentrale Druckluftversorgung im Fahrzeugsystem würde den Sitzkompressor ersetzen. Diese Gefahr wird als aktuell eingestuft, ist jedoch hinsichtlich der Priorisierung deutlich von den ersten beiden Punkten zu unterscheiden.
- d) *Autonomes Fahren*: Durch das autonome Fahren von landwirtschaftlichen Geräten könnte der Sitzkompressor seine Notwendigkeit verlieren. Dieser Punkt wird als Gefahr in > fünf Jahren eingestuft.
- e) *Elektrifizierung der Landmaschinen*: Dies würde hinsichtlich der Effizienz des Kompressors eine weitere Anforderung mit sich bringen, welche zurzeit weniger relevant ist. Basierend auf der jetzigen Lage erfolgt eine Einstufung als Gefahr in > zehn Jahren.

3.4.9.2 SW Analyse der wichtigsten Konkurrenten

Die selbe Vorgehensweise, wie bereits zuvor in Kapitel 3.4.9.1 hinsichtlich der SWOT Analyse des CSI erläutert, wiederholt sich bei der Analyse der Stärken und Schwächen der beiden identifizierten Wettbewerber Thomas und Aircom, was in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt ist. Die Analyse der Möglichkeiten und Gefahren aus der Sicht des Wettbewerbes wird hierbei nicht weiter betrachtet.

Aircom

	P	Strengths / Stärken	P	Weaknesses / Schwächen
Unternehmensorientierung	6	a) Zugesicherte Marktanteile	5	a) Keine Erfahrung
	6	b) Preiskampf	5	b) Keine Serienfreigabe
	5	c) Neues Produkt	4	c) Kein stabiler Montageprozess
	4	d) Know-how Kunststofftechnik	3	d) Finanzkraft
	4	e) Supply Chain	2	e) R&D Know-how
	3	f) Lohnniveau		

Tabelle 8: Analyse der Stärken und Schwächen vom Mitbewerber Aircom

In Summe lassen sich sechs Stärken und fünf Schwächen des Mitbewerbers Aircom festhalten, die wie folgt detailliert beschrieben werden können:

Stärken

- a) *Zugesicherte Marktanteile*: Aircom hat sich beim größten Kunden, der Grammer AG, bereits Marktanteile vertraglich zugesichert.
- b) *Preiskampf*: Die Struktur des Unternehmens lässt auf geringere Profitvorgaben und geringere Verkaufspreise rückschließen, wodurch Aircom hinsichtlich eines möglichen Preiskampfes im Vergleich zu VA Vorteile aufweist.
- c) *Neues Produkt*: Es handelt sich um ein neues Produkt des Mitbewerbers, wodurch sich zum jetzigen Zeitpunkt der gesamte Prozess sehr flexibel gestalten lässt, im Vergleich zum CSI.
- d) *Know-how Kunststofftechnik*: Die gesammelten Erfahrungen bei den Pannenset-Kompressoren lassen auf ein entsprechend generiertes R&D Know-how im Bereich der Kunststofftechnik rückschließen.
- e) *Supply Chain*: Zu erwähnen ist die sehr gut organisierte Supply Chain. Der Motor wird z.B. direkt in China zu einem günstigen Preis zugekauft. Dadurch kann im Vergleich zu VA, wo der Bezug des Motors über einen Zwischenhändler erfolgt, eine Schnittstelle reduziert werden.

- f) *Lohnniveau*: Dieses ist in Polen im Vergleich zu Österreich geringer, was jedoch durch den hohen Automatisierungsgrad bei VA nicht allzu stark ins Gewicht fällt.

Schwächen

- a) *Keine Erfahrung*: Aircom besitzt keine Erfahrung hinsichtlich der entsprechenden Anforderungen im Bereich der Sitzkompressoren.
- b) *Keine Serienfreigabe*: Eine Freigabe seitens des Kunden wurde bis dato noch nicht erteilt.
- c) *Kein stabiler Montageprozess*: Die Montage des Kompressors erfolgt laut Einschätzung des Vertriebes manuell, wodurch im Vergleich zum CSI kein stabiler Prozess dargestellt werden kann.
- d) *Finanzkraft*: Die Finanzkraft des Unternehmens ist basierend auf den Eigentumsverhältnissen im Vergleich zu VA als geringer einzustufen, was eine stärkere Abhängigkeit vom abgebildeten Produktportfolio mit sich bringt.
- e) *R&D Know-how*: Dieses befindet sich, abgesehen von der bereits erwähnten Kunststofftechnik, im Bereich der Sitzkompressoren im Aufbau.

Thomas

Die Analyse bezieht sich hierbei auf die Serie 135, da hauptsächlich diese Serie, wie bereits in Kapitel 3.4.2. erwähnt, in den Sitzen verbaut wird.

	P	Strengths / Stärken	P	Weaknesses / Schwächen
Unternehmensorientierung	5	a) <i>Vertriebsstruktur China</i>	6	a) <i>Keine Freigabe bei Großkunden</i>
	5	b) <i>Luftanschluss radial / axial</i>	5	b) <i>Performance</i>
	5	c) <i>Geringere Außenabmaße</i>	5	c) <i>Qualität</i>
	4	d) <i>Kompressor Know-how</i>	3	d) <i>Antrieb nur 12V und 24V</i>
	4	e) <i>Standardprodukt</i>	3	e) <i>Lieferzeiten</i>
	3	f) <i>Finanzkraft</i>		
	3	g) <i>Markterfahrung</i>		

Tabelle 9: Analyse der Stärken und Schwächen vom Mitbewerber Thomas

In Summe lassen sich sieben Stärken und fünf Schwächen des Mitbewerbers Thomas festhalten, die wie folgt detailliert beschrieben werden können:

Stärken

- a) *Vertriebsstruktur China*: Durch den Produktionsstandort in China kann Thomas hinsichtlich der Vertriebsstruktur als globaler Player auftreten.
- b) *Luftanschluss radial / axial*: Der Luftanschluss kann flexibel axial als auch radial ausgeführt werden.
- c) *Geringere Außenabmaße*: Im Vergleich zum CSI weist die Serie 135 geringere Außenabmessungen auf.
- d) *Kompressor Know-how*: Das Unternehmen bietet ein sehr breit aufgestelltes Produkt- und Technologieportfolio im Bereich der Kompressor Technik, was auf ein dementsprechend vorhandenes R&D Know-how rückschließen lässt.
- e) *Standardprodukt*: Es handelt sich hierbei hinsichtlich der Disposition, der Logistik und dem Prozess um ein Standardprodukt im Portfolio vergleichbarer Kompressoren von Thomas.
- f) *Finanzkraft*: Festzuhalten ist im Vergleich zu VA, basierend auf den Eigentumsverhältnissen, auch hier die Finanzkraft von Gardner Denver.
- g) *Markterfahrung*: Das breite Angebot im Bereich der Kompressor Technik lässt auf eine dementsprechende Erfahrung im Markt rückschließen.

Schwächen

- a) *Keine Freigabe bei Großkunden*: Bis dato hat Thomas keine Freigabe bei den beiden größten Kunden von VA, der Grammer AG und Sears Seating.
- b) *Performance*: Die Performance des Produkts lässt im Vergleich zum CSI zu wünschen übrig.
- c) *Qualität*: Hinsichtlich der Qualität kann Thomas im Bereich der Sitzkompressoren nicht mit dem CSI mithalten.
- d) *Antrieb nur 12V und 24V*: Der Antrieb wird nur auf der 12V und 24V Ebene angeboten, nicht jedoch auf der 48V Ebene.
- e) *Lieferzeiten*: Im Vergleich zum CSI sind längere Lieferzeiten gegeben.

3.5 Phase 4 Funktionen- / Kostenanalyse / Detailziele

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Funktions- und Funktionskostenanalyse des Wertanalyse Objekts, einer Potentialanalyse der Funktionen und der Ableitung von Detailzielen, welche den Ausgangspunkt für die Phase fünf „*Sammeln und Finden von Lösungsideen*“, darstellen.

3.5.1 Workshop Funktionsanalyse

Im Rahmen der Funktionsanalyse des CSI wird ein fünf-stündiger Workshop durchgeführt, an dem alle Mitglieder aus dem WA Projektteam teilnehmen. Der Ablauf des Workshops wird vorab vom WA Manager, welcher hierzu als Moderator auftritt, definiert und die notwendigen Inhalte und Materialien dazu sauber vorbereitet. Zu den verwendeten Materialien zählen Post It's, und Flipcharts. Die Agenda des Workshops kann durch die folgenden fünf Punkte festgehalten werden:

- 1) *Einführung zur Funktionenanalyse inkl. Begriffsbestimmungen und Definitionen*
- 2) *Verdeutlichung des Inhalts anhand eines Beispiels zur Funktionenanalyse*
- 3) *Funktionenermittlung anhand der:*
 - a) *Phasen der Produktlebenszeit*
 - b) *Baugruppen und Bauteile*
- 4) *Grobe Strukturierung der Funktionen*
- 5) *Ausblick und weitere Vorgehensweise*

Ad 3a) *Funktionenermittlung anhand der Phasen der Produktlebenszeit* ist zu erwähnen, dass dazu vier Flipcharts mit den einzelnen Phasen vorbereitet werden (vgl. Abbildung 37). Diese Phasen werden Punkt für Punkt hinsichtlich der auftretenden Aktivitäten und der entsprechen nutzerrelevanten Kriterien besprochen, um die zu erfüllenden Funktionen aus der Sicht des Anwenders aus einem möglichst breiten Blickwinkel festzuhalten. Im Zuge der Anwendung der Kreativitätstechnik des Brainstormings werden die ermittelten Funktionen auf Post It's notiert, den jeweiligen Phasen zugeordnet und auf die entsprechenden Flipcharts positioniert. Ziel ist das Finden der Hauptfunktionen und der wichtigsten Nebenfunktionen.

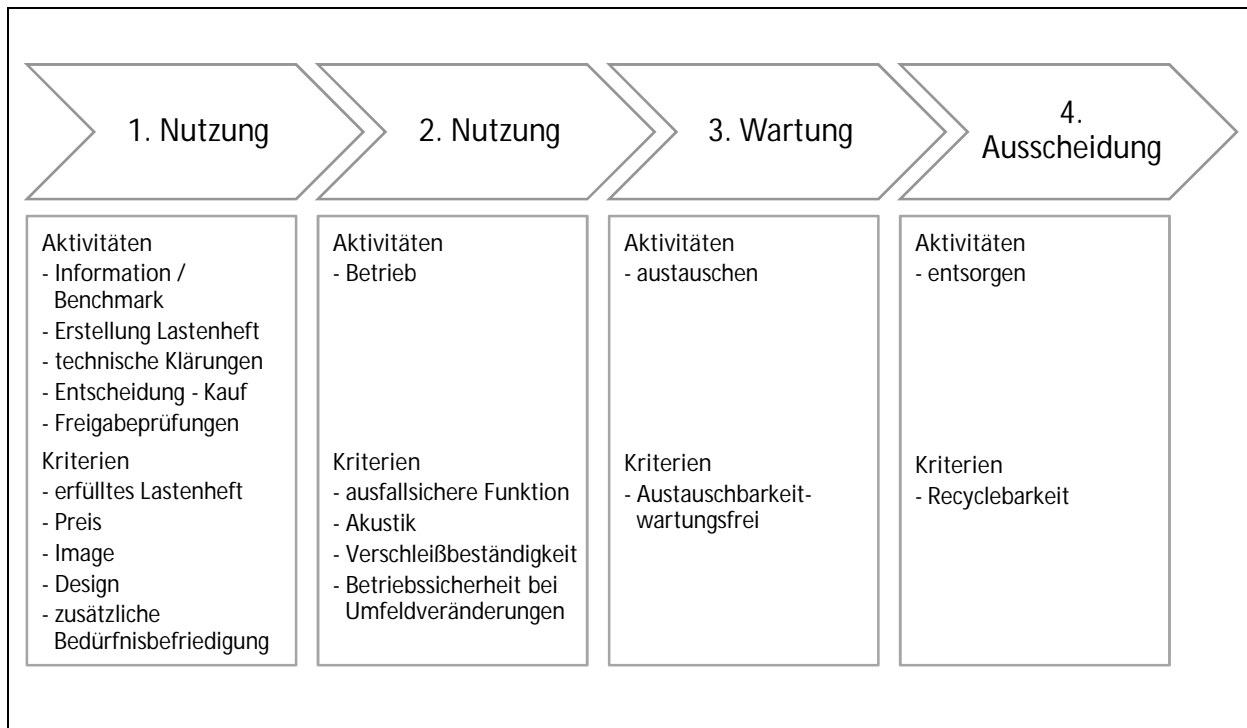


Abbildung 37: Funktionsermittlung anhand der Phasen der Produktlebenszeit

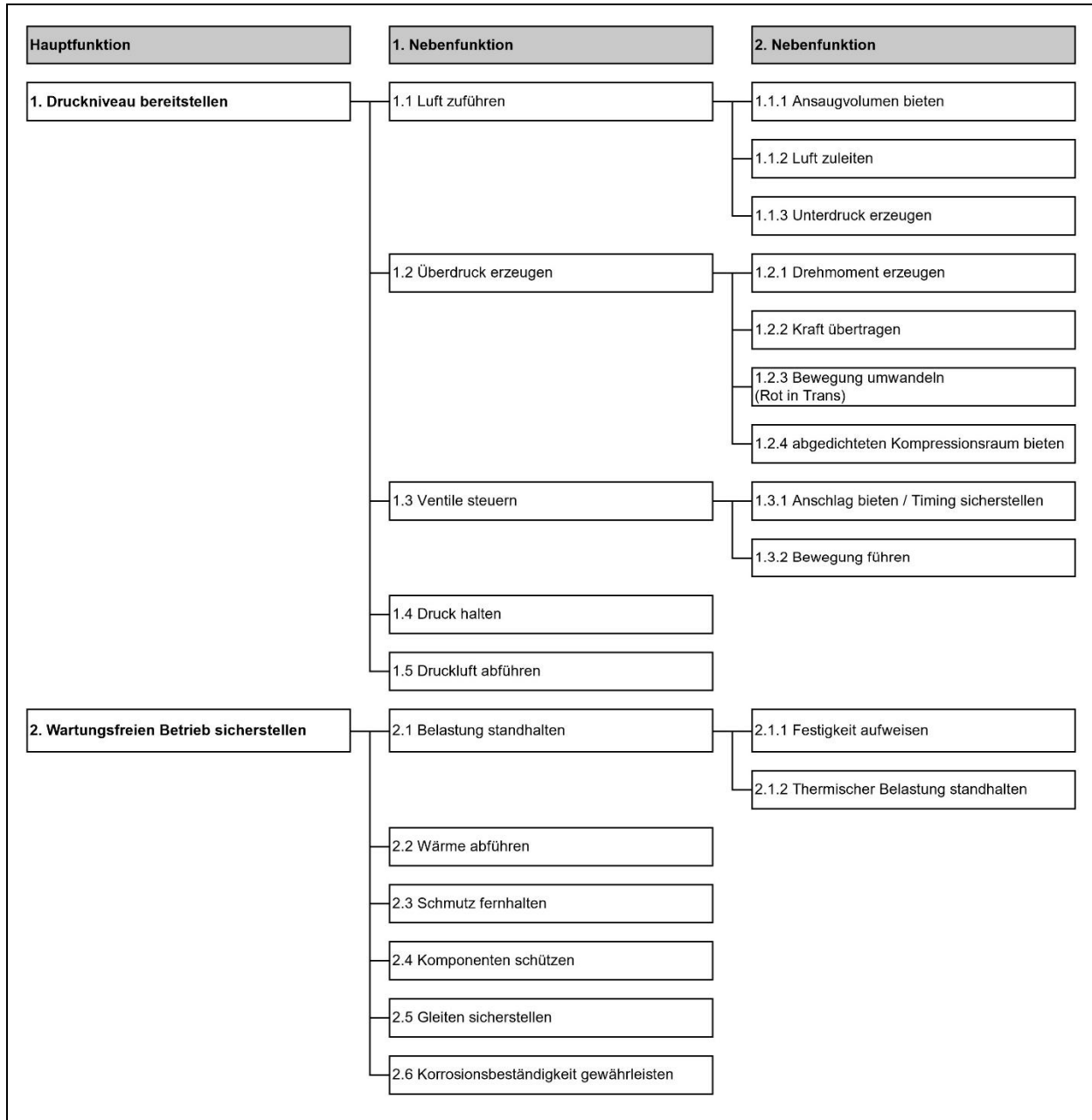
Die Vorgehensweise hinsichtlich *3b) Funktionenermittlung anhand der Baugruppen und Bauteile* ist das systematische Durchgehen der Komponenten des CSI. Auch hier werden drei Flipcharts vorbereitet, auf welchen jeweils eine Explosionszeichnung der Baugruppe mit den entsprechenden Bauteilen, als auch der dazugehörige Strukturbaum zu finden ist. Die Funktionen der einzelnen Bestandteile werden im Zuge eines Brainstormings erfasst, auf Post It's notiert, den entsprechenden Baugruppen zugeordnet und auf den Flipcharts positioniert. Ziel ist das Ergänzen der vorher bereits festgehaltenen Funktionen, als auch das Finden von neuen Funktionen.

Ad *4) Grobe Strukturierung der Funktionen* ist festzuhalten, dass die ermittelten Funktionen auf dessen korrekte Benennung hin überprüft werden, worauf eine grobe Einteilung in Haupt- und Nebenfunktionen stattfindet. Im Anschluss darauf wird gemeinsam ein erster Entwurf des Funktionenbaums erstellt, um die Beziehungen zwischen den einzelnen Funktionen darzustellen.

3.5.2 Funktionenbaum

Die Funktionen des im Workshop erstellten Funktionenbaums werden im Zuge der Nachbereitung nochmals detailliert auf dessen Abhängigkeiten und Ordnungen hinsichtlich Hauptfunktion, 1. Nebenfunktion und 2. Nebenfunktion überprüft. Basierend darauf wird die erste Version des Funktionenbaums nochmals überarbeitet und adaptiert. Der finale Funktionenbaum besteht insgesamt aus 55 Funktionen, welche sich aus 5 Hauptfunktionen, 31 Nebenfunktionen 1. Ordnung und 19 Nebenfunktionen 2. Ordnung zusammensetzen.

Der Funktionenbaum des CSI ist in Abbildung 38 festgehalten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Funktionen ist dem Anhang A: Funktionsbeschreibungen, zu entnehmen.



wird fortgesetzt

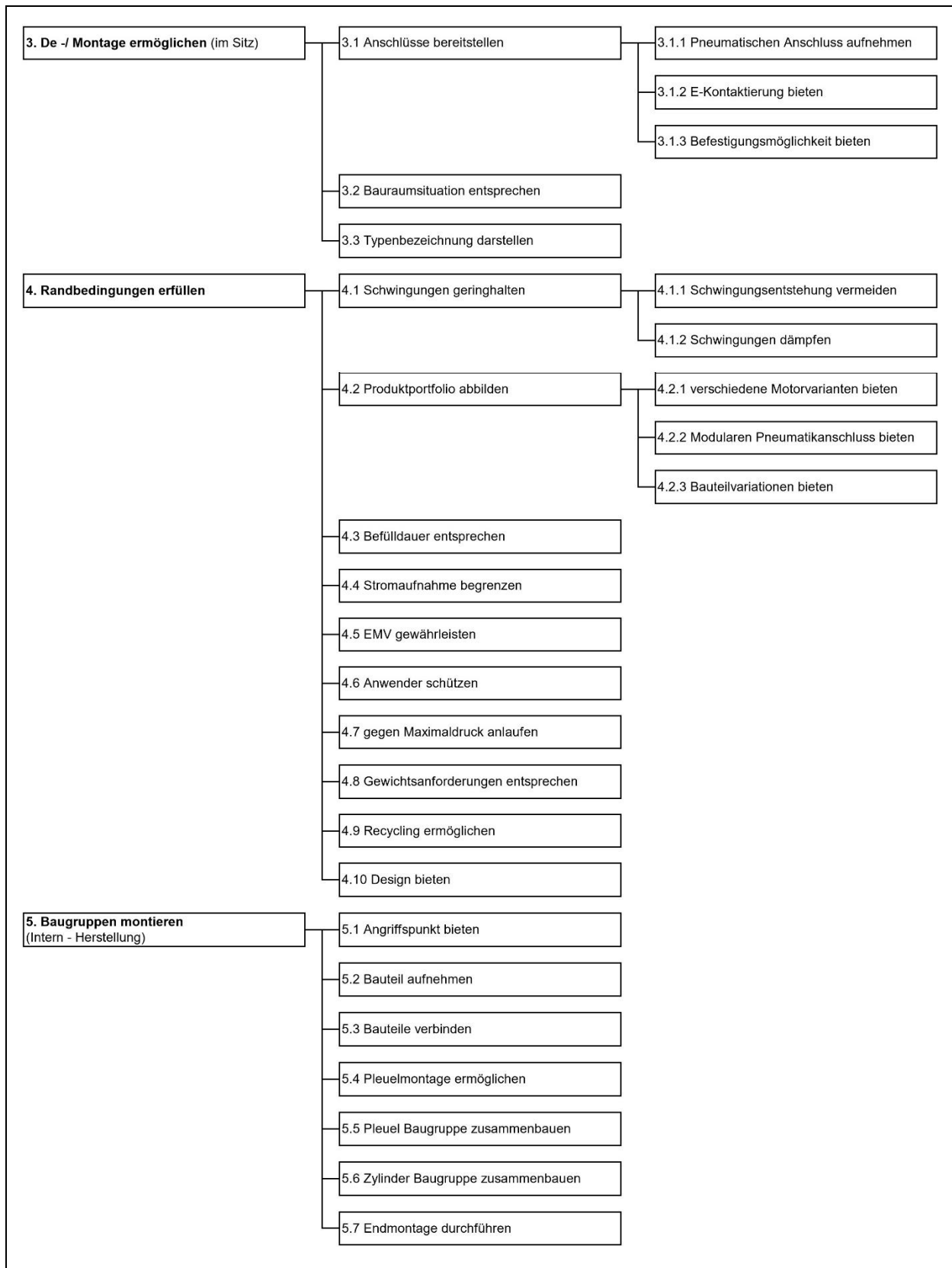


Abbildung 38: Funktionenbaum CSI

3.5.3 Funktionsbeschreibung

Eine detaillierte Beschreibung der ermittelten Funktionen ist im Anhang A: Funktionsbeschreibungen, zu finden.

3.5.4 Funktionserfüllungsgrad

In diesem Schritt wird überprüft, inwiefern das Wertanalyseobjekt die ermittelten Funktionen aus der Sicht des Nutzers erfüllt, was mit dem Funktionserfüllungsgrad (FEG) ausgedrückt wird. Die Untersuchung bezieht sich in diesem WA Projekt grundsätzlich auf die 1. Nebenfunktionen. Zusätzlich werden jene 2. Nebenfunktionen in die Analyse miteinbezogen, welche als nutzerrelevant eingestuft werden können. Diese sind in Tabelle 10 dargestellt.

<i>2.1.1 Festigkeit aufweisen</i>	<i>4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden</i>
<i>2.1.2 thermischer Belastung standhalten</i>	<i>4.1.2 Schwingungen dämpfen</i>
<i>3.1.1 pneumatisch. Anschluss aufnehmen</i>	<i>4.2.1 verschiedene Motorvarianten bieten</i>
<i>3.1.2 E-Kontaktierung bieten</i>	<i>4.2.2 modul. Pneumatikanschluss bieten</i>
<i>3.1.3 Befestigungsmöglichkeit bieten</i>	<i>4.2.3 Bauteilvariation bieten</i>

Tabelle 10: Nutzerrelevante 2. Nebenfunktionen

In Summe sind dies 37 Funktionen, die hinsichtlich ihres Funktionserfüllungsgrades untersucht werden. Um eine möglichst einheitliche Bewertung durchzuführen, werden die in Tabelle 11 aufgelisteten grundlegenden Anhaltspunkte zu den Funktionserfüllungsgraden festgehalten.

<i>< 90 Prozent</i>	<i>stark untererfüllt</i>
<i>90 - 100 Prozent</i>	<i>leicht untererfüllt</i>
<i>100 Prozent</i>	<i>vollkommen erfüllt</i>
<i>100 - 110 Prozent</i>	<i>leicht übererfüllt</i>
<i>> 110 Prozent</i>	<i>stark übererfüllt</i>

Tabelle 11: Anhaltspunkte zur Bestimmung der FEG

Zur möglichst objektiven Ermittlung des Funktionserfüllungsgrades werden bei jenen Funktionen, bei denen es sinnvoll möglich ist, technische Detailanforderungen formuliert. Diese sind in Anhang A: Funktionsbeschreibungen, detailliert beschrieben. Die Definition

der Detailanforderungen richtet sich Großteils an das gewählte Lastenheft des Kunden Grammer AG. Die unter- bzw. übererfüllten Funktionen, d.h. Funktionen bei denen ein Funktionserfüllungsgrad abweichend von 100 Prozent festgestellt wird, sind in Tabelle 12 dargestellt. Die jeweilige Begründung für die Abweichung wird in Tabelle 13 erläutert.

Funktion	FEG [%]
<i>1.2 Überdruck erzeugen</i>	110
<i>1.3 Ventile steuern</i>	90
<i>2.1.1 Festigkeit aufweisen</i>	95
<i>2.1.2 thermischer Belastung standhalten</i>	95
<i>2.2 Wärme abführen</i>	95
<i>2.3 Schmutz fernhalten</i>	90
<i>4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden</i>	85
<i>4.1.2 Schwingungen dämpfen</i>	85
<i>4.2.2 modularen Pneumatikanschluss bieten</i>	90
<i>4.3 Befülldauer entsprechen</i>	95
<i>4.10 Design bieten</i>	95
<i>5.5 Pleuel Baugruppe zusammenbauen</i>	95
<i>5.6 Zylinder Baugruppe zusammenbauen</i>	95
<i>5.7 Endmontage durchführen</i>	95

Tabelle 12: FEG der unter- bzw. übererfüllten Funktionen

In Summe können 14 Funktionen identifiziert werden, die einen Funktionserfüllungsgrad abweichend von 100 Prozent aufweisen, davon handelt es sich bei 13 Funktionen um untererfüllte Funktionen und bei einer Funktion um eine übererfüllte Funktion.

