



Andreas Kohlweiss, BSc

Kostenanalyse und Funktionsoptimierung einer industriellen Schredderanlage

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung

Wirtschaftsingenieurwesen – Maschinenbau

Betreuer:

Dipl.-Ing. Thomas Böhm, BA

Dipl.-Ing. Dr.techn. Hans Schnöll

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Innovation und Industrie Management

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Ramsauer

Graz, März 2017

„Anregungen und Vorschläge zu Verbesserungen sind aus allen Kreisen der Mitarbeiter dankbar entgegen zu nehmen und durch Vermittlung des nächsten Vorgesetzten an die Procura zu befördern, damit diese ihre Prüfung veranlassen“

Alfred Krupp – Erfinder des Ideenmanagements

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.

Graz, am

.....

Unterschrift

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 dissertation.

.....

Date

.....

Signature

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit fand im Rahmen eines Industrieprojektes in Kooperation der Firma Komptech GmbH und dem Institut für Innovation und Industriemanagement statt.

An dieser Stelle gilt mein Dank dem Institutsvorstand des Instituts für Innovation und Industriemanagement, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer, der es mir ermöglichte, diese Diplomarbeit durchzuführen.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei auch bei meinem Betreuer, Dipl.-Ing. Thomas Böhm, welcher mich in die Arbeitsweisen der Wertanalyse einführte, mir stets tatkräftig zur Seite stand und mich geduldig bei den erforderlichen Arbeitsschritten beriet. Weiters gilt mein Dank Dipl.-Ing. Dr.techn. Hans Peter Schnöll, der mit zielorientierter Konsequenz stets die notwendigen Projektsteuerungsschritte vornahm und mich mit seiner Führungskompetenz motivierte.

Allgemein möchte ich mich bei allen Institutsmitarbeitern für die ausgezeichnete Unterstützung in inhaltlichen und organisatorischen Belangen und die freundschaftliche Zusammenarbeit bedanken.

Großer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die stets an mich glaubten und mir meinen Bildungsweg ermöglichten. Widmen möchte ich diese Arbeit meiner Lebensgefährtin Julia. Nur mithilfe deiner Unterstützung konnte ich stets die von mir gesetzten Ziele erreichen.

Abstract

An industrial shredder is a highly complicated industrial machine with an economic value added by about 45 %. The costs for development and manufacturing are in ratio to the number of units build very high and the gross margin is rather low. Generally, the cost pressure in this branch of industry is very high. The aim of the value analysis is to reduce the production costs and to increase the functional performance and the value (per definition of the value analysis). For this purpose, a functional assessment of the components and modules used is carried out to identify any components with a functional overfulfillment and to optimize them if necessary. To precise, the goal was to reduce the manufacturing cost (excluding engine assembly) by 10%.

The procedure is based on the value analysis according to ÖNORM EN 12973. The value analysis is a 10-step, holistic optimization process that can be applied to products or processes. The separate phases are divided into several subtasks. In the introductory phases of the value analysis, the preparation, the project definition and the project planning are taking place. Carrying on, there is a comprehensive data collection of the various sub-areas design, production, sales, service and other relevant areas. This is followed by an analysis of the data, regarding to costs and functions, where cost-critical components of the machine are evaluated in detail. In the next step, the idea collection and generation takes place concerning to the defined targets of the value analysis. After a first selection of the high-potential ideas, a detailed evaluation of the solution ideas takes place by reference to feasibility, costs/benefits, susceptibility to error, return on investment and other parameters. Afterwards holistic solution proposals are being developed, by using the best rated solution ideas. The solution proposals will be presented to the management and they decide about a possible realization.

Based on the implementation of several workshops together with Komptech and periodic presentations of the interim results, a close cooperation of the project partners is ensured, which is the fundamental requirement for achieving the project goals. Through this project, Komptech learns to understand the cost structures and the cost causers and with the implementation of the method value analysis, they are generating valuable knowhow to ensure a long-term competitive advantage.

Kurzfassung

Ein Universalzerkleinerer ist eine hochkomplexe Industriemaschine mit einem Wertschöpfungsgrad von rund 45 %. Die Kosten für Entwicklung und Herstellung sind im Verhältnis zu den verkauften Stückzahlen sehr hoch und der Deckungsbeitrag einer Maschine relativ gering. Allgemein ist der Kostendruck in dieser Branche sehr hoch. Ziel der Wertanalyse ist es sowohl die Herstellkosten zu senken, als auch die Funktionserfüllung und den Wert (per Definition der Wertanalyse) zu erhöhen. Hierzu wird eine Funktionsbeurteilung der verwendeten Bauteile und Module durchgeführt, um etwaige Komponenten mit Funktionsübererfüllung zu identifizieren und gegebenenfalls zu optimieren. Konkret wurden als Ziel eine Reduktion der Herstellkosten (exklusive Motorbaugruppe) von 10 % festgelegt.

Die Vorgehensweise orientiert sich an der Wertanalyse nach ÖNORM EN 12973. Die Wertanalyse ist ein zehn Schritte umfassendes, gesamtheitlich orientiertes Optimierungsverfahren, welches sowohl auf Produkte, als auch Prozesse angewandt werden kann. Die verschiedenen Phasen gliedern sich in mehrere Teilaufgaben. In den einführenden Phasen der Wertanalyse findet die Vorbereitung, die Projektdefinition und die Projektplanung statt. Weiterführend erfolgt eine umfassende Datensammlung der verschiedenen Teilbereiche Konstruktion, Produktion, Vertrieb, Service und weiterer relevanter Bereiche. Im Anschluss erfolgt eine Analyse der Daten, hinsichtlich Kosten und Funktionen, wobei kostenkritische Komponenten der Maschine detailliert untersucht werden. Im nächsten Schritt erfolgt die Ideensammlung bzw. Ideengenerierung hinsichtlich des definierten Ziels der Wertanalyse. Nach einer ersten Selektion der potentialreichen Ideen erfolgt eine detaillierte Bewertung der Lösungsideen, anhand Machbarkeit, Kosten/Nutzen, Fehlernfälligkeit, Return on Invest und weiterer Parameter. Mit den am besten bewerteten Lösungsideen erfolgt im Anschluss die Entwicklung ganzheitlicher Lösungsvorschläge, wobei diese auch die Kompatibilität der verschiedenen Lösungsideen berücksichtigt. Die erarbeiteten Lösungsvorschläge werden der Geschäftsführung präsentiert und diese entscheidet über eine mögliche Realisierung.

Mithilfe mehrerer Workshops zusammen mit Komptech und regelmäßigen Präsentationen der Zwischenergebnisse, wird eine enge Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern sichergestellt, welche die Grundvoraussetzung für das Erreichen der Projektziele darstellt. Komptech lernt durch dieses Projekt die Kostenstrukturen und -verursacher besser zu verstehen und generiert durch die Implementierung der Wertanalyse in die Produktentwicklung wertvolles Knowhow, um langfristig einen Wettbewerbsvorteil zu generieren.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise	3
2	Value Management und Wertanalyse	5
2.1	Value Management	5
2.1.1	Definition	6
2.1.2	Wertekonzept	6
2.1.3	Funktionenkonzept	8
2.1.4	Die Value Management Rahmenstruktur	11
2.2	Wertanalyse	14
2.2.1	Definition	14
2.2.2	Ziele der Wertanalyse	14
2.2.3	Wertanalyse-Objekt	15
2.2.4	Wertanalyse-Team	15
2.2.5	Wertanalyse Arbeitsplan nach DIN EN 12973	16
2.3	Methoden & Tools	23
2.3.1	Funktionenanalyse	23
2.3.2	SWOT-Analyse	25
2.3.3	Benchmarking	26
2.3.4	Pareto – ABC-Analyse	28
2.3.5	Nutzwertanalyse	29
2.3.6	Brainstorming	30
2.3.7	Brainwriting	31
3	Durchführung der Wertanalyse	32
3.1	Phase 0 „Vorbereitung des Projektes“	32
3.2	Phase 1 „Projekt-Definition“	32
3.2.1	Wertanalyse – Objekt „Axtor 4510“	32

3.2.2	Randbedingungen	33
3.2.3	Projektziele	34
3.3	Phase 2 „Planung“	34
3.3.1	Zusammenstellung des Projektteams	34
3.3.2	Zeitlicher Projektablauf	36
3.4	Phase 3 „Umfassende Daten über die Studie sammeln“	38
3.4.1	Hauptanforderungen laut Lastenheft	38
3.4.2	CAD-Daten	39
3.4.3	Daten für Kosten- und Gewichtsanalyse	40
3.4.4	Strukturierung in Arbeitspakete	41
3.4.5	Benchmark	42
3.4.6	SWOT Analyse des Universalzerkleinerers	59
3.5	Phase 4 „Funktionenanalyse/Kostenanalyse/Detailanalyse“	63
3.5.1	Kostenanalyse	64
3.5.2	Gewichtsanalyse	70
3.5.3	Funktionenanalyse	72
3.5.4	Detailanalyse Vorfahreineinrichtung	83
3.5.5	Festlegen der Detailziele	89
3.6	Phase 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“	93
3.6.1	Workshop – Ideenfindung	93
3.6.2	Erweitertes Ausarbeiten von Ideen des Ideenworkshops	99
3.6.3	Erweiterte Ideenfindung	99
3.6.4	Ideensammlung im Verlauf des Wertanalyseprojekts	100
3.6.5	Erstellung des Ideenkatalogs	101
3.7	Phase 6 „Bewerten von Lösungsideen“	103
3.7.1	Vorgehen „Bewerten von Lösungsideen“	103
3.7.2	Selektion der Ideen mit großem Potential	104
3.7.3	Nutzwertanalyse zur Ideenbewertung	105
3.7.4	Sensitivitätsanalyse Ergebnis Nutzwertanalyse	108
3.8	Phase 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“	110

3.8.1	Lösungsvorschlag 1 – Cost- and Weight-Effectiveness	110
3.8.2	Lösungsvorschlag 2 – Axtor Evolution	120
3.9	Phase 8 „Präsentation der Vorschläge“	128
3.10	Phase 9 „Realisierung“	128
4	Zusammenfassung und Ausblick	129
5	Verzeichnisse	131
5.1	Quellenverzeichnis	131
5.2	Online Quellen.....	133
5.3	Abbildungsverzeichnis.....	135
5.4	Tabellenverzeichnis.....	139
5.5	Abkürzungsverzeichnis.....	141
6	Anhang A	A-1
6.1	Gliederung nach Arbeitspaketen	A-1
6.2	Vergleich der technischen Daten – Benchmark.....	A-11
6.3	Funktionserfüllungsgrade.....	A-13
6.4	Vorfahreinrichtung – Konzepte für Detailanalyse	A-18
6.5	Einzelergebnisse Ideenbewertung für Nutzwertanalyse	A-26
7	Anhang B - Funktionskostenmatrix.....	B-1

1 Einführung

Die Wertanalyse nach ÖNORM EN 12973 ist ein Optimierungsverfahren¹, welches häufig während einer Produktentwicklung oder Prozessgestaltung Anwendung findet. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde die Wertanalyse auf einen sich in der Entwicklungsphase befindenden Universalzerkleinerer angewendet. Folgend wird die Ausgangssituation, die Aufgabenstellung und die Vorgehensweise genauer beschrieben.

1.1 Ausgangssituation

Die Komptech GmbH ist ein führender internationaler Technologieanbieter von Maschinen und Systemen für die mechanische und biologische Behandlung fester Abfälle und für die Aufbereitung holziger Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Die Modellpalette umfasst mehr als 30 verschiedene Maschinentypen der Kategorien Vorzerkleinerer, Universalzerkleinerer, Umsetzer, Trommelsiebe, Sternsiebe, Scheibensiebe und Steinseparatoren.²

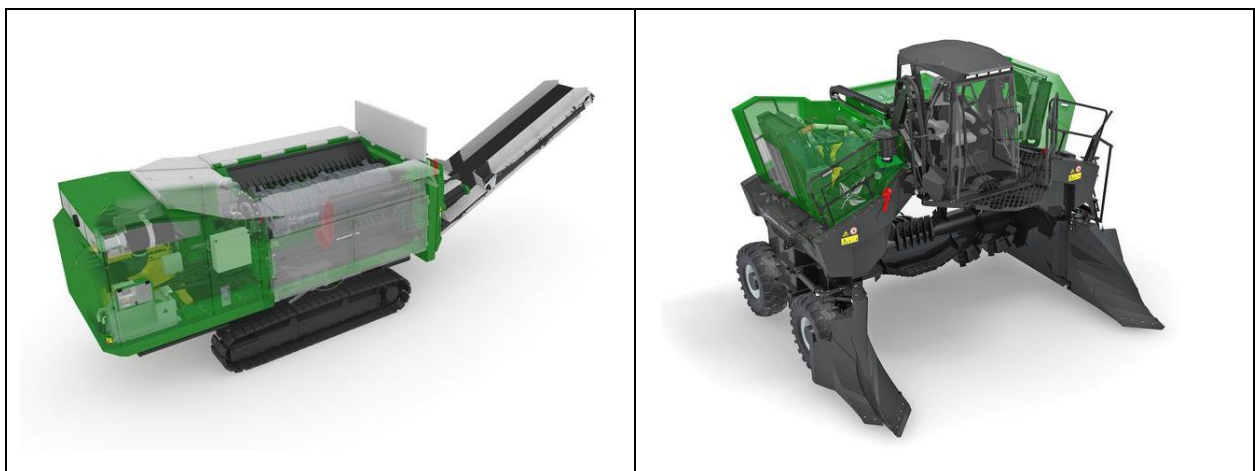


Abbildung 1.1-1: Komptech Terminator / Komptech Topturn X4500³

Abbildung 1.1-1 zeigt mit dem Vorzerkleinerer Terminator und dem Kompostumsetzer Topturn X4500 einen Auszug aus der Modellpalette.

¹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.111

² vgl. www.komptech.com, Zugriffsdatum: 13.03.2018

³ vgl. www.komptech.com, Zugriffsdatum: 13.03.2018



Abbildung 1.1-2: Montagehalle Komptech GmbH in Frohnleiten⁴

Im Montagewerk in Frohnleiten (siehe Abbildung 1.1-2) findet einerseits die Endmontage aller Maschinentypen statt, andererseits werden im Entwicklungszentrum neue Maschinenkonzepte verwirklicht. Die Produktion der Maschinenkomponenten teilt sich auf in Auftragsfertigung bei Farmtech (Schwesterunternehmen von Komptech mit Sitz in Slowenien), unternehmensexterne Fertigung und bereits bestehende Zukaufkomponenten. Der Vertrieb der Maschinen erfolgt über ein internationales Vertriebsnetz, wobei bis auf den mitteleuropäischen Raum kein Direktvertrieb angeboten wird, sondern mit lokalen Importpartnern zusammengearbeitet wird. Um im internationalen Wettkampf auch weiterhin zu bestehen, entstand im Jahr 2007 in St. Michael bei Leoben das Komptech Research Center, welches sich ausschließlich mit Forschung und Entwicklung, sowie Maschinenprüfläufen befasst. Mitunter findet im Research Center die Entwicklung eines neu konzipierten schnelllaufenden Universalzerkleinerers mittlerer Leistungsstufe mit der Modellbezeichnung „Axtor 4510“ statt. Aufgrund des Entwicklungsstands bietet der „Axtor 4510“ die optimale Basis für eine wertanalytische Betrachtung.

⁴ vgl. www.komptech.com, Zugriffsdatum: 13.03.2018

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Das Primärziel dieser Arbeit ist die Anwendung einer Wertanalyse nach ÖNORM EN 12973 auf den sich in Entwicklung befindlichen Universalzerkleinerer „Axtor 4510“ zur Identifizierung von Einsparungspotential hinsichtlich Herstell- und Montagekosten. Mit der Durchführung einer ABC-Kostenanalyse sollen die Kostentreiber identifiziert werden und über eine Funktionenanalyse mögliche übererfüllte Funktionen und Funktionsträger gefunden werden. Ausgehend von den aus den Analysen abgeleiteten Optimierungspotentialen sollen in einer kreativen Phase mögliche Lösungsideen generiert werden und folglich zu konkreten, wertsteigernden Lösungsvorschlägen verdichtet werden. Prozentual wurde eine Herstellkostenreduktion von 10 % exklusive Motorbaugruppe als Grobziel definiert. Als weiteres Projektziel wurde die Erstellung eines allgemein gültigen Funktionenbaums für Universalzerkleinerer definiert. Da sich der „Axtor 4510“ bereits in einem fortgeschrittenen Entwicklungszustand befindet, sind bei manchen Maschinenkomponenten keine Optimierungspotentiale mehr zu erwarten, daher wird neben der spezifischen Suche nach Lösungsideen auch nach allgemeinen Lösungsideen gesucht, welche die Art und Weise der Funktionserfüllung hinterfragen. Die Realisierung von möglichen Lösungsvorschlägen ist kein Bestandteil der Zielsetzung und obliegt Komptech.

Mit der erstmaligen Durchführung einer Wertanalyse bei Komptech ist es darüber hinaus denkbar, dass sich weitere Anwendungsgebiete innerhalb der Produktentwicklung finden lassen und das Wertanalyseverfahren in Teilbereichen des Unternehmens integriert werden kann.