Zu den untererfüllten Funktionen ist festzuhalten, dass die Funktionen *4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden* und *4.1.2 Schwingungen dämpfen* mit 85 Prozent den geringsten FEG aufweisen, gefolgt von drei Funktionen mit einem FEG

von 90 Prozent und 8 Funktionen mit einem FEG von 95 Prozent. Die einzige übererfüllte Funktion *1.2 Überdruck erzeugen* weist einen FEG von 110 Prozent auf.

<p><i>1.2 Überdruck erzeugen</i></p>	<p>Bezüglich der auftretenden Streuung des Maximaldrucks p_{max} muss der gesamte Kompressor überdimensioniert werden, um den mindestens zu erreichenden Maximaldruck prozesssicher darstellen zu können. Grund für die Streuung sind Fertigungstoleranzen, die sich basierend auf der jetzigen Bauweise des CSI aufsummieren. Dies führt dazu, dass p_{max} um +/- 2bar variiert und die Lieferleistung schwankt. Bei geringerer Streuung können diverse Bauteile optimierter ausgelegt werden. Je größer die Streuung ist, umso undefinierter ist auch die max. Stromaufnahme.</p>
<p><i>1.3 Ventile steuern</i></p>	<p>Diese Funktion betrifft den Nutzer nicht direkt, sondern indirekt. Durch die Charakteristik der Ventile wird p_{max}, als auch die Lieferleistung stark beeinflusst. Das Timing des Ventils funktioniert nicht optimal. Es ist festzustellen, dass bei geringerer Drehzahl die Ventilsteuerung besser funktioniert.</p>
<p><i>2.1.1 Festigkeit aufweisen</i></p>	<p>Das Ventilblatt (Rückschlagventil) kann aufgrund einer Überbelastung brechen. Des Weiteren kann es bei einer zu hohen radialen Belastung der Motorwelle (hoher Druck auf dem Pleuel liegt an) zu Verspannungen im Kalotten Lager des Motors kommen. Das Gleitlager kann somit den entstehenden Winkelversatz, resultierend aus der Durchbiegung der Motorwelle, nicht mehr ausgleichen. Dies führt zu erhöhter Reibung im Lager und somit zu einer erhöhten Stromaufnahme.</p>

wird fortgesetzt

<p>2.1.2 <i>thermischer Belastung standhalten</i></p>	<p>Grundsätzlich werden die im Lastenheft festgelegten Anforderungen erfüllt, jedoch ist der PTFE Kolben anfällig gegenüber erhöhten Temperaturen. Im Laufe des Betriebes kann es somit zu einer Gefügeveränderung und Schrumpfung des Kolbens kommen. Der sich dadurch einstellende, steigende Leckagestrom zwischen Kolben und Zylinderrohr kann zu einer thermischen Überlastung führen, da dies die Dauer des Druckaufbaus im System verlängert. Der häufigste Grund von Reklamationen stellt die erwähnte thermische Überlastung des Kompressors mit dem damit verbundenen Schmelzen des Pleuels dar. Dies kann jedoch nur mit einem Missbrauch des CSI in Verbindung gebracht werden und wird deshalb auch in den meisten Fällen nicht weiter betrachtet.</p>
<p>2.2 <i>Wärme abführen</i></p>	<p>Im Normalbetrieb stellt die Wärmeabfuhr keine Probleme dar. Jedoch sollte diese verbessert werden, um einer möglichen thermischen Überlastung des Kolbens vorzubeugen. Der vorhandene Luftspalt zwischen Zylinderrohr und Gehäuse ist hierbei auch zu erwähnen, da dieser grundsätzlich eine isolierende Wirkung darstellt.</p>
<p>2.3 <i>Schmutz fernhalten</i></p>	<p>Diesbezüglich kommt es zu keinen Reklamationen, jedoch wird der definierte Staubtest beim Kunden Grammer nicht erfüllt. Die Bewertung erfolgt mit einem FEG von 90 Prozent, da diese Funktion beim Kunden aufgrund der Freigabeprüfungen des Mitbewerbers Aircom mit großer Aufmerksamkeit betrachtet und verglichen wird.</p>
<p>4.1.1 <i>Schwingungsentstehung vermeiden</i></p>	<p>Die hohen Volumenströme auf der Saug- und Druckseite des Kompressors als auch die gewählte Drehzahl erzeugen Schallemissionen, welche grundsätzlich vermieden bzw. reduziert werden sollten. Auch die gewählte Werkstoffpaarung bei den dynamisch bewegten Bauteilen (Metall auf Metall) muss hierbei gesondert betrachtet werden.</p>

wird fortgesetzt

4.1.2 Schwingungen dämpfen	Das Dämpfen von Schallemissionen wird im Wesentlichen nur an der Ansaugseite realisiert. Zum einen wird ein Ansaugvolumen geboten, wodurch die Spitzen der entstehenden Luftschwingungen durch das Ansaugen geglättet werden. Zum anderen ist ein Luftfilter verbaut, welchem auch eine dämpfende Funktion zuzuordnen ist.
4.2.2 modularen Pneumatikanschluss bieten	Die bestehende Möglichkeit zur radialen Druckluftabfuhr durch ein zusätzliches Fitting nimmt zu viel Bauhöhe ein. Dies entspricht bei potentiellen Kunden (z.B. John Deere) nicht der Bauraumsituation, wodurch diese auch nicht beliefert werden können.
4.3 Befülldauer entsprechen	Die Funktion wird bei den Kunden Grammer als auch Sears grundsätzlich erfüllt. Jedoch ist bei der Sears Anwendung eine große Streuung hinsichtlich der Befülldauer festzustellen.
4.10 Design bieten	Das Produkt des Mitbewerbers Aircom weist ein auffallend schlankes Design auf, im Vergleich zum CSI.
5.5 Pleuel Baugruppe zusammenbauen	Bei den geometrischen Abmessungen (Durchmesser und Gesamthöhe) des Kolbens sind teilweise Abweichungen festzustellen. Das Kalibrieren des Kolbens führt immer wieder zu Problemen hinsichtlich der Prozessfähigkeit des Montageprozesses. Des Weiteren wird der Kolbenboden als Zink-Druckgussteil angeliefert und durch gleitschleifen entgratet. Es kann vorkommen, dass nach dieser Bearbeitung immer noch ein Grat vorhanden ist. Zusätzlich stellt das Verschrauben des Kolbenbodens am Pleuel, in Verbindung mit dem bereits montierten Ventilblatt, einen weiteren kritischen Prozess dar. Problematisch ist die Führung der Schraube, als auch die Aufbringung des Drehmoments bei der Verschraubung. Abschließend sei erwähnt, dass das Stanzen und darauffolgende Ablegen der Ventilblätter Optimierungspotential aufweist. ¹³¹

wird fortgesetzt

¹³¹ Vgl. Wagner (2017), S.1f.

<p>5.6 Zylinder Baugruppe zusammenbauen</p>	<p>Die Nut des Ventildeckels für den außenliegenden O-Ring ist hinsichtlich der Abmessungen grenzwertig ausgelegt, wodurch dieser zu stark vorgespannt ist. Weiters stellt das Bördeln des Zylinderrohres grundsätzlich einen kritischen Montageschritt dar. Des Weiteren weichen die gedrehten Bauteile immer wieder von der Geometrie ab und befinden sich nicht innerhalb der definierten Toleranzen. Auch Drehriefen bei den Zylinderrohren sind teilweise feststellbar.¹³²</p>
<p>5.7 Endmontage durchführen</p>	<p>Die kundenseitig geforderte Markierung des Kompressors mittels eines Lasers ist teilweise schwer lesbar. Weiters wird eine vordefinierte Menge an Fett auf der Innenseite des Zylinderrohrs aufgebracht und anschließend im Zuge der Montage des Pleuels verteilt. Dies stellt einen undefinierten Prozessschritt dar, da unklar ist welche Menge an Fett tatsächlich den Kolben schmiert und welche Menge im Totraum verbleibt und diesen somit verringert.¹³³</p>

Tabelle 13: Erläuterungen zu den unter- bzw. übererfüllten Funktionen

3.5.5 Funktionskosten

Im Anschluss an die Feststellung der Funktionserfüllungsgrade erfolgt die Bestimmung der Kosten der einzelnen Funktionen. Diese werden mittels einer Funktionskostenmatrix auf Basis der Herstellkosten des CSI ermittelt. Die detaillierte Vorgehensweise hinsichtlich der Berechnung der Funktionskosten ist Kapitel 2.7.2 zu entnehmen. Es ist festzuhalten, dass sich die erstellte Funktionskostenmatrix aus 28 Funktionskostenträgern und 43 Funktionen, welche mit den in Frage kommenden Funktionskostenträgern verknüpft werden, zusammensetzt. Bei den zur Bewertung herangezogenen 43 Funktionen handelt es sich um die Funktionen mit den höchsten Detaillierungsgrad. D.h. es wird grundsätzlich auf der Ebene der 2. Nebenfunktionen bewertet, außer bei 1. Nebenfunktionen, welche keine weiteren 2. Nebenfunktionen aufweisen. Bei jenen 1. Nebenfunktionen bleibt man dann zur Ermittlung auf dessen Ebene. Diese zur Bewertung herangezogenen Funktionen werden im weiteren Verlauf

¹³² Vgl. Wagner (2017), S.1

¹³³ Vgl. Wagner (2017), S.1f.

der Arbeit zur Vereinfachung als „*Funktionen mit dem höchsten Detaillierungsgrad*“ bezeichnet. Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass somit in weiterer Folge für alle im Funktionsbaum dargestellten Funktionen die Funktionskosten einfach berechnet werden können.

Die Erstellung der Funktionskostenmatrix wird mittels des Kalkulationsprogramms MS Excel durchgeführt. Auf der horizontalen Achse der Matrix sind die Funktionskostenträger, und auf der vertikalen Achse die Funktionen angeordnet. Die erstellte Funktionskostenmatrix ist im Anhang B: Funktionskostenmatrix dargestellt, wobei zu erwähnen ist, dass die grau dargestellten Bereiche in der Matrix als Zellen zu verstehen sind, die keine Eingabe von Daten erfordern. D.h. in diesen Feldern werden Werte automatisch berechnet, wobei die weißen Zellen hingegen für eine Eingabe von Daten vorgesehen sind.

In den weiteren Spalten rechts außerhalb der Matrix werden durch Aufsummierung der einzelnen Funktionskostenanteile an den Funktionskostenträgern die Gesamtfunktionskosten der jeweiligen Funktionen ermittelt, und in relativen Anteilen an den gesamten Herstellkosten dargestellt. Diese werden in weiterer Folge einem Ranking unterzogen, um sehr schnell eine Aussage über die Rangfolge der einzelnen Funktionskosten treffen zu können. Aufgrund der gewählten detaillierten Aufschlüsselung der Funktionskosten wird diese Rangfolge jeweils auf Ebene der 1. Hauptfunktionen, der 1. Nebenfunktionen und auf der Ebene der Funktionen mit dem höchsten Detaillierungsgrad ermittelt. Im nächsten Schritt werden die ermittelten Kosten einer detaillierten ABC Analyse unterzogen.

3.5.6 Funktionskostenanalyse

Die mittels der Funktionskostenmatrix festgestellten Funktionskosten werden nun einer detaillierten Funktionskostenanalyse durch die Anwendung der ABC-Analyse Technik unterzogen. Analysiert werden die Funktionskosten der 1. Hauptfunktionen, der 1. Nebenfunktionen und der Funktionen mit dem höchsten Detaillierungsgrad. Die detaillierte Befundung der Funktionskosten wird hierbei für die Ebene der Funktionen mit dem höchsten Detaillierungsgrad durchgeführt, da diese eine für die weitere Vorgehensweise entsprechende Relevanz aufweisen. Die ABC Analyse der 1. Hauptfunktionen und der 1. Nebenfunktionen ist dem Anhang C: Funktionskostenanalyse, zu entnehmen.

Die Analyse der Kosten der Funktionen mit dem höchsten Detaillierungsgrad ist in Abbildung 39 dargestellt und beinhaltet 39 Funktionen, wovon sich 20 auf Ebene der 1. Nebenfunktionen und 19 auf Ebene der 2. Nebenfunktionen befinden.

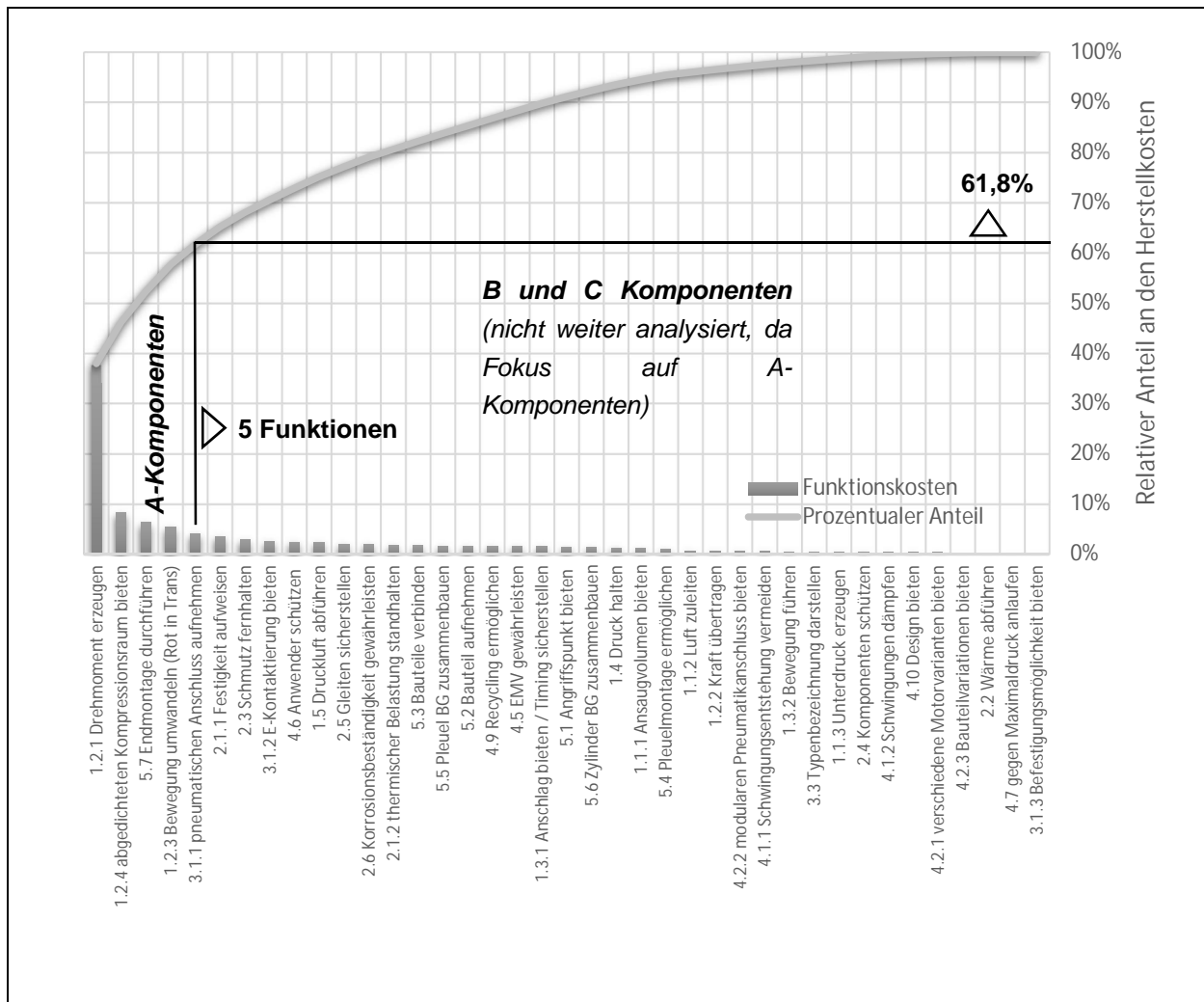


Abbildung 39: ABC Kostenanalyse der Funktionen

Die Untersuchung zeigt, dass sich fünf Funktionen als A Komponenten darstellen lassen, welche somit die kostentreibenden Funktionen darstellen. Diese können gereiht nach dem relativen Anteil an den Herstellkosten des CSI absteigend, in Tabelle 14 festgehalten werden.

1.2.1 Drehmoment erzeugen	38,0%
1.2.4 abgedichteten Kompressionsraum bieten	8,2%
5.7 Endmontage durchführen	6,2%
1.2.3 Bewegung umwandeln (Rot in Trans)	5,3%
3.1.1 pneumatischen Anschluss aufnehmen	4,1%
Summe des relativen Anteils an den Herstellkosten	61,8%

Tabelle 14: Kostentreibende Funktionen des CSI

Es fällt auf, dass sich die Funktion *1.2.1 Drehmoment erzeugen* welche 38 Prozent der Herstellkosten ausmacht, sich von den anderen festgestellten Kostentreibern deutlich abhebt. Als Ergebnis der Analyse kann festgehalten werden, dass 13 Prozent der Funktionen d.h. fünf Funktionen 61,8 Prozent der gesamten Herstellkosten des CSI abbilden.

3.5.7 Funktionen Potenzialanalyse

In dieser Analyse wird der Aspekt „Bedeutsamkeit“ der Funktionen für den Kunden mit dem Aspekt „Kosten“, die von den Funktionen verursacht werden, kombiniert. Die Ergebnisse werden in einem Portfolio Diagramm dargestellt um diese möglichst übersichtlich darzustellen. Eine detaillierte Beschreibung dieser Analysetechnik ist im Kapitel 2.7.3 zu finden.

Die Ermittlung der Bedeutung der Funktionen basiert auf der Anwendung der Methodik des dualen Vergleichs, auch paarweiser Vergleich genannt. Zuerst wird damit die Bedeutung der fünf Hauptfunktionen ermittelt. Im Anschluss darauf erfolgt die Evaluierung jeweils für die 1. Nebenfunktionen der entsprechenden Hauptfunktion. Hinsichtlich der Bewertung ist bewusst auf einen Blickwinkel möglichst aus der Sicht des Kunden wertzulegen. Zur Vorgehensweise und genauen Erläuterung der Methodik des Dual Vergleichs siehe Kapitel 2.7.10. Der gewählte differenzierte Dual Vergleich wird nach den in Tabelle 15 aufgelisteten Vergleichskriterien durchgeführt.

1/5	<i>viel weniger wichtig als</i>
1/3	<i>weniger wichtig als</i>
1	<i>gleich</i>
3	<i>wichtiger als</i>
5	<i>viel wichtiger als</i>

Tabelle 15: Vergleichskriterien des differenzierten Dual Vergleichs¹³⁴

3.5.7.1 Ermittlung der Bedeutungen der Hauptfunktionen

Die ermittelte Bedeutung der 1.Hauptfunktion von 44,1 Prozent, ist nach einer anschließenden Plausibilitätskontrolle als zu gering einzustufen, obwohl in jeder Spalte die höchste Bewertung vergeben wird. Basierend darauf erfolgt die Anpassung der Bedeutung dieser Funktion auf 50 Prozent. Um in Summe wieder 100 Prozent zu

¹³⁴ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 69

erreichen, werden die Werte der anderen Funktionen in Anlehnung an die bereits ermittelte Gewichtung dementsprechend adaptiert.

Der durchgeführte Dual Vergleich mit der Bedeutung der Funktionen als Ergebnis, als auch die dazugehörigen Funktionskosten, welche aus Kapitel 3.5.6 übernommen werden, sind in Abbildung 40 für die 1. Hauptfunktionen dargestellt. Die dafür durchzuführenden Berechnungen werden mit dem Kalkulationsprogramm MS Excel erstellt, weshalb die für die Ermittlung der Bedeutungen notwendigen Eingabefelder zur übersichtlichen Darstellung in weiß gekennzeichnet sind. Die grauen Felder symbolisieren Zellen, in denen Werte automatisiert berechnet werden, bzw. aus anderen Berechnungen übernommen werden.

	1. Druckniveau bereitstellen	2. wartungsfreien Betrieb sicherstellen	3. De- / Montage ermöglichen (im Sitz)	4. Randbedingungen erfüllen	5. Baugruppen montieren (Intern - Herstellung)	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Bedeutung – adaptiert in [%]	Kosten der Funktion in [%]
1. Druckniveau bereitstellen	1	5	5	5	5	21	44,1	50,0	59,3
2. wartungsfreien Betrieb sicherstellen	1/5	1	3	1/3	3	7,5	15,8	12,5	12,2
3. De- / Montage ermöglichen (im Sitz)	1/5	1/3	1	1/3	1/3	2,2	4,6	5,0	6,9
4. Randbedingungen erfüllen	1/5	3	3	1	5	12,2	25,6	22,5	7,2
5. Baugruppen montieren (Intern - Herstellung)	1/5	1/3	3	1/5	1	4,7	9,9	10,0	14,3
Σ der Quersummen						47,6			

Abbildung 40: Dual Vergleich der Hauptfunktionen

Es fällt auf, dass die Hauptfunktion eins *Druckniveau bereitstellen* mit 50 Prozent den größten Anteil an der Gesamtbedeutung aufweist, gefolgt von der Hauptfunktion vier *Randbedingungen erfüllen* mit 22,5 Prozent. Diese zwei Hauptfunktionen bilden 72,5 Prozent der Gesamtbedeutung für den Nutzer ab.

3.5.7.2 Ermittlung der Bedeutungen der 1. Nebenfunktionen

In weiterer Folge werden die Bedeutungen aller 1. Nebenfunktionen ermittelt. Dazu werden die jeweiligen 1. NF der entsprechenden Hauptfunktion wiederum mittels des zuvor bereits beschriebenen differenzierten Dual Vergleichs hinsichtlich ihrer Bedeutung untersucht. Die Herangehensweise diesbezüglich wird am Beispiel der 1. Nebenfunktionen der Hauptfunktion 1 erläutert. Alle weiteren Bewertungen zu den 1. Nebenfunktionen der jeweiligen Hauptfunktionen sind im Anhang D: Dual Vergleich und Potentialanalyse, dargestellt.

In Abbildung 41 sind die Bedeutung und die Funktionskosten der 1. Nebenfunktionen der Hauptfunktion 1 dargestellt. Es ist festzuhalten, dass eine anschließende Adaptierung der Bedeutungen durchzuführen ist. Das Ergebnis der Funktion *1.2 Überdruck erzeugen* muss, obwohl in jeder Spalte die höchste Bewertung vergeben wird, als zu gering eingestuft werden. Die Adaptierung des Wertes erfolgt von 43,1 Prozent auf 50 Prozent. Um wiederum in Summe 100 Prozent zu erreichen, erfolgt eine entsprechende Anpassung aller anderen Funktionen. Die Gesamtbedeutung der jeweiligen 1. Nebenfunktionen ergibt sich durch Multiplikation der mittels Dualvergleich ermittelten Bedeutung der 1. NF, mit der Bedeutung der dazugehörigen Hauptfunktion.

Es ist zu erwähnen, dass auch bei der Bewertung der 1. Nebenfunktionen der Hauptfunktion 2 eine Adaptierung der Bedeutungen der Funktionen nach den gleichen Gesichtspunkten wie bereits zuvor erwähnt, durchgeführt wird. Für die 1. Nebenfunktionen der weiteren Hauptfunktionen ist dies nicht notwendig.

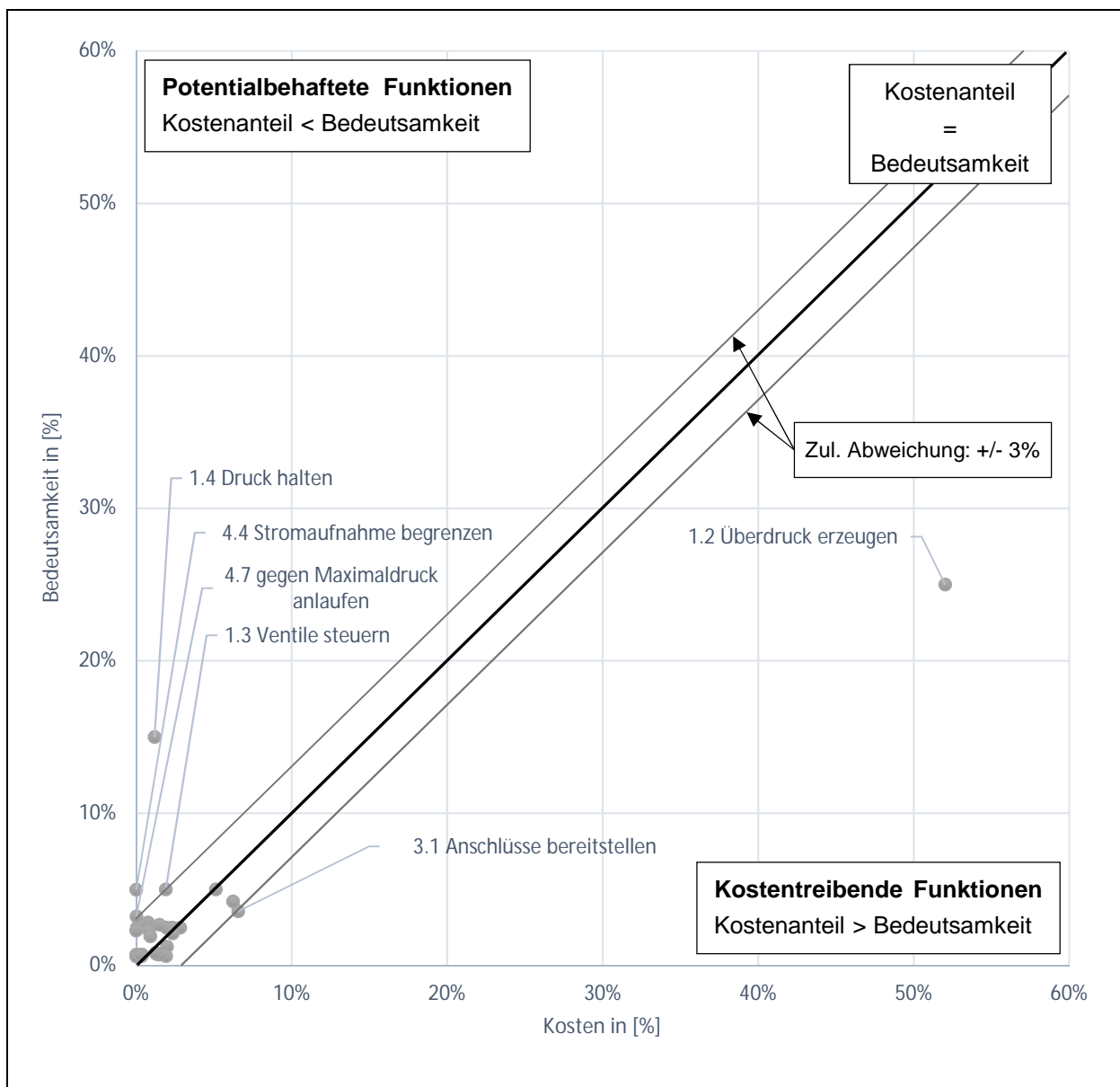
	1.1 Luft zuführen	1.2 Überdruck erzeugen	1.3 Ventile steuern	1.4 Druck halten	1.5 Druckluft abführen	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Bedeutung– adaptiert in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
1.1 Luft zuführen	1	1/5	1	1/5	1	3,4	7,0	5	2,5	2,0
1.2 Überdruck erzeugen	5	1	5	5	5	21,0	43,1	50	25,0	52,0
1.3 Ventile steuern	1	1/5	1	1/5	3	5,4	11,1	10	5,0	1,9
1.4 Druck halten	5	1/5	5	1	5	16,2	33,2	30	15,0	1,2
1.5 Druckluft abführen	1	1/5	1/3	1/5	1	2,7	5,6	5	2,5	2,3
Σ der Quersummen						48,7				

Abbildung 41: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der Hauptfunktion 1

Hinsichtlich der Befundung der ermittelten Bedeutungen der 1. Nebenfunktionen aller Hauptfunktionen auf der Ebene der Gesamtbedeutungen ist festzuhalten, dass die Funktion *1.2 Überdruck erzeugen* mit 25 Prozent den größten prozentualen Anteil ausmacht, gefolgt von der Funktion *1.4 Druck halten* mit 15 Prozent. Diese zwei Funktionen bilden in Summe 40 Prozent der Gesamtbedeutung für den Nutzer ab. Alle weiteren Funktionen befinden in einem Bereich kleiner gleich 5 Prozent.

3.5.7.3 Funktionenpotentialanalyse

Die ermittelten Gesamtbedeutungen der jeweiligen Funktionen als auch die dazugehörigen Funktionskosten sind auf der Ebene der 1. Nebenfunktionen in einem Portfolio Diagramm in Abbildung 42 gegenübergestellt. Auf der Abszisse sind die Funktionskosten in [%] und auf der Ordinate die Bedeutsamkeit in [%] aufgetragen. Abgebildet sind alle 1. Nebenfunktionen, wobei um die Übersichtlichkeit zu wahren nur jene namentlich angeführt sind welche nicht der definierten, zulässigen Abweichung von +/- 3 Prozent entsprechen. Funktionen die vom dargestellten, zulässigen Bereich abweichen, werden zur weiteren Betrachtung herangezogen. Die Portfolio Diagramme für die Hauptfunktionen, als auch die jeweiligen 1. Nebenfunktionen dazu sind detailliert aufgeschlüsselt im Anhang D: Dual Vergleich und Potentialanalyse, zu finden.

Abbildung 42: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen¹³⁵

Es ist festzustellen, dass sich Funktionen, welche ein ausgeglichenes Kosten-/Bedeutungsverhältnis aufweisen, in der Nähe der Diagonalen befinden. Diesbezüglich werden wie zuvor bereits erwähnt zwei +/- 3 Prozent Linien gezogen, welche die zulässige Abweichung von der Diagonale darstellen.

Als Ergebnis dieser Analyse kann festgehalten werden, dass sechs Funktionen außerhalb des zulässigen Bereichs liegen. Diese teilen sich auf vier potentialbehaftete und zwei kostentreibende Funktionen auf. Die potentialbehafteten Funktionen sind, gereiht nach der Höhe des erfassten Missverhältnisses abwärts, in Tabelle 16 dargestellt.

¹³⁵ In Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011) S. 73

Funktion	Gesamtbedeutung [%]	Funktionskosten [%]
1.4 Druck halten	15	1,2
4.4 Stromaufnahme begrenzen	5	0
1.3 Ventile steuern	5	1,9
4.7 gegen Maximaldruck anlaufen	3,2	0

Tabelle 16: Potentialbehaftete Funktionen

Die kostentreibenden Funktionen lassen sich, wiederum gereiht nach der Höhe des erfassten Missverhältnisses, in Tabelle 17 darstellen.

Funktion	Gesamtbedeutung [%]	Funktionskosten [%]
1.2 Überdruck erzeugen	25	52
3.1 Anschlüsse bereitstellen	3,6	6,6

Tabelle 17: Kostentreibende Funktionen

Basierend auf der in Kapitel 2.7.3 dargestellten, ausführlichen Erläuterung zur Funktionenpotentialanalyse, erfolgt in der weiteren Betrachtung der Fokus auf die festgestellten kostentreibenden Funktionen. Grund dafür ist die Ausgangssituation, da es sich um ein über mehrere Jahre bestehendes, bereits vielfach optimiertes Produkt in der Branche handelt.

Betrachtet man die 2. Nebenfunktionen der kostentreibenden Funktion 1.2 *Überdruck erzeugen* genauer, so stellt man fest, dass sich die Kosten dieser Funktion, gereiht nach der Höhe der Kosten abwärts, hauptsächlich aus den drei Funktionen 1.2.1 *Drehmoment erzeugen*, 1.2.4 *abgedichteten Kompressionsraum bieten* und 1.2.3 *Bewegung umwandeln (Rot in Trans)* zusammensetzen.

Bei einer genaueren Betrachtung der 2.Nebenfunktionen der zweiten kostentreibenden Funktion 3.1 *Anschlüsse bereitstellen* stellt man fest, dass die Funktion 3.1.1 *pneumatischen Anschluss aufnehmen* den größten Anteil der Funktionskosten darstellt.

Abschließend sei festzuhalten, dass sich die mittels der Funktionenpotentialanalyse festgestellten, kostentreibenden Funktionen, mit den durch die ABC Funktionskostenanalyse ermittelten Funktionskostentreibern decken. Dies bringt die äußerst wichtige Erkenntnis mit sich, dass die in der ABC-Funktionskostenanalyse

festgestellten Funktionen nicht nur die größten Kostentreiber darstellen, sondern auch entsprechendes Potential zur Kostensenkung aufweisen.

3.5.8 Ableitung von Detailzielen

Basierend auf den am Beginn des WA Projektes definierten Grobzielen und den bisher durchgeführten Analysen, erfolgt nun die Ableitung von Detailzielen. Diesbezüglich wird der Sollzustand durch die Definition der Soll-Funktionserfüllungsgrade und die Feststellung der Ziel Herstellkosten entsprechend beschrieben. Die Zielkosten der Neuentwicklung werden durch die Anwendung der Methodik des Target Costings (deutsch: Zielkostenrechnung) ermittelt.

Die Beschreibung des Soll-Zustandes bezieht sich bei der Definition der Soll-Funktionserfüllungsgrade auf die im Zuge der Ermittlung des IST- FEG analysierten Funktionen. Die Bestimmung der Zielkosten der einzelnen Funktionen bezieht sich auf die Ebene der 1. Nebenfunktionen.

Zur Festlegung der Soll-Funktionserfüllungsgrade ist zu erwähnen, dass diesbezüglich jene Funktionen betrachtet werden, deren IST-FEG eine Abweichung von größer 5 Prozent zu einem 100 prozentigem Funktionserfüllungsgrad aufweist, was in Tabelle 18 dargestellt ist. Alle weiteren festgestellten IST-FEG sind dabei logischerweise als Musskriterium für die Neuentwicklung zu sehen.

Funktion	Ist-FEG [%]	Soll-FEG [%]
<i>1.2 Überdruck erzeugen</i>	110	100
<i>1.3 Ventile steuern</i>	90	100
<i>2.3 Schmutz fernhalten</i>	90	100
<i>4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden</i>	85	100
<i>4.1.2 Schwingungen dämpfen</i>	85	100
<i>4.2.2 modularen Pneumatikanschluss bieten</i>	90	100

Tabelle 18: Beschreibung des Soll-Funktionserfüllungsgrades

Die Detailziele hinsichtlich der geforderten Funktionsoptimierung des WA Objekts sind durch den dargestellten Soll-Funktionserfüllungsgrad klar definiert. Es fällt auf, dass die Funktionen *4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden* und *4.1.2 Schwingungen dämpfen* mit einer Differenz von 15 Prozent die größte Abweichung vom Sollzustand darstellen. Weiters ist festzuhalten, dass die Reduktion des FEG der Funktion

1.2 *Überdruck erzeugen* von 110 auf 100 Prozent mit einer daraus resultierenden Kostenreduktion begründet werden kann (vgl. Tabelle 19).

Zur Ermittlung der Zielkosten, werden die einzelnen Funktionen basierend auf den in den durchgeführten Analysen festgestellten Potentialen hinsichtlich einer Kostenänderung untersucht. Es ist zu erwähnen, dass hierbei nicht immer zwingend eine Reduktion der einzelnen Funktionskosten als Ziel zu sehen ist, da sich ja bekanntlich durch eine Erhöhung der Ressourceneinsätze mit einer damit erreichten wesentlichen Steigerung der Befriedigung von Kundenbedürfnissen, auch eine Wertsteigerung erzielen lässt (vgl. Kapitel 2.5.3.). Was dies für die einzelnen Funktionen bedeutet ist in Tabelle 19 detailliert dargestellt.

Funktion	Relativer Anteil an den Gesamtkosten [%]	Zielkosten [%]
1.2 <i>Überdruck erzeugen</i>	52	-15
1.5 <i>Druckluft abführen</i>	2,3	-20
2.1 <i>Belastung standhalten</i>	5,1	-10
2.3 <i>Schmutz fernhalten</i>	2,8	-15
3.1 <i>Anschlüsse bereitstellen</i>	6,6	-15
4.1 <i>Schwingungen geringhalten</i>	0,8	+500
5.1 <i>Angriffspunkt bieten</i>	1,3	-50
5.4 <i>Pleuelmontage ermöglichen</i>	0,9	-50
5.5 <i>Pleuel Baugruppe zusammenbauen</i>	1,5	-10
5.6 <i>Zylinder Baugruppe zusammenbauen</i>	1,2	-10
5.7 <i>Endmontage durchführen</i>	6,2	-5
Herstellkostenänderung		-8,2

Tabelle 19: Bestimmung der Zielkosten

Aus der durchgeführten Zielkostenrechnung lässt sich das Detailziel hinsichtlich der geforderten Reduktion der Herstellkosten in diesem WA-Projekt ableiten, was einer Reduktion dieser um -8,2 Prozent entspricht.

Die durchgeführte Ableitung von Detailzielen stellt den Ausgangspunkt für den fünften Arbeitsschritt des WA Arbeitsplans „Sammeln und Finden von Lösungsideen“, dar.

3.6 Phase 5 Sammeln und Finden von Lösungsideen

Basierend auf den abgeleiteten Detailzielen in Phase vier des Wertanalyse Arbeitsplans werden in dieser fünften Phase eine Vielzahl an einzelnen Ideen gesammelt, um in weiterer Folge daraus totale Lösungsideen zu generieren, welche den geforderten Kriterien entsprechen. Eine detaillierte Beschreibung der Herangehensweise dazu, ist diesem Kapitel zu entnehmen.

3.6.1 Ideensuchfelder

Als erster Schritt in dieser Phase lässt sich die Definition der Ideensuchfelder festhalten, in welchen intensiv und fokussiert nach Ideen gesucht wird. Diesbezüglich werden sechs Suchfelder definiert, die sich in drei Ebenen gliedern lassen, was in Abbildung 43 übersichtlich dargestellt ist.

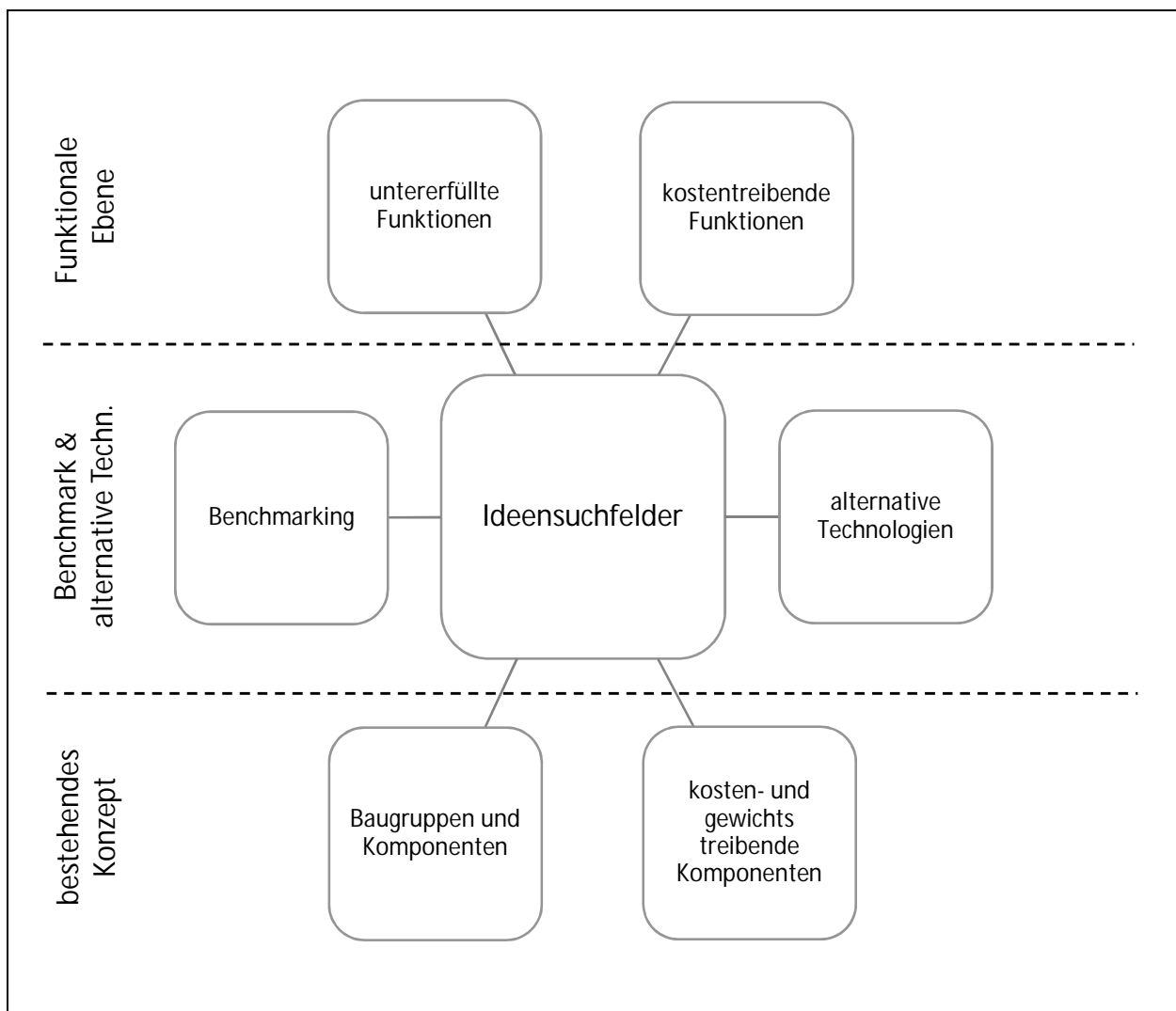


Abbildung 43: Darstellung und Gliederung der Ideensuchfelder

Auf der funktionalen Ebene lassen sich die Ideensuchfelder *untererfüllte Funktionen* und *kostentreibende Funktionen* definieren. Die nächste Ebene beschreibt die Ideensuchfelder *Benchmarking* und *alternative Technologien*, und auf der Ebene des bestehenden Konzepts sind die Ideensuchfelder *Baugruppen und Komponenten*, und die *Kosten und gewichtstreibenden Komponenten* dargestellt.

In den einzelnen Ideensuchfeldern werden die Kreativitätstechniken Brainstorming, Brainwriting und Scamper angewandt, um den Output an Lösungsideen dementsprechend zu maximieren. Welche Kreativitätstechnik in dem jeweiligen Ideensuchfeld zur Anwendung kommt wird in Tabelle 20 festgehalten.

<i>untererfüllte Funktionen</i>	<i>Brainstorming</i>
<i>kostentreibende Funktionen</i>	<i>Brainstorming</i>
<i>Benchmarking</i>	<i>Brainstorming</i>
<i>alternative Technologien</i>	<i>Brainwriting</i>
<i>Baugruppen und Komponenten</i>	<i>Brainstorming, Scamper</i>
<i>kosten und gewichtstreibende Komponenten</i>	<i>Brainwriting</i>

Tabelle 20: Angewandte Kreativitätstechniken in den einzelnen Ideensuchfeldern

Vorweg sei hier erwähnt, dass die Anwendung der Kreativitätstechnik Scamper im Ideensuchfeld der Baugruppen und Komponenten, im Anschluss an das durchgeführte Brainstorming keine weiteren Erkenntnisse liefert und somit nicht weiter erläutert wird.

3.6.2 Ideenfindung

Diesbezüglich werden drei Ideenfindungsworkshops abgehalten, wovon zwei im Rahmen des gesamten Wertanalyse Teams und einer im engeren Kreise der Entwicklung durchgeführt wird. Weiters werden drei definierte Benchmarks einer detaillierten Befundung unterzogen. Die Findung von Ideen fokussiert sich auf die in Phase vier definierten Detailziele.

3.6.2.1 Ideenfindungsworkshop

Der Ablauf der Workshops wird vorab vom WA Manager, welcher hierzu als Moderator auftritt, hinsichtlich der Vorgehensweise und der dazu notwendigen Inhalte und Materialien im Detail vorbereitet. Zu den verwendeten Materialien zählen Post It's, Flipcharts, Whiteboards und vorbereitete Formulare zur Anwendung der Kreativitätstechnik Brainwriting.

Ideenfindungsworkshop 1

Der erste der beiden im gesamten WA Team durchgeführten Workshops dauert ca. vier Stunden. Die Agenda des Workshops kann wie folgt beschrieben werden:

- 1) *Einführung*
- 2) *Ideenfindung anhand*
 - a) *Baugruppen und Komponenten*
 - b) *alternativen Konzepten und Technologien*
 - c) *kosten- und gewichtstreibenden Komponenten*
- 3) *Reflexion der Ideen*
- 4) *Ausblick*

2a) *Ideenfindung anhand Baugruppen und Komponenten*: Die bestehenden drei Baugruppen mit den dazugehörigen Komponenten werden mittels der Kreativitätstechnik Brainstorming auf Ideen zur Optimierung hin untersucht.

2b) *Ideenfindung anhand alternativen Konzepten und Technologien*: Man begibt sich losgelöst vom bestehenden Konzept und den darin integrierten Technologien durch Anwendung der Kreativitätstechnik Brainwriting auf Ideensuche.

2c) *Ideenfindung anhand kosten- und gewichtstreibenden Komponenten*: Die mittels der ABC Analyse festgestellten kosten- und gewichtstreibenden Komponenten des CSI werden auf Ideen hin untersucht. Anwendung findet hierbei die Kreativitätstechnik Brainwriting.

Ideenfindungsworkshop 2

Der zweite im gesamten WA Team durchgeführte Workshop dauert ca. drei Stunden. Auch hier lässt sich die Agenda wie folgt festhalten:

- 1) *Einführung*
- 2) *Ideenfindung anhand*
 - a) *kostentreibenden Funktionen*
 - b) *untererfüllten Funktionen*
- 3) *Reflexion der Ideen*
- 4) *Ausblick*

2a) *Ideenfindung anhand kostentreibenden Funktionen*: Die mittels der Funktionenpotentialanalyse und der ABC Kostenanalyse identifizierten kostentreibenden Funktionen werden durch Anwendung der Kreativitätstechnik Brainstorming auf Ideen hin durchleuchtet.

2b) *Ideenfindung anhand untererfüllten Funktionen*: Die bei der Analyse der Funktionserfüllungsgrade festgestellten untererfüllten Funktionen werden mittels der Kreativitätstechnik Brainstorming auf Ideen hin untersucht.

Ideenfindungsworkshop 3

Der dritte Workshop wird im kleinen Rahmen in der Entwicklungsabteilung abgehalten, da es sich inhaltlich um das entwicklungsspezifische Thema der Ventiltechnik handelt. Dieses ist dem Ideensuchfeld *untererfüllte Funktionen* und hier spezifisch der untererfüllten Funktion *Ventile steuern* zuzuordnen. Für den Workshop findet keine detaillierte Vorbereitung statt, die Agenda und der Inhalt werden lediglich mündlich kommuniziert und gearbeitet wird mit vorhandenen White Boards. Der Workshop dauert ca. zwei Stunden.

Als Ergebnis der drei durchgeführten Workshops zur Ideenfindung lassen sich in Summe 128 gesammelte Ideen festhalten.

3.6.2.2 Benchmarking

Hinsichtlich der Ideenfindung anhand Benchmarks werden drei verschiedene Benchmarks ausgewählt, welche in Tabelle 21 dargestellt sind. Sollten bezüglich einzelner Punkte keine konkreten Angaben festgehalten werden können, so ist dies mit der Abkürzung k.A. was so viel bedeutet wie *keine Angabe*, gekennzeichnet.



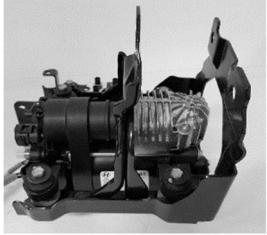
	Einheit	<i>Implotex</i> ¹³⁶	<i>Viair</i> ¹³⁷	<i>Continental</i>
Modell		1-480-9	90C - Compressor Kit	KFZ-Luftfedersystem
		Flüsterkompressor	Part No. 00090	Einsatz: Touareg/Cayenne
Betriebsspannung	[V]	230 AC	12 DC	12 DC
Leistung - P _{ab}	[W]	480	ca. 70	k.A.
Lautstärke	[dB]	48-50	k.A.	k.A.
Motordrehzahl	[1/min]	1400	4200	k.A.
Maximaldruck	[bar]	8	8,2	k.A.
Außenmaße	[lxbxh mm]	500x190x550	149,9x53,3x114,3	ca. 200x80x130 (Ohne Frame)
				

Tabelle 21: Gewählte Benchmarks zur Ideensammlung

Der Continental Kompressor befindet sich seit mehreren Jahren im Eigentum von VENTREX. Es sind diesbezüglich keine weiteren Unterlagen vorhanden, weshalb in einigen Feldern keine Angaben gemacht werden können.

Die Benchmarks werden weitestgehend in dessen Bestandteile zerlegt, und Schritt für Schritt mittels Brainstorming auf daraus abzuleitende Ideen hin untersucht. Als Ergebnis der Ideenfindung anhand der drei ausgewählten Benchmarks lassen sich 25 abgeleitete Ideen festhalten.

3.6.3 Vorauswahl der Ideen

Basierend auf den drei durchgeführten Workshops zur Ideenfindung als auch der Ideenfindung anhand der Benchmarks ergeben sich in Summe 153 Ideen. Nach einer detaillierten, gemeinsamen Betrachtung aller Ideen lässt sich feststellen, dass gewisse

¹³⁶ Vgl. https://www.implotex.de/tpl/download/Bedienungsanleitung_Kompressoren2017.pdf,
Zugriffsdatum: 30.01.2018

¹³⁷ Vgl. <http://www.viaircorp.com/c-models/90c/>, Zugriffsdatum: 30.01.2018

Ideen doppelt vorkommen, worauf sich die Anzahl auf 140 gesammelte Ideen reduziert. Diese 140 Ideen werden nun einer Vorauswahl mittels Punktbewertung unterzogen und in einem Sichtungsprofil übersichtlich dargestellt.

Die resultierend aus den festgelegten Grobzielen definierten Bewertungskriterien dazu können in die *Machbarkeit im Rahmen des Projektes* und den *Nutzen für die Zielerreichung* eingeteilt werden. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Bewertungsskala ist in der Tabelle 22 dargestellt. Jene Ideen, deren Bewertung ein Gesamtergebnis von größer gleich 4 ergibt, werden als gute Ideen festgehalten und diesbezüglich weiter betrachtet.

<i>Machbarkeit im Rahmen des Projektes</i>	<i>Nutzen für die Zielerreichung</i>
<i>0...nicht machbar</i>	<i>0...nicht vorhanden</i>
<i>1...problematisch</i>	<i>1...gering</i>
<i>2...machbar</i>	<i>2...mäßig</i>
<i>3...schnell umsetzbar</i>	<i>3...hoch</i>

Tabelle 22: Bewertungskriterien zur Punktbewertung

Ergebnis der durchgeführten Vorauswahl der Ideen sind 69 Ideen, die im Zuge der weiteren Vorgehensweise fokussiert betrachtet und mittels Ideenkarten sauber ausgearbeitet werden.

3.6.4 Book of Ideas

Die im Rahmen der Vorauswahl festgehaltenen 69 guten Ideen werden, wie im vorigen Kapitel bereits erwähnt, mittels definierten Ideenkarten detailliert ausgearbeitet und in weiterer Folge zum BOI - *Book of Ideas* zusammengefügt. Die Ideenkarten beinhalten grundsätzlich zu jeder Idee Informationen bezüglich des Titels, der Kategorie, einer Beschreibung samt Skizze, dem gelösten Problem, den Vorteilen und den Nachteilen.