1.3 Vorgehensweise

Der grundsätzliche Projektablauf orientiert sich am Wertanalyse-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973 und gliedert sich in die in Abbildung 1.3-1 dargestellten Arbeitsschritte. Phase 0 - „Vorbereitung des Projekts“ und Phase 1 – „Projekt-Definition“ werden bereits vor dem Projektstart bearbeitet. Der Kick-Off Termin, welcher den offiziellen Projektstart definiert, erfolgt in Phase 2 – „Planung“. Im Verlauf Kick-Off-Meetings werden die Zielsetzungen sowie die zeitliche und inhaltliche Vorgehensweise abgestimmt. Weiters werden im Projektverlauf Workshops zur Funktionenanalyse und zur Ideenfindung bzw. -bewertung durchgeführt, in welchen die Projektbeteiligten seitens Komptech und Institut für Innovation und Industriemanagement in intensiver Zusammenarbeit die jeweilige Aufgabenstellung bearbeiten. Als weitere Milestones

werden Check-Point-Meetings definiert, bei welchen unter Anwesenheit der Projektleitung die Projektfortschritte präsentiert werden. In Phase 8 werden die erarbeiteten Lösungsvorschläge der Projektleitung präsentiert und der Projektbericht wird übergeben, womit das Projekt aus Sicht des Instituts für Innovation und Industriemanagement endet. Die in Phase 9 „Realisierung“ angedachte Umsetzung der Lösungsvorschläge wurde nicht als Bestandteil des Projekts definiert und obliegt Komptech.

Während des gesamten Projektablaufs ist es wichtig, dass ein zwischenzeitlicher Kontakt der Projektmitarbeiter in Form von Abstimmungsterminen möglich ist, um die einzelnen Projektphasen optimal zu bearbeiten und den gewünschten Projektfortschritt zu erzielen.

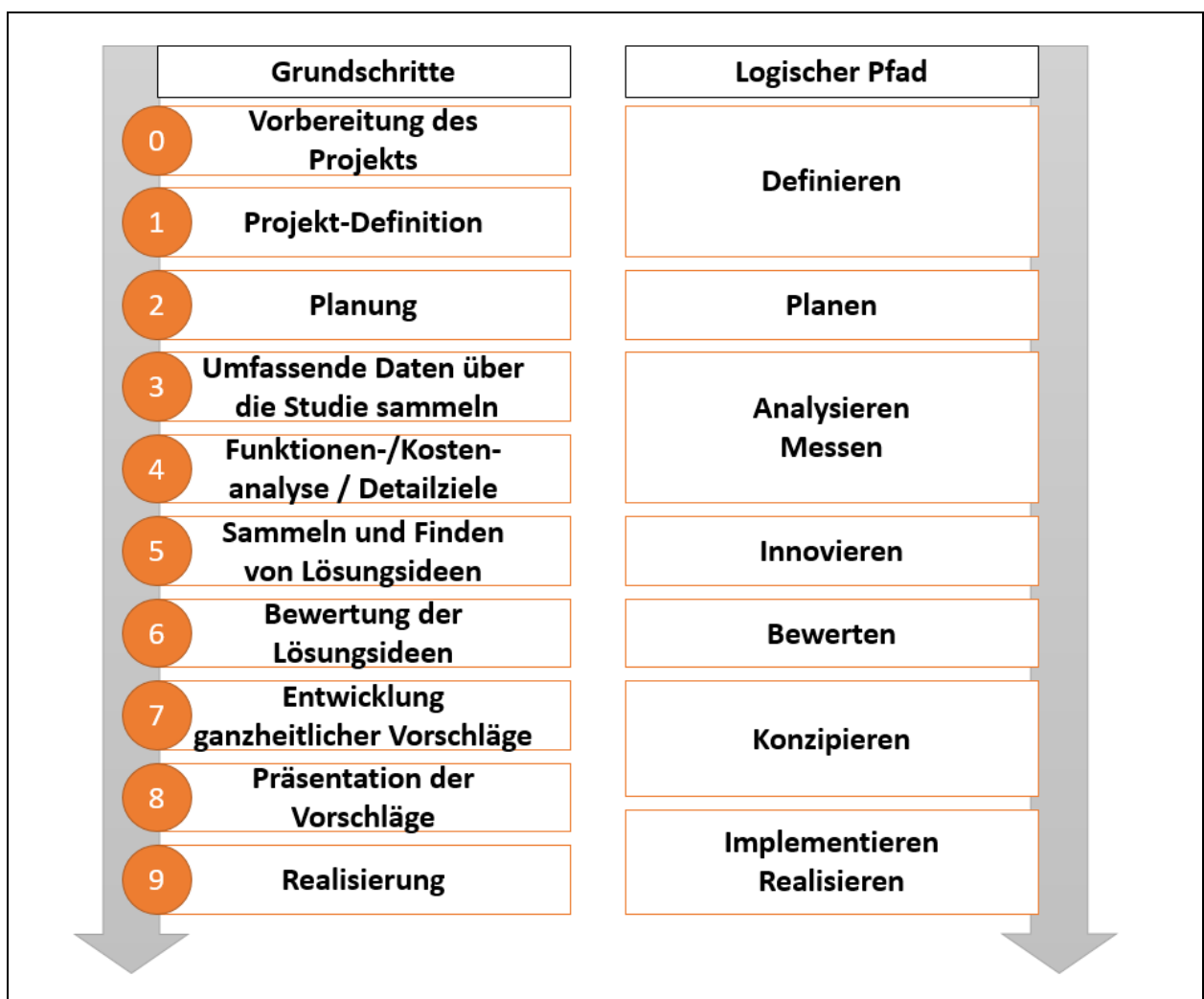


Abbildung 1.3-1: 10-Schritte Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973⁵

⁵ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 40 (eigene Darstellung)

2 Value Management und Wertanalyse

Im folgenden Kapitel werden die grundlegenden Prinzipien, Definitionen und Vorgehensweisen des Value Managements und in weiterer Folge das spezifische Tool „Wertanalyse“ detailliert erklärt und vorgestellt. Auch wird auf die verschiedenen Anwendungsgebiete eingegangen und die Grundsätze des Werte- und Funktionenkonzepts werden erläutert. Am Rande werden die in der Wertanalyse verwendeten Tools und Methoden näher beschrieben.

2.1 Value Management

Value Management basiert auf einem besonderen Wertekonzept. Hierbei besteht eine Beziehung zwischen der Befriedigung von Bedürfnissen und den dafür eingesetzten Ressourcen. Je weniger Ressourcen für die Befriedigung von Bedürfnissen eingesetzt werden müssen, desto höher ist der Wert. Je nach Anspruchsgruppe, Stakeholder oder interne bzw. externe Kunden definiert sich der Wert anders. Value Management setzt sich zum Ziel, diese Unterschiede der Wertdefinition zu harmonisieren und miteinander in Einklang zu bringen. Mithilfe der Methode Value Management soll für eine Organisation nachhaltig die Möglichkeit bestehen, den größtmöglichen Fortschritt in Hinblick auf die festgelegten Ziele zu erreichen.⁶

Der Value Management - Ansatz umfasst drei wesentliche Grundsätze:⁷

- ▶ *„Ein ständiges Bewusstsein dessen, was Wert für die Organisation bedeutet, wobei Mess- oder Schätzgrößen für den Wert erstellt, überwacht und gelenkt werden.“*
- ▶ *„Eine Konzentration auf Ziele und Sollvorgaben, bevor mit der Lösungssuche begonnen wird.“*
- ▶ *„Eine Konzentration auf Funktionen als Schlüssel für die Maximierung innovativer und praktikabler Ergebnisse.“*

⁶ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 11

⁷ ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 8

2.1.1 Definition

Value Management wird laut ÖNORM EN 129773 wie folgt definiert:⁸

„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.“

Auf der Führungsebene angewandt, basiert VM auf einer wertorientierten Organisationskultur unter Berücksichtigung des Wertes aus Stakeholder- sowohl als auch aus Kundensicht. Auf der Ausführungsebene angewandt ($\hat{=}$ projektorientierten Aktivitäten) werden mittels VM geeignete Methoden und Werkzeuge angewandt.⁹

2.1.2 Wertekonzept

Im Value Management wird unter dem Begriff Wert eine qualitative Wertung einer Sache verstanden. Wie in Abbildung 2.1-1 dargestellt, beschreibt der Wert die Relation zwischen Befriedigung von Bedürfnissen und dem Einsatz von Ressourcen. Dabei beschreibt α , dass es sich um eine Gegenüberstellung der beiden Größen handelt. Durch das Abwägen der beiden Größen soll jene Relation gefunden werden, die den größten Nutzen mit sich bringt.¹⁰

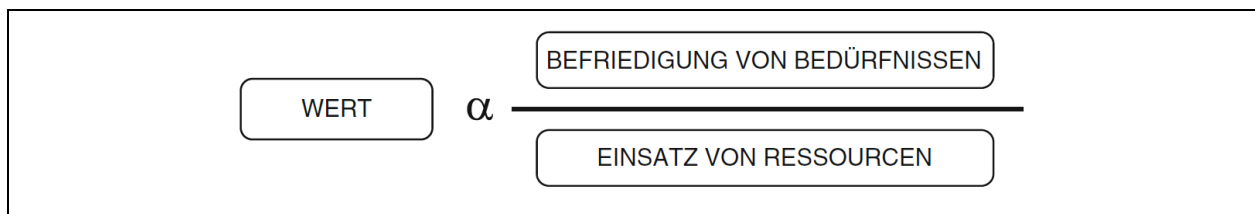


Abbildung 2.1-1: Definition des Wertes¹¹

Nach EN 1325-1 wird als Bedürfnis das vom Benutzer Benötigte oder Gewünschte definiert. Aus Managementsicht definiert sich der Begriff situationsabhängig. Der umfassende Begriff Gesamtbedürfnis kann unterteilt werden in Gebrauchsbedürfnisse und Geltungsbedürfnisse. Gebrauchsbedürfnisse beziehen sich auf messbare bzw. körperliche Aktivitäten. So soll für den Produktionsmanager bspw. die Einkaufsabteilung

⁸ ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 8

⁹ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 8

¹⁰ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 14

¹¹ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 14

über Abläufe verfügen, welche es der Organisation ermöglichen, Rohmaterialien und andere benötigte Ressourcen zu den besten Konditionen zu beschaffen. Geltungsbedürfnisse hingegen sind subjektiv oder moralisch zu bewerten. Ein Bsp. hierfür liefert die Einkaufsabteilung, welche die Eigenschaft haben sollte, Menschen zu motivieren, um mit ihr Geschäfte zu machen.¹²

In Abbildung 2.1-2 werden unterschiedliche Möglichkeiten dargestellt, um den Wert zu steigern. Wichtig ist hierbei, dass der Wert überproportional anwächst, d.h. es kann auch mit steigenden Ressourcen eine Wertsteigerung erzielt werden. So ist es zum Bsp. möglich den Ausstoß einer Produktion durch die Vergrößerung der Betriebsanlagen oder durch die Erhöhung des Automatisationsgrades zu realisieren. In beiden Fällen wird eine Wertsteigerung erzielt, jedoch mit unterschiedlichem Ressourceneinsatz. Wenn die Bedürfnisbefriedigung und der der Ressourceneinsatz quantifizierbar ausfallen, ist somit ein direkter Vergleich der beiden Varianten anhand des Wertes möglich.¹³

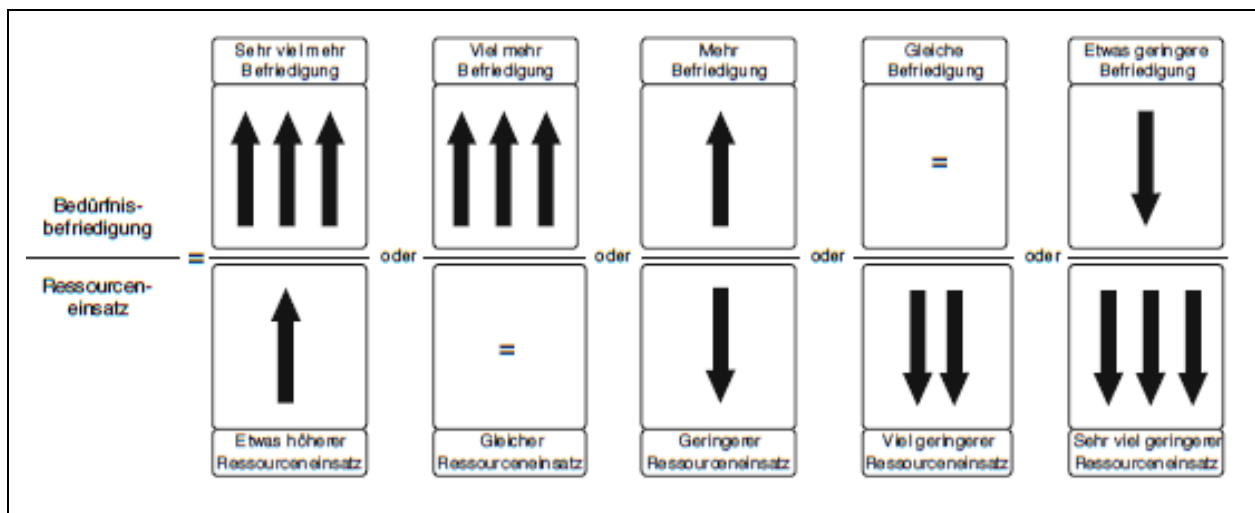


Abbildung 2.1-2: Möglichkeiten der Wertsteigerung (DIN EN 12973 2000)¹⁴

Damit mit Value Management entscheidende Verbesserungen erreicht werden können, wird ein effektives Zielmanagement benötigt. Die Zielfestlegung und die Kontrolle der Zielerreichung obliegt der Verantwortung des Managements. Auf strategischer Ebene sind wertbezogen definierte Ziele erforderlich um etwaige Detailziele auf den jeweiligen untergeordneten Verantwortungsbereichen zu formulieren.¹⁵

¹² vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 8

¹³ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 15

¹⁴ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 16

¹⁵ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 13

2.1.3 Funktionenkonzept

Das Funktionenkonzept vertritt den Grundgedanken, dass der Kunde nicht das Objekt als solches haben möchte, sondern dessen Funktionen. Am Beispiel eines Getränkehalters für einen PKW erklärt, geht es dem Benutzer nicht darum den Getränkehalter sein Eigen zu nennen, sondern die gegebenen Funktionen des Getränkehalters benutzen zu können, zum Bsp. „Getränkedose fixieren“ oder „Getränkeverlust verhindern“. Mithilfe der Funktionenbetrachtung ist es möglich, sich von der Lösungsebene, welche zumeist subjektiv belegt ist, zu lösen und auf Basis der funktionalen Ebene nach neuen Lösungsideen zu suchen.¹⁶ Bspw. in der Anwendung der Wertanalyse wird zumeist von einem „Denken und Arbeiten mit Funktionen“ gesprochen.¹⁷

Im Folgenden wird der Begriff „Funktion“ und das Funktionenkonzept ausgehend von der Funktionenbeschreibung bis hin zum Funktionenbaum detailliert beschrieben.

2.1.3.1 Funktionenbegriff

Nach EN 1325-1 definiert wird die „Funktion“ als

„Wirkung eines Produktes oder eines seiner Bestandteile“¹⁸

beschrieben. In der Funktionenanalyse nach Akiyama bezieht sich die Wirkung nicht nur auf Produkte, sondern allgemeiner auf „Dinge“. Hier gibt es mehrere Möglichkeiten den Begriff „Ding“ zu deuten. Während man materielle Gegenstände als statisch bzw. fest ansieht, werden immaterielle Dinge hingegen als wahrnehmbare Erscheinungen verstanden. Somit bezieht sich in der Funktionenanalyse der Begriff „Funktion“ auf die Tätigkeiten oder Verrichtungen von dynamischen, ineinandergreifenden, prozessorientierten Dingen.¹⁹

Die objektive Beschreibung von Bedürfnissen erfolgt durch funktionale Anforderungen. Dabei sind diese funktionalen Anforderungen als „Nutzerbezogene Funktionen“ zu behandeln und beschreiben jene Eigenschaften, welche einen Teil der Bedürfnisse des Nutzers erfüllen. Die „Nutzerbezogenen Funktionen“ werden durch produktinterne Funktionen des Produktes erfüllt. Man spricht von „Produktbezogenen Funktionen.“²⁰

¹⁶ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 5

¹⁷ vgl. VDI 2800, Ausgabe 2000, S. 8

¹⁸ ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 15

¹⁹ vgl. Akiyama (1994), S. 25

²⁰ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 15

2.1.3.2 Funktionenbeschreibung

Funktionen werden durch ein Substantiv (Hauptwort) und ein Verb (Tätigkeitswort) beschrieben. Eine lösungsneutrale und zielführende Formulierung ist dabei unumgänglich. Ein nicht lösungsneutrales Beispiel hierfür wäre die Funktion „Bleche miteinander verschrauben“. Neutral formuliert man die Funktion mit „Teile verbinden“.²¹

Um nun die Funktion eines Objekts zu benennen muss ausgehend von der Frage „Was ist seine Wirkung?“ eine Antwort mit dem Objekt und einem zugehörigen Verb gefunden werden. Somit kann in der Funktionenanalyse von einem verbalen Modell gesprochen werden. Das verbale Modell ermöglicht ein klares Bestimmen jeder Funktion, macht die Funktion allgemein verständlich und unterstützt die Ideenfindung.²²

In weiterer Folge sollen Funktionen quantifizierbar sein. Mit der Verwendung von Messdaten oder anderen messtechnischen Größen wird gewährleistet, dass geforderte Bedingungen klar definiert sind und eingehalten werden können.²³ Tabelle 2.1-1 zeigt einen Überblick über mögliche wirkungsbestimmende Größen.