Das BOI setzt sich in Summe aus 65 Ideenkarten zusammen. Die Differenz zu den 69 festgestellten guten Ideen resultiert daraus, dass vier Mal jeweils zwei Ideen in einer Ideenkarte dargestellt werden. Der Aufbau und die Struktur des BOI richtet sich nach dem parallel erstellten totalen Lösungsfindungssystem, welches im nachfolgenden Kapitel 3.6.5 detailliert erläutert wird. Das Inhaltsverzeichnis des BOI lässt sich in die Kapitel *1.0 Konzept*, *2.0 technische Details* und *3.0 weitere Ideen* einteilen und wird in Tabelle 23 übersichtlich dargestellt.

1.0 Konzept	2.0 technische Details	3.0 weitere Ideen
1.1 System	2.1 Ventiltechnik	3.1 Antrieb
1.2 Antrieb	2.2 Zylinder	3.2 Ventiltechnik
1.3 Hubraum	2.3 Pleuel	3.3 Zylinder
1.4 Kolben	2.4 Verbindungstechnik	3.4 Pleuel
1.5 Ventiltechnik	2.5 Anschlüsse	3.5 Gehäuse
1.6 Pleuelmontage		3.6 Druckluftabfuhr
1.7 Luftzufuhr		3.7 Deckel
1.8 Druckluftabfuhr		3.8 Anschlüsse
1.9 Housing		
1.10 Kompressionsraum		

Tabelle 23: Inhaltsverzeichnis Book of Ideas

Auf das erstellte *Book of Ideas* wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen, da dessen Inhalte in weiterer Folge in ein totales Lösungsfindungssystem eingearbeitet werden, was in Kapitel 3.6.5 detailliert beschrieben wird.

3.6.5 Erstellen eines totalen Lösungsfindungssystems

Mit den Inhalten der im *Book of Ideas* ausgearbeiteten Ideenkarten wird ein totales Lösungsfindungssystem erstellt. Dieses setzt sich aus zwei morphologischen Kästen, dem morphologischen Konzeptkasten und dem morphologischen Kasten technischer Details, und einem Auswahlssystem weiterer Ideen zusammen.

3.6.5.1 Morphologische Kästen

Wie bereits erwähnt werden zwei morphologische Kästen erstellt. Zum einem der morphologische Konzeptkasten und zum zweiten der morphologische Kasten technischer Details. In Summe werden die Informationen von 50 der 65 ausgearbeiteten Ideenkarten, was einem 77 prozentigem Anteil der Gesamtanzahl an Ideenkarten entspricht, in die beiden Kästen eingearbeitet.

Zum Aufbau der morphologischen Kästen ist festzuhalten, dass dazu in der vertikalen Ebene einzelne, möglichst unabhängig voneinander festgelegte Parameter bzw. Komponenten aufgelistet werden. In der horizontalen Ebene lassen sich für jeden dieser Parameter verschiedene Ausprägungen darstellen. In Summe werden in den beiden Kästen 32 Parameter angeführt, die sich mit jeweils 16 Parametern auf beide Kästen aufteilen. Demnach besteht jeder der beiden Kästen aus 16 Zeilen. Die einzelnen

Parameter werden dabei nochmals einer Gliederung in Parameter 1. Ebene und Parameter 2. Ebene unterzogen, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Ein Überblick über die Nomenklatur der einzelnen Parameter beider morphologischer Kästen ist in Abbildung 44 dargestellt.

Für jeden der Parameter sind maximal 6 verschiedene Ausprägungen vorgesehen. D.h. dass bei gewissen Parametern z.B. auch nur 2 Ausprägungen angeführt werden. In Summe weisen die beiden morphologischen Kästen 107 definierte Ausprägungen auf, 49 davon im morphologischen Konzeptkasten und 58 davon im morphologischen Kasten technischer Details.

Weiters ist zu erwähnen, dass die 1. Ausprägung der jeweiligen Parameter immer die Ausprägung des aktuellen CSI darstellt. Alle weiteren Ausprägungen dazu werden entsprechend aus den ausgearbeiteten Ideenkarten abgeleitet. Um in weiterer Folge einen Fokus zwischen den einzelnen Ausprägungen zu generieren, werden diese beziehungsweise auf die festgelegten Grobziele dieses Wertanalyseprojekts einer Priorisierung hinsichtlich einer Funktionsoptimierung und einer Herstellkostenoptimierung unterzogen. Dazu werden die entsprechenden Bewertungskriterien in Tabelle 24 festgehalten.

	FO: Funktionsoptimierung	HK: Herstellkostenoptimierung
++	<i>Starke Funktionsoptimierung</i>	<i>Große Reduktion der Herstellkosten</i>
+	<i>Funktionsoptimierung</i>	<i>Reduktion der Herstellkosten</i>
○	<i>Neutral – Funktionserfüllung gleich</i>	<i>Neutral – Herstellkosten gleich</i>
▬	<i>Verschlechterung der Funktion</i>	<i>Erhöhung der Herstellkosten</i>
▬▬	<i>Starke Verschlechterung der Funktion</i>	<i>Große Erhöhung der Herstellkosten</i>

Tabelle 24: Bewertungskriterien zur Priorisierung

Die Bewertung ist dabei immer für einen Parameter bzw. für eine Zeile zu verstehen, d.h. es werden die einzelnen Ausprägungen eines Parameters jeweils mit der Ausprägung eins, welche den aktuellen CSI darstellt, verglichen. Die beiden generierten morphologischen Kästen sind im Anhang E: Totales Lösungsfindungssystem, zu finden.

3.6.5.2 Auswahlssystem weiterer Ideen

Jene Ideen bzw. Ideenkarten, welche nicht in den unabhängigen Parametern der morphologischen Kästen darstellbar sind, werden in einem gesonderten „*Auswahlssystem weiterer Ideen*“ berücksichtigt. Es handelt sich hierbei um weitere 15 Ideenkarten, was einem 23 prozentigem Anteil der in Summe ausgearbeiteten 65 Ideenkarten entspricht. Diese Ideenkarten lassen sich in acht verschiedene Kategorien strukturieren, welche in Abbildung 44 ersichtlich sind. Um einen Fokus zwischen den einzelnen Ideenkarten herzustellen, werden diese wiederum einer Priorisierung hinsichtlich der geforderten Funktions- und Herstellkostenoptimierung unterzogen. Dazu wird jede Idee einzeln mit dem aktuellen CSI verglichen, und entsprechend der in Tabelle 24 festgelegten Kriterien bewertet. Das dadurch generierte Auswahlssystem weiterer Ideen ist im Anhang E: Totales Lösungsfindungssystem dargestellt.

3.6.5.3 Das totale Lösungsfindungssystem

Das entwickelte totale Lösungsfindungssystem setzt sich aus den beiden morphologischen Kästen und dem Auswahlssystem weiterer Ideen zusammen. Hinsichtlich der Vorgehensweise zur Findung von totalen Lösungsideen ist zu erwähnen, dass man sich zuerst im *morphologischen Konzeptkasten* Zeile für Zeile ein grobes Konzept definiert. Im nächsten Schritt wird dieses im *morphologischen Kasten technischer Details* hinsichtlich fehlender Details vervollständigt. Abschließend werden im *Auswahlssystem weiterer Ideen* zusätzliche Ideen ausgewählt, die das definierte Konzept positiv befruchten. Die Logik der Vorgehensweise, soll in Abbildung 44 durch die dargestellten Pfeile zwischen den einzelnen Systemen, verdeutlicht werden.

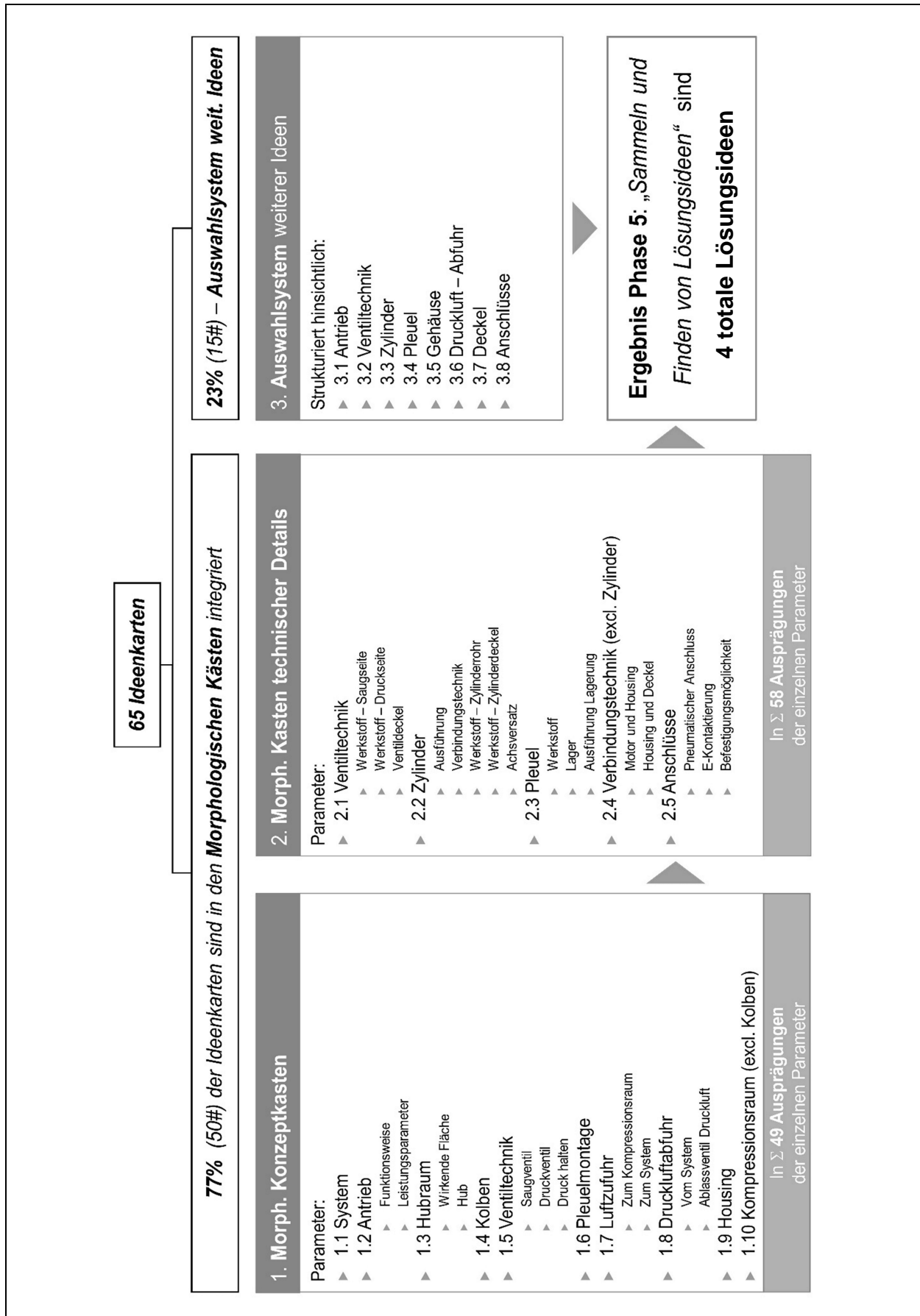


Abbildung 44: Totales Lösungsfindungssystem

3.6.6 Ergebnisse

Es ist gelungen ein totales Lösungsfindungssystem zu entwickeln, das alle gesammelten und vorausgewählten Ideen in nur einem einzigen System integriert und priorisiert darstellt, welches sich zur Findung von totalen Lösungsideen bestens eignet. Des Weiteren sind alle Ideen, die zur Erstellung dieses totalen Lösungsfindungssystems verwendet werden, in kompakter Form im *Book of Ideas* beschrieben.

Abschluss der Phase fünf des WA Arbeitsplans „*Sammeln und Finden von Lösungsideen*“ bildet die Festhaltung von vier entwickelten totalen Lösungsideen, welche im nächsten Schritt einer nüchternen Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse, einer Herstellkostenkalkulation und einer Kosten-Nutzenanalyse unterzogen werden. Die vier totalen Lösungsideen werden in diesem Kapitel nicht weiter beschrieben, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, jedoch werden die ganzheitlichen Lösungsvorschläge in Kapitel 3.8 detailliert erläutert.

3.7 Phase 6 Bewerten von Lösungsideen

Die in der fünften Phase des Wertanalyse Arbeitsplans „*Sammeln und Finden von Lösungsideen*“ entwickelten totalen Lösungsideen, werden in diesem Schritt einer nüchternen Bewertung mittels einer Nutzwertanalyse unterzogen. In weiterer Folge werden dazu die Herstellkosten kalkuliert, um eine entsprechende Entscheidung über die weitere Vorgehensweise in einer Kosten-Nutzenanalyse treffen zu können.

3.7.1 Nutzwertanalyse

Dazu wird ein vom Wertanalyse Manager entsprechend vorbereiteter und moderierter Workshop im gesamten Wertanalyse Team durchgeführt, welcher ca. zwei Stunden dauert. Die Agenda lässt sich wie folgt festhalten:

- 1) *Einführung in die Nutzwertanalyse*
- 2) *Präsentation der totalen Lösungsideen*
- 3) *Dual Vergleich der Bewertungskriterien durch Diskussion*
- 4) *Nutzwertanalyse*
- 5) *Ausblick*

Ad 1) *Einführung in die Nutzwertanalyse*: Um alle Teilnehmer des Workshops mit der Methodik der Nutzwertanalyse vertraut zu machen und ein möglichst breites Verständnis für dieses Werkzeug zu generieren, wird dieses im Rahmen der Einführung kurz vorgestellt.

Ad 2) *Präsentation der totalen Lösungsideen*: Die in der Phase fünf definierten totalen Lösungsideen werden präsentiert, gemeinsam besprochen und reflektiert, um im ganzen WA Team eine einheitliche Basis zur weiteren Bewertung zu schaffen.

Ad 3) *Dual Vergleich der Bewertungskriterien durch Diskussion*: Die Ermittlung der Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien für die Nutzwertanalyse erfolgt im Wertanalyse Team durch Anwendung der Methodik des Dual Vergleichs. Für den im Rahmen einer gemeinsamen Diskussion diesbezüglich durchgeführten Dual Vergleich wird die Bewertungsskala *0 - weniger wichtig als* und *1 - wichtiger als* herangezogen.

Die einzelnen Teilbewertungen samt dem Ergebnis des Vergleichs sind in Abbildung 45 dargestellt. Hinsichtlich der detaillierten Vorgehensweise dazu siehe Kapitel 2.7.10. Die für die Nutzwertanalyse gewählten fünf Bewertungskriterien lauten *Innovationsgrad*, *Technologierfahrung*, *Schallemissionen*, *Montagefreundlichkeit* und *Machbarkeit*. Diese werden bereits vor dem Workshop formuliert um eine effektive Durchführung zu gewährleisten.

	1. Innovationsgrad	2. Technologierfahrung	3. Schallemissionen	4. Montagefreundlichkeit	5. Machbarkeit	Quersumme	Gewichtung in [%]
1. Innovationsgrad	1	1	0	1	0	3	20%
2. Technologierfahrung	0	1	0	1	0	2	13%
3. Schallemissionen	1	1	1	1	0	4	27%
4. Montagefreundlichkeit	0	0	0	1	0	1	7%
5. Machbarkeit	1	1	1	1	1	5	33%
Σ der Quersummen						15	

Abbildung 45: Dual Vergleich der Bewertungskriterien für die Nutzwertanalyse

Es fällt auf, dass das Bewertungskriterium 5. *Machbarkeit* mit 33 Prozent die höchste Gewichtung aufweist, gefolgt vom Kriterium 3. *Schallemissionen* mit 27 Prozent und vom Kriterium 1. *Innovationsgrad* mit 20 Prozent. Diese drei Kriterien machen 80 Prozent der gesamten Gewichtung aus. Die restlichen 20 Prozent teilen sich auf das Kriterium 2. *Technologieerfahrung* mit 13 Prozent und das Kriterium 4. *Montagefreundlichkeit* mit 7 Prozent auf.

Zur Durchführung des Dual Vergleichs wird im Voraus mittels des Kalkulationsprogramms MS Excel eine Vorlage erstellt, in welcher die weißen Felder die zur Dateneingabe notwendigen Zellen darstellen, und die grauen Felder jene Zellen, in denen die Werte automatisiert berechnet werden (vgl. Abbildung 45).

Ad 4) *Nutzwertanalyse*: Im Anschluss an die ermittelte Gewichtung der Bewertungskriterien findet die Nutzwertanalyse der vier definierten totalen Lösungsideen statt. Die Bewertung dazu wird hinsichtlich der einzelnen Bewertungskriterien mittels einer fünfstufigen Skala durchgeführt, dessen beide Extrema sich durch 1 - *sehr schlecht* und 5 - *sehr gut* festhalten lassen.

Die Bewertung der vier totalen Lösungsideen erfolgt durch gemeinsame Diskussion im Team und ist, wie auch der sich daraus ergebende jeweilige Gesamtnutzwert, in

Abbildung 46 dargestellt. Auch diesbezüglich wird eine Excel Vorlage erstellt, welche die zur Berechnung des Gesamtnutzwertes notwendigen Zwischenschritte, d.h. die Berechnung der Teilnutzwerte und dessen Aufsummierung zum Gesamtnutzwert, automatisiert im Hintergrund durchführt.

	1. Innovationsgrad	2. Technologierfahrung	3. Schallemissionen	4. Montagefreundlichkeit	5. Machbarkeit	Gesamtnutzwert
Konzept 1	3	4	2	3	4	3,2
Konzept 2	4	3	3	3	3	3,2
Konzept 3	5	2	4	3	3	3,5
Konzept 4	5	2	4	4	2	3,3

Abbildung 46: Bewertungen und Gesamtnutzwert der totalen Lösungsideen

Als Ergebnis der Nutzwertanalyse werden die Gesamtnutzwerte der einzelnen totalen Lösungsideen festgehalten. Das Konzept Nr. 3 stellt mit einem Gesamtnutzwert von 3,5 den größten Nutzen dar, gefolgt vom Konzept Nr. 4 mit einem Wert von 3,3 und den Konzepten Nr. 1 und Nr. 2 mit einem Wert von 3,2.

3.7.2 Kalkulation der Herstellkosten

In diesem Schritt werden die Herstellkosten aller vier totalen Lösungsideen auf Basis einer Zuschlagskalkulation ermittelt. Die Herangehensweise dazu wird in Tabelle 25 festgehalten.

	<i>Materialeinzelkosten</i>	<i>MEK</i>
+	<i>Materialgemeinkosten</i>	<i>MGK</i>
=	<i>Materialkosten (MEK + MGK)</i>	<i>MK</i>
	<i>Fertigungseinzelkosten</i>	<i>FEK</i>
+	<i>Fertigungsgemeinkosten</i>	<i>FGK</i>
=	<i>Fertigungskosten (FEK + FGK)</i>	<i>FK</i>
	<i>Herstellkosten = MK + FK</i>	<i>HK</i>

Tabelle 25: Ermittlung der Herstellkosten mittels Zuschlagskalkulation¹³⁸

Die Materialeinzelkosten, als auch die Fertigungseinzelkosten werden hierbei für die entsprechenden Bauteile bzw. Montageschritte berechnet. Die Gemeinkostenzuschläge auf die jeweiligen Einzelkosten werden auf Basis firmeninterner Zuschlagssätze ermittelt. Durch Addition der Materialeinzelkosten mit den Materialgemeinkosten lassen sich die Materialkosten errechnen. Die Fertigungskosten lassen sich durch Addition von Fertigungseinzelkosten und Fertigungsgemeinkosten ermitteln. Addiert man nun die Materialkosten und die Fertigungskosten, so ergeben sich dadurch die Herstellkosten.

Das Ergebnis der Kalkulation der Herstellkosten bildet die Ausgangslage für die Kosten-Nutzenanalyse. Eine Größenordnung zu den unterschiedlichen Herstellkosten der vier einzelnen totalen Lösungsideen kann aus Abbildung 47 entnommen werden.

3.7.3 Kosten-Nutzenanalyse

Die ermittelten Gesamtnutzwerte der einzelnen Lösungsideen werden nun in einer Kosten-Nutzenanalyse den ermittelten Herstellkosten gegenübergestellt. Daraus kann eine Entscheidung zur weiteren Vorgehensweise getroffen werden, welche die Grobziele des Projekts, bzw. die in Phase vier definierten Detailziele bestmöglich berücksichtigt. Die Kosten-Nutzenanalyse dazu ist in Abbildung 47 dargestellt.

¹³⁸ Vgl. Joos (2014), S.203

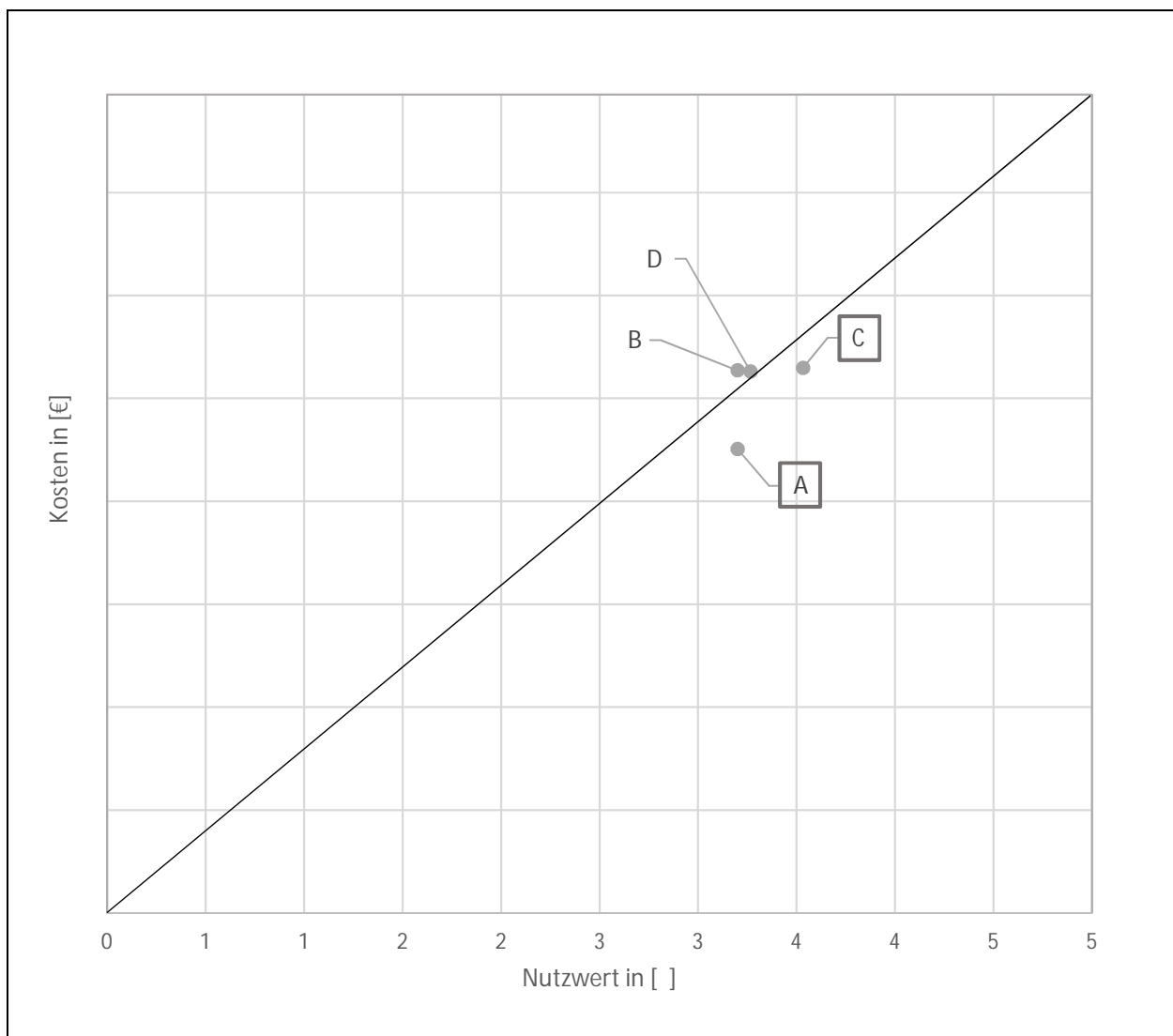


Abbildung 47: Kosten-Nutzenanalyse der vier totalen Lösungsideen

Es ist festzustellen, dass sich eine der vier totalen Lösungsideen hinsichtlich der Herstellkosten deutlich von den anderen unterscheidet. Es ist dies die Lösungsidee A, welche die geringsten Herstellkosten abbildet. Basierend auf dem ersten Grobziel, Reduktion der Herstellkosten, wird daraus ganz klar das erste Lösungskonzept, genannt *Cost and Function Optimization* abgeleitet.

Weiters fällt auf, dass sich drei der vier totalen Lösungsideen in einem ähnlichen Bereich hinsichtlich der Herstellkosten befinden. Es sind dies Lösungsidee B, C, und D, wovon Lösungsidee C im Vergleich dazu ganz klar den größten Nutzwert darstellt. Es kann hier die klare Entscheidung abgeleitet werden, sich hinsichtlich des definierten zweiten Grobziels, Optimierung der Produktfunktionen, im weiteren Verlauf auf die totale Lösungsidee C zu fokussieren, welche generell den größten Gesamtnutzwert der bewerteten Lösungsideen darstellt. Daraus wird das zweite Lösungskonzept, genannt *Ultra Function Optimization*, abgeleitet.

Ergebnis der Phase sechs „*Bewertung von Lösungsideen*“ ist die Identifikation von zwei totalen Lösungsideen, woraus in weiterer Folge zum einen das Lösungskonzept *Cost and Function Optimization*, und zum anderen das Lösungskonzept *Ultra Function Optimization* abgeleitet werden kann.

3.8 Phase 7 Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge

In dieser Phase werden basierend auf den in Phase sechs „*Bewerten von Lösungsideen*“ identifizierten beiden Lösungskonzepten namens *Cost and Function Optimization* und *Ultra Function Optimization*, welche die definierten Grobziele bestmöglich abbilden, ganzheitliche Vorschläge entwickelt.

3.8.1 Lösungskonzept 1: *Cost and Function Optimization*

Wie der Name *Cost and Function Optimization* schon sagt, handelt es sich hierbei um ein Konzept, bei welchem sich durch die Reduktion von Ressourceneinsätzen d.h. einer Reduktion der Herstellkosten, als auch einer Erhöhung der Befriedigung von Kundenbedürfnissen d.h. in dem Fall eine Funktionsoptimierung, ein geforderter Mehrwert ableiten lässt. In Summe kann dadurch eine kalkulierte Kostenreduktion von ca. 8 Prozent erreicht werden. Die aus den generierten Funktionsoptimierungen resultierenden wesentlichen Vorteile im Vergleich zum bestehenden CSI, lassen sich in den folgenden Punkten festhalten:

- 1) *Reduktion von Schallemissionen*: Durch die Integration eines Kammern Systems in die Druckluft Abfuhr wird eine Beruhigungsstrecke der abgeführten Druckluft realisiert, wodurch eine Reduktion der Schallemissionen erreicht werden kann.
- 2) *Kompaktbauweise und Reduktion der Kolbengeschwindigkeit*: Durch die Verringerung des Hubes und die Vergrößerung des Kolbendurchmessers lässt sich die Bauhöhe des Kompressors reduzieren und eine kompaktere Bauweise realisieren. Durch die genannte Verringerung des Hubes kann bei gleicher Drehzahl über den Zusammenhang $v = \frac{s}{t}$ eine Reduktion der Kolbengeschwindigkeit erreicht werden. Das Zeitintervall t für einen Hub verändert sich bei gleichbleibender Drehzahl nicht, wobei sich durch die Verringerung des Hubes der Weg s verkürzt. Der beschriebene Zusammenhang verdeutlicht die einhergehende Senkung der Kolbengeschwindigkeit, was sich wiederum positiv auf eine Reduktion der Schallemissionen und auf eine geringere Wärmeentwicklung auswirkt.
- 3) *Ganzheitliche Housinglösung*: Der Motor als auch die Kompressoreinheit ist in ein komplettes Housing integriert, welches aus drei Kunststoff Spritzguss Bauteilen ausgeführt wird, die nach der Montage mittels Kunststoffschweißen zusammengefügt werden. Aufgrund der dadurch realisierbaren definierten

Luftzufuhr in den Kompressor, lässt sich durch die einfache Integration eines Luftfilters, die geforderte Filterung der Zuluft von unerwünschten Staupartikeln erreichen. Durch die Housinglösung kann eine weitere Reduktion der Schallemissionen realisiert werden.

- 4) *Integrierte Montagehalterung*: Weiters ist eine Halterung für die Montage des Kompressors im Sitz, nach Absprache mit dem Kunden, einfach in die Ausführung des Housings integrierbar.
- 5) *Reduktion von Bauteilen*: In Summe wird mit diesem Konzept eine Bauteilreduktion von den bestehenden fünfundzwanzig auf zwölf Bauteile erreicht, wodurch sich eine Reduktion um ca. 50 Prozent ergibt.
- 6) *Reduktion der Systemkomplexität*: Optional ist es möglich, den Kompressor über einen am Housing mitgespritzten Ansatz direkt in die Luftfeder des Systems zu integrieren. Zusätzlich kann das im bestehenden Sitzsystem verbaute Ablassventil der Luftfeder direkt im Housing integriert werden. Durch diese realisierbare Systemintegration lässt sich ein Alleinstellungsmerkmal generieren, welches einen enormen Mehrwert für den Kunden darstellt, der auf der Reduktion von Schnittstellen, Bauteilen, Montageschritten und Lieferanten basiert.

Der elektrische Antrieb des Kompressors ist hinsichtlich der Drehzahl und Ausführung vergleichbar mit dem bestehenden Gleichstrommotor, d.h. die Nenndrehzahl entspricht ca. 5000 [U/min]. Die Ventiltechnik wird, anders als beim bestehenden CSI, mittels saug- als auch druckseitigen Zungenventilen realisiert, wobei die Anordnung des Saugventils am Pleuel und des Druckventils im Zylinderkopf, grundsätzlich ähnlich ist. Die Ausführung des Kolbens basiert auf einer V-Kolbendichtung. In Abbildung 48 ist eine Darstellung des ersten Prototyps zu finden. Die Anbindungen für die Systemintegrationen sind darin nicht berücksichtigt.

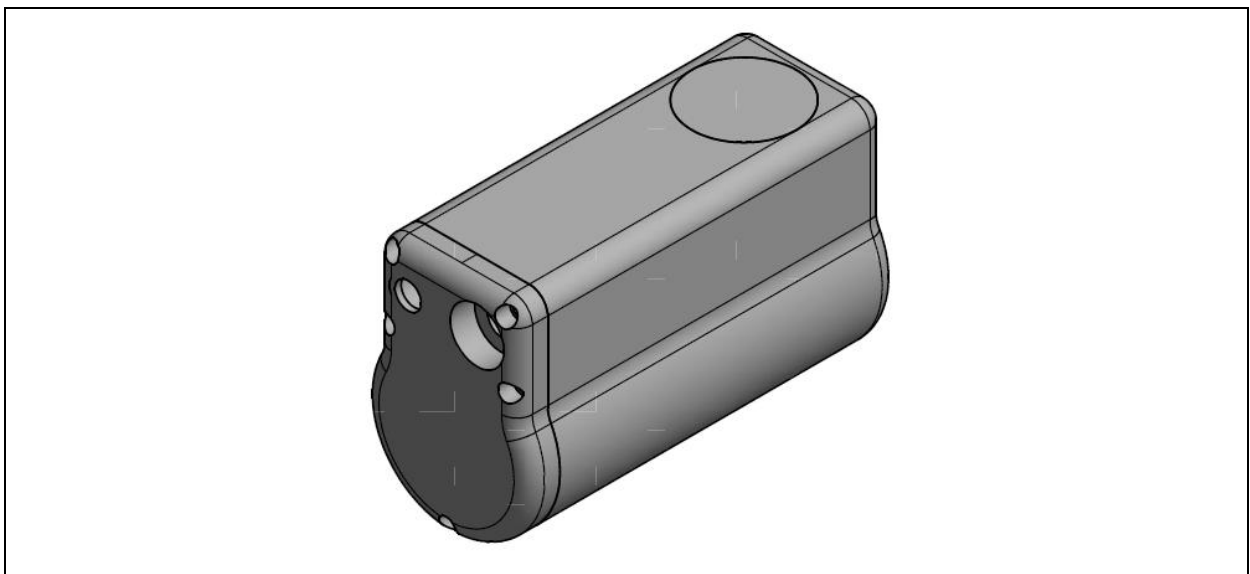


Abbildung 48: Lösungskonzept *Cost and Function Optimization* – Prototyp

3.8.2 Lösungskonzept 2: *Ultra Function Optimization*

Bei diesem Lösungskonzept handelt es sich, wie der Name *Ultra Function Optimization* schon sagt, um ein Konzept bei dem durch einen erhöhten Einsatz von Ressourcen, eine wesentliche Steigerung der Befriedigung von Bedürfnissen erreicht werden kann. Die Herstellkosten dazu werden um ca. 69 Prozent erhöht. Die dadurch erreichten Funktionsoptimierungen, lassen sich durch die folgend genannten Vorteile im Vergleich zum bestehenden CSI beschreiben. Hierzu ist anzumerken, dass sich die Vorteile 1), 2), 3), 4), und 6) des *Cost and Function Optimization* Konzept aus Kapitel 3.8.1 eins zu eins übernehmen lassen. Die zusätzlichen Vorteile dieses Konzepts werden wie folgt festgehalten:

- 1) *Reduktion von Schallemissionen durch Senkung der Drehzahl:* Der bestehende bürstenbehaftete Gleichstrommotor wird durch einen bürstenlosen Gleichstrommotor mit einer reduzierten Nenndrehzahl ersetzt. Durch diese Senkung der Drehzahl um ca. 2/3 im Vergleich zum bestehenden CSI, als auch durch die bürstenlose Ausführung, kann eine wesentliche Reduktion der Schallemissionen erreicht werden.
- 2) *Drehzahlsteuerung:* Durch den Einsatz des bürstenlosen Motors und einer zusätzlichen Platine zur Ansteuerung wird eine Steuerung der Drehzahl ermöglicht. Dadurch kann bereits in der Entwicklungsphase eine entsprechende Drehzahlbestimmung im akustischen Optimum realisiert werden. Weiters bietet die Drehzahlsteuerung enormes Zukunftspotential hinsichtlich eines drehzahlvariablen Kompressors, auf welches im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen wird.
- 3) *Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades:* Dieses Konzept führt zu einer Steigerung des Gesamtwirkungsgrades des Kompressors. Zum einen weist der bürstenlose Gleichstrommotor grundsätzlich einen höheren Motorwirkungsgrad η_{Motor} auf. Zum anderen kann der Kompressorwirkungsgrad η_{Kompr} durch die aus der Reduktion der Drehzahl resultierende, effizienter funktionierende Ventiltechnik erhöht werden.
- 4) *Reduktion von Bauteilen:* In Summe wird eine Bauteilreduktion von den bestehenden fünfundzwanzig auf siebzehn Bauteile erreicht, wodurch sich eine Reduktion um ca. 32 Prozent ergibt.

Wie bereits erwähnt, findet hierbei ein bürstenloser, drehzahlgesteuerter Gleichstrommotor Anwendung, mit einer um ca. 2/3 reduzierten Nenndrehzahl im Vergleich zum bestehenden bürstenbehafteten Gleichstrommotor des CSI. Weiters wird die gesamte Ventiltechnik durch einen Ventildeckel mit integrierten Zungenventilen zum Ansaugen und Verdichten, im Zylinderkopf ausgeführt. Die Ausführung des Kolbens

basiert auch hier auf einer V-Kolbendichtung. In Abbildung 49 ist eine Darstellung des ersten Prototypens zu finden. Die Anbindungen für die Systemintegrationen sind darin nicht berücksichtigt.

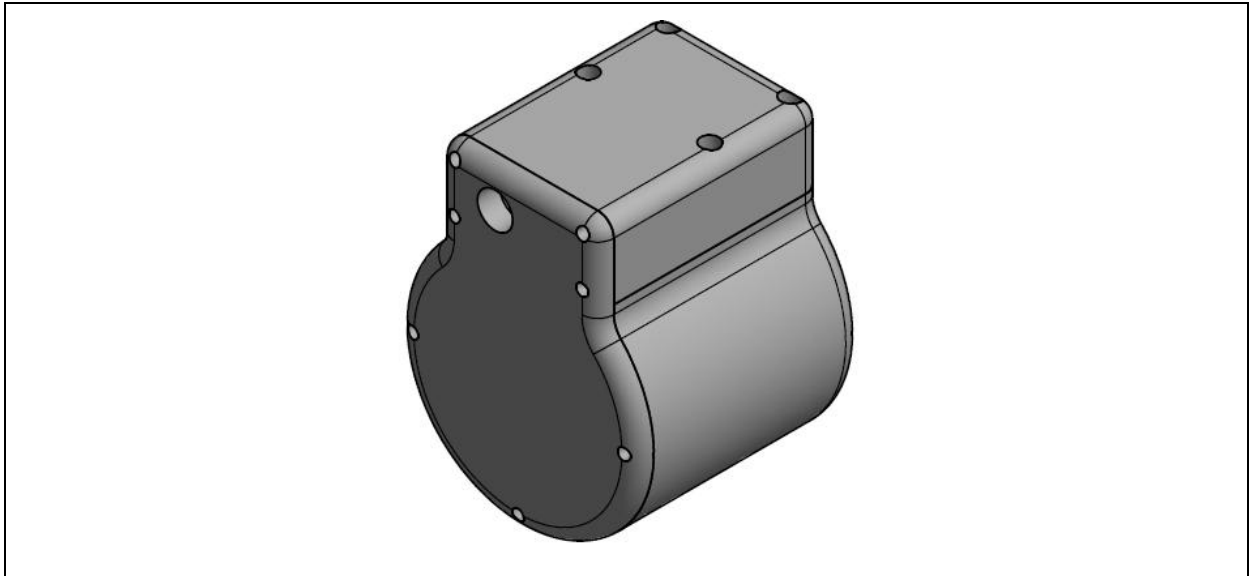


Abbildung 49: Lösungskonzept *Ultra Function Optimization* – Prototyp

3.8.3 Gegenüberstellung der Lösungskonzepte

Die beiden Lösungskonzepte werden in den zwei generierten morphologischen Kästen dargestellt, um die abweichenden Ausprägungen zu identifizieren. Im Auswahlssystem weiterer Ideen werden keine Abweichungen festgestellt, weshalb dieses hierzu nicht weiter beschrieben wird. Eine detaillierte Erläuterung dazu ist dem Anhang F: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte, zu entnehmen.

3.8.4 Überprüfung auf Zielerreichung

Die beiden Konzepte werden nun hinsichtlich der Erreichung der definierten Ziele überprüft. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass das Lösungskonzept eins *Cost and Function Optimization* beide definierten Grobziele, die *Reduktion der Herstellkosten* als auch die *Optimierung der Produktfunktionen* erfüllt. Das Lösungskonzept zwei *Ultra Function Optimization* hingegen erfüllt das Grobziel *Optimierung der Produktfunktionen*, jedoch nicht das Grobziel *Reduktion der Herstellkosten*. Eine Überprüfung beider Lösungskonzepte hinsichtlich der in Kapitel 3.5.8 definierten Detailziele ist in Abbildung 50 dargestellt.

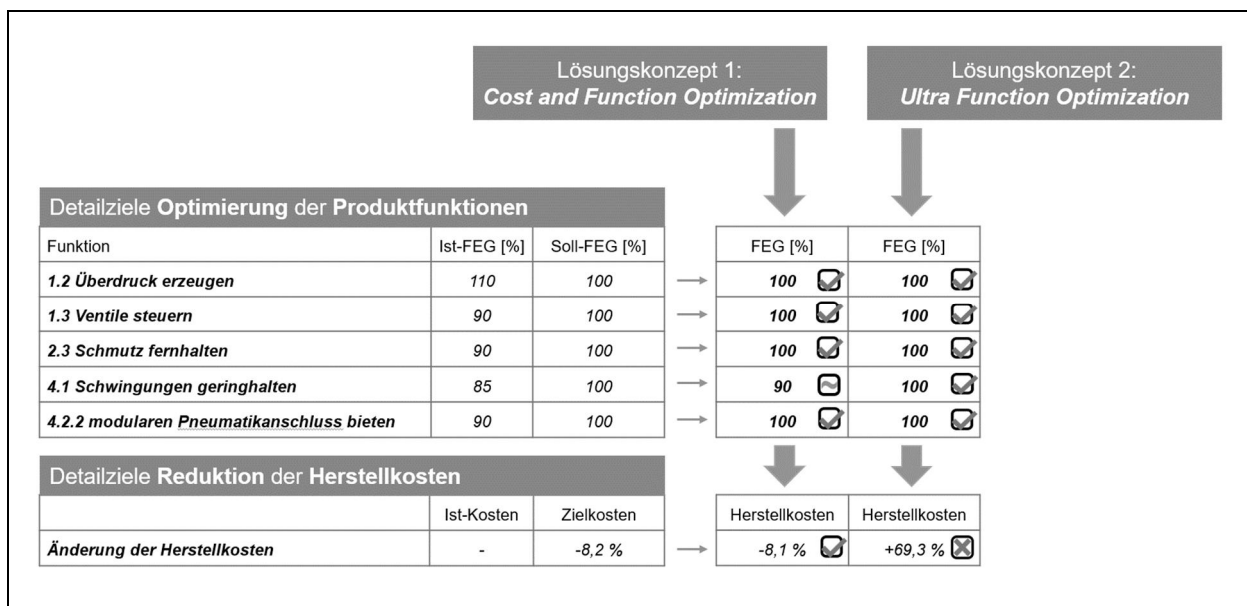


Abbildung 50: Überprüfung der Konzepte auf Zielerreichung

Bezugnehmend auf das Detailziel der Reduktion der Herstellkosten ist festzustellen, dass das Lösungskonzept eins *Cost and Function Optimization* die festgelegten Zielkosten von -8,2 Prozent mit einer kalkulierten Reduktion der Herstellkosten von -8,1 Prozent nahezu exakt abbildet. Das Lösungskonzept zwei *Ultra Function Optimization* hingegen weist eine kalkulierte Steigerung der Herstellkosten um 69,3% auf, was grundsätzlich auf den verwendeten drehzahlgesteuerten, bürstenlosen Gleichstrommotor rückzuführen ist.

Hinsichtlich der festgelegten Detailziele zur Funktionsoptimierung, die durch die Bewertung der entsprechenden Funktionserfüllungsgrade überprüft werden, erreichen beide Lösungskonzepte, ausgenommen der Funktion *4.1 Schwingungen geringhalten* des Lösungskonzepts eins, die definierten Soll-Funktionserfüllungsgrade. Die Abweichung des Funktionserfüllungsgrades der genannten Funktion des Lösungskonzepts eins um 10 Prozent zum gesetzten Soll-FEG, ist auf den Unterschied zwischen den Nenndrehzahlen der beiden Motoren rückzuführen. Demnach kann durch die Reduktion der Drehzahl beim Lösungskonzept zwei, eine zusätzliche Reduktion der Schallemissionen erreicht werden.

3.8.5 Interpretation zur Wertsteigerung

Beide entwickelten Lösungskonzepte bilden die durch die Anwendung der Wertanalyse geforderte Wertsteigerung ab. Das Lösungskonzept eins *Cost and Function Optimization* erreicht diese Wertsteigerung zum einen durch die Reduktion des Ressourceneinsatzes und zum anderen durch die Steigerung der Befriedigung von Kundenbedürfnissen. Die Reduktion des Ressourceneinsatzes lässt sich durch die Reduktion der Herstellkosten ausdrücken, und die Steigerung der Befriedigung von Kundenbedürfnissen durch die Optimierung der Produktfunktionen.

Die Wertsteigerung lässt sich beim Lösungskonzept zwei *Ultra Function Optimization* durch die mit der Steigerung der Ressourceneinsätze, in dem Fall durch die Erhöhung der Herstellkosten, erreichten wesentlichen Steigerung der Befriedigung von Kundenbedürfnissen begründen. Die beschriebenen Prinzipien nach denen die Wertsteigerung erreicht wird sind nochmals in Abbildung 51 verdeutlicht. Zur linken Seite lässt sich dies beziehungsweise auf das Lösungskonzept *Cost and Function Optimization* darstellen und zur rechten Seite bezüglich dem Lösungskonzept *Ultra Function Optimization*.

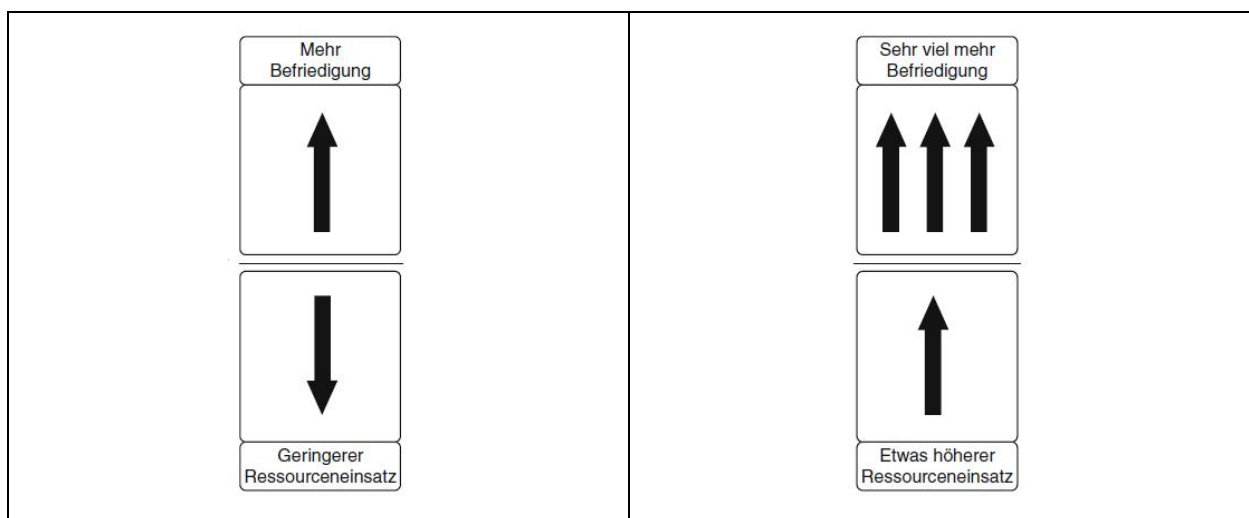


Abbildung 51: Prinzipien der Wertsteigerung der beiden Lösungskonzepte¹³⁹

3.9 Phase 8 Präsentation der Vorschläge

Die beiden entwickelten Lösungskonzepte als auch die detaillierte Vorgehensweise dazu, werden den Entscheidungsträgern der Firma VENTREX in einem einstündigen Meeting präsentiert. Dies stellt den erfolgreichen Projektabschluss dar.

Um das Projekt entsprechend abzurunden, erfolgt im gesamten Wertanalyse Team ein gemeinsamer Rückblick auf das WA Projekt, in Form einer internen Abschlusspräsentation.

¹³⁹ In Anlehnung an: VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.16

4 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Masterarbeit fokussiert auf die gezielte Neuentwicklung eines hochdynamischen einstufigen Taumelkolben Kompressors, welcher in Serie produziert und hauptsächlich zur Druckluftversorgung von pneumatischen Sitzsystemen eingesetzt wird. Ausgangslage für das Produktentwicklungsprojekt ist der Eintritt eines neuen Wettbewerbers in den Markt, welcher VENTREX im Vorfeld bereits bei einem anderen Produkt erfolgreich den Rang abgelaufen hat. Der Verlust des gesamten Geschäftsfelds droht. Resultierend daraus werden die beiden Grobziele der Arbeit, *Optimierung der Produktfunktionen* und *Reduktion der Herstellkosten*, abgeleitet.

Die Arbeit basiert auf einer Kooperation zwischen dem Institut für Innovation und Industriemanagement der TU Graz und dem in Graz ansässigen Unternehmen VENTREX Automotive. Bei der Neuentwicklung kommt es zur Anwendung der nach EN 12973 genormten Methodik der Wertanalyse und dem dazu definierten zehnstufigen Arbeitsplan. Die Wertanalyse ist eine Methodik, die in das ganzheitliche Produktentwicklungskonzept des Value Managements integriert ist. In den einzelnen Stufen des Wertanalyse Arbeitsplans finden eine Vielzahl von ausgewählten methodischen Werkzeugen und Instrumenten Verwendung, um den Output entsprechend zu maximieren.

Das im Rahmen dieser Arbeit ernannte, sehr breit aufgestellte interdisziplinäre Team des Wertanalyseprojekts setzt sich in Summe aus zehn Mitgliedern aus sechs unterschiedlichen Abteilungen der Firma VENTREX zusammen. Bei einer umfangreichen Analyse der Ausgangssituation wird das Wertanalyse Objekt, genannt CSI was so viel bedeutet wie *Compressor for Seats and Industrial use*, hinsichtlich jeglicher greifbaren Zahlen, Daten und Fakten analysiert. Hierzu zählen auch die aktuellen und potentiellen Kunden und der vorhandene Wettbewerb. In diesem Schritt kommen Methodiken wie z.B. die ABC Analyse der Herstellkosten oder auch die SWOT Analyse zur Anwendung.

Weiters erfolgt eine detaillierte Funktionenanalyse des CSI. Dazu wird ein Workshop im Wertanalyse Team durchgeführt, worauf ein Funktionenbaum des Wertanalyse Objekts erstellt wird. Basierend auf den darin gegliederten Funktionen erfolgt eine Bestimmung der Funktionserfüllungsgrade als auch die Ermittlung der Funktionskosten mittels einer Funktionskostenmatrix. Weitere methodische Instrumente die in diesem Schritt zur Anwendung kommen sind die ABC Analyse der Funktionskosten, die Funktionenpotentialanalyse oder auch die Methodik des Target Costings, welche zur Bestimmung der Zielkosten dient. Resultierend daraus werden die Detailziele zur Funktionsoptimierung und der Reduktion der Herstellkosten abgeleitet.

Basierend auf den festgelegten Zielen erfolgt die Ideenfindung anhand drei durchgeführten Workshops und drei ausgewählten Benchmarks, in sechs definierten Ideensuchfeldern. Durch die Anwendung diverser Kreativitätstechniken wie z.B. Brainstorming oder Brainwriting können in Summe 140 Ideen festgehalten werden, von denen die als *gut* bewerteten in einem umfangreichen *Book of Ideas* mit 65 Ideenkarten eingearbeitet sind. Parallel dazu wird mittels der Methodik des morphologischen Kastens ein Lösungsfindungssystem aufgebaut, welches der Findung und Definition von totalen Lösungsideen dient. Ergebnis dieser sehr kreativen Phase sind vier totale Lösungsideen, die in weiterer Folge in einem Workshop mittels Nutzwertanalyse bewertet werden. Nach einer detaillierten Kalkulation der Herstellkosten werden diese in einer Kosten-Nutzenanalyse gegenübergestellt um eine entsprechende Entscheidung zur weiteren Vorgehensweise abzuleiten.

Es lassen sich zwei ganzheitliche Konzepte festhalten, zum einen das *Cost and Function Optimization* Konzept, und zum anderen das *Ultra Function Optimization* Konzept, welche die Anforderungen an diese Arbeit optimal erfüllen. Das *Cost and Function Optimization* Konzept bildet die geforderte Reduktion der Herstellkosten ab, wobei sich zusätzlich eine Optimierung der Produktfunktionen generieren lässt. Im Vergleich dazu weist das *Ultra Function Optimization* Konzept eine Erhöhung der Herstellkosten auf, wodurch eine enorme Optimierung der Produktfunktionen erreicht wird. Dies ist im Wesentlichen auf die Reduktion von Schallemissionen rückzuführen.

Diese Masterarbeit liefert die Basis für eine aussichtsreiche Zukunft für das dargestellte Geschäftsfeld von VENTREX Automotive. Beide Konzepte wurden bereits mit dem Kunden reflektiert und das Feedback dazu kann als äußerst positiv festgehalten werden. Die Konzepte entwickeln sich unter Einbindung der Kunden ständig weiter, wonach bereits mit vollem Einsatz an der Fertigung eines ersten funktionsfähigen Musters gearbeitet wird.