Funktionen	Wirkungsbestimmende Größen
Kraft aufnehmen	Druck 150 N
Strom leiten	Nennstrom 20 mA
Daten speichern	160 KByte

Tabelle 2.1-1: Wirkungsbestimmende Größen²⁴

2.1.3.3 Funktionenarten

Funktionen können anhand ihrer Wirkung in zwei Arten unterschieden werden:²⁵

- ▶ „Gebrauchsfunktion, als Funktion eines Objektes, die seiner technischen und/oder wirtschaftlichen Nutzung dient“
- ▶ „Geltungsfunktion, als Funktion eines Objektes, die über die Gebrauchsfunktion hinausgeht“

²¹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 58

²² vgl. Akiyama (1994), S. 58

²³ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 59

²⁴ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 59

²⁵ Wohinz (1983), S. 33

Je nach Objekt bzw. Produkt unterscheidet sich der Anteil an Gebrauchs- oder Geltungsfunktion signifikant. Investitionsgüter zeichnen sich bspw. durch einen sehr hohen Anteil an Gebrauchsfunktionen aus, während bei Schmuck bzw. Luxus-Gütern die Geltungsfunktionen überwiegen.²⁶

2.1.3.4 Funktionenklassen

Damit die ermittelten Funktionen gegliedert werden können, unterscheidet man zwischen Haupt- und Nebenfunktionen. Unter der Hauptfunktion versteht man den Verwendungszweck eines Objektes. Die Erfüllung der Hauptfunktion ist unerlässlich. Die Nebenfunktionen beschreiben weitere notwendige Aufgaben zur Unterstützung der Hauptfunktion. Die Nebenfunktionen selbst sind zumeist bereits über die Art des Lösungskonzepts definiert. Die Anzahl der Nebenfunktion gibt auch Aufschluss über die Komplexität des verwendeten Lösungskonzeptes. Da die Nebenfunktionen teilweise für den Abnehmer des Produktes als Entscheidungskriterium wirken kann, ist in manchen Fällen eine weitere Unterteilung in abnehmerorientierte Nebenfunktionen und herstellerorientierte Nebenfunktionen sinnvoll. Die abnehmerorientierte Nebenfunktion soll für den Kunden eindeutig erkennbar sein und als unterstützende Produktfunktion wirken. Die herstellerorientierte Nebenfunktion dient zur Umsetzung der Hauptfunktionen und wird durch die technische Umsetzung vom Hersteller definiert.²⁷

Das Strukturieren der jeweiligen Funktionen in den unterschiedlichen Funktionenklassen dient dem Aufzeigen der Beziehungen zwischen den einzelnen Haupt- und Nebenfunktionen. Die graphische Interpretation dieser Struktur ist der „Funktionenbaum“ und verbindet die Funktionen aufgrund der Wie-Warum-Logik.²⁸

2.1.3.5 Funktionenbaum

Der Funktionenbaum setzt sich aus allen Funktionen des jeweiligen Objektes zusammen und ist üblicherweise hierarchisch aufgebaut. Am linken Rand werden die Gesamtfunktionen angeführt, welche sich nach rechts hin in die Nebenfunktionen und die Nebenfunktionen 2. Ordnung aufteilen. Der Detaillierungsgrad nimmt von links nach rechts zu. Durch die Interpretation des Funktionenbaums von links nach rechts wird die

²⁶ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 60

²⁷ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 61f

²⁸ vgl. Akiyama (1994), S. 66

Frage: „Wie wird die Hauptfunktion realisiert?“ beantwortet. Von rechts nach links betrachtet stellt sich die Frage: „Warum wird die Nebenfunktion benötigt.“²⁹

In Abbildung 2.1-3 ist der schematische Aufbau eines allgemein gehaltenen Funktionenbaums mit der entsprechenden hierarchischen Gliederung graphisch dargestellt.

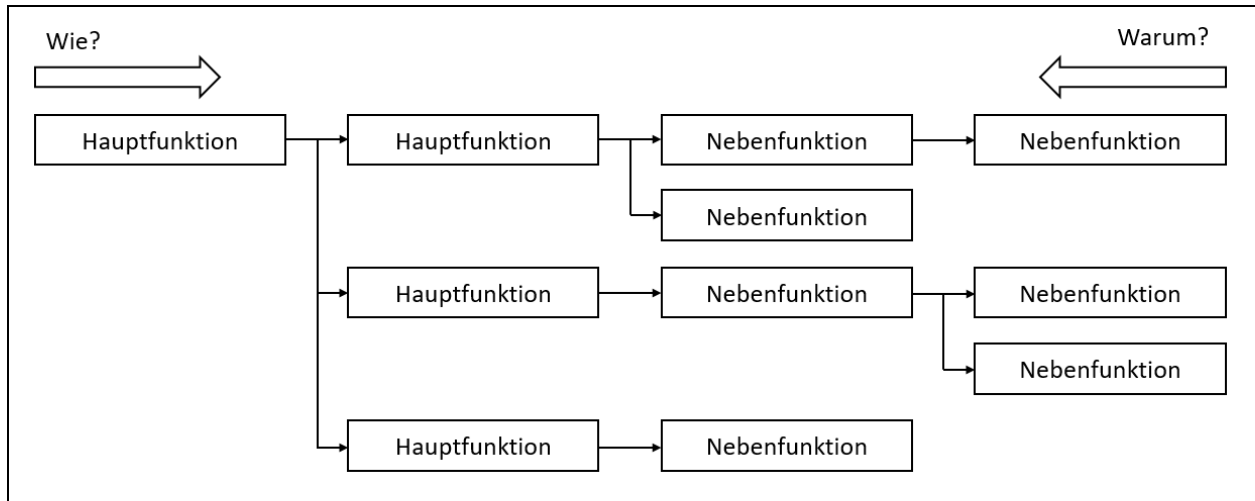


Abbildung 2.1-3: Schematischer Aufbau eines Funktionenbaums³⁰

2.1.4 Die Value Management Rahmenstruktur

Zur erfolgreichen Anwendung von Value Management in einer Unternehmung, ist eine definierte Rahmenstruktur erforderlich. Diese setzt sich aus den folgenden Bausteinen zusammen:³¹

- ▶ Wertkultur
- ▶ Value Management Grundsätze
- ▶ Value Management Programm und Organisation
- ▶ Durchführung von Value Management Studien
- ▶ Schulung

²⁹ vgl. Lingohr und Kruschel (2011), S. 34f

³⁰ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 63 (eigene Darstellung)

³¹ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 20

Abbildung 2.1-4 stellt dar, wie die einzelnen Bausteine der Value Management Rahmenstruktur ineinandergreifen und welche Wechselbeziehungen mit der allgemeinen Managementstruktur bestehen.

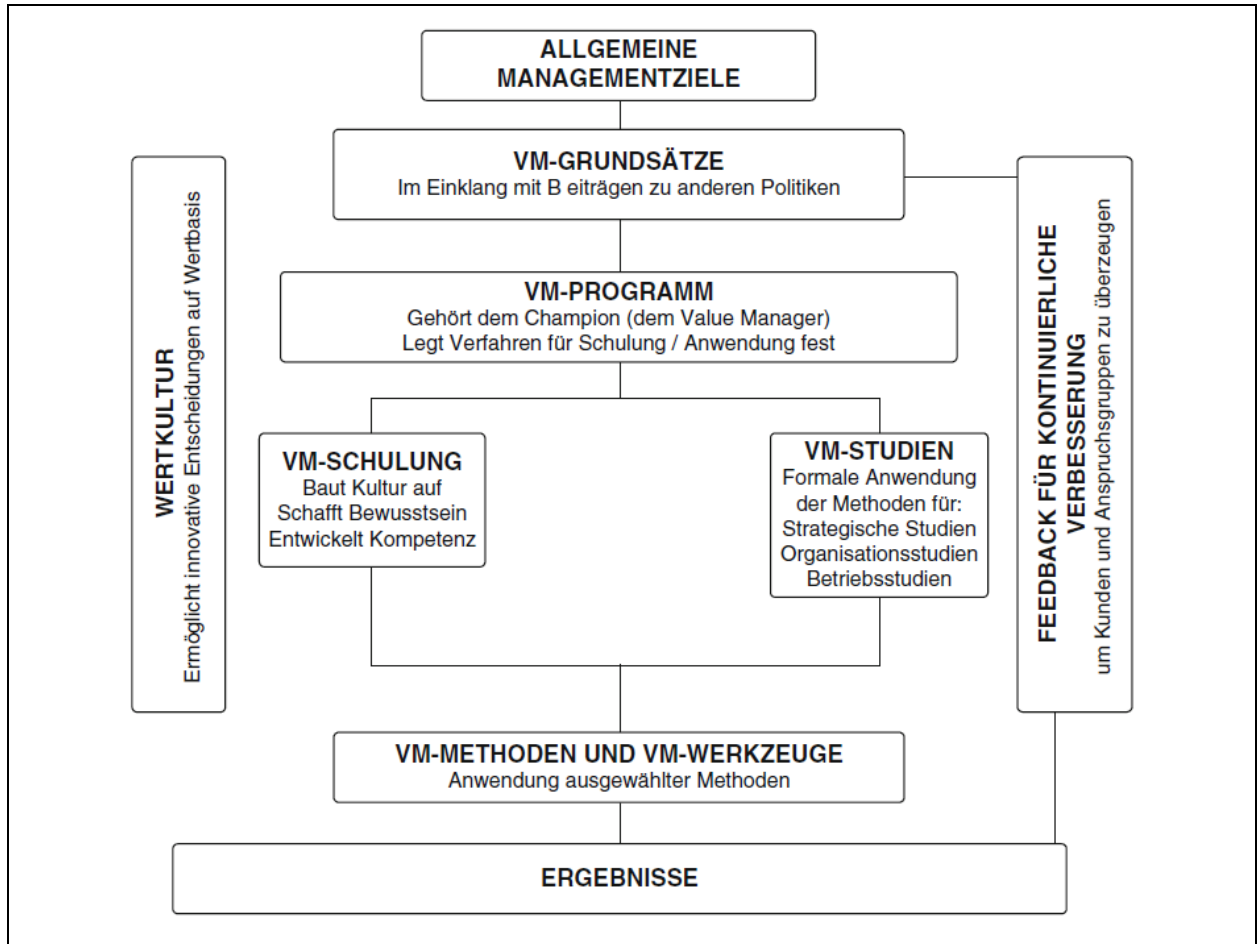


Abbildung 2.1-4: Value Management Rahmenstruktur³²

Die Wertkultur ist für alle Ebenen einer Organisation essenziell, obgleich sie in den Value Management-Prozess eingebunden wird oder nicht. Die Wertkultur zeigt sich auch im Verhalten der Organisation bei Abwicklung von Geschäften oder der Herangehensweise von Mitgliedern bei neuen Herausforderungen oder Chancen. Die Kultur gibt allgemein ein Denken und ein Bewusstsein dafür vor, wie Wert in der gesamten Organisation definiert wird.³³

Die Value Management Grundsätze sind mit Richtlinien zu vergleichen, welche es ermöglichen Value Management in einer Unternehmung praktisch umzusetzen. Die Grundsätze richten sich nach den Unternehmenszielen auf Topmanagementebene aus

³² ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 21

³³ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 22

und können somit auch auf alle anderen Aktivitäten und Ziele der Unternehmung angewandt werden.³⁴

Unter dem Value Management Programm versteht man jene Aktivitäten, welche für die Einführung, Entwicklung und Aufrechterhaltung der Value Management-Grundsätze dienen. Die Planung und Entwicklung des Programmes sollte vom Value Manager übernommen werden, welcher alleinig die Verantwortung tragen sollte.³⁵

Bei der Durchführung einer Value Management Studie werden eine oder mehrere Methoden des Value Management auf ein spezifisches Produkt angewandt. Das Objekt kann ein Produkt, ein Prozess oder auch eine Dienstleistung sein. Zu Beginn der Studie müssen die Ziele klar definiert und nach Möglichkeit auch quantifizierbar sein. Je nach Studie kann es sich dabei um spezifische Ziele oder allgemeine, an die Managementvorgaben angelehnte Ziele handeln. Die Vorgehensweise richtet sich nach einem vordefinierten Value Management-Arbeitsplan.³⁶

Ein weiteres Schlüsselkriterium ist die Ausbildung der Mitarbeiter in den entsprechenden Methoden. Bevor eine Studie durchgeführt wird, sollte innerhalb des Unternehmens das entsprechende Knowhow vorhanden sein. Die Schulung ist einerseits wichtig, um ein Entfalten der Wertkultur innerhalb des Unternehmens zu ermöglichen und andererseits um die erforderlichen Fähigkeiten und die Managementkompetenz zu entwickeln.³⁷

³⁴ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 21

³⁵ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 22

³⁶ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 22ff

³⁷ Vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 25

2.2 Wertanalyse

Die Wertanalyse ist eine spezifische Methode innerhalb des Value Managements, um den Wert eines Objektes zu steigern.³⁸ Im Folgenden werden zuerst die Grundbegriffe und Definitionen der Wertanalyse dargestellt, bevor anschließend auf den Wertanalyse-Arbeitsplan genauer eingegangen wird.

2.2.1 Definition

Laut „Zentrum Wertanalyse“ lautet die Definition der Wertanalyse wie folgt:³⁹

„Wertanalyse lässt sich beschreiben 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.“

Allgemein wird darunter ein universell anwendbares Problemlösungssystem verstanden, welches einen kooperativen Arbeitsstil voraussetzt und eine logische Vorgehensweise sicherstellt und findet bei interdisziplinären komplexen Problemen Anwendung.⁴⁰ Voraussetzungen für die Wertanalyse sind flexibles Denken und Unvoreingenommenheit. Die Wertanalyse verbindet einen wertorientierten Analyseprozess mit einem kreativ schöpferischen Syntheseprozess und kann darüber hinaus für eine Organisation als allgemeiner Veränderungsprozess fungieren.⁴¹

2.2.2 Ziele der Wertanalyse

Allgemein formuliert sind die Ziele von wertanalytischen Prozessen bedarfsgerechte, marktfähige Leistungen, die der Empfänger der Leistung hinsichtlich Qualität, Funktionalität, Menge etc. akzeptiert. Unter einem Leistungsempfänger versteht man sowohl Käufer von Waren und Dienstleistungen oder aber Mitarbeiter innerhalb einer Organisation, die Leistungen von den organisationsinternen Schnittstellen empfangen. In öffentlichen Einrichtungen würde sich der Bürger als Leistungsempfänger verstehen.⁴²

³⁸ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 27

³⁹ VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 16

⁴⁰ vgl. Herr und Bronner (2006), S. 2

⁴¹ vgl. VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 10

⁴² vgl. VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 9

Für ein Unternehmen ist das vorrangige Ziel die Optimierung des Unternehmenswertes. So wäre bspw. durch die Entstehung von kostengünstigeren Produkten, optimierten Prozessen oder Dienstleistungen ein höherer Gewinn als Ziel der Wertanalyse zu sehen. Die Ziele der Wertanalyse werden im Vorhinein des Projekts definiert und in der Regel quantifizierbar gewählt.⁴³

2.2.3 Wertanalyse-Objekt

Unter dem Wertanalyse-Objekt versteht man einen entstehenden oder bereits bestehenden Funktionsträger, auf den ein Wertanalyse-Prozess angewendet werden soll. Unter einem Funktionsträger versteht man ein Objekt bzw. Produkt, welches bestimmte Funktionen wie Kundenwünsche oder technische Voraussetzungen besitzen muss. Wertanalyse-Objekte können bspw. ein Produkt, eine Dienstleistung, Betriebsmittel, Organisations- und Verwaltungsabläufe oder Informationsprozesse sein. Wichtig dabei ist, dass sich die Anwendungsneutralität im Wertanalyseobjekt wiederfindet.⁴⁴

Bei einem Gegenstand als Wertanalyseobjekt geht es meist um die Optimierung des Kunden- bzw. Anwendernutzens oder der Rationalisierung eines Herstellungsprozesses. In diesem Zusammenhang spricht man von einer Wertverbesserung. Wird hingegen ein neues Produkt bzw. eine neue Dienstleistung entwickelt oder Abläufe in einer Organisation werden erstellt, so wird dies als Wertgestaltung bezeichnet. Der Unterschied gestaltet sich im Ablauf der Wertanalyse. Bei Wertverbesserungsprojekten liegt bereits ein IST-Zustand des WA-Objektes vor und der SOLL-Zustand kann zu Beginn in der Zieldefinition formuliert werden. Im Falle von Wertgestaltungsprojekten ist die Beschreibung des SOLL-Zustandes meist erst im Lauf des Projekts möglich.⁴⁵

2.2.4 Wertanalyse-Team

Aufgrund des ganzheitlichen Denkansatzes erfordert die Wertanalyse ein aus bereichsübergreifend ausgewählten Mitarbeitern bestehendes Team. Die optimale Teamgröße beträgt fünf bis sieben Personen, welche durch räumlich Nähe in der Lage sind, jederzeit zu kommunizieren und entsprechend der von allen akzeptierten Zieldefinitionen gemeinsam das Wertanalyse-Projekt abzuwickeln.⁴⁶ Zu Beginn der

⁴³ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 29f

⁴⁴ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S. 31

⁴⁵ vgl. VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 17f

⁴⁶ vgl. VDI 2800, Ausgabe 2000, S. 3

Wertanalyse spricht man jedoch noch mehr von einer Gruppe als von einem Team. Ein Team im Sinne der Wertanalyse wird diese Gruppe erst nach dem Durchlaufen des Teamentwicklungsprozesses.⁴⁷ Die Grundvoraussetzungen für einen erfolgreichen Teambuildingprozess bilden folgende Bedingungen:⁴⁸

- ▶ Gemeinsame Zielvorstellungen und Akzeptieren der Ziele
- ▶ Gemeinsames Streben und gemeinsamer Wille zum Erreichen der Ziele
- ▶ Eingliedern der Gruppenmitglieder in das Aufgabengebäude und Übernehmen von Teilaufgaben zum Erreichen der Ziele
- ▶ Bejahen von Normen und Regeln
- ▶ Aktionen zwischen den Gruppenmitgliedern formal und funktional bzw. informal und gefühlsmäßig
- ▶ Höherbewerten des Teamerfolges als den persönlichen Erfolg

2.2.5 Wertanalyse Arbeitsplan nach DIN EN 12973

Der wesentliche Kern der Methode „Wertanalyse“ ist der 10 Schritte umfassende Wertanalyse-Arbeitsplan, der einen logisch aufeinander abgestimmten Prozess mit neun Grundschritten und einem Vorbereitungsschritt umfasst. Der Arbeitsplan stellt eine für die Teammitglieder klare Vorgehensweise dar und bewirkt, dass auf die verschiedenen Analysen folgend die richtigen weiterführenden Aktionen gesetzt werden.⁴⁹ Die Logik des Arbeitsplans macht die einzelnen Arbeitsschritte in ihrer Sequenz voneinander abhängig. Das Durchführen der Wertanalyse erfordert das Abarbeiten jedes Arbeitsschrittes, um zu einer erfolgreichen Problemlösung zu gelangen. Zwei Regeln gilt es während der Wertanalyse einzuhalten:⁵⁰

- 1) *„Kein Arbeitsschritt sollte ausgelassen werden.“*
- 2) *„Die Sequenz der Arbeitsschritte sollte eingehalten werden.“*

Welche Methoden bzw. Tools in den jeweiligen Wertanalysephasen angewendet werden, bleibt dem projektbegleitenden Wertanalyse-Moderator überlassen. Ein Erfolgs-Merkmal der Wertanalyse ist jedoch, dass die Methoden zweckmäßig anhand der jeweiligen Projektsituation ausgewählt werden und deren Anwendung stets zielgerichtet erfolgt.