Literaturverzeichnis

- AKIYAMA, K.: Funktionenanalyse - Der Schlüssel zu erfolgreichen Produkten und Dienstleistungen, Landsberg 1994.
- BLUMENSCHNEIN, A.; EHLERS, I. U.: Ideen managen - Eine verlässliche Navigation im Kreativprozess, Leonberg 2007.
- BRANKAMP, K. (Hrsg.): Handbuch der modernen Fertigung und Montage, München 1975.
- BRONNER, A.; HERR, S.: Vereinfachte Wertanalyse, 4. Auflage, Berlin/Heidelberg 2006.
- DISSELKAMP, M.: Innovationsmanagement - Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen, 2. überarb. Auflage, Wiesbaden 2012.
- EHRENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung - Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, 2. überarb. Auflage, München/Wien 2003.
- FELKAI, R.; BEIDERWIEDEN, A.: Projektmanagement für technische Projekte - Ein prozessorientierter Leitfaden für die Praxis, Wiesbaden 2011.
- HORSCH, J.: Kostenrechnung - Klassische und neue Methoden in der Unternehmenspraxis, 2. vollst. überarb. Auflage, Wiesbaden 2015.
- JOOS, T.: Controlling, Kostenrechnung und Kostenmanagement, 5. Auflage, Wiesbaden 2014.
- KNIEß, M.: Kreativitätstechniken - Methoden und Übungen, München 2006.
- KÜHNAPFEL, J. B.: Nutzwertanalysen im Marketing und Vertrieb, Wiesbaden 2014.
- KUSTER, J. et al.: Handbuch Projektmanagement, 3. erw. Auflage, Berlin/Heidelberg 2011.
- LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden, 2. bearb. Auflage, Berlin/Heidelberg 2007.
- LINGOHR, T.; KRUSCHEL, M. (Hrsg.): Best Practices im Value Management, Wiesbaden 2011.
- LIPPOLD, D.: Management- und Beratungstechnologien im Überblick, Wiesbaden 2016.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM EN 1325-1 Wertanalyse und Funktionenanalyse, Wien 1996.

- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (Hrsg.): ÖNORM EN 12973
Value Management, Wien 2001.
- RUSSELL-WALLING, E.: 50 Schlüsselideen – Management, Heidelberg 2011.
- SCHAWEL, C.; BILLING, F.: Top 100 Management Tools, 5. überarb. Auflage,
Wiesbaden 2014.
- STOLLENWERK, A.: Wertschöpfungsmanagement im Einkauf, 2. aktual. und erw.
Auflage, Wiesbaden 2016.
- VDI-GESELLSCHAFT PRODUKT- UND PROZESSGESTALTUNG (Hrsg.):
Wertanalyse - das Tool im Value Management, 6. völlig neu bearb. und erw. Auflage,
Berlin/Heidelberg 2011.
- VDI-GESELLSCHAFT SYSTEMENTWICKLUNG UND PROJEKTGESTALTUNG
(Hrsg.): VDI Richtlinie 2803 Blatt 1 Funktionenanalyse – Grundlagen und Methoden,
Düsseldorf 1996.
- VDI-GESELLSCHAFT SYSTEMENTWICKLUNG UND PROJEKTGESTALTUNG
(Hrsg.): VDI Richtlinie 2800 – Wertanalyse, Düsseldorf 2000.
- WAGNER, T.: Protokoll VENTREX - CSI Feldreklamationen und Prozessprobleme,
Graz 2017.
- ZENTRUM WERTANALYSE (Hrsg.): Wertanalyse – Idee – Methode – System,
5. überarb. Auflage, Düsseldorf 1995.

Internetquellenverzeichnis

Aircom <http://www.aircom.ag/de/>, Zugriffsdatum: 04.10.2017

Implotex Kompressor

https://www.implotex.de/tpl/download/Bedienungsanleitung_Kompressoren2017.pdf,
Zugriffsdatum: 30.01.2018

Thomas <https://www.gd-thomas.com/de/>, Zugriffsdatum: 04.10.2017

VENTREX Automotive <http://www.ventrex.at/>, Zugriffsdatum: 14.03.2018

Viair <http://www.viaircorp.com/c-models/90c/>, Zugriffsdatum: 30.01.2018

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: VENTREX Automotive mit Sitz in Graz	3
Abbildung 2: Charakteristiken des Value Managements	5
Abbildung 3: Entwicklungsprojekt mit bzw. ohne VM (Nach Brankamp 1975)	8
Abbildung 4: Schlüsselprinzipien des Value Managements	9
Abbildung 5: Arbeitsplan einer Value Management Studie nach EN 12973.....	10
Abbildung 6: Erfolgsfaktoren der Wertanalyse	12
Abbildung 7: Phasen der Teamentwicklung	14
Abbildung 8: Abstraktion mittels Funktionenbeschreibung	15
Abbildung 9: Definition von „Wert“ in der Wertanalyse	15
Abbildung 10: Möglichkeiten zur Wertsteigerung	16
Abbildung 11: WA Arbeitsplan, 10-stufig nach EN 12973	19
Abbildung 12: Gebrauchs- und Geltungsfunktionen diverser Investitionsgüter	23
Abbildung 13: Gliederung hinsichtlich Funktionenarten und Funktionenklassen.....	24
Abbildung 14: Benennung von Funktionen anhand des Beispiels einer Glühbirne	25
Abbildung 15: Ansatz der Funktionenanalyse nach <i>Akiyama</i>	26
Abbildung 16: Darstellung der Strukturierung eines Funktionenbaums.....	27
Abbildung 17: Darstellung des Funktionserfüllungsgrads.....	28
Abbildung 18: Prozentuelle Aufteilung der Bauteile auf die einzelnen Funktionen.....	29
Abbildung 19: Berechnung der Kostenanteile der einzelnen Funktionen	29
Abbildung 20: Darstellung des Verhältnisses zwischen Kosten und Bedeutung	30
Abbildung 21: Darstellung der ABC Analyse mittels einer Lorenzkurve	33
Abbildung 22: SWOT Analyse des Produktsortiments eines Unternehmens	34
Abbildung 23: Kreuztabelle zum Dual Vergleich	36
Abbildung 24: Wertanalyse Objekt – CSI “Compressor for Seats and Industrial use”...38	
Abbildung 25: Wertanalyse Projektteam	39
Abbildung 26: Projektzeitplan.....	40
Abbildung 27: Anwendungsbereiche des CSI	41
Abbildung 28: Schnittdarstellung des CSI durch den Kompressionsraum.....	42

Abbildung 29: Explosionsdarstellung des Wertanalyseobjekts.....	43
Abbildung 30: Strukturbaum des Wertanalyseobjekts.....	44
Abbildung 31: Serie 135 – Thomas Kompressor.....	45
Abbildung 32: Relativer Anteil am Marktvolumen im Geschäftsjahr 2017.....	47
Abbildung 33: Relative Anteile der Verkaufszahlen an aktuelle Kunden im GJ 2017....	48
Abbildung 34: Relative Anteile verschiedener Motorvarianten im GJ 2017.....	50
Abbildung 35: ABC Analyse der Herstellkosten des CSI.....	51
Abbildung 36: ABC Analyse der Massen des CSI.....	52
Abbildung 37: Funktionsermittlung anhand der Phasen der Produktlebenszeit.....	60
Abbildung 38: Funktionenbaum CSI.....	62
Abbildung 39: ABC Kostenanalyse der Funktionen.....	70
Abbildung 40: Dual Vergleich der Hauptfunktionen.....	72
Abbildung 41: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der Hauptfunktion 1.....	74
Abbildung 42: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen.....	75
Abbildung 43: Darstellung und Gliederung der Ideensuchfelder.....	79
Abbildung 44: Totales Lösungsfindungssystem.....	88
Abbildung 45: Dual Vergleich der Bewertungskriterien für die Nutzwertanalyse.....	91
Abbildung 46: Bewertungen und Gesamtnutzwert der totalen Lösungsideen.....	92
Abbildung 47: Kosten-Nutzenanalyse der vier totalen Lösungsideen.....	94
Abbildung 48: Lösungskonzept <i>Cost and Function Optimization – Prototyp</i>	96
Abbildung 49: Lösungskonzept <i>Ultra Function Optimization – Prototyp</i>	98
Abbildung 50: Überprüfung der Konzepte auf Zielerreichung.....	99
Abbildung 51: Prinzipien der Wertsteigerung der beiden Lösungskonzepte.....	100
Abbildung 52: Funktionskostenmatrix.....	119
Abbildung 53: ABC Analyse der Funktionskosten der Hauptfunktionen.....	120
Abbildung 54: ABC Analyse der Funktionskosten der 1. Nebenfunktionen.....	120
Abbildung 55: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 1.....	121
Abbildung 56: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 1.....	121
Abbildung 57: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 2.....	122

Abbildung 58: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 2	122
Abbildung 59: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 3	123
Abbildung 60: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 3	123
Abbildung 61: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 4	124
Abbildung 62: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 4	125
Abbildung 63: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 5	126
Abbildung 64: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 5	127
Abbildung 65: Potentialanalyse auf Ebene der Hauptfunktionen.....	128
Abbildung 66: Morphologischer Konzeptkasten	129
Abbildung 67: Morphologischer Kasten technischer Details.....	130
Abbildung 68: Auswahlssystem weiterer Ideen.....	131
Abbildung 69: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte im morph. Konzeptkasten ..	133
Abbildung 70: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte im morphologischen Kasten technischer Details	134

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die drei Grundsätze des Ansatzes des Value Managements.....	7
Tabelle 2: Klasseneinteilung im Rahmen der ABC Analyse	32
Tabelle 3: Grober Überblick zu den methodischen Inhalten in den einzelnen Phasen..	40
Tabelle 4: Funktionsanforderungen an den CSI.....	42
Tabelle 5: Identifizierter vorhandener Wettbewerb	46
Tabelle 6: Absolute Verkaufszahlen an aktuelle Kunden im Geschäftsjahr 2017.....	48
Tabelle 7: SWOT Analyse des CSI	53
Tabelle 8: Analyse der Stärken und Schwächen vom Mitbewerber Aircom	56
Tabelle 9: Analyse der Stärken und Schwächen vom Mitbewerber Thomas.....	57
Tabelle 10: Nutzerrelevante 2. Nebenfunktionen	63
Tabelle 11: Anhaltspunkte zur Bestimmung der FEG	63
Tabelle 12: FEG der unter- bzw. übererfüllten Funktionen.....	64
Tabelle 13: Erläuterungen zu den unter- bzw. übererfüllten Funktionen	68
Tabelle 14: Kostentreibende Funktionen des CSI	70
Tabelle 15: Vergleichskriterien des differenzierten Dual Vergleichs.....	71
Tabelle 16: Potentialbehaftete Funktionen	76
Tabelle 17: Kostentreibende Funktionen.....	76
Tabelle 18: Beschreibung des Soll-Funktionserfüllungsgrades.....	77
Tabelle 19: Bestimmung der Zielkosten	78
Tabelle 20: Angewandte Kreativitätstechniken in den einzelnen Ideensuchfeldern	80
Tabelle 21: Gewählte Benchmarks zur Ideensammlung	83
Tabelle 22: Bewertungskriterien zur Punktbewertung	84
Tabelle 23: Inhaltsverzeichnis Book of Ideas	85
Tabelle 24: Bewertungskriterien zur Priorisierung	86
Tabelle 25: Ermittlung der Herstellkosten mittels Zuschlagskalkulation	93
Tabelle 26: Funktionsbeschreibungen und techn. Detailanforderungen	118
Tabelle 27: Erläuterungen zu den dargestellten Abweichungen	132

Abkürzungsverzeichnis

CSI	Compressor for Seats and Industrial use
WA	Wertanalyse
VM	Value Management
FA	Funktionenanalyse
HF	Hauptfunktion
NF	Nebenfunktion
aNF	abnehmerorientierte Nebenfunktion
hNF	herstellerorientierte Nebenfunktion
FEG	Funktionserfüllungsgrad
z.B.	zum Beispiel
bzw.	beziehungsweise
lt.	laut
Stk.	Stück
a	Jahr
VA	VENTREX Automotive
CNG	Compressed Natural Gas
LPG	Liquefied Natural Gas
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
US	United States
UK	United Kingdom
CVG	Commercial Vehicle Group
GJ	Geschäftsjahr
B2B	Business to Business
AG	Aktiengesellschaft
CVG	Commercial Vehicle Group
pot.	potentiell
V	Volt
SWOT	Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats

SW	Strength, Weaknesses
CSI	Compressor for Seats and Industrial use
NAFTA	North American Free Trade Agreement
>	größer
Entw.	Entwicklung
AV	Arbeitsvorbereitung
inkl.	inklusive
PTFE	Polytetrafluorethylen
Pa	Pascal
k.A.	keine Angabe
BOI	Book of Ideas
R&D	Research and Development
EN	Europäische Norm

Anhang A: Funktionsbeschreibungen

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
1. Druckniveau bereitstellen	Das geforderte Druckniveau muss bereitgestellt werden, um die Anforderungen des Kunden zu erfüllen.		
1.1 Luft zuführen	Druckluft muss zum Kompressionsraum hinzugeführt werden, um in weiterer Folge einen Überdruck zu erzeugen.		100
1.1.1 Ansaugvolumen bieten	Ein Ansaugvolumen muss geboten werden um eine zuverlässige Luftzufuhr zum Kompressionsraum zu gewährleisten.		
1.1.2 Luft zuleiten	Die Luft muss zum Kompressionsraum zugeleitet werden.		
1.1.3 Unterdruck erzeugen	Ein Unterdruck muss erzeugt werden. Dies dient der Sicherstellung, dass Luft in den Kompressionsraum gesaugt wird, und wird hierbei durch eine Volumsvergrößerung realisiert.		
1.2 Überdruck erzeugen	Ein Überdruck muss erzeugt werden, um die Bereitstellung des Druckniveaus zu ermöglichen. Bei dieser Kompressor-Technologie wird hierbei Luft verdichtet, um den geforderten Überdruck zu erzeugen. Der definierte Maximaldruck muss erreicht werden	Der Kompressor fördert 20 sec gegen eine geschlossene Leitung. Der am Ende dieser Zeit erreichte Druck ist der Maximaldruck. Zu erreichender Maximaldruck: 13 +/- 3bar; Startdruck 0 bar; Prüfdauer 20sec; Prüfvolumen geschlossene Leitung (<0,02 Liter)	110
1.2.1 Drehmoment erzeugen	Für den Antrieb des Kompressors muss vom E-Motor ein Drehmoment erzeugt werden.		
1.2.2 Kraft übertragen	Kräfte müssen übertragen werden, um die Funktionalität des Kompressors sicherzustellen.		
1.2.3 Bewegung umwandeln (Rot in Trans)	Die Rotationsbewegung muss in eine Translationsbewegung umgewandelt werden, um mit dieser Kompressionstechnologie die Erzeugung eines Überdruckes zu ermöglichen.		
1.2.4 abgedichteten Kompressionsraum bieten	Ein definierter Kompressionsraum muss geboten werden, um mit dieser Kompressor-Technologie das Erzeugen eines Überdruckes zu ermöglichen. Der Kompressionsraum muss dementsprechend abgedichtet sein, um den Überdruck bestmöglichst zu erzeugen.		
1.3 Ventile steuern	Die Ventile werden über die entstehenden Druckdifferenzen als auch über die Vorspannkraft der Feder gesteuert.		90

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
1.3.1 Anschlag bieten / Timing sicherstellen	Für die Ventilblätter muss ein Anschlag geboten werden, um die Funktionalität der Ventiltechnik (inkl. Timing) sicherzustellen.		
1.3.2 Bewegung führen	Hinsichtlich der Ventilsteuerung ist es notwendig, die Ventilblätter zu führen.		
1.4 Druck halten	Der Druck im gesamten System "luftfederter Schwingsitz" muss ohne Druckverlust gehalten werden. D.h. es muss jegliche Rückströmung verhindert werden. Diesbezüglich werden 2 Tests durchgeführt. (Test 1: Leckage bei Stillstand und Test 2: Test des Rückschlagventils).	Vor und nach allen Funktionstests ist die Dichtheit (des Auslassventils / Rückschlagventils) zu prüfen. max. Druckabfall: 167 Pa; Prüfdruck: 2bar, 8bar; Prüfdauer: 10sec; Prüfvolumen: 15cm ³ ; Weiters absolviert der Kompressor eine bestimmte Anzahl von Schaltzyklen und wird anschließend auf Dichtheit geprüft. Prüfdruck: 3bar; Zyklus: 2sec Lauf / 2 sec Pause; Zyklen: 100;	100
1.5 Druckluft abführen	Die erzeugte Druckluft muss vom Kompressionsraum bis hin zum pneumatischen Anschluss des Kunden abgeführt werden, um in weiterer Folge die Druckluft für die Befüllung des Druckbehälters bereitzustellen.		100
2. wartungsfreier Betrieb sicherstellen	Ein wartungsfreier Betrieb des Kompressors muss sichergestellt werden, da eine Wartungsmöglichkeit nach dem Verbau des Kompressors im Sitz ausgeschlossen ist.		
2.1 Belastung standhalten	Der Kompressor muss den auftretenden Belastungen standhalten, um den Betrieb sicherzustellen		95
2.1.1 Festigkeit aufweisen	Die Bauteile müssen eine statische Festigkeit, Dauerfestigkeit und Verschleißfestigkeit aufweisen, um die geforderte Lebensdauer von 10 Jahren abzubilden. Diesbezüglich muss der Kompressor die geforderten Lebensdauerprüfungen bestehen. Weiters muss der Kompressor jeglichen Vibrationen standhalten. Sowohl Internen, die durch den Betrieb des Kompressors erzeugt werden, als auch externen Vibrationen, die von äußeren Gegebenheiten (z.B. Betrieb des Fahrzeuges, in dessen Sitz der Kompressor verbaut ist oder Transportvorgängen des Kompressors) auf den Kompressor übertragen werden. Der Kompressor muss auch den seitens des Lastenheftes vorgeschriebenen Schocktest standhalten (Erprobung gemäß ISO 16750-3, Vibrationstest, Schocktest).	1) Prüfung der Lebensdauer / Dauerfestigkeit: Der mit einem Luftstrom gekühlte Kompressor arbeitet im unterbrochenen Betrieb gegen einen konstanten Prüfdruck. Zyklen: 150.000 (in normaler Umgebung); Zyklen: 10.000 (in staubiger Umgebung); Prüfdruck jeweils: 5 bar; Zyklus jeweils: 2sec. Laufzeit, 8sec. Pause; Prüfvolumen: 1 Liter; Erfüllungskriterien: a) Lieferleistung verringert sich über die gesamte Anzahl an Zyklen nur um max. 10% (max. Befülldauer 42 sec) b) Die Stromaufnahme liegt jederzeit unter den festgelegten Grenzwerten (siehe Fkt.: Strom aufnehmen)	95

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
2.1.2 thermischer Belastung standhalten	Der Kompressor muss der sich einstellenden thermischen Belastung (auftretende Temperaturschwankungen) standhalten. Auftretende Temperaturschwankungen basieren hauptsächlich auf Erwärmungen im Zuge des Betriebes des Kompressors, aber auch aufgrund vorherrschenden, sich verändernden Umgebungstemperaturen. Auftretende thermische Ausdehnungen müssen ausgeglichen werden. Diesbezüglich wird ein Missbrauchstest laut den definierten Spezifikationen durchgeführt.	Missbrauchstest: Der Kompressor arbeitet gegen einen konstanten Prüfdruck, ohne fremde Kühlung. Prüfvolumen: 1L; Prüfdruck: 6 bar; Prüfdauer: 5 min; Erfüllungskriterien: a) Keine optisch sichtbaren Beschädigungen am Gerät b) Stromaufnahme jederzeit unter den festgelegten Grenzwerten (siehe Fkt.: Strom aufnehmen) c) Nach Abkühlung des Geräts muss dieses sämtliche Funktionstests erfüllen.	95
2.2 Wärme abführen	Die im Zuge des Betriebes erzeugte Wärme muss weitestgehend abgeführt werden, sodass der Betrieb des Kompressors nicht eingeschränkt wird. Die hierbei betrachtete Funktion bezieht sich nicht auf den Motor, sondern auf die Wärmeabfuhr aus dem Kompressionsraum.		95
2.3 Schmutz fernhalten	Schmutz bzw. Fremdkörper müssen vom bestehenden System ferngehalten werden, um die Funktionsfähigkeit zu gewährleisten. Diesbezüglich muss die zuströmende Luft durch einen definierten Lufteinlass gefiltert werden. Sonstiger ungefilterter Lufteinlass muss vermieden werden.	Kein Schmutz tritt ein.	90
2.4 Komponenten schützen	Die im Kompressor verbauten Komponenten sollen bestmöglich gegen äußere Einflüsse geschützt werden.		100
2.5 Gleiten sicherstellen	Das Gleiten der oszillierenden Bauteile muss sichergestellt sein, da eine Wartungsmöglichkeit des Kompressors ausgeschlossen ist.		100
2.6 Korrosionsbeständigkeit gewährleisten	Alle Bauteile des Kompressors müssen korrosionsbeständig sein. Korrosion ist unzulässig.	Keine Korrosion zulässig.	100
3. De- / Montage ermöglichen (im Sitz)	Die De- bzw. Montage des Kompressors im Sitz muss ermöglicht werden.		
3.1 Anschlüsse bereitstellen	Die notwendigen Anschlüsse für den Betrieb und die Anwendung des Kompressors müssen bereitgestellt werden.		100

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
3.1.1 pneumatischen Anschluss aufnehmen	Der seitens des Kunden zur Ableitung der Druckluft vorgegebene pneumatische Anschluss muss aufgenommen werden. Die geforderten Anforderungen hinsichtlich der Prüfung der Abzugskraft müssen erfüllt werden.	Prüfobjekt: Anschlussdorn am Kompressor mit aufgeschobenem Luftschlauch. Prüftemperatur: 22° +/- 3°; Prüfkraft: 200N (Zugrichtung entspricht der Dornachse); Prüfzeit: 3 sec. Kraftaufbau; 30sec. Haltezeit; Erfüllungskriterium: Keine Verformungen oder Risse am Dornprofil.	100
3.1.2 E-Kontaktierung bieten	Zur Aufnahme der elektrischen Energie muss eine elektronische Kontaktierungsmöglichkeit geboten werden.		100
3.1.3 Befestigungsmöglichkeit bieten	Eine Befestigungsmöglichkeit muss geboten werden um den Kompressor in weiterer Folge im Sitz montieren zu können. Die Befestigungsmöglichkeit soll bezogen auf verschiedene Anbindungsmöglichkeiten im Sitz kompatibel sein.		100
3.2 Bauraumsituation entsprechen	Der Kompressor muss hinsichtlich der Abmessungen der vorgegebenen Bauraumsituation entsprechen.	Gemäß Freigabezeichnung.	100
3.3 Typenbezeichnung darstellen	Die Typenbezeichnung des Produktes muss dargestellt sein. Bei der Auslieferung muss das Produkt mit Teilenummer, Spannung und Seriennummer gekennzeichnet sein. Zusätzlich wird teilweise eine kundenspezifische farbliche Kennzeichnung erwünscht. Die Typenbezeichnung wird an der Endmontagelinie eingelasert.	Der Kompressor wird mit Teilenummer, Spannung und Seriennummer gekennzeichnet.	100
4. Randbedingungen erfüllen	Der Kompressor muss die geforderten Randbedingungen erfüllen.		
4.1 Schwingungen geringhalten	Schwingungen müssen bestmöglich geringgehalten werden, um den Anforderungen gerecht zu werden.		85
4.1.1 Schwingungsentstehung vermeiden	Das Entstehen bzw. die Erzeugung von Schwingungen muss weitestgehend vermieden werden, um entstehende Schallemissionen und auftretende Vibrationen gering zu halten. Massen müssen ausgeglichen werden, da die Beschleunigungskräfte der oszillierenden Massen bei dieser Kompressionstechnologie zu freien Massenkräften und Momenten führen.	a) Interne Forderung <60 dB (lt. Lastenheft: max. Schalleistungspegel 70 dBA bei Prüfdruck Ober - drucklos). b) Massenausgleich vorhanden	85

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
4.1.2 Schwingungen dämpfen	Schwingungen (auftretende Schallemissionen als auch Vibrationen) müssen gedämpft werden.	Interne Forderung <60 dB (lt. Lastenheft: max. Schalleistungspegel 70 dBA bei Prüfdruck 0bar - drucklos).	85
4.2 Produktportfolio abbilden	Ein den Kundenanforderungen entsprechendes Produktportfolio muss abgebildet werden.		97
4.2.1 verschiedene Motorvarianten bieten	Es müssen verschiedene Motorvarianten (12V, 24V, 48V) geboten werden, um die vom Kunden vorgegebene Versorgungsspannung abzubilden.		100
4.2.2 modularen Pneumatikanschluss bieten	Der Druckluftanschluss (Zylinderdeckel) wird kundenspezifisch angepasst. Diesbezüglich werden diverse Anschlussmöglichkeiten geboten. Um potentielle Kunden zu erreichen, muss eine radiale als auch axiale Druckluftabfuhr möglich sein.		90
4.2.3 Bauteilvariationen bieten	Hinsichtlich der Bauteile im Kompressor werden marginale Adaptionen geboten, da dies vom Kunden so gewünscht ist. (z.B. vernickelter Kolbenboden, stärkeres Ventilblatt).		100
4.3 Befülldauer entsprechen	Der Kompressor muss der geforderten Befülldauer entsprechen, welche das Maß für die Lieferleistung darstellt. Eine genaue Angabe des Wirkungsgrades bzw. eines Liefergrades ist nicht vorhanden.	Ein Prüfvolumen wird vom drucklosen Zustand auf einen bestimmten Prüfdruck befüllt. Prüfvolumen: 1Liter; Startdruck: 0bar; Enddruck 6 bar; Max. Befülldauer im Neuzustand: 38sec; Max. Befülldauer nach 20 Zyklen: 36sec; interne Forderung: Reduktion der Befüllzeit um 20%.	95
4.4 Stromaufnahme begrenzen	Erstens wird Strom aufgenommen und zweitens muss der aufgenommene Strom hinsichtlich der maximalen Stromaufnahme begrenzt sein. Die max. Stromaufnahme wird durch die Verdichter-Einheit (in weiterer Folge durch die Motorkennlinie) festgelegt. Ansonsten gibt es keine Begrenzungsmöglichkeit. Funktion wird vom Sitzhersteller so gefordert um die Fkt. des Gesamtsystems sicherzustellen.	Max. Stromaufnahme: 12V - 9A, 24V - 5A, 48V - 3A; Max. Anlaufstrom @13,5 VDC: 30A (Dauer <150ms) 12V; 20A (Dauer <150ms) 24V; 20A (Dauer <150ms) 48V	100
4.5 EMV gewährleisten	Die elektromagnetische Verträglichkeit des Produktes muss gewährleistet sein. A) ISO 9637-2:2004-06; B) EU Richtlinie 72 / 245 / EWG (KFZ Richtlinie) Version 2006/28/EG über elektromagnetische Verträglichkeit. Funktion wird vom Sitzhersteller so gefordert um die Fkt. des Gesamtsystems sicherzustellen.	Nachweis des Motorherstellers ist im Allgemeinen ausreichend.	100