⁴⁷ vgl. VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 78

⁴⁸ VDI-Zentrum Wertanalyse (1995), S. 78f

⁴⁹ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 32

⁵⁰ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.39

Zusammengefasst dient der Arbeitsplan als „Roter-Faden-Weg“ der bei systematischer Anwendung zum Ziel führt.⁵¹

In Abbildung 2.2-1 sind die 10 Arbeitsschritte nach VDI-Richtlinie 2800 (Revision 2010) angeführt. In den folgenden Kapiteln werden die Arbeitsschritte für sich kurz erklärt.



Abbildung 2.2-1: Wertanalyse Arbeitsplan nach VDI 2008 (Revision 2010)⁵²

2.2.5.1 Arbeitsschritt 0 „Vorbereitung des Projektes“

Im Zuge von Arbeitsschritt 0 erfolgt die Projektbeschreibung. Hierbei geht es einerseits darum den Projektleiter auszuwählen und andererseits darum, einen über das erforderliche Knowhow verfügenden Wertanalyse-Moderator für das Projekt hinzuzuziehen. Im gegebenen Fall können Projektleiter und Wertanalyse-Moderator auch dieselbe Person sein.⁵³ In weiterer Folge sollte mit Hilfe einer statischen

⁵¹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.39

⁵² VDI 2800, Ausgabe 2010, S. 5

⁵³ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.41

Amortisationsrechnung abgeklärt werden, ob sich die zu untersuchende Aufgabenstellung für ein vollständiges Wertanalyseprojekt eignet. Ebenso sind eine Risikoanalyse und eine Machbarkeitsstudie zu empfehlen.⁵⁴ Folgende Tools und Methoden werden in Arbeitsschritt 0 angewandt:⁵⁵

- ▶ Portfolio-Modelle
- ▶ SWOT-Analyse
- ▶ Quality Function Deployment (QFD)
- ▶ Szenario Technik
- ▶ Target Costing
- ▶ Risiko- und Rentabilitätsbetrachtungen

2.2.5.2 Arbeitsschritt 1 „Projekt-Definition“

Arbeitsschritt 1 gibt nun eine konkrete Definition des Wertanalyseprojekts vor. Dies umfasst in erster Linie die Definition eines Wertanalyse Objektes und der entsprechenden Rahmenbedingungen des Projekts. Kriterien wie bspw. Übereinstimmungen mit der Strategie der Unternehmung, gesetzliche Regulierungen und Vorgaben, sowie Grenzen des Projekts werden genau formuliert. Es werden sogenannte Grobziele definiert, wie gewünschte Kostensenkungen, erhöhte Verlässlichkeit oder Sicherheit und Regeln für Entscheidungen und Auswahl (z.B. Return on Invest). Weiters ist es erforderlich die gegebenen zeitlichen Fristen, wie auch die zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen zu bestimmen und die Mitwirkenden über die grundlegenden Richtlinien und Regeln der Wertanalyse aufzuklären.⁵⁶

Die definierten Ziele müssen quantifizierbar und einheitlich festgelegt werden. Eine gesamtheitliche Zieldefinition ist anzustreben, in der neben Kostenreduktion und Effizienzsteigerung auch die Bereiche Qualität, Marktfunktion, Aktualität, Ökologie, Politik und Mensch betrachtet werden. Zusammengefasst kann die Projektdefinition über ein Pflichtenheft beschrieben werden, welches alle möglichen Einflussfaktoren berücksichtigt.⁵⁷

⁵⁴ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 33

⁵⁵ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.41

⁵⁶ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 34

⁵⁷ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.42f

2.2.5.3 Arbeitsschritt 2 „Planung“

Im 2. Arbeitsschritt wird das Wertanalyseprojekt umfassend geplant. Wenn die Aufgabenstellung und die gesetzten Ziele aus Arbeitsschritt 1 konkret definiert sind, ist es möglich ein geeignetes Projektteam zusammen zu stellen. Da eine Wertanalyse zumeist komplexe Aufgabenstellungen behandelt, ist ein interdisziplinäres Zusammenarbeiten von Mitarbeitern verschiedener Abteilungen unumgänglich. Die Auswahl der Teammitglieder obliegt dem Auftraggeber der Wertanalyse (zumeist das Management), der die entsprechenden personellen Ressourcen plant und freigibt. Im nächsten Schritt erstellt der Wertanalyse-Moderator in Abstimmung mit dem Auftraggeber den Projektzeitplan. Methoden, welche in Arbeitsschritt 2 eingesetzt werden sind z.B. Teambuilding, Projektmanagement, Netzplantechnik und Kapazitätsplanungstechniken.⁵⁸ In einem einführenden Kick-Off Meeting gilt es zu Abschluss des Arbeitsschrittes folgende Themen zu besprechen:⁵⁹

- ▶ Vorstellung des Projekt-Themas und der Zielsetzungen mit Klärung von offenen Fragen
- ▶ Vorstellung des Zeit- und des Kapazitätenplans
- ▶ Thematische und organisatorische Planung von Projektteam-Sitzungen
- ▶ Sammlung von Arbeitspaketen, die für die erste Projektteam-Sitzung vorzubereiten und in Arbeitsschritt 2 zu bearbeiten sind

2.2.5.4 Arbeitsschritt 3 „Umfassende Daten über die Studie sammeln“

In Arbeitsschritt 3 wird mit der internen und externen Informationssammlung begonnen. Dabei sind in erster Linie Informationen bezüglich des Stands der Technologie, die Mitbewerber und die technischen Produktinformationen zu erarbeiten. Als Informationsquelle können hierbei der Kundendienst, technische Handbücher oder unternehmensinterne Marktexperten dienen. In weiterer Folge sollte Marktforschung betrieben werden, um die eigentlichen Kundenanforderungen zu erörtern und eine mögliche Marktpositionierung für das Wertanalyse-Objekt zu finden.⁶⁰ Aus Kostensicht sind Daten zu den Herstellkosten, Prozesskosten, Logistikkosten, Entwicklungskosten, Vertriebskosten und weiteren Positionen zusammenzuführen. Je nach Projektthema sind weitere relevante Daten wie Qualitätsmängel, gesetzliche Richtlinien,

⁵⁸ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.44f

⁵⁹ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.45

⁶⁰ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 35

Verschwendungsprobleme, Technologie-Probleme, etc. in die Datensammlung mit aufzunehmen.⁶¹ Folgende Methoden werden in Arbeitsschritt 3 angewandt:⁶²

- ▶ Pareto-Analyse
- ▶ Engpass-Analyse
- ▶ Design to Cost
- ▶ Ursache-/Wirkungs-Diagramme (Ishikawa-Diagramm)
- ▶ Simultaneous Engineering

2.2.5.5 Arbeitsschritt 4 „Funktionsanalyse / Kostenanalyse / Detailanalyse

Mit Arbeitsschritt 4 erfolgt die Funktionsanalyse. Hierbei werden die Funktionen des Wertanalyse-Objektes erfasst und beschrieben. Folgend wird eine hierarchische Gliederung der Funktionen (Funktionenbaum) erstellt, bevor mit den Bauteil- bzw. Komponentenkosten eine Funktionskostenanalyse durchgeführt wird.⁶³

Die genaue Vorgehensweise bei der Funktionsanalyse wird in Kapitel 2.1.3 und in Kapitel 2.3.1 beschrieben. Wesentlich ist, dass anhand der Aufgabenstellung, jene Funktionen zu betrachten sind die vorrangig den Markt bzw. den Nutzer interessieren, unabhängig davon ob sich das Projektthema auf Produktinnovation, Produktverbesserung oder Abläufe und Prozesse bezieht. Daher wird das Wertanalysethema zumeist so aufgegliedert, dass keine nutzerrelevanten Funktionen vergessen werden und ein vollständiges nutzergerechtes Anforderungsprofil vorliegt. Im weiteren Verlauf des Arbeitsschrittes erfolgen detailliert aufgegliederte ABC-Kostenanalysen zur Identifizierung möglicher Kostentreiber und ggf. Detailanalysen verschiedener Komponenten des WA-Objekts.⁶⁴

2.2.5.6 Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“

Arbeitsschritt 5 ist die kreative Phase der Wertanalyse. In diesem Schritt werden alle existierenden Ideen gesammelt und neue, zum herausgearbeiteten Soll-Ziel der Wertanalyse beitragende Ideen generiert. Hierbei sollen die kreativen Potentiale aller Projektteilnehmer und auch Außenstehender, wie bspw. Lieferanten oder Kunden, voll ausgeschöpft werden. Verschiedene Kreativitätstechniken, wie Brainstorming,

⁶¹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.45

⁶² VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.45

⁶³ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 36

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

Brainwriting, Morphologie, Triggerpool, etc. kommen zum Einsatz. Als einzige Regel gilt es zu beachten, dass der kreative Prozess nicht durch vorzeitige Ideenbewertung abgewürgt wird.⁶⁵

2.2.5.7 Arbeitsschritt 6 „Bewerten von Lösungsideen“

In Arbeitsschritt 6 erfolgt nun das objektive Bewerten der gesammelten Lösungsideen. Im Grunddurchlauf erfolgt ein Aussieben der Ideen. Hierbei wird in einer Grobbewertung mit Hilfe weniger Kriterien der „Weizen vom Spreu“ getrennt und es werden jene Ideen aussortiert, welche nicht oder minder zur festgelegten Zielsetzung beitragen. In den folgenden Bewertungen werden die Ideen hinsichtlich Kosten, Effizienz, Machbarkeit und Plausibilität der Lösungsidee genauer untersucht. Auch das Risiko der Lösungsumsetzung spielt eine wichtige Rolle in der Bewertung.⁶⁶ Folgende Methoden finden in der Ideenbewertung Anwendung:⁶⁷

- ▶ Nutzwert-Analyse
- ▶ Kosten-Nutzen-Analyse
- ▶ Machbarkeitsuntersuchungen
- ▶ Break-Even-Point-Analyse
- ▶ FMEA
- ▶ ROI-Ermittlung
- ▶ Target-Costing, etc.

2.2.5.8 Arbeitsschritt 7 „Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge“

Ausgehend von der Bewertung aus Arbeitsschritt 6 erfolgt nun das Zusammenfügen der Lösungsideen zu einem ganzheitlichen Lösungsvorschlag, der die Zielsetzungen der Wertanalyse mindestens erfüllt oder wenn möglich verbessert. Bei der Zusammenstellung spielen einerseits Plausibilität und andererseits Kompatibilität zwischen den einzelnen Lösungsideen eine wesentliche Rolle. Projektdaten wie Kurzbeschreibung der Ist- und Soll-Situation, Investitionskostenaufwand, Kostenrechnung, Risikobewertung, Realisierungszeit etc. müssen für jeden Lösungsvorschlag dokumentiert werden.⁶⁸

⁶⁵ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.49

⁶⁶ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.50

⁶⁷ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.60

⁶⁸ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.50f

2.2.5.9 Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“

In Arbeitsschritt 8 erfolgt die Dokumentation und die Präsentation der erarbeiteten Lösungskonzepte. In einem angesetzten Projektmeeting zur Präsentation sollte das ganze Wertanalyse-Team, sowie der Auftraggeber anwesend sein. Die vorgeschlagenen Lösungskonzepte sind vom Auftraggeber kritisch zu hinterfragen und hinsichtlich der in Arbeitsschritt 1 definierten Ziele zu bewerten. Ebenso obliegt es dem Auftraggeber, ob es zu einer Realisierung der Lösungskonzepte kommt.⁶⁹

2.2.5.10 Arbeitsschritt 9 „Realisierung“

Sollte seitens des Auftraggebers eine positive Entscheidung in Richtung der Realisierung der Lösungskonzepte getroffen worden sein, so erfolgt diese in Arbeitsschritt 9. Dem WA-Team bzw. ausgewählten WA-Projektmitarbeitern obliegt die Aufgabe der Unterstützung der Realisierung. Die eigentliche Realisierung wird zumeist von der ausführenden Abteilung selbst vorgenommen. Sollten Korrekturen bzw. Anpassungen der Lösungsvorschläge erforderlich sein, erfolgen diese mit Unterstützung der WA-Projektmitarbeiter. Beim Auftreten unerwarteter Probleme sind in Ausnahmefällen auch weitere Sitzungen des Wertanalyse-Teams möglich.⁷⁰ Im Sinne der Realisierung sind die konzeptionellen Vorschläge aus Arbeitsschritt 8 als Ausführungspflichtenheft zu verstehen und entsprechend in die Tat umzusetzen. Die Umsetzung sollte wie vom Wertanalyse-Team vorgegeben und in konsequenter Manier entsprechend dem Ausführungspflichtenheft erfolgen.⁷¹

⁶⁹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.51

⁷⁰ vgl. ÖNORM EN 12973, Ausgabe 2001, S. 38

⁷¹ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.51f

2.3 Methoden & Tools

In den folgenden Unterkapiteln werden ausgewählte, zur Durchführung des Wertanalyse-Projektes benötigte Methoden und Tools vorgestellt und deren Anwendung entsprechend detailliert geschildert.

2.3.1 Funktionenanalyse

Im Sinne der Wertanalyse beschreibt die Funktionenanalyse das Analysieren der Funktionen von Wertanalyse-Objekten. Die Objekte werden auf ihre Wirkung hin untersucht und in ihre verschiedenen Komponenten mit den jeweiligen Kennzeichen, Merkmalen und Attributen aufgeteilt.⁷² Folgende Kernaufgaben muss die Funktionenanalyse im Rahmen der Wertanalyse erfüllen:⁷³

- ▶ Verbale Funktionenformulierung (siehe Kapitel 2.1.3.2)
- ▶ Abstrahieren und Zuordnen der jeweiligen Funktionen an die Funktionsträger
- ▶ Strukturierung der Funktionen in einem Funktionenbaum (siehe Kapitel 2.1.3.5)
- ▶ Erörterung von wichtigen, weniger wichtigen und ggf. unnötigen Funktionen
- ▶ Bestimmen von Kostenschwerpunkten der Funktionskosten zur Identifizierung von Kostenoptimierungspotential mithilfe der Funktionskostenmatrix
- ▶ Eliminierung von Sprachbarrieren durch Funktionsformulierung und dem damit verbundenen Verständnis für das WA-Objekt

Im Folgenden wird detailliert der Ablauf zur Bestimmung der Funktionskosten beschrieben. Beginnend mit den bereits im Funktionenbaum strukturierten Funktionen, wird für die Bestimmung der Funktionskosten eine Ebene des Funktionenbaums ausgewählt. Dabei richtet sich die Auswahl nach dem gewünschten Detaillierungsgrad. Wenn bspw. Ebene 1 für Hauptfunktion A ausreichend detailliert dargestellt ist, muss dies für Hauptfunktion B nicht sein. Im nächsten Schritt werden den ausgewählten Funktionen anteilmäßig Anteile der Funktionsträger bzw. Komponenten zugewiesen. Sinnergreifend geht es hierbei um die Beteiligung der jeweiligen Komponente bzw. des Funktionsträgers an der Erfüllung der Funktion.⁷⁴ Abbildung 2.3-1 zeigt schematisch die Zuordnung einer Komponente an mehrere Funktionen.