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
4.6 Anwender schützen	Der Anwender muss in jeglicher Hinsicht geschützt werden. EU Richtlinie 1998/37/EG (Maschinenrichtlinie) (neue Fassung - 2006/42/EG); Schutzklasse IP34 - ISO 20653 - Die Schutzart (IP XX) beschreibt den Schutz gegen direktes Berühren bzw. gegen Eindringen von Feststoffen und Flüssigkeiten.	Anwender geschützt.	100
4.7 gegen Maximaldruck anlaufen	Der Kompressor muss über den gesamten Betriebsspannungsbereich gegen einen definierten Maximaldruck anlaufen können.	Startdruck: min. 10bar; Prüfvolumen: geschlossene Leitung (<0,02 Liter).	100
4.8 Gewichtsanforderungen entsprechen	Der Kompressor muss den seitens des Kunden vorgegebenen Gewichtsanforderungen entsprechen.	Max. 560 g.	100
4.9 Recycling ermöglichen	Die verbauten Materialien müssen recycelt werden können. Die EU Richtlinie 2000 / 53 / EG (Altaurichtlinie) regelt die stoffliche Verwertung durch Recycling. (Richtlinie - Vermeidung der Entstehung von Abfällen durch Verbesserung der Produktauslegung - Ausweitung des Recyclings und der Wiederverwertung von Abfällen)	Gemäß Richtlinie.	100
4.10 Design bieten	Das Design muss den Kunden ansprechen und qualitative Wertigkeit vermitteln. (CI)		95
5. Baugruppen montieren (Intern - Herstellung)	Die verschiedenen Baugruppen und Bauteile müssen im Zuge der Herstellung an der automatisierten Linie montiert werden.		
5.1 Angriffspunkt bieten	Es muss ein Angriffspunkt geboten werden, um die Montierbarkeit der Baugruppen sicherzustellen. In diesem Fall zum Einschrauben der Zylinderbaugruppe in die Motorbaugruppe (Endmontage)		100
5.2 Bauteil aufnehmen	Einige Bauteile haben die Funktion, andere Bauteile aufzunehmen, um den Zusammenbau zu ermöglichen. Hinsichtlich des abzubildenden Produktportfolios (verschiedene Motorvarianten und Druckluftanschlüsse) sollen die modularen Bauteile ohne besondere Adaptionen aufgenommen werden.		100
5.3 Bauteile verbinden	Bauteile und Baugruppen müssen miteinander verbunden werden, um den Zusammenbau zu ermöglichen.		100

wird fortgesetzt

Funktion	Funktionsbeschreibung	Techn. Detailanforderungen	FEG [%]
5.4 Pleuelmontage ermöglichen	Basierend auf der im Hause verfolgten Vorgehensweise bei der Montage (Pleuel wird in die bereits montierte Zylinderbaugruppe eingefahren) muss die Pleuelmontage ermöglicht werden.		100
5.5 Pleuel Baugruppe zusammenbauen	Die Pleuelbaugruppe wird an der Montagelinie vormontiert, um in weiterer Folge die Endmontage durchführen zu können.		95
5.6 Zylinder Baugruppe zusammenbauen	Die Zylinderbaugruppe wird an der Montagelinie vormontiert, um in weiterer Folge die Endmontage durchführen zu können.		95
5.7 Endmontage durchführen	Die Endmontage wird an der Montagelinie durchgeführt. Hierbei werden die 3 Baugruppen zum fertigen Produkt assembliert.		95

Tabelle 26: Funktionsbeschreibungen und techn. Detailanforderungen

Anhang C: Funktionskostenanalyse

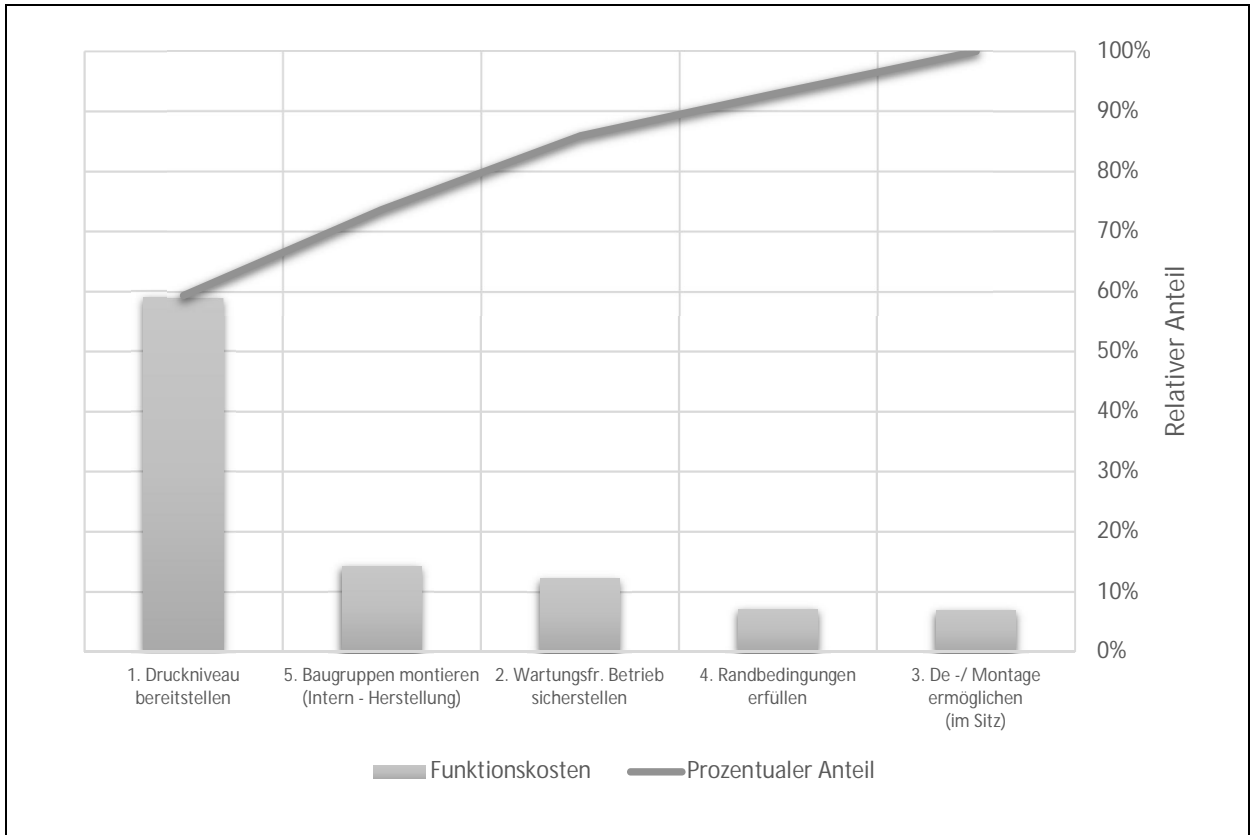


Abbildung 53: ABC Analyse der Funktionskosten der Hauptfunktionen

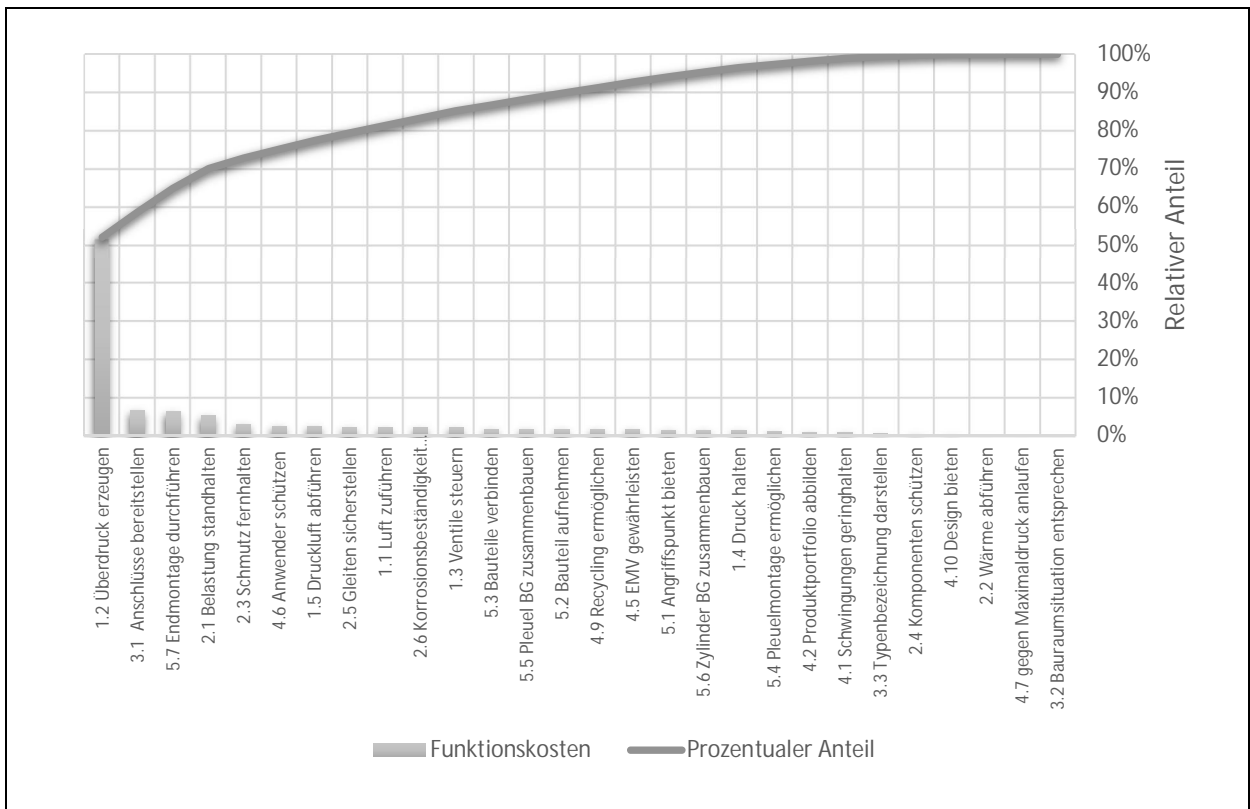


Abbildung 54: ABC Analyse der Funktionskosten der 1. Nebenfunktionen

Anhang D: Dual Vergleich und Potentialanalyse

	1.1 Luft zuführen	1.2 Überdruck erzeugen	1.3 Ventile steuern	1.4 Druck halten	1.5 Druckluft abführen	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Bedeutung – adaptiert in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
1.1 Luft zuführen	1	1/5	1	1/5	1	3,4	7,0	5	2,5	2,0
1.2 Überdruck erzeugen	5	1	5	5	5	21,0	43,1	50	25,0	52,0
1.3 Ventile steuern	1	1/5	1	1/5	3	5,4	11,1	10	5,0	1,9
1.4 Druck halten	5	1/5	5	1	5	16,2	33,2	30	15,0	1,2
1.5 Druckluft abführen	1	1/5	1/3	1/5	1	2,7	5,6	5	2,5	2,3
Σ der Quersummen						48,7				

Abbildung 55: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 1

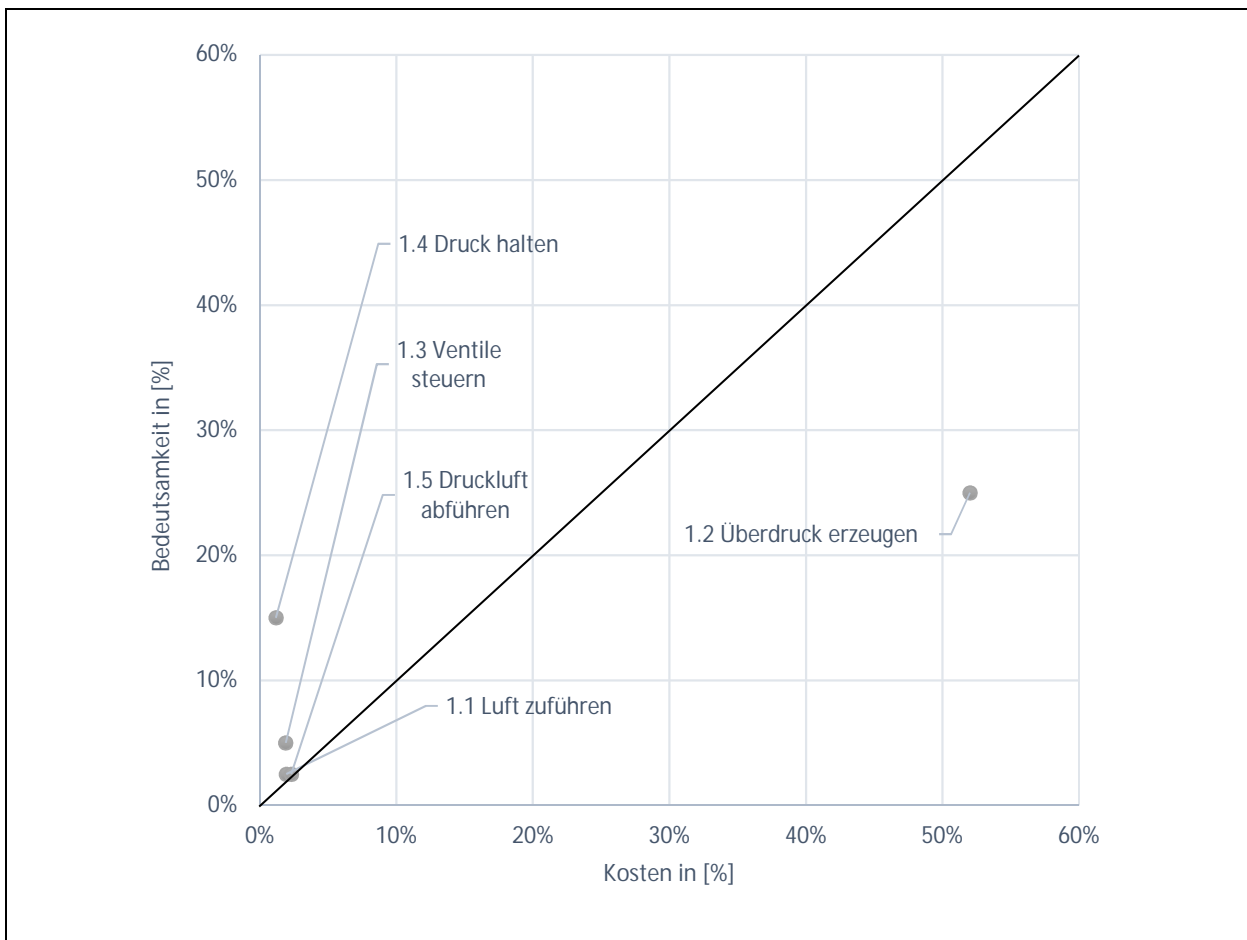


Abbildung 56: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 1

	2.1 Belastung standhalten	2.2 Wärme abführen	2.3 Schmutz fernhalten	2.4 Komponenten schützen	2.5 Gleiten sicherstellen	2.6 Korrosionsbeständigkeit gewährleisten	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Bedeutung – adaptiert in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
2.1 Belastung standhalten	1	3	3	5	5	5	22,0	39,1	40	5,0	5,1
2.2 Wärme abführen	1/3	1	1	3	1	3	9,3	16,6	20	2,5	0,1
2.3 Schmutz fernhalten	1/3	1	1	3	1	3	9,3	16,6	20	2,5	2,8
2.4 Komponenten schützen	1/5	1/3	1/3	1	1/3	1	3,2	5,7	5	0,6	0,4
2.5 Gleiten sicherstellen	1/5	1	1	3	1	3	9,2	16,4	10	1,3	2,0
2.6 Korrosionsbeständigkeit gewährleisten	1/5	1/3	1/3	1	1/3	1	3,2	5,7	5	0,6	1,9
<i>Σ der Quersummen</i>							56,2				

Abbildung 57: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 2

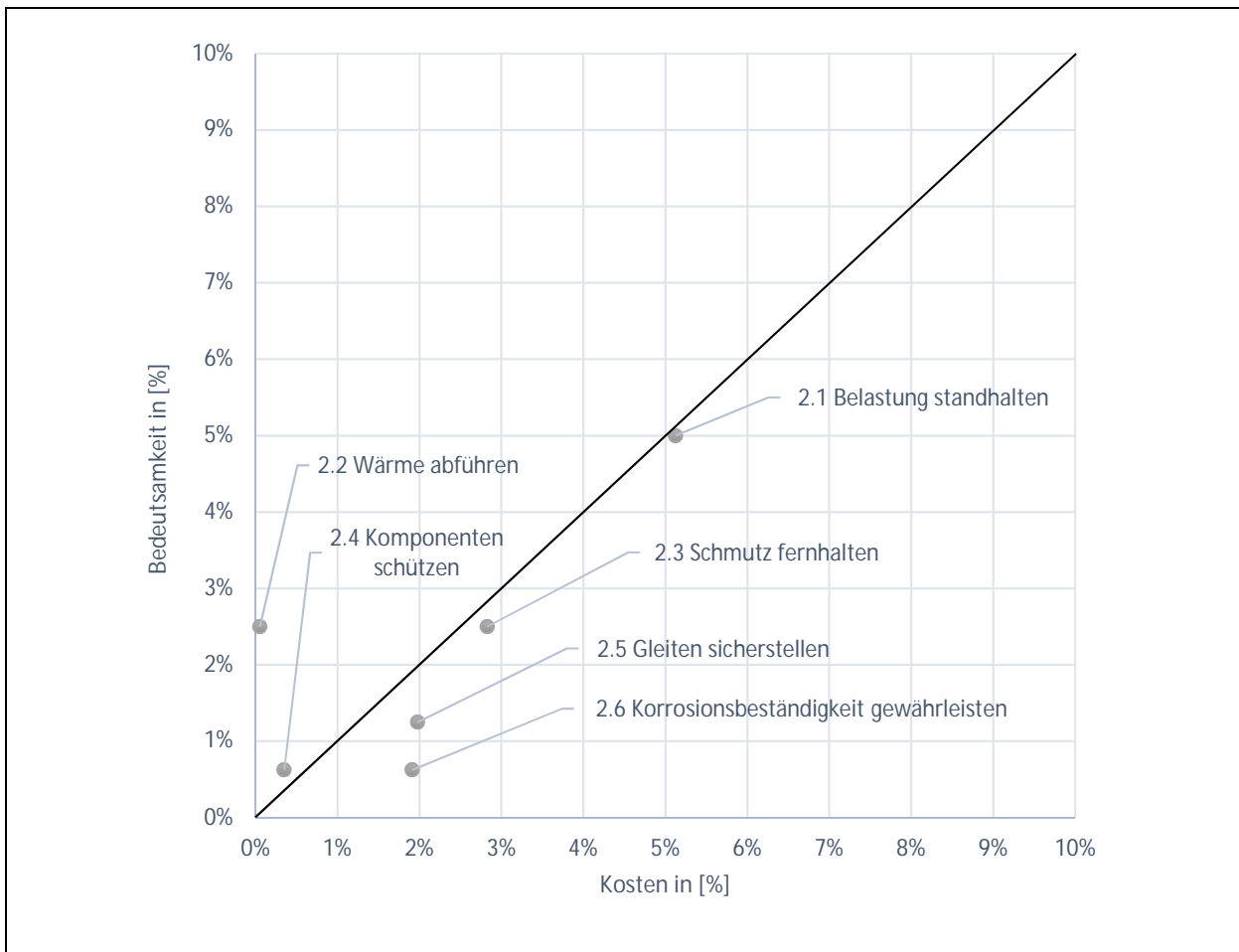


Abbildung 58: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 2

	3.1 Anschlüsse bereitstellen	3.2 Bauraumsituation entsprechen	3.3 Typenbezeichnung darstellen	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
3.1 Anschlüsse bereitstellen	1	5	5	11,0	71,4	3,6	6,6
3.2 Bauraumsituation entsprechen	1/5	1	1	2,2	14,3	0,7	0,0
3.3 Typenbezeichnung darstellen	1/5	1	1	2,2	14,3	0,7	0,4
Σ der Quersummen				15,4			

Abbildung 59: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 3

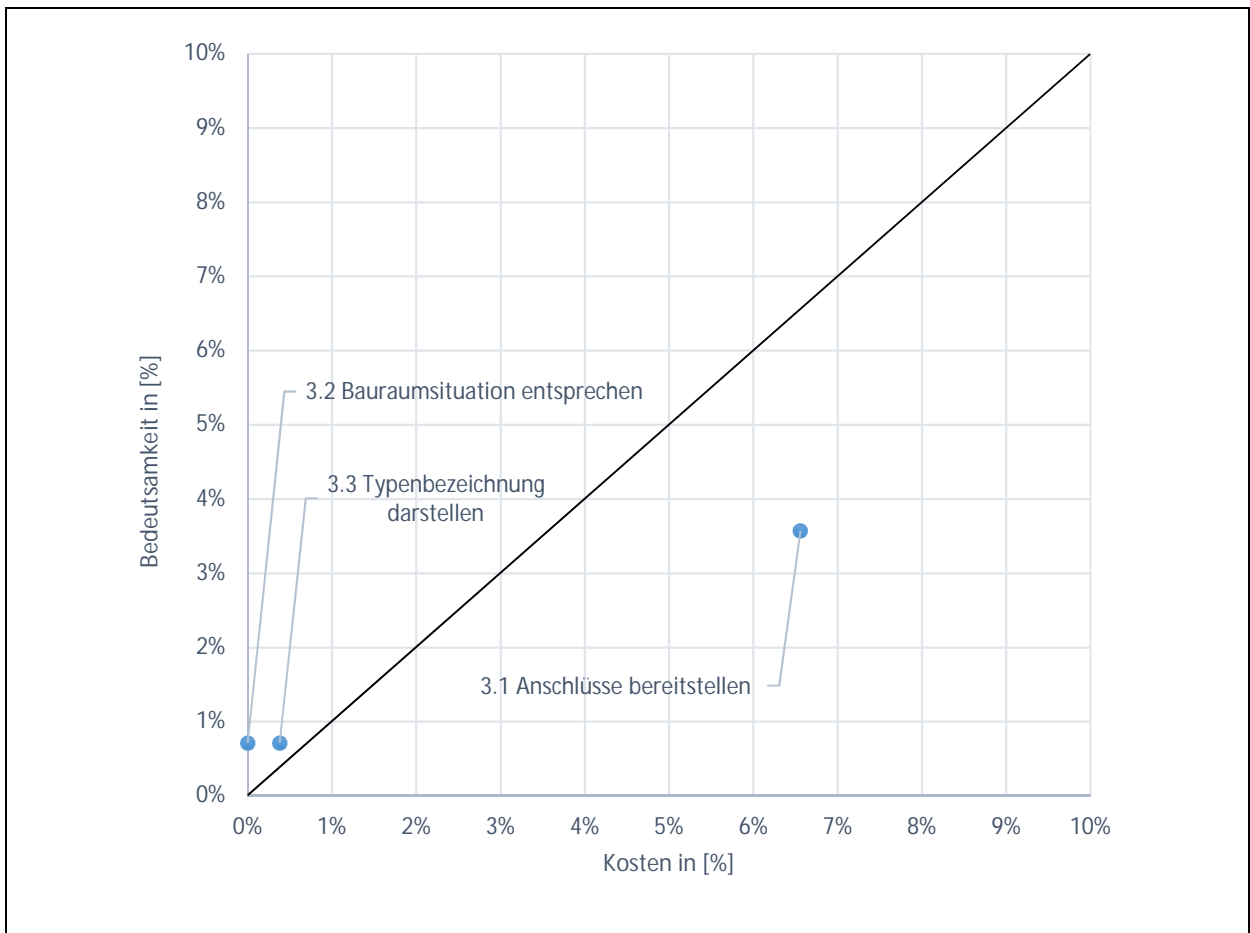


Abbildung 60: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 3

	4.1 Schwingungen geringhalten	4.2 Produktportfolio abbilden	4.3 Befülldauer entsprechen	4.4 Stromaufnahme begrenzen	4.5 EMV gewährleisten	4.6 Anwender schützen	4.7 gegen Maximaldruck anlaufen	4.8 Gewichtsanforderungen entsprechen	4.9 Recycling ermöglichen	4.10 Design bieten	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
4.1 Schwingungen geringhalten	1	3	1	1/5	1	3	1/3	5	3	3	20,5	12,6	2,8	0,8
4.2 Produktportfolio abbilden	1/3	1	1	1/3	1	1	1	5	3	3	16,7	10,3	2,3	0,8
4.3 Befülldauer entsprechen	1	1	1	1/3	1	1	1/3	5	3	3	16,7	10,3	2,3	0,0
4.4 Stromaufnahme begrenzen	5	3	3	1	3	3	3	5	5	5	36,0	22,1	5,0	0,0
4.5 EMV gewährleisten	1	1	1	1/3	1	3	1	5	3	3	19,3	11,9	2,7	1,5
4.6 Anwender schützen	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1/3	5	3	3	15,3	9,4	2,1	2,4
4.7 gegen Maximaldruck anlaufen	3	1	3	1/3	1	3	1	5	3	3	23,3	14,3	3,2	0,0
4.8 Gewichtsanforderungen entsprechen	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1	1	4,4	2,7	0,6	0,0
4.9 Recycling ermöglichen	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1	1	1	5,2	3,2	0,7	1,5
4.10 Design bieten	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1	1	1	5,2	3,2	0,7	0,3
Σ der Quersummen											162,7			