⁷² vgl. VDI 2803 Blatt 1, Ausgabe 1996, S. 2

⁷³ vgl. VDI 2803 Blatt 1, Ausgabe 1996, S. 2

⁷⁴ vgl. VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.70f

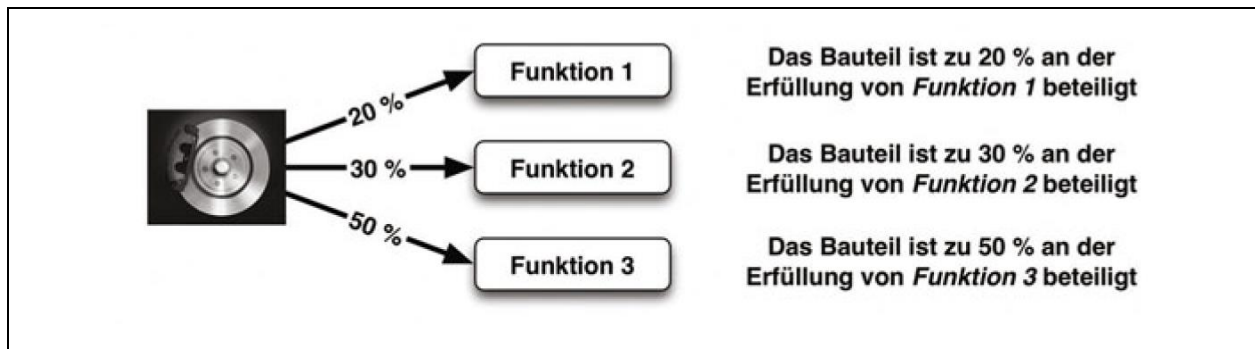


Abbildung 2.3-1: Beteiligung eines Funktionsträgers an mehreren Funktionen⁷⁵

Im nächsten Schritt werden die Kostenanteile der einzelnen Komponenten an den Funktionen berechnet. In einer Matrix werden die Funktionen der ausgewählten Gliederungsebene in der ersten Zeile notiert. In den folgenden Zeilen werden die Funktionsträger, wie Bauteile oder Baugruppen (allgemein Komponenten) vermerkt. Zur Berechnung der Funktionskosten müssen nun die Kosten der jeweiligen Komponente mit den entsprechenden Funktionsanteilen der Komponente multipliziert werden und im Anschluss müssen alle anteiligen Funktionskosten einer Funktion aufsummiert werden. Die Summe der jeweiligen Spalteneinträge ergibt die Funktionskosten. Die Summe der Zeileneinträge muss 100 % der Komponentenkosten entsprechen.⁷⁶ Ein allgemeines Beispiel für eine Funktionskostenmatrix ist in Abbildung 2.3-2 dargestellt.

	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 2.3-2: Funktionskostenmatrix allgemeines Beispiel⁷⁷

⁷⁵ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.71

⁷⁶ vgl. Bronner (1985), S.32

⁷⁷ VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (2011), S.71

Eine exakte Kostenverteilung ist zumeist nicht möglich, es sollte jedoch eine nachvollziehbare Form der Kostenverteilung der Komponenten erfolgen, sodass aus den Erkenntnissen der Funktionskostenanalyse gewissenhafte Entscheidung getroffen werden können.⁷⁸

2.3.2 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse (S-Strengths, W-Weaknesses, O-Opportunities, T-Threats) gibt über eine unternehmensinterne Analyse einen Überblick der Stärken und Schwächen des Unternehmens / des Produktes und über eine unternehmensexterne Analyse Auskunft über die Chancen und Risiken. Durch die Kombination der unternehmensinternen und -externen Betrachtung werden Bereiche und Themen dargestellt, an denen Optimierungspotential besteht und die Unternehmung gegebenenfalls noch konstruktiv arbeiten muss. Die SWOT Analyse bildet die Grundlage für eine Diskussion der strategischen Positionierung und einen möglichen Entwicklungsverlauf sowohl der Unternehmung und der Geschäftsbereiche, als auch eines Produktes. Durch die Auseinandersetzung mit der gegenwärtigen Situation kann die SWOT-Analyse auch bei operativ geprägten Fragestellungen Anwendung finden.⁷⁹

Die Ergebnisse und die erforderlichen strategischen bzw. operativen Handlungen werden sehr oft in der SWOT-Matrix dargestellt:

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Unternehmens-Umfeld </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> Unternehmen </div>	Chancen	Risiken
Stärken	Ausbauen	Absichern
Schwächen	Risiken	Meiden

Abbildung 2.3-3: SWOT-Matrix⁸⁰

⁷⁸ vgl. Bronner (1985), S.32

⁷⁹ vgl. Lindemann (2005), S. 271; Schawel und Billing (2014), S. 246

⁸⁰ vgl. www.wirtschaftslexikon.gabler.de, Zugriffsdatum 06.12.2017 (eigene Darstellung)

Bei der Internen Analyse werden die Stärken und Schwächen des zu untersuchenden Objektes transparent gemacht. Jede Organisation / jedes Produkt besitzt Stärken und Schwächen, welche jedoch nicht immer gleich ersichtlich sind. Zu den Stärken zählen z.B. Produktentwicklungs-Know-how, Bekanntheitsgrad der Marke, effiziente Produktion und positives Produktimage. Zu den Schwächen können unter anderem geringe Innovativität, schlechter internationaler Bekanntheitsgrad oder auch hohe Fluktuation gezählt werden. Bei der Definition der Stärken und Schwächen gilt es, das Untersuchungsobjekt aus den folgenden drei Perspektiven zu betrachten:⁸¹

- Aus Sicht der Unternehmung: „Worin glauben wir gut zu sein?“
- Aus Sicht der Wettbewerber: „Weshalb fürchten uns die Wettbewerber?“
- Aus Kundensicht: „Weshalb kaufen Kunden unsere Produkte?“

Bei der externen Analyse werden die Chancen und Gefahren in einem bestimmten Marktumfeld untersucht. Kann eine Unternehmung die Chancen am Markt durch Anwendung der eigenen Stärken realisieren, befindet man sich in einer erfolgsversprechenden Ausgangssituation. Gefahren können unter anderem Preisverfall oder zunehmende Konsolidierung der Wettbewerber sein.⁸²

2.3.3 Benchmarking

Benchmarking befasst sich mit dem Vergleich von Unternehmen, Geschäftsfeldern, Prozessen oder Produkten, sowohl in unternehmensinternen als auch -externen Bereichen. Es wird von einem Unternehmen eingesetzt, um jene Bereiche zu verstehen, in welchem das Unternehmen besser oder schlechter performt als das Vergleichsunternehmen und gegebenenfalls Optimierungspotential hinsichtlich der operativen Performance besteht.⁸³ In der Produktentwicklung, mitunter im konstruktiven Bereich, hilft Benchmarking dem Konstrukteur, Denkanstöße hinsichtlich seiner fertigungsoptimalen Konstruktion zu bekommen und deckt auch Ursachen für Leistungsdifferenzen auf. Die miteinander verglichenen Objekte können anhand der Leistungsdimensionen Kosten, Qualitätsmerkmale und zeitliche Aspekte (bspw. time to market im Produktentwicklungsprozess) gemessen werden.⁸⁴

Für die erfolgreiche Durchführung des Benchmarkings muss eine eindeutige Abgrenzbarkeit des Untersuchungsobjektes gegeben sein und der Zugang zu

⁸¹ vgl. Schawel und Billing (2014), S. 247

⁸² vgl. Schawel und Billing (2014), S. 247

⁸³ vgl. Schawel und Billing (2014), S. 34

⁸⁴ vgl. Lingohr und Kruschel (2011), S. 226

Vergleichsobjekten sichergestellt werden. Als Benchmarking-Partner können ggf. auch Wettbewerber fungieren, welche zum Bsp. mit der Offenlegung von Benchmarking-Daten zur Mitarbeit motiviert werden können. Das Ergebnis des Benchmarkings ist zumeist für alle Teilnehmer von Nutzen. Eine weitere Voraussetzung ist die Vergleichbarkeit der Benchmarking-Objekte (z.B. Produkte oder Prozesse) und die Erklärbarkeit bzw. Nachvollziehbarkeit von Leistungsunterschieden.⁸⁵

Abbildung 2.3-4 stellt die vier Kernphasen des Benchmarkings grafisch dar:

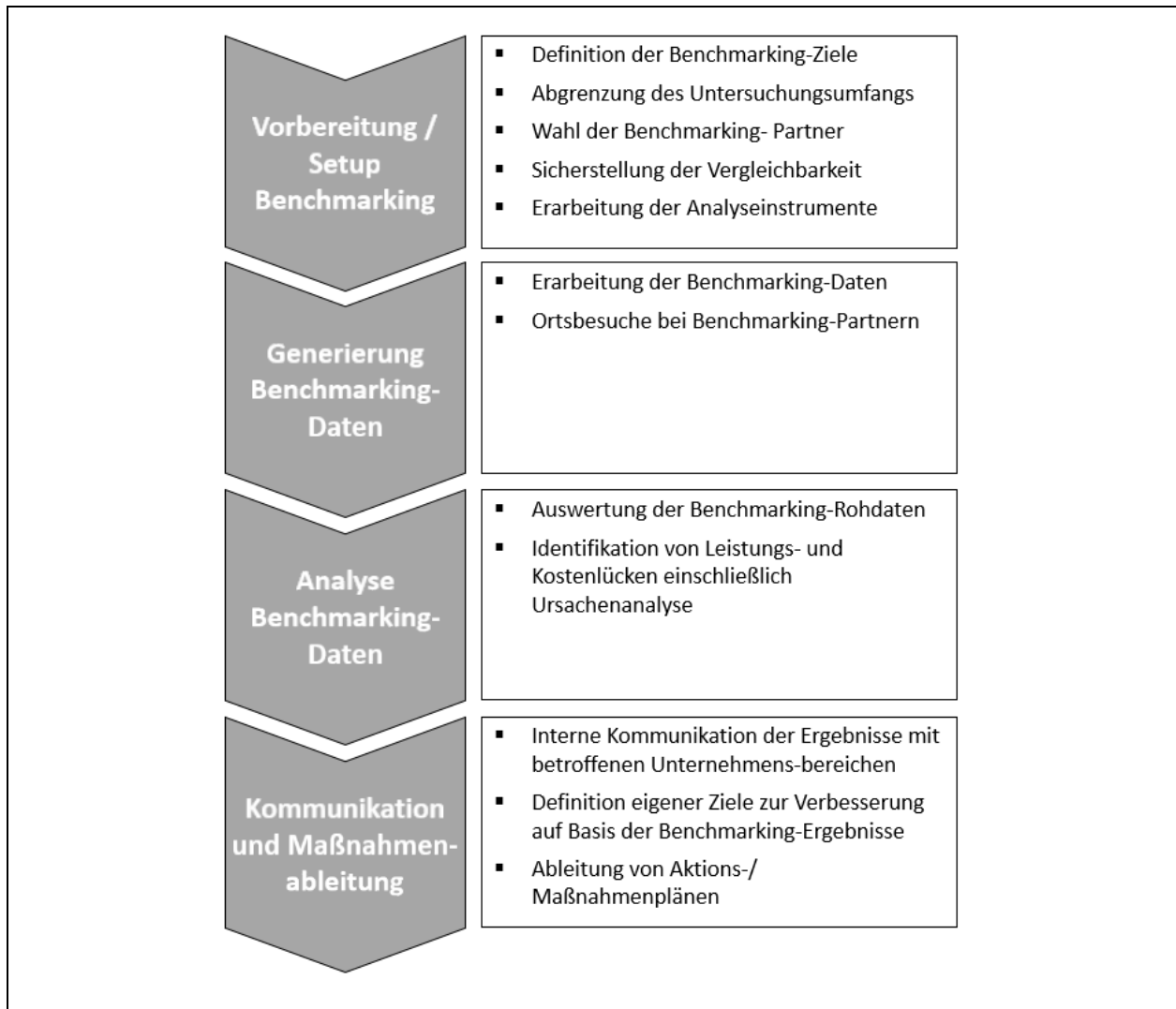


Abbildung 2.3-4: Phasen des Benchmarkings⁸⁶

⁸⁵ vgl. Schawel und Billing (2014), S. 35

⁸⁶ Schawel und Billing (2014), S. 36 (eigene Darstellung)

2.3.4 Pareto – ABC-Analyse

Die ABC-Analyse dient zur Bestimmung von Schwerpunkten bei Planungen und Untersuchungen, beispielweise Kostenanalyse oder Materialbedarfsanalyse. Durch die Anwendung ist es möglich das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen und dadurch das Hauptaugenmerk auf die Bereiche von wirtschaftlich hoher Bedeutung zu legen. Die Bereiche mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung werden nur mit geringem Arbeitsaufwand betrachtet.⁸⁷

	A-Bereich	B-Bereich	C-Bereich
Volumen	60 – 70 %	20 – 30 %	bis 20 %
Positionenanzahl	10 – 20 %	20 – 35 %	45 – 70 %

Tabelle 2.3-1: Durchschnittswerte der ABC-Analyse in %⁸⁸

Die in Tabelle 2.3-1 dargestellten Durchschnittswerte wurden in der Praxis ermittelt und können je nach Anwendung auch leicht variieren. Allgemeine Gültigkeit findet bei diesem Analyseverfahren jedoch die Aussage, dass eine geringe Anzahl von Positionen den höchsten Wert ausmacht (= A-Bereich), während eine relativ hohe Anzahl von Positionen einen geringen Wert einnimmt (=C-Bereich). Dazwischen eingebettet lässt sich der B-Bereich finden (siehe Abbildung 2.3-5).⁸⁹

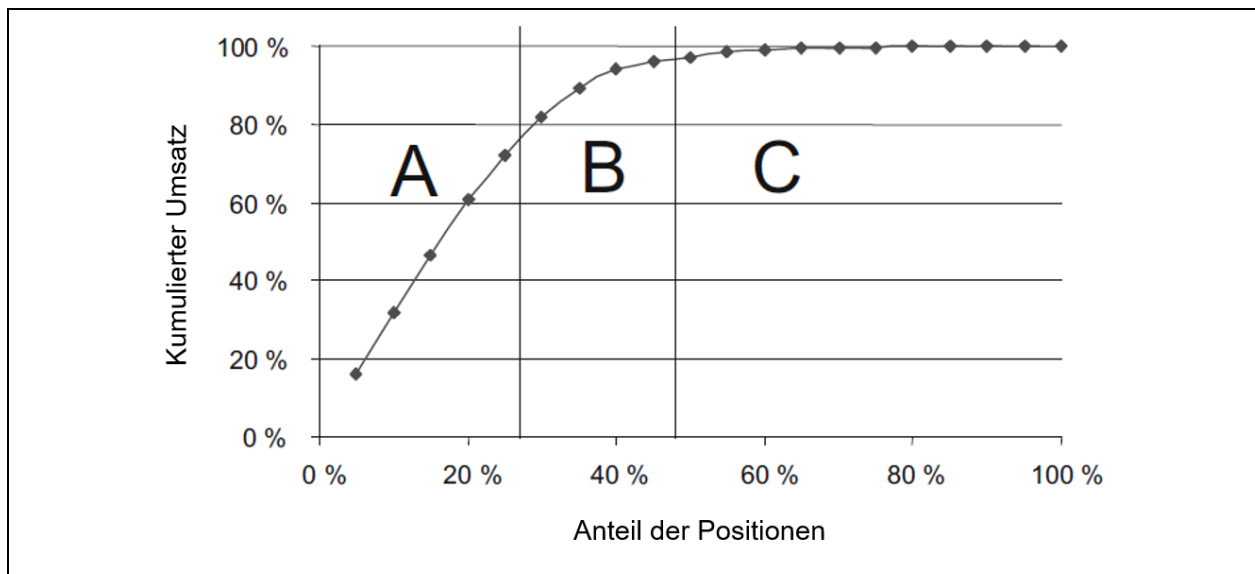


Abbildung 2.3-5: Allgemeines Bsp. ABC-Analyse⁹⁰

⁸⁷ vgl. Cordts (1992), S. 1-2

⁸⁸ Cordts (1992), S. 11

⁸⁹ vgl. Cordts (1992), S. 11

⁹⁰ Schawel und Billing (2014), S. 14

In Wertanalyseprojekten, wird die ABC-Analyse zumeist zur Aufgliederung der Herstellkosten des jeweiligen WA-Objektes angewandt. Jene Teilobjekte mit den höchsten Herstellkosten stellen die Schwerpunkte für Rationalisierungsmaßnahmen im Falle einer Wertoptimierung dar.⁹¹

2.3.5 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist ein Verfahren zur Bewertung möglicher Alternativen bei mehreren Zielgrößen, wobei die Bewertungskriterien nicht ausschließlich auf die Wirtschaftlichkeit im Sinne der Kosten bezogen werden. Zumeist erfolgt die Bewertung von technischen, psychologischen oder sozialen Kriterien, die über quantitative und qualitative Merkmale verfügen. Man spricht von einer multiattributiven Nutzenbetrachtung. Die Vorteile der Nutzwertanalyse ergeben sich durch ihren nachvollziehbaren und überprüfbaren Ablauf, mit welchem eine systematische Entscheidungsfindung stattfindet. Sie dient als vorteilhafte Ergänzung zu anderen Methoden und ist häufig die einzige anwendbare Analyseverfahren für Entscheidungssituationen in denen mehrere Zielvarianten berücksichtigt werden müssen.⁹²

Nutzwertanalyse								
Nr.	Bewertungskriterium	Gewichtungsfaktor	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
			einfache Bewertung	gewichtete Bewertung	einfache Bewertung	gewichtete Bewertung	einfache Bewertung	gewichtete Bewertung
1	Gewicht	5	9	45	7	35	9	45
2	Zuverlässigkeit	8	6	48	3	24	9	72
3	Kosten	4	7	28	9	36	1	4
4	Produktionsdauer	7	6	42	4	28	4	28
	Nutzwert:			163		123		149

Tabelle 2.3-2: Beispiel ausgeführte Nutzwertanalyse⁹³

Tabelle 2.3-2 zeigt ein Beispiel für eine ausgeführte Nutzwertanalyse. Hier werden in der zweiten Spalte die Bewertungskriterien aufgetragen. In der zweiten Zeile sind die zu bewertenden Alternativen zu finden. Je nach NWA werden den Kriterien unterschiedliche Gewichtungsfaktoren zugeteilt, je wichtiger, desto größer der Faktor. Für jedes Kriterium werden nun die einzelnen Alternativen bewertet, zumeist mit einer Skala von 0-10, wobei

⁹¹ vgl. Bronner (1985), S. 2

⁹² vgl. www.wirtschaftslexikon.gabler.de, Zugriffsdatum 15.03.2018

⁹³ Felkai und Beiderwieden (2011), S. 129

10 die höchste und 0 die niedrigste Bewertung darstellt. Der Einzelnutzwert wird nun durch Multiplikation der Bewertung mit dem Gewichtungsfaktor des jeweiligen Bewertungskriteriums errechnet. Durch aufaddieren der Einzelnutzwerte erhält man den Gesamtnutzwert der jeweiligen Alternative. Zumeist erfolgt die Auswahl anhand des höchsten Nutzwertes. Durch die einfach nachvollziehbare Entscheidungsvorbereitung ist es somit möglich Entscheidungsprozesse signifikant abzukürzen.⁹⁴

2.3.6 Brainstorming

Brainstorming ist die am häufigsten angewandte Ideenfindungs-Methode und beruht auf der Grundlage, dass zur Lösung des Problems das Wissen mehrerer Personen genützt wird. Dabei werden denkpsychologische Blockaden ausgeschaltet und durch das Vermeiden von restriktiven Äußerungen wird die Lösungsvielfalt erweitert. Durch einen moderierten Ablauf kann von einer Demokratisierung des Kommunikationsverhaltens der Beteiligten gesprochen werden, wodurch folglich unnötige Diskussionen vermieden werden. Brainstorming kann als Grundmethode der Ideenfindung angesehen werden, da die Grundprinzipien, wie das Zurückstellen negativer Kritik und die Entwicklung freier Phantasie auch für die Anwendung aller anderen Kreativitätstechniken gefordert wird. Die richtige Anwendung von Brainstorming erfordert trotz der relativ einfachen Technik einen erfahrenen Brainstorming-Moderator. Der Brainstorming-Moderator ist dafür verantwortlich, dass die Grundregeln des Brainstormings eingehalten werden.⁹⁵ Die Grundregeln können im Wesentlichen wie folgt formuliert werden:⁹⁶

1. Jede Kritik oder Wertung an den geäußerten Ideen wird auf eine gesonderte, nachfolgende Phase verschoben.
2. Die Ideen anderer Teilnehmer können und sollen aufgegriffen und weiterentwickelt werden.
3. Die Teilnehmer können und sollen ihrer Phantasie freien Lauf lassen.
4. Es sollen möglichst viele Ideen in kurzer Zeit produziert werden.

Als weitere Erfolgsfaktoren können bspw. ein kompetentes Team, eine offene und spannungsfrei Atmosphäre und ausreichend Zeit genannt werden. Bei der Teamzusammenstellung sollte darauf geachtet werden, Mitarbeiter aus allen für das Brainstorming erforderlichen Abteilungen in das Team mit aufzunehmen. Der Ablauf beginnt mit der Definition des Brainstorming-Themas. Im Anschluss findet eine

⁹⁴ vgl. Felkai und Beiderwieden (2011), S. 128f

⁹⁵ vgl. Schlicksupp (1989), S.101f

⁹⁶ Schlicksupp (1989), S.102ff

moderierte Ideenfindung und Ideensammlung statt, gefolgt von einer Diskussion der Ideen im Plenum. Gegebenenfalls kann eine zweite Runde der Ideenfindung mit erneuter Diskussion abgehalten werden. Am Ende sollte jedenfalls eine Entscheidung für mögliche Lösungen stattfinden. Je nach Personenanzahl gibt es unterschiedliche Durchführungsvarianten des Brainstormings. Mit bis zu 10 Personen kann ein freies moderiertes Brainstorming im Team durchgeführt werden. Bei größeren Personenanzahlen werden kleine Teams mit je 5 bis 8 Personen gebildet, in welchen das Brainstorming separiert durchgeführt wird.⁹⁷

2.3.7 Brainwriting

Die Brainwriting Methode, auch bekannt als 6-3-5 Methode ist eine der bekanntesten schriftlichen Ideenfindungsmethoden. Das Ziel der Methode ist, dass Ideen aufgegriffen und nach Möglichkeit weiterentwickelt werden und sich daraus qualitativ hochwertige Ideen ergeben. Der Begriff 6-3-5 Methode erklärt sich anhand der methodischen Vorgehensweise. 6 Personen schreiben in einem Zeitintervall von 5 Minuten 3 Ideen auf ein Formblatt (siehe Abbildung 2.3-6). Nach Ablauf der 5 Minuten wird das Formblatt, in einer ausgewählten Richtung, zur Person nebenan weitergereicht. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis jede Person mindestens einmal jedes Formblatt bearbeitet hat. Die Anzahl der Personen und auch das Zeitintervall können geringfügig angepasst werden. Besonders bei einer großen Anzahl von Personen empfiehlt sich die Anwendung des Brainwritings, da dieser Vorgang dann in mehreren kleinen Gruppen effizient durchgeführt werden. Ebenso wirkt sich der Charakter der Teilnehmer nicht wesentlich auf das Ergebnis aus.⁹⁸

Problem:		Blatt-Nr.:

Abbildung 2.3-6: Beispiel eines 6-3-5 Formblatts⁹⁹

⁹⁷ vgl. Ophhey (2005), S. 110f

⁹⁸ vgl. Schlicksupp (1989), S.114ff

⁹⁹ Schlicksupp (1989), S.115

3 Durchführung der Wertanalyse

In Kapitel 3 wird der Projektablauf mit den einzelnen -Phasen des WA-Arbeitsplans nach ÖNORM EN 12973 detailliert beschrieben.

3.1 Phase 0 „Vorbereitung des Projektes“

In Phase 0 werden die Rahmenbedingungen der Wertanalyse abgesteckt. Es erfolgt eine allgemeine Projektbeschreibung sowie eine erste Untersuchung der Durchführbarkeit. Weiters werden die Verantwortungsbereiche deklariert und gegebenenfalls verantwortliche Projektleiter zugeordnet. Der überwiegende Inhalt zu Phase 0 wurde bereits in Kapitel 1 „Einführung“ dargestellt und wird an dieser Stelle nicht erläutert.

3.2 Phase 1 „Projekt-Definition“

In Phase 1 der Wertanalyse wurden das Wertanalyseobjekt, die Randbedingungen und die Projektziele definiert.

3.2.1 Wertanalyse – Objekt „Axtor 4510“

Der Axtor 4510 (siehe Abbildung 3.2-1) ist ein Universalschredder, der nach dem Prinzip eines Horizontalschredders konzipiert wurde und aufgrund der hohen Umdrehungszahl der Schredderwalze zu den schnelllaufenden Universalzerkleinerern zählt. Die Bezeichnung „Universal“ bezieht sich hierbei auf die verschiedenen Input-Materialarten, welche mit dem Axtor zerkleinert werden können. Die genaue Auflistung der Inputmaterialien kann unter Kapitel 3.4.1.1 eingesehen werden. Die Zahl 45 in der Modellbezeichnung steht für die verwendete Dieselmotorvariante, einen CAT-Motor der Type C9.3 B mit 356 PS und einem D-Rating hinsichtlich der Abgasklasse. Durch den direkten Antrieb der Schredderwalze über einen achtreihigen Antriebsriemen erfolgt die Zerkleinerung des Input-Materials mit einer sehr hohen Effizienz, was dem Anwender höchste Wirtschaftlichkeit bei Betrieb der Maschine ermöglicht. Ziffer 10 in der Modellbezeichnung steht für den Durchmesser der Schredderwalze von 1000 mm. Anhand des angezielten Materialdurchsatzes zählt der 4510 zu den mittelkleinen bis mittleren Schreddern. Bei der Erstellung des Lastenhefts wurde speziell die kostengünstige Fertigung und der daraus resultierende konkurrenzfähige Verkaufspreis in den Vordergrund gestellt.



Abbildung 3.2-1: Axtor 4510¹⁰⁰

3.2.2 Randbedingungen

Im Zuge der wertanalytischen Untersuchung des Entwicklungsprojekts „Axtor 4510“ sollen Potentiale zur Wertsteigerung sowohl aus Sicht des Nutzers als auch für Komptech aufgezeigt werden. Ansatzpunkte hierbei sind beispielsweise:

- ▶ Senkung der Herstellkosten (Fertigung und Montage)
- ▶ Flexibilisierung der Auswahl von Ausstattungsmerkmalen für die Kunden
- ▶ Verbesserungen hinsichtlich der Bedienbarkeit, Servicierbarkeit, Durchsatz und Energieverbrauch der Maschinen

Die zu berücksichtigenden CTQ-Kriterien (Critical to Quality) wurde wie folgt festgelegt:

- ▶ Kundenkritische Merkmale:
Durchsatz, spezifischer Kraftstoffverbrauch, Verschleißteilkosten, Servicefreundlichkeit, Zuverlässigkeit der Maschine, Werterhaltung für den Wiederverkauf
- ▶ Prozesskritische Merkmale:
Vorhandene Fertigungs- und Montagemöglichkeiten, Umsetzbarkeit von Toleranz- und Qualitätsanforderungen unter den gegebenen Rahmenbedingungen

¹⁰⁰ Komptech (2017b), S.18

- ▶ Vorgabenkritische Merkmale:

Maschinenrichtlinie 2006/42/EG sowie Risikobeurteilung des Herstellers

3.2.3 Projektziele

Die Projektziele wurden laut Projekt-Angebot definiert und können wie folgt formuliert werden:

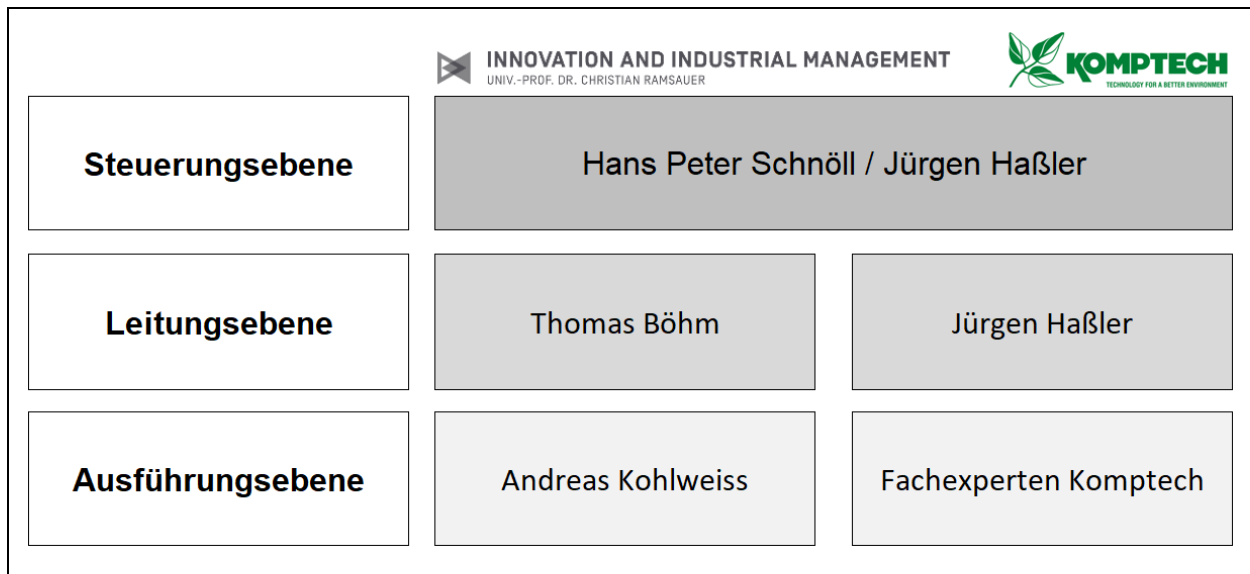
- ▶ Funktionenanalyse auf Basis der bestehenden Produkte (Axtor 5010/6010 und Axtor 8012)
- ▶ Ableitung wertsteigernder Lösungskonzepte
- ▶ Reduktion der Herstellkosten (exkl. Antriebseinheit) um 10 %

3.3 Phase 2 „Planung“

In Phase 2 erfolgte die Projektplanung. Seitens der Projektsteuerung wurden die jeweiligen Projektleiter bestimmt und die jeweiligen Projektmitarbeiter des IIM und Komptech wurden ausgewählt. Weiters wurde ein Projektzeitplan erstellt und ein Projekt-Kickoff-Termin wurde vereinbart. Im Folgenden wird die Planung detailliert beschrieben.

3.3.1 Zusammenstellung des Projektteams

Die Zusammenstellung des Projektteams erfolgte auf drei Ebenen (siehe Abbildung 3.3-1). Die Steuerungsebene wurde bereits in der Projektdefinition festgelegt. Die Aufgabe des Projektkoordinators in der Steuerungsebene seitens IIM übernahm Dipl.-Ing. Dr.-techn. Hans Peter Schnöll. Seitens Komptech war Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Haßler für die Projektkoordination, als auch für die Projektleitung verantwortlich.

Abbildung 3.3-1: Projektorganigramm¹⁰¹

Die Projektleitung seitens IIM übernahm Universitätsassistent Dipl.-Ing. Thomas Böhm, BA. Als Projektmitarbeiter in der Ausführungsebene wurde Andreas Kohlweiss, BSc, ausgewählt. Folgende Fachexperten waren seitens Komptech in das Projekt involviert:

- ▶ Marlene Barth (Technischer Einkauf)
- ▶ Erwin Bodlos (Meister Montage Komptech)
- ▶ Julia Derler (Leitung Elektrotechnik)
- ▶ Christoph Feyerer (Produktmanagement)
- ▶ Christian Hering (Stellvertreter Leitung Montage Komptech)
- ▶ Fabio Hofmann (Team Konstruktion Axtor)
- ▶ Michael Klug (Team Konstruktion Axtor)
- ▶ Christian Kulmer (Vertrieb)
- ▶ Martin Leitner (Leitung Erprobung und Test)
- ▶ Christoph Moritz (Technischer Einkauf)
- ▶ Fritz Oppliger (Leitung Konstruktion Axtor)
- ▶ Günther Pirker (Leitung Montage Komptech)
- ▶ Joachim Reitbauer (Leitung Wartung und Service)
- ▶ Rene Rois (Team Konstruktion Axtor)

¹⁰¹ eigene Abbildung

3.3.2 Zeitlicher Projektablauf

Der Kick-Off-Termin für das Wertanalyse-Projekt wurde aufgrund der längeren Zeitperiode bis zur Auswahl eines Diplomanden und entgegen dem Zeitplan aus dem Projektangebot für den 12. Juli 2017 vereinbart. Darüber hinaus wurden im Laufe des Projektes die in Tabelle 3.3-1 aufgelisteten Termine vereinbart.

Fortlaufende Nr.	Bezeichnung	Datum
1	Kick-Off Meeting	12.07.2017
2	1. Workshop – Funktionenanalyse	06.09.2017
3	Checkpoint 1 – Präsentation der Zwischenergebnisse	28.09.2017
4	2. Workshop – Ideenfindung	19.10.2017
5	Checkpoint 2 - Ideenbewertung	09.11.2017
6	Checkpoint 3 – Präsentation der Lösungsergebnisse	20.12.2017
7	Projektabschluss	05.02.2018

Tabelle 3.3-1: Terminübersicht – Wertanalyseprojekt

Der zeitliche Ablauf der jeweiligen Wertanalyse-Arbeitsschritte wird in Abbildung 3.3-2 dargestellt und wurde der Planung entsprechend eingehalten.

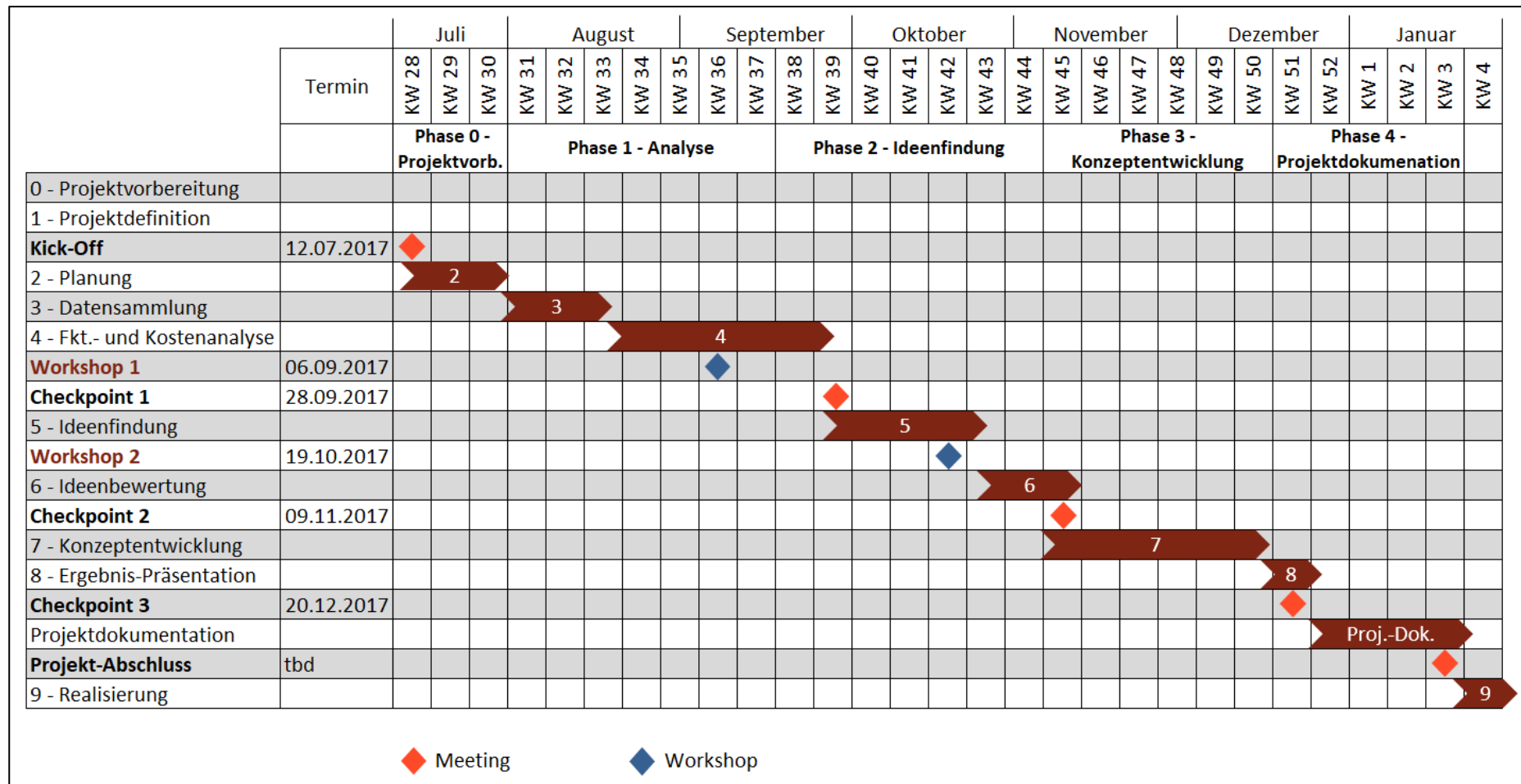


Abbildung 3.3-2: Zeitplan lt. Projektplanung¹⁰²

¹⁰² eigene Abbildung

3.4 Phase 3 „Umfassende Daten über die Studie sammeln“

In Phase 3 wurden alle benötigten Daten für die folgenden Analysen wie z.B. Kosten- und Funktionenanalyse erhoben und strukturiert. Im Folgenden werden die Daten kurz beschrieben.