Abbildung 61: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 4

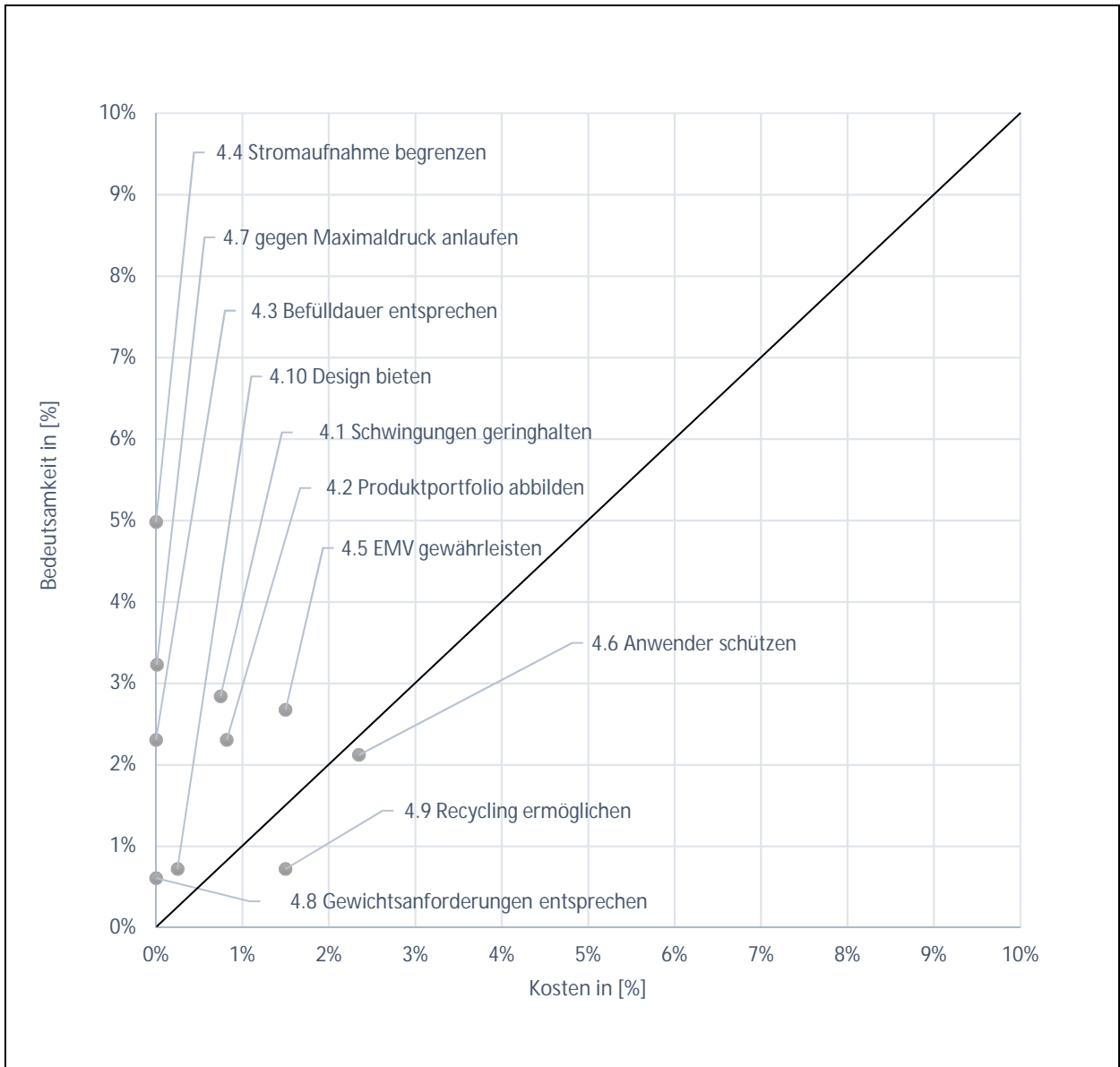


Abbildung 62: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 4

	5.1 Angriffspunkt bieten	5.2 Bauteil aufnehmen	5.3 Bauteile verbinden	5.4 Pleuelmontage ermöglichen	5.5 Pleuel BG zusammenbauen	5.6 Zylinder BG zusammenbauen	5.7 Endmontage durchführen	Quersumme	Bedeutung – errechnet in [%]	Gesamt Bedeutung in [%]	Kosten der Funktion in [%]
5.1 Angriffspunkt bieten	1	1	1	1/3	1	1	1/5	5,5	7,5	0,8	1,3
5.2 Bauteil aufnehmen	1	1	1	1/3	1	1	1/5	5,5	7,5	0,8	1,5
5.3 Bauteile verbinden	1	1	1	1/3	1	1	1/5	5,5	7,5	0,8	1,6
5.4 Pleuelmontage ermöglichen	3	3	3	1	3	1	1/5	14,2	19,3	1,9	0,9
5.5 Pleuel BG zusammenbauen	1	1	1	1/3	1	1	1/5	5,5	7,5	0,8	1,5
5.6 Zylinder BG zusammenbauen	1	1	1	1	1	1	1/5	6,2	8,4	0,8	1,2
5.7 Endmontage durchführen	5	5	5	5	5	5	1	31,0	42,2	4,2	6,2
Σ der Quersummen								73,4			

Abbildung 63: Dual Vergleich der 1. Nebenfunktionen der HF 5

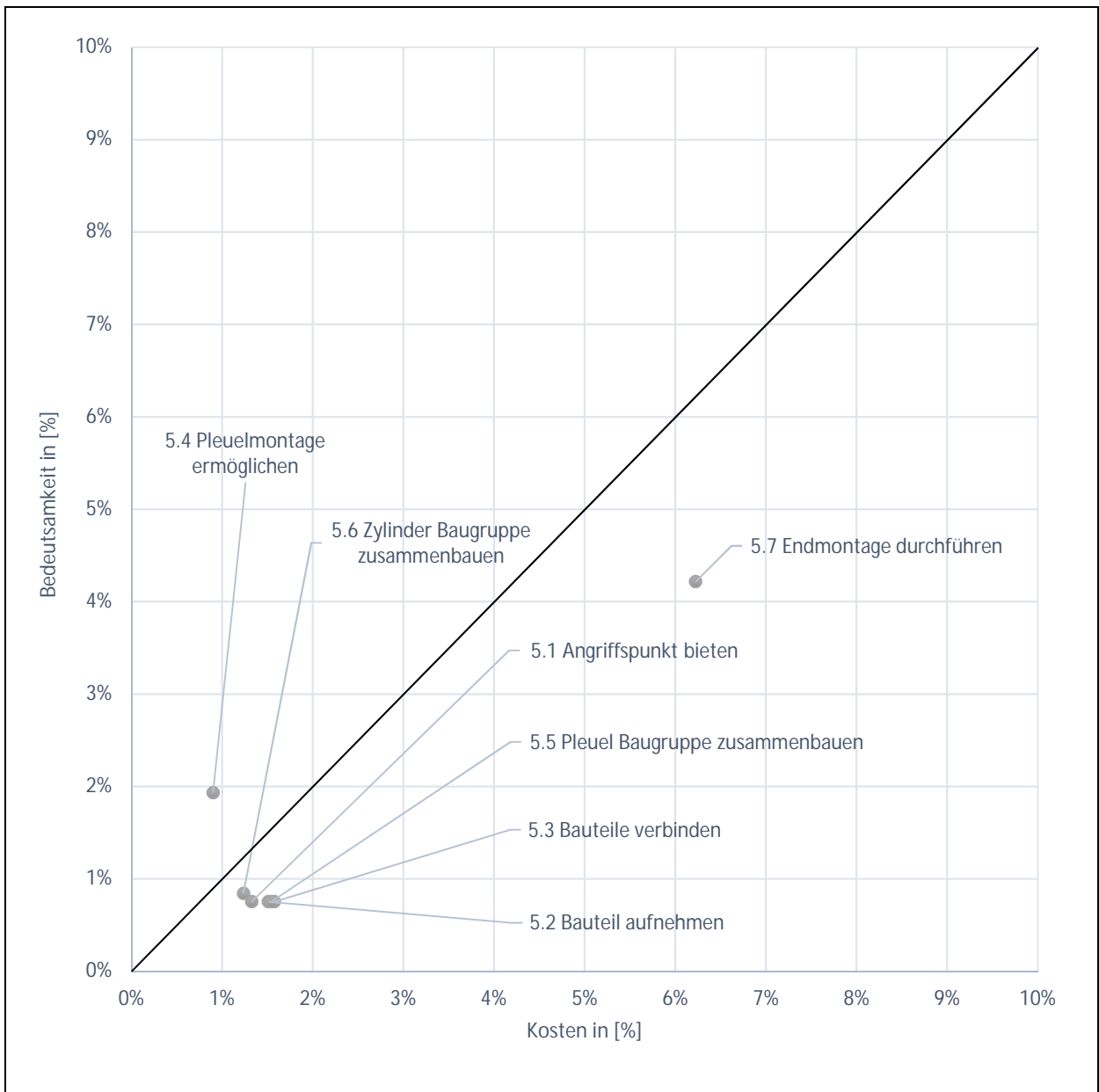


Abbildung 64: Potentialanalyse auf Ebene der 1. Nebenfunktionen für die HF 5

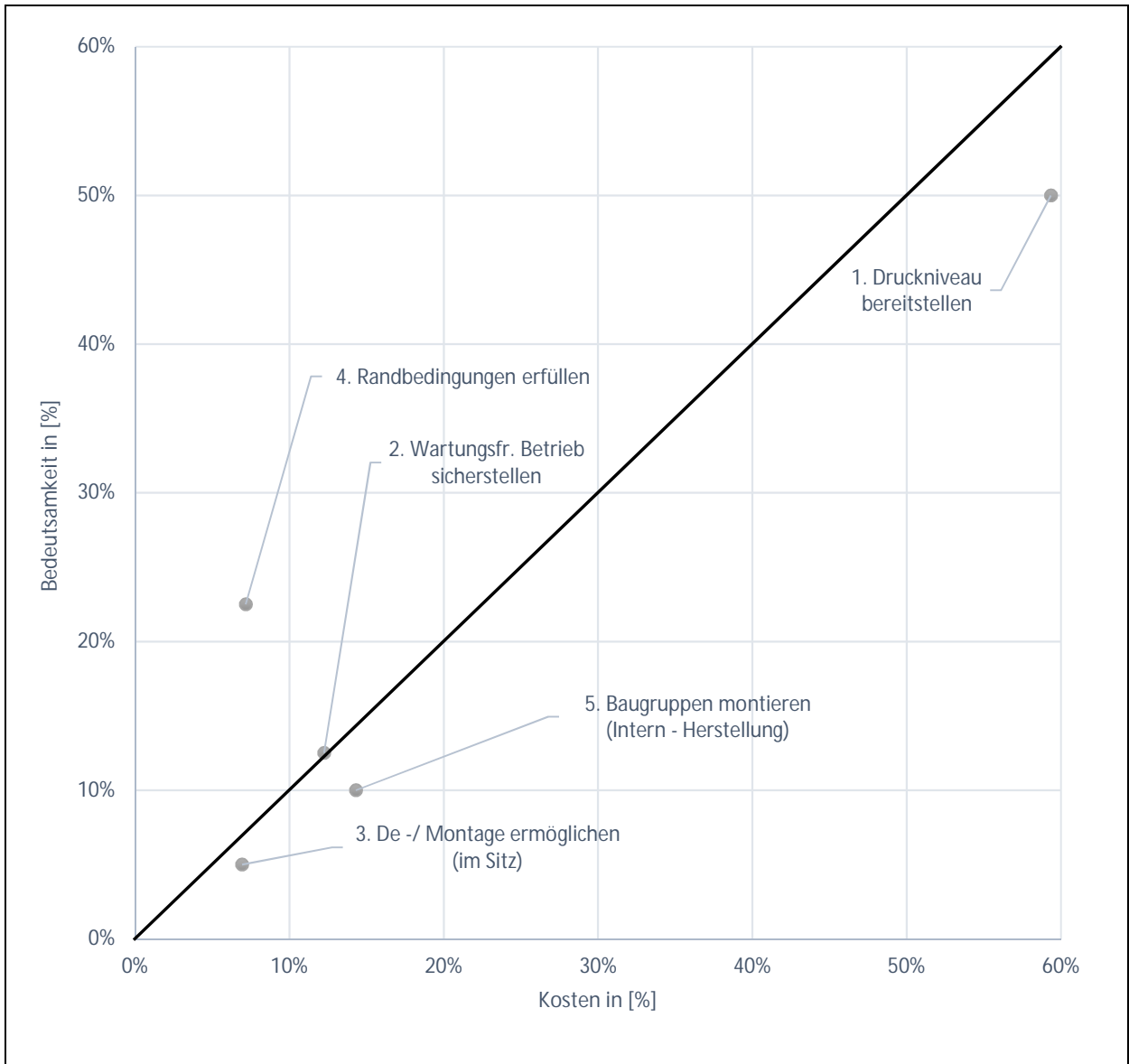


Abbildung 65: Potentialanalyse auf Ebene der Hauptfunktionen

		Parameter 1. Ebene	Parameter 2. Ebene	Ausprägung 1	Ausprägung 2	Ausprägung 3	Ausprägung 4	Ausprägung 5	Ausprägung 6
2.0 Morphologischer Kasten technischer Details	2.1 Ventiltechnik Ventile steuern	Werkstoff - Saugseite	Edelstahl	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C	kein Ventil				
		Werkstoff - Druckseite	Edelstahl	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C					
		Ventildeckel	Messing	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C	2-Komponenten Kunststoff mit mitgespritzten Dichtungen, beständig bis ca. 350°C	Zinkdruckguss	kein Ventildeckel - integriert mit Zylinder ausgeführt	kein Ventildeckel - radiale Abströmung	
	2.2 Zylinder Überdruck erzeugen	Ausführung	Zylinderrohr und Zylinderdeckel - 2 Bauteile	Zylinderrohr und Zylinderdeckel integriert als 1 Bauteil ausgeführt	mit Zylinderrohr - Deckel im Housing integriert				
		Verbindungstechnik	Schrauben	einpressen - Bestehende Ausführung	einpressen und axial klemmen - Motor und Kompr.einheit in Housing integriert	mitspritzen			
		Werkstoff - Zylinderrohr	Messing	Alu	Alu eloxiert	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C			
		Werkstoff - Zylinderdeckel	Messing	Alu	Kunststoff - vgl. bestehender Pleuel Werkstoff	Zinkdruckguss			
		Achsversatz	Symmetrisch auf Motorachse	Schrägstellung der Dichtlippe	Schränkung - Versatz Motorachse zu Zylindermittelnachse	Schränkung und Schrägstellung der Zylinderachse			
		2.3 Pleuel Überdruck erzeugen / Belastung standhalten	Werkstoff	Kunststoff Spritzguss	Metall				
	Lager		Rillenkugellager	Nadellager (Pleuel schwimmend gelagert)	Gleitlager statt Kugellager (Pleuel schwimmend gelagert)				
	Ausführung Lagerung		mit Schraube verspannt	schwimmende Lagerung - Doppelzentrier	schwimmende Lagerung - Schraube durch Passstift ersetzt	schwimmende Lagerung - Kurbelscheibe und Zapfen integr. als 1 Bauteil			
	2.4 Verbindungstechnik (excl. Zylinder) Bauteile verbinden	zwischen Motor und Housing	schrauben	kleben	schweißen	klippsen	Presssitz		
		zwischen Housing und Deckel (bzw. 2 teiliges Housing)	schrauben	kleben	schweißen	klippsen	kein Deckel		
	2.5 Anschlüsse Anschlüsse bereitstellen	pneumatischer Anschluss	axiale Aufnahme im Zylinderkopf integriert	modularer Zylinderkopf: radiale Aufnahme im Zylinderkopf integriert	im Housing integriert - axial in Abströmrichtung	im Housing integriert - axial als auch radial			
		E-Kontaktierung	Kabelklemmen	Automotive Stecker direkt am Motor	über Automotive Stecker und Kabel zum Motor				
Befestigungsmöglk.		keine Befestigungsmöglichkeit vorgesehen	Halterung für Montage des Kompressor integrieren						

Abbildung 67: Morphologischer Kasten technischer Details

3.0 Auswahlssystem weiterer Ideen		Idee	FO	HK
3.1 Antrieb	3.1.1	Öffnungen am Motor eliminieren	FO +	○ HK
	3.2 Ventiltechr	Ventilblätter ätzen statt stanzen	FO +	○ HK
3.3 Zylinder		Zylinderrohr mit O-Ringen zum Housing abgedichtet	FO ○	○ HK
3.4 Pleuel		Pleuel und Kolbenboden aus einem Teil	FO ○	○ HK
		Pleuel aus einem Spritzgussteil: Ultraschallschweißen statt Schraubverbindung	FO =	— HK
		Kolbenboden aus alternativem Werkstoff bzw. Herstellverfahren	FO ○	○ HK
3.5 Gehäuse		Gehäuse im Bereich des Zylinderrohrs kürzen und auf notwendige Größe reduzieren	FO ○	+ HK
		Gehäuse separat vom Motor anliefern und montieren	FO ○	— HK
		Isolierung des Kompressorgehäuses mit alternativem Dämpfungsmaterial	FO ○	— HK
3.6 DL-Abfuhr		Querschnittsvergrößerung in DL-Abfuhr	FO +	○ HK
		standardisierter Zylinderkopf - Druckluftschlauch mitliefern	FO +	— HK
3.7 Deckel		Filter in Deckel direkt integriert - Deckel aus Kunststoff als ein Bauteil inkl. Filter	FO ○	+ HK
		Flachdichtung zwischen Deckel und Gehäuse einbauen	FO +	— HK
		Filter zwischen Deckel und Gehäuse klemmen - anstatt Halteplatte	FO =	○ HK
3.8 Anedhlüse		Entkopplung vom Sitzsystem mittels Gummipuffer	FO +	— HK

Abbildung 68: Auswahlssystem weiterer Ideen

Anhang F: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte

Die Legende zu den in Abbildung 69 und Abbildung 70 dargestellten, abweichenden Ausprägungen im morphologischen Konzeptkasten und morphologischen Kasten technischer Details, ist in Tabelle 27 zu finden.


—	<i>Lösungskonzept 1: Cost and Function Optimization</i>
- - -	<i>Lösungskonzept 2: Ultra Function Optimization</i>
	<i>Abweichende Ausprägungen</i>

Tabelle 27: Erläuterungen zu den dargestellten Abweichungen

Im morphologischen Konzeptkasten lassen sich die vier Abweichungen A, B, C, und D identifizieren. Diese resultieren aus den unterschiedlichen Motorvarianten und Drehzahlen bzw. der Ausführung der Ventiltechnik, die hinsichtlich der Lage der Ventile einerseits ähnlich dem bestehenden CSI ausgeführt ist und andererseits im Zylinderkopf.

Im morphologischen Kasten technischer Details lassen sich die zwei abweichenden Ausprägungen E und F identifizieren. Zum einen sind diese wiederum auf die unterschiedlichen Ausführungen der Ventiltechnik rückzuführen, und zum anderen auf die verschiedenen Varianten der Pleuellagerung, welche hierbei nicht weiter erläutert werden.

Parameter 1. Ebene	Parameter 2. Ebene	Aktuelle Ausprägung 1	Ausprägung 2	Ausprägung 3	Ausprägung 4	Ausprägung 5	Ausprägung 6	
1.0 Morphologischer Konzeptkasten	1.1 System Druckluft bereitstellen	Motor BG, Zylinder BG, Pleuel BG	Motor und Kompressoreinheit in Housing integriert	Systemintegr. Luftfeder - Motor und Kompressoreinheit inkl. Housing in Luftfeder integriert				
	1.2 Antrieb Drehmoment erzeugen	Gleichstrommotor (DC)	bürstenloser Gleichstrommotor (BLDC)	bürstenloser Gleichstrommotor (BLDC) Außenläufer	Asynchronmotor			
		Drehzahl Drehmoment	n=5000 [1/min] M=140 [mNm]	Verminderung Drehzahl, Erhöhung Drehmoment				
	1.3 Hubraum Überdruck erzeugen	Wirkende Fläche	d=20mm => A= 314,16 mm ²	Vergrößerung der Fläche				
		Hub	Hub: 13,5 mm	Verminderung des Hubes	Vergrößerung des Hubes			
	1.4 Kolben Überdruck erzeugen / Belastung standhalten		Eigenentwicklung VENTREX (Polytetrafluorethylen)	V-Kolbendichtung	Glydering Dichtung	Memory Dichtmanschette		
	1.5 Ventiltechnik Ventile Steuern	Saugventil	Ventilblatt - kreisrund Führung über Bohrung und Schraube	Zungenventil	Flatterventil geklippt	Mäanderförmiges Saugventil (nur im Zylinderkopf möglich)	Ventilblatt - kreisrund Führung außen vgl. TSC - VENTREX (Liftsystem Porsche)	ohne Ventil
		Druckventil	sternförmiges Ventilblatt	Zungenventil	Pfropfen mit Feder vorgespannt			
		Druck halten	direkt durch Ventilgehäuse	separates Rückschlagventil				
	1.6 Pleuelmontage Baugruppen montieren		Pleuel über Deckelbaugruppe montiert	Pleuelmontage ohne Kolben Pleueldeckel				
1.7 Luftzufuhr Luft zuführen	zum Kompressionsraum	axial im Pleuel	im Zylinderkopf	radial in den Kompressionsraum	axial über die Steuerkante			
	zum System	von außen direkt ins Ansaugvolumen (unter Vorbehalt: Dämpfungselement)	Ansaugung durch den Motor	direkt in Kompressionsraum				
1.8 Druckluftabfuhr Druckluft abführen	vom System	ohne Beruhigungsstrecke/Dämpf.element	Behuhigungsstrecke/Dämpf.element im Housing					
	Ablassventil Druckluft	kein Ablassventil integriert	Aufnahme eines Ablassventiles am Housing integriert	Ablassventil direkt im Housing integriert				
1.9 Housing Schmutz fernhalten		Zinkdruckguss	Kunststoff Spritzguss					
1.10 Kompressionsraum (excl. Kolben) Überdruck erzeugen		Zylinderrohr und Ventildeckel - 2 Bauteile	Zylinderrohr und Ventildeckel integriert als 1 Bauteil ausgeführt	ohne Zylinderrohr (Housing als Lauffläche)	mit Zylinderrohr, Ohne Ventildeckel			

Abbildung 69: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte im morph. Konzeptkasten

Parameter 1. Ebene	Parameter 2. Ebene	Ausprägung 1	Ausprägung 2	Ausprägung 3	Ausprägung 4	Ausprägung 5	Ausprägung 6	
2.1 Ventiltechnik Ventile steuern	Werkstoff - Saugseite	Edelstahl	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C	kein Ventil				
	Werkstoff - Druckseite	Edelstahl	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C					
	Ventildeckel	Messing	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C	2-Komponenten Kunststoff mit mitgespritzten Dichtungen, beständig ca. 350°C	Zinkdruckguss	kein Ventildeckel - integriert mit Zylinder ausgeführt	kein Ventildeckel - radiale Abströmung	
	2.2 Zylinder Überdruck erzeugen	Ausführung	Zylinderrohr und Zylinderdeckel - 2 Bauteile	Zylinderrohr und Zylinderdeckel integriert als 1 Bauteil ausgeführt	mit Zylinderrohr - Deckel im Housing integriert			
		Verbindungstechnik	Schrauben	einpressen - Bestehende Ausführung	einpressen und an Klemmen - Motor und Kompr.einheit im Housing integriert	mitspritzen		
		Werkstoff - Zylinderrohr	Messing	Alu	Alu eloxiert	Kunststoff - beständig bis ca. 350°C		
		Werkstoff - Zylinderdeckel	Messing	Alu	Kunststoff - vgl. bestehender Pleuel Werkstoff	Zinkdruckguss		
	2.3 Pleuel Überdruck erzeugen / Belastung standhalten	Achsversatz	Symmetrisch auf Motorachse	Schrägstellung der Dichtlippe	Schränkung - Versatz Motorachse zu Zylindermitteachse	Schränkung und Schrägstellung der Zylinderachse		
		Werkstoff	Kunststoff Spritzguss					
		Lager	Rillenkugellager	Nadelrollenlager Pleuel schwimmend gelagert	Gleitlager statt Kugellager (Pleuel schwimmend gelagert)			
2.4 Verbindungstechnik (excl. Zylinder) Bauteile verbinden	Ausführung Lagerung	mit Schraube verspannt	schwimmende Lagerung - Doppelsexcenter	schwimmende Lagerung - Schraube über Passstift ersetzt	schwimmende Lagerung - Kurbelscheibe untergeordnet integr. als 1 Bauteil			
	zwischen Motor und Housing	schrauben	kleben	schweißen	klippsen	Presssitz		
	zwischen Housing und Deckel (bzw. 2 teiliges Housing)	schrauben	kleben	schweißen	klippsen	kein Deckel		
2.5 Anschlüsse Anschlüsse bereitstellen	pneumatischer Anschluss	axiale Aufnahme im Zylinderkopf integriert	modularer Zylinderkopf: radiale Aufnahme im Zylinderkopf integriert	im Housing integriert - axial in Abströmrichtung	im Housing integriert - axial als auch radial			
	E-Kontaktierung	Kabelklemmen	Automotive Stecker direkt am Motor	über Automotive Stecker und Kabel am Motor				
	Befestigungsmöglk.	keine Befestigungsmöglichkeit vorgesehen	Halterung für Montage des Kompressor integrieren					

Abbildung 70: Gegenüberstellung der Lösungskonzepte im morphologischen Kasten technischer Details