3.4.1 Hauptanforderungen laut Lastenheft

Entwicklung einer mobilen Schredder- bzw. Hackmaschine, unter Einhaltung von:¹⁰³

- ▶ HSK und Montagezeit optimierten Funktionsbaugruppen
- ▶ Maximales Maß an Modularität zu bereits vorhandenen Komptech Maschinen
- ▶ 2-Achs Trailer Maschine mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 19 t (18 t + 1 t Stützlast)
 - Dieses max. Gesamtgewicht von 19 t, darf auch mit Vollausrüstung nicht überschritten werden
- ▶ Transportabmessungen L = 10.000 mm x B = 2.499 mm x H = 3.800 mm
- ▶ Zwei Zerkleinerungskonzepte:
 - Hackmodus (feststehende Werkzeuge: Hack- oder Schredderklinge)
 - Schreddermodus (freischwingende Werkzeuge: Schredderklinge oder Panzerzahn)
- ▶ Nutzung der bestehenden AX6010 Verschleißteile (feststehende und freischwingende Werkzeuge)
- ▶ Erreichung Umsetzung beider „Zerkleinerungs-Modifikationen“ mit einer Drehzahl
- ▶ Zwei unterschiedliche Leistungsvarianten (ausschließlich T4f, siehe Punkt 4.1):
 - CAT C9.3 B T4f / EU Stufe IV 340 kW / 456 PS
 - CAT C13 T4f / EU Stufe IV 354 kW / 480 PS (500 PS)
- ▶ Aufgabetrichter mit einer Aufgabehöhe von ca. 2.200 mm und Plattenbandeinzug
- ▶ Sehr gute Wartungs- und Servicezugänglichkeit
- ▶ Spezielle Ausstattung / Einstellung für die Zerkleinerung von behandeltem Altholz
- ▶ Konzeptprüfung /-berücksichtigung C15 T4f (AX6010) auf 3-Achs Trailer

¹⁰³ vgl. Komptech (2017d) S.8

3.4.1.1 Inputmaterialien

Der Axtor 4510 muss für folgende Inputmaterialien ausgelegt sein:¹⁰⁴

- ▶ Grün- / Strauchschnitt für die Kompostaufbereitung
- ▶ Stammholz zur Hackguterzeugung (Weichholz bis zu 750 mm Ø / Hartholz bis zu 550 mm Ø)
- ▶ Unbehandeltes / behandeltes Altholz
- ▶ Waldrestholz wie Astwerk und Baumkronen, Schwemmholz, Rinde, Grasballen

3.4.1.2 Durchsatzwerte

Tabelle 3.4-1 stellt die im Vergleich zum Wettbewerb benötigten Durchsatzwerte dar:

Hersteller	Typ	Grünschnitt	Altholz	Rinde	Schlagabraum	Spreisel	Stammholz
Komptech	AX4510	130	145	215	135	135	160
Doppstadt	AK435	100	140	170	-	-	-
Willibald	EP5500 Shark II	220	130	230	-	-	-
Jenz	BA725- D	170	110	220	-	-	-

Tabelle 3.4-1: Durchsatzwerte Axtor 4510¹⁰⁵

- ▶ Angaben in m³/h
- ▶ „Rot“ markierte Daten sind ausschließlich Prospekt Daten

3.4.2 CAD-Daten

Im Rahmen eines eintägigen Arbeitsaufenthalts am 01.08.2017 bei Komptech in Frohnleiten wurde der konstruktive Aufbau des Axtor 4510 anhand der bestehenden CAD-Daten detailliert betrachtet. Von Komptech wurde für diesen Zeitraum ein freier Rechnerplatz zur Verfügung gestellt. Aufgrund der hohen Teileanzahl von über 4000 verschiedenen Einzelteilen je Axtor wurde darüber hinaus die von Komptech verwendete Objektstruktur untersucht.

¹⁰⁴ vgl. Komptech (2017d) S. 9

¹⁰⁵ vgl. Komptech (2017d) S. 9

3.4.3 Daten für Kosten- und Gewichtsanalyse

Für das laufende Entwicklungsprojekt „Axtor 4510“ standen aufgrund der noch nicht vollständig abgeschlossenen Prototypenkonstruktion keine Realdaten zur Verfügung. Daher wurden für ABC-Analysen die Gewichts- und Kostenvorkalkulation der Konstruktion zur Verfügung gestellt. Im Laufe des Projekts wurde die Vorkalkulation weitere Male überarbeitet. Die in Phase 4 folgenden Analysen beziehen sich auf die Daten mit Stand vom 16.06.2017. Die Struktur der Vorkalkulation basiert auf sogenannten „Komponenten“. Eine Komponente kann eine Baugruppe, Überbaugruppe oder auch ein Einzelteil sein.

Anhand der Vorkalkulation der Kosten und des Gewichts wurden die Komponenten in verschiedene Arten des Bezugs unterteilt. Dabei wurde unterschieden in:

- ▶ Zukaufkomponenten
- ▶ Auftragsfertigung bei Farmtech
- ▶ Auftragsfertigung ausgelagert

Die Unterteilung erfolgte in zwei Abstimmungstreffen mit dem technischen Einkauf und diente dem Verständnis der Wertschöpfungstiefe des Produkts Axtor 4510.

3.4.4 Strukturierung in Arbeitspakete

Bereits zu Projektbeginn war die sehr große Teileanzahl des Axtors ein wichtiges Thema, da es aufgrund der verfügbaren Ressourcen nicht möglich war eine Gesamtbetrachtung auf Bauteilebene durchzuführen. Darüber hinaus waren für den Prototyp des Axtor 4510 keine Daten hinsichtlich der Herstellungskosten auf Bauteilebene verfügbar. Um dennoch die Wertanalyse so gut als möglich durchführen zu können, wurde eine Strukturierung anhand der von Komptech erstellten Kosten- und Gewichtsvorkalkulation erarbeitet. Dabei wurden die in der Vorkalkulation aufgelisteten Baugruppen in sogenannte Arbeitspakete zusammengefasst, welche je nach den beinhalteten Baugruppen der Basismaschine (=Grundausstattung des Axtor 4510) oder den optional erhältlichen und auswählbaren Zusatzoptionen zugeordnet werden konnten.

Der Basismaschine können folgende Arbeitspakete zugeordnet werden:

- ▶ AP 01+02 Einzug/Einzugsrahmen
- ▶ AP 03 Fahrwerk Trailer
- ▶ AP 04 Schredderbox
- ▶ AP 05 Motorbaugruppe
- ▶ AP 06 Austrag
- ▶ AP 08 Elektrik
- ▶ AP 09 Verkleidung

In den Zusatzoptionen finden sich folgende Arbeitspakete wieder:

- ▶ AP 03 Fahrwerk Track
- ▶ AP 07 Vorfahreinrichtung
- ▶ Ergänzende Zusatzoptionen

Im Anhang unter Kapitel 6.1 werden die Arbeitspakete der Basismaschine als auch der Zusatzoptionen hinsichtlich ihrer übergeordneten Funktion beschrieben und die Objektstruktur wird dargestellt.

3.4.5 Benchmark

Für das bessere Verständnis der Marktsituation und auch zur Identifizierung von etwaigem Optimierungspotential wurde in Phase 3 ein Benchmark-Vergleich erhoben.

3.4.5.1 Herstellerübersicht

Der Vergleich bezieht sich primär auf Benchmark-Modelle für das Projekt 4510, welche bereits von Komptech deklariert wurden. Um eine Aussagekraft auf internationaler Ebene zu erreichen wurde zusätzlich noch ein weiteres Modell eines US-amerikanischen Herstellers für den Vergleich hinzugezogen. Die Modellvielfalt teilt sich nun auf 5 Modelle mitteleuropäischer Herkunft und 4 Modelle nordamerikanischer Herkunft auf. Tabelle 3.4-2 zeigt eine Übersicht der Hersteller, mit den jeweiligen Modellen und dem Herkunftsland.

Hersteller	Modelle	Land
Dopstadt	AK 560 Ecopower	Deutschland
Willibald	EP 5500 Shark II	Deutschland
Vermeer	HG 4000	Iowa, USA
Jenz	BA 725D / BA 915D / HEM 561 DL	Deutschland
Rotochopper	MP-2 Grinder	Minnesota, USA
Terex	TGB 620	Connecticut, USA
Bandit Industries	Beast 2460 XP	Michigan, USA

Tabelle 3.4-2: Übersicht der Hersteller von vergleichbaren Holzschreddern

Tabelle 6.2-1 (siehe Anhang A – Kapitel 6.2) zeigt einen Vergleich der technischen Daten. Der Konkurrenzvergleich bezieht sich rein auf die technischen Daten und die produktspezifischen Merkmale, die unterschiedlichen marktspezifischen Anforderungen wurden vernachlässigt.

3.4.5.2 Beschreibung der einzelnen Modelle

3.4.5.2.1 Modell AK 560 Ecopower von Doppstadt

Hersteller: Doppstadt Familienholding GmbH, Steinbrink 4, 42555 Velbert, Deutschland
www.doppstadt.de



Abbildung 3.4-1: Doppstadt AK 560 Ecopower¹⁰⁶

Doppstadt produziert Maschinen für die Bereiche Zerkleinern, Separieren, Mischen bzw. Umsetzen, Splitten, Nassaufbereitung und Fördern, mit Sitz in Velbert/Deutschland. Der Vertrieb erfolgt hierbei weltweit. Schredder und Hacker werden getrennt angeboten, eine Kombinationslösung wird nicht im Produktsortiment aufgelistet. Das Schreddersortiment reicht von kleinen Stationär-Maschinen mit Elektroantrieb bis hin zu 700 PS Sattelaufliegern, welche die Vorzerkleinerung und Nachzerkleinerung in einer Maschine bewerkstelligen. Das Modell „AK 560 Ecopower ist ein Feinzerkleinerer, dessen Einsatzgebiet auf Grünschnitt, Garten- und Parkabfälle, Bioabfälle, vorzerkleinertes Stamm- und Wurzelholz sowie Altholz und Holzpaletten ausgelegt ist. Die Leistung ist mit 530 PS Standard im Mittelklassensegment der Feinzerkleinerer und wird von einem MTU-Motor generiert. Die Schreddertrommel rotiert mit rund 1.000 U/min, wobei 36 freischwingende Schlegel mit wechselbaren Verschleißspitzen die Aufgabe der Zerkleinerung übernehmen. Die Störstoffsicherung erfolgt über die freischwingenden Schlegel. Der Trommeldurchmesser ist mit 1.100 mm in diesem Marktsegment am größten. Die Materialeinzugslänge gestaltet sich mit 2.940 mm kurz, da der Motor vor

¹⁰⁶ www.doppstadt.de, Zugriffsdatum: 17.07.2017

dem Materialaufgabebereich angebracht ist. Bezüglich Materialdurchsatz werden keine Angaben gemacht. Wie in Abbildung 3.4-1 ersichtlich verfügt der Schredder über ein klappbares Abwurfband, welches die Maschinenlänge im Transportmodus um 1.928 mm verkürzt. Das Gewicht liegt mit 19.000 kg an der Grenze für 2-Achs-Auflieger.¹⁰⁷

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Getrennter Antrieb der Einzugswalze
- ▶ Unempfindlichkeit gegenüber Störstoffen aufgrund der freischwingenden Schlegel
- ▶ Einfacher Wartungszugang über integrierte Leiter
- ▶ Freischwingende Werkzeuge mit Wechselspitzen
- ▶ Nach vorne geschlossener Materialaufgabebereich

3.4.5.2.2 Modell EP 5500 Schark II von Willibald

Hersteller: J. Willibald GmbH, Bahnhofstraße 6, 88639 Sentenhart, Deutschland

www.willibald-gmbh.de



Abbildung 3.4-2: Willibald EP 5500 Schark II¹⁰⁸

Abbildung 3.4-3: Willibald Einzugswalze und Schlegelrotor¹⁰⁹

Die J. Willibald GmbH produziert Schredder, Siebe und Umsetzer mit Sitz in Sentenhart/Deutschland. Die Modellpalette der Schredder umfasst 8 Modelle, von kompakten elektrischen Stationärschreddern mit 45 kW bis hin zu mobilen Schreddern im Mittelklassensegment. Der Schark II (siehe Abbildung 3.4-2) ist ein Universalschredder,

¹⁰⁷ vgl. www.doppstadt.de, Zugriffsdatum: 17.07.2017

¹⁰⁸ www.willibald-gmbh.de, Zugriffsdatum: 17.07.2017

¹⁰⁹ www.willibald-gmbh.de, Zugriffsdatum: 17.07.2017

welcher auch bei der Erzeugung von Hackgut aus Rest- und Altholzmaterialien (z.B. Paletten) ausgewogene Ergebnisse liefert. Ein MAN-Motor mit 520 PS ist für den Antrieb der Zerkleinerungsmaschine verantwortlich. Der Schlegelrotor (siehe Abbildung 3.4-3) rotiert mit maximal 980 U/min, 16 Doppelschlegel mit austauschbaren Wechselspitzen zerkleinern das eingebrachte Material. Der Rotordurchmesser beträgt 1.000 mm. Die Materialeinzugslänge beträgt 3.100 mm, der Materialdurchsatz beträgt für Grünschnitt bis zu 220 m³/h, für Altholz bis zu 130 m³/h und für Rinde bis zu 230 m³/h. Der Rollboden und eine oben angeordnete Eizugswalze sind stufenlos von 10 % bis 100 % regelbar. Die Breite des Abwurfbands beträgt 1.400 mm, die maximale Abwurfhöhe kann optional von 3.800 auf 4.500 mm erhöht werden. Der Shark II wird im Transportmodus von 11.750 mm um 1.800 auf 9.950 mm verkürzt. Wie die meisten Zerkleinerer in diesem Segment wiegt auch der Schark II 19.000 kg.¹¹⁰

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Schnell hergestellte Wartungsposition in wenigen Minuten
- ▶ Werkzeuge in Form von Doppelschlegeln ausgeführt
- ▶ Materialeinzug stufenlos von 10 % bis 100 % regelbar
- ▶ Nach vorne offener Materialaufgabebereich

3.4.5.2.3 Modell HG 4000 von Vermeer

Hersteller: Vermeer Corporate, 1210 Vermeer Rd, Pella, IA 50219, USA

www.vermeer.com



Abbildung 3.4-4: Vermeer HG 4000¹¹¹

¹¹⁰ vgl. www.willibald-gmbh.de, Zugriffsdatum: 17.07.2017

¹¹¹ www.vermeer.com, Zugriffsdatum: 17.07.2017

Vermeer mit Sitz in Iowa, USA bietet ein vielseitiges Produktsortiment für verschiedenste Bereiche der Landwirtschaft und der Industrie. Die Sparte der Zerkleinerer umfasst 2 Modelle, den HG 4000, einen Universalzerkleinerer im Mittelklassesegment, und den HG 6000, einen massiv ausgeführten Universalzerkleinerer für sehr hohe Materialdurchsätze. Bei dem Modell HG 4000 (siehe Abbildung 3.4-4) kann zwischen 2 Motorvarianten mit 445 PS bzw. 522 PS gewählt werden. Die Schreddertrommel (siehe Abbildung 3.4-5) wird mit 9 Werkzeugen mit jeweils 2 Schneidspitzen ausgeführt. Durch die umgekehrte Anordnung der Werkzeuge im Verschleißfall kann die Nutzungsdauer bis zur nächsten Wartung verdoppelt werden. Der Durchmesser der Trommel beträgt 572 mm, der Durchmesser der Schneidspitzen beträgt 796 mm. Die Trommel rotiert mit 1.141 U/min. Optional kann im HG 4000 eine Hacktrommel zur Hackgutaufbereitung verbaut werden. Der Materialeinzug gestaltet sich mit einer Länge von 4.600 mm und einer Breite von 1.524 mm im Vergleich zur Konkurrenz am Größten, eine oben angeordnete Einzugswalze erfasst das zu zerkleinernde Material. Vor der Einzugsöffnung ist standartmäßig ein Abweisblech für herausschleudernde Objekte (Thrown Object Deflector, siehe Abbildung 3.4-6) montiert, welches im Abstand justierbar ist. Die Breite des Abwurfbandes beträgt 965 mm, die maximale Abwurfhöhe beträgt 4.300 mm. Im Transportmodus wird die Länge des HG 4000 von 15.800 mm um 5.100 auf 10.700 mm verkürzt. Das Gewicht beträgt 19.000 kg, somit ist die Ausführung als 2-Achs-Auflieger möglich.¹¹²

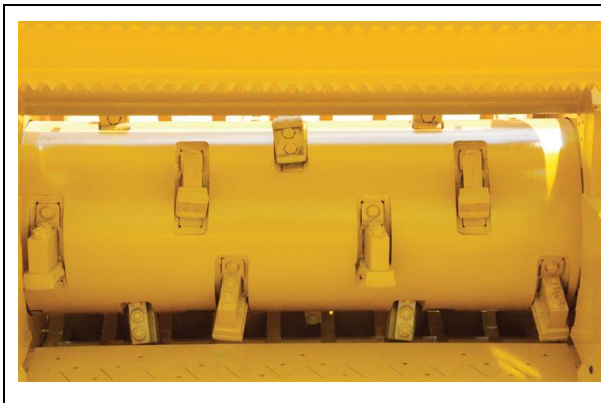


Abbildung 3.4-5: Vermeer Duplex Trommel¹¹³

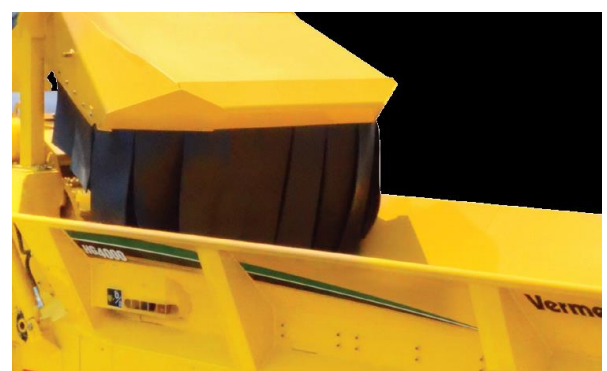


Abbildung 3.4-6: Vermeer Thrown Object Deflector (TOD)¹¹⁴

¹¹² vgl. www.vermeer.com, Zugriffsdatum: 18.07.2017

¹¹³ www.vermeer.com, Zugriffsdatum: 17.07.2017

¹¹⁴ www.vermeer.com, Zugriffsdatum: 17.07.2017

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Ausführung mit Hacktrommel oder Schreddertrommel möglich
- ▶ Vor der Einzugsöffnung angeordnetes verstellbares Abweisblech für herausschleudernde Objekte; wird aufgrund der konstruktiven Ausführung benötigt
- ▶ Feststehend montierte Werkzeuge auf Schreddertrommel mit Wechselschneiden
- ▶ Nach vorne offener Materialaufgabebereich

3.4.5.2.4 JENZ

Jenz GmbH, Wegholmer Straße 14, 32469 Petershagen, Deutschland

www.jenz.de

Die Jenz GmbH mit Sitz in Petershagen, Deutschland, produziert Hacker, Schredder, Mischumsetzer und Nachzerkleinerer. Das Schreddersortiment umfasst derzeit 11 Modelle, von mobilen Schreddern im Mittelklassensegment bis hin zu elektrisch angetriebenen Stationärmaschinen.

3.4.5.2.4.1 Modell BA725 D von JENZ



Abbildung 3.4-7: JENZ BA725D¹¹⁵

¹¹⁵ www.jenz.de, Zugriffsdatum:18.07.2017

Die Maschine (siehe Abbildung 3.4-7) wurde für wechselnde Einsatzbereiche konzipiert, wie die Kompostierung von Grünschnitt und Biomüll, das Schreddern von Wurzeln, Altholz aber auch Stammholz, sowie die Substrat-Nachzerkleinerung in Biogasanlagen. Der Antrieb erfolgt über einen 510 PS starken Mercedes Benz OM 460 LA Motor. Der Schredderrotor (siehe Abbildung 3.4-8) misst im Durchmesser 1.040 mm, die Anzahl der Schlegel beträgt 38. Die Rotordrehzahl beträgt 526 bzw. 1.000 U/min. Der aktive Materialeinzug ist 3.100 mm lang, davor befindet sich eine 700 mm lange, offene Blechkonstruktion in Trichterform. Bezüglich des Materialdurchsatzes werden von JENZ für Grünabfall 170 m³/h, für Rinde 220 m³/h und für Altholz 110 m³/h angegeben. Die Abwurfhöhe des Abwurfbandes beträgt max. 4.100 mm, die Länge 4.500 mm und die Breite 1.200 mm. In der Transportstellung beträgt die Länge des BA 725D 10.900 mm. Das Gewicht der Maschine beträgt 20.000 kg, somit kann der Schredder nur mittels Sondergenehmigung in manchen Ländern verwendet werden.¹¹⁶



Abbildung 3.4-8: JENZ Schredderrotor BA725 D¹¹⁷

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Twin-Antrieb zur Regulierung der optimalen Rotordrehzahl (526/1.000 U/min) für den jeweiligen Verwendungszweck
- ▶ Rotorwerkzeugwechsel durch eine Person möglich
- ▶ Nach vorne offener Materialaufgabebereich
- ▶ Obere und untere Einzugswalze
- ▶ Eigengewicht des Schredders 20.000 kg

¹¹⁶ vgl. www.jenz.de, Zugriffsdatum:18.07.2017

¹¹⁷ www.jenz.de, Zugriffsdatum:18.07.2017

3.4.5.2.4.2 Modell BA915 D von JENZ



Abbildung 3.4-9: JENZ BA915 D¹¹⁸

Die Einsatzgebiete des Modells BA915 D (siehe Abbildung 3.4-9) beschränken sich auf die Kompostierung von Grünschnitt und Biomüll, sowie die Substrat-Nachzerkleinerung in Biogasanlagen. Das Modell BA915 D wird von einem 530 PS starken Mercedes Benz OM 471 LA Motor angetrieben. Der Rotordurchmesser beträgt wie beim BA725 D 1.040 mm, die Schlegelanzahl ebenfalls 38. Bezüglich Rotordrehzahl liegen keine Angaben vor. Die aktive Materialeinzugslänge gestaltet sich mit 4.500 mm lang, eine Einzugswalze erfasst das Material. Der Durchsatz beträgt für Grünabfall 170 m³/h für Rinde 220 m³/h. Aufgrund der Konstruktion ist das Modell nicht für die Zerkleinerung von Altholz geeignet. Die Abwurfhöhe des Materialaustrags beträgt 3.200 mm, bezüglich Länge und Breite des Abwurfbands liegen keine Daten vor. Die Transportlänge beträgt 10.280 mm, das Gewicht liegt mit 17.600 kg in der Grundausführung deutlich unter der Grenze für 2-Achs-Auflieger.¹¹⁹

¹¹⁸ www.exhibitors.ifat.de, Zugriffsdatum:18.07.2017

¹¹⁹ vgl. www.jenz.de, Zugriffsdatum:19.07.2017



Abbildung 3.4-10: Weggeklapptes Austragsband des JENZ BA915 D¹²⁰

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Hohe Wartungsfreundlichkeit aufgrund des zur Seite klappenden Mechanismus des Austragsbands (siehe Abbildung 3.4-10)
- ▶ Aggressiver oberer Walzeneinzug für besseres Materialeinzugsverhalten

3.4.5.2.4.3 Modell HEM 561 DL (Tiger) von JENZ



Abbildung 3.4-11: JENZ HEM 561 DL¹²¹

¹²⁰ www.exhibitors.ifat.de, Zugriffsdatum:19.07.2017

¹²¹ www.jenz.de, Zugriffsdatum:19.07.2017

Das Modell HEM 561 DL (siehe Abbildung 3.4-11) in der Tigerausführung mit Track-Laufwerk ist ein reiner Holzhacker zum Zerkleinern von Hartholz bis max. 420 mm Durchmesser und Weichholz bis max. 560 mm Durchmesser. Wie auch im Modell BA915 D wird ein Mercedes Benz OM 471 LA Motor verbaut, jedoch in einer geringeren Leistungsstufe mit 490 PS. Der Hacktrommeldurchmesser beträgt 820 mm, 10 Klingen mit jeweils 200 mm Länge zerkleinern das Material. Über die Länge des aktiven Materialeinzugs werden keine Angaben gemacht, jedoch gestaltet sich der Einzug nach vorne hin offen und kann von beiden Seiten befüllt werden. Aufgrund dieser Konstruktion kann auch sperriges Material verarbeitet werden. Der Durchsatz beträgt maximal 150 srm/h. Der Materialaustrag erfolgt bei diesem Modell über ein Gebläse, welches die Austragsrichtung und die Austragshöhe variabel verändern kann. Die Länge in Transportstellung beträgt 6.500 mm, das Gewicht beträgt 18.500 kg. Aufgrund des Raupenfahrwerks ist der Transport von diesem Modell nur mit einem Sattelaufleger zu bewerkstelligen.¹²²

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Raupenlaufwerk für den Einsatz im extremen Gelände und auf schwierigem Untergrund
- ▶ Großzügig dimensionierter, nach vorne offener und beidseitig befüllbarer Aufgabenbereich für die Verarbeitung von sperrigem Material und langem Stammholz
- ▶ Hacker drehbar auf Fahrwerk aufgebaut
- ▶ Materialaustrag über Gebläse

3.4.5.2.5 Modell MP-2 Grinder von Rotochopper

Hersteller: Rotochopper Inc., 217 West Street, PO Box 295, St. Martin, MN 56376, USA
www.rotachopper.com

¹²² vgl. www.jenz.de, Zugriffsdatum:19.07.2017

Abbildung 3.4-12: Rotochopper MP-2 Grinder¹²³

Rotochopper Inc. ist ein amerikanischer Hersteller von Schreddermaschinen für verschiedene Anwendungen mit Firmensitz in Minnesota, USA. Das Produktsortiment der mit Dieselmotoren betriebenen Horizontalschredder umfasst 4 Modelle mit Motorisierungen von 260 bis 1.050 PS. Das Modell MP-2 (siehe Abbildung 3.4-12) wird für die Aufbereitung von Kompostiermaterialien, wie Grünschnitt oder Zweigabfällen verwendet. Der Antrieb der Maschine erfolgt über einen 350 PS Dieselmotor. Für das Modell MP-2 sind 4 verschiedene Schredderrotoren mit einem Durchmesser von 660,6 mm verfügbar. Der 2 Schrauben-Wendeschnidplattenrotor (siehe Abbildung 3.4-13) wird zum Schreddern von Altholz bzw. von Zweigabfällen und für die Aufbereitung von Grünschnitt eingesetzt. Die Verwendung von Wendeschnidplatten wirkt sich positiv auf die Wartungsintervalle aus. Der 1 Schrauben-Wendeschnidplattenrotor (siehe Abbildung 3.4-14) eignet sich aufgrund der erhöhten Toleranz gegenüber Stößen besser für Materialien, welche mit Gestein oder Eisen kontaminiert wurden. Der Pocket-Lo-Rotor (siehe Abbildung 3.4-15) erzeugt qualitativ hochwertiges Hackgut bei geringen Durchsatzwerten. Zur Herstellung von sehr feinem Hackgut mit sauber definierten Schnittkanten findet der Biomasse-Rotor (siehe Abbildung 3.4-16) Verwendung. Dieser erzielt eine bessere Schneidwirkung im Vgl. zu den bereits aufgezählten Rotoren. Bezüglich Rotordrehzahl und Anzahl der Schneiden werden keine Daten angegeben. Spezifische Daten zum Materialdurchsatz sind ebenso nicht vorhanden. Die Materialaufgabe ist nach vorne hin geschlossen, die aktive Materialeinzugslänge beträgt 3.700 mm. Der Materialeinzug verfügt über eine oben angeordnete Einzugswalze. Die Abmaße des Materialaustrags werden nicht angegeben. Optional kann das Abwurfband mit einem Magnetabscheider ausgestattet werden. Das Gewicht der Maschine beträgt je

¹²³ www.rotochopper.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

nach Ausführung zwischen 12.020 und 14.515 kg, die Länge wird mit 10.668 mm angegeben.¹²⁴



Abbildung 3.4-13: Rotochopper 2 Schrauben-Wendeschneidplattenrotor¹²⁵



Abbildung 3.4-14: Rotochopper 1 Schrauben-Wendeschneidplattenrotor¹²⁶



Abbildung 3.4-15: Rotochopper Pocket-Loc-Rotor¹²⁷



Abbildung 3.4-16: Rotochopper Biomasse-Rotor¹²⁸

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Erzeugung von eigefärbtem Hackgut (z.B. Rindenmulch) möglich
- ▶ Vier verschiedene, für den Verwendungszweck konzipierte, Schredderrotoren verfügbar
- ▶ Nach vorne geschlossener Materialaufgabebereich

¹²⁴ vgl. www.rotachopper.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

¹²⁵ www.rotachopper.com, Zugriffsdatum: 25.07.2017

¹²⁶ www.rotachopper.com, Zugriffsdatum: 25.07.2017

¹²⁷ www.rotachopper.com, Zugriffsdatum: 25.07.2017

¹²⁸ www.rotachopper.com, Zugriffsdatum: 25.07.2017

3.4.5.2.6 Modell TBG 620 von Terex

Hersteller: Terex Corporation, 200 Nyala Farm Road, Westport, CT 06880, USA

www.terex.com



Abbildung 3.4-17: Terex TBG 620¹²⁹

Terex ist ein weltweit agierender Hersteller von Hubarbeitsbühnen, Kränen, Baumaschinen, Maschinen zur Materialaufbereitung sowie Maschinen für den Berg- und Straßenbau. Der Hauptsitz der Firma befindet sich in Connecticut, USA. Die Sparte der Materialaufbereitung umfasst Biomasse-Hacker, Horizontalzerkleinerer, Trommelsiebmaschinen, langsam und mittelschnell laufende Schredder, Kompostwender und Recycling-Siebanlagen. Bei den Horizontalzerkleinerern stehen mit dem TGB 620 und dem TGB 625 zwei Modelle zur Auswahl. Das Modell TGB 620 (siehe Abbildung 3.4-17) ist für das Schreddern von Altholz und Kompostierung von Grünschnitt und Zweigabfällen konzipiert und ist wahlweise mit einem 431 PS starken John Deere Motor oder mit einem 500 PS starken Scania Motor lieferbar. Die Drehzahl des Schlegelrotors beträgt 1.200 U/min, bezüglich dem Durchmesser werden keine Angaben gemacht. Der Rotor ist mit 28 Schlegeln ausgestattet, dessen Schlegelspitzen aus Hartmetall ausgetauscht werden können (siehe Abbildung 3.4-18). Die Materialaufgabe ist aufgrund der Motoranordnung nach vorne hin geschlossen. Die Materialzufuhr erfolgt über einen 3.500 mm langen und 1.530 mm breiten Befüllbunker (siehe Abbildung 3.4-19), welcher durch den Aufbau eine konstante Materialbeschickung garantieren soll. Auf der gesamten Länge des Befüllbunkers wird aktiv auf einem Kettenförderer das

¹²⁹ www.terex.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

Material befördert. Hinsichtlich Materialaustrag stehen zwei Varianten zur Verfügung. Variante eins ist ein 3.500 mm langes und 1.800 mm breites Abwurfband mit einer maximalen Abwurfhöhe von 2.300 mm. Variante zwei misst 1.600 mm in der Breite und 5.000 mm in der Länge bei einer maximalen Abwurfhöhe von 3.100 mm. Es besteht die Möglichkeit beide Bänder mit einem Magnetabscheider auszustatten. Das Gewicht des TGB 620 beträgt 20.000 kg, die Transportlänge beträgt 9.850 mm. Aufgrund des Gewichts benötigt der TGB 620 eine Sonderzulassung, welche nicht in allen europäischen Ländern zur Verfügung steht.¹³⁰



Abbildung 3.4-18: Terex Schlegel mit Wechselspitze¹³¹



Abbildung 3.4-19: Terex Befüllbunker¹³²

Anmerkungen/Besonderheiten:

- CAN-Bus-Steuerung mit automatischer Überlasterkennung
- Material-Autopilot für lastabhängigen Kräfteinsatz
- Motorüberwachung mit automatischer Kühlerreinigung
- Nach vorne geschlossener Materialaufgabebereich
- Eigengewicht des Schredders 20.000 kg

¹³⁰ vgl. www.terex.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

¹³¹ www.terex.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

¹³² www.terex.com, Zugriffsdatum: 19.07.2017

3.4.5.2.7 Modell Beast 2460XP von Bandit Industries

Hersteller: Bandit Industries Inc., 6750 Millbrook Road, Remus, MI 49340, USA

www.banditchippers.com



Abbildung 3.4-20: Bandit Industries Beast 2460XP¹³³

Bandit Industries Inc. mit Sitz in Michigan, USA, produziert horizontale Schredder, selbstfahrende Raupenkettenschredder, handgefütterte Hacker, mobile Hacker und stationäre Hacker. Die Modellpalette der horizontalen Schredder umfasst fünf verschiedene Modelle mit Leistungen beginnend bei 275 PS bis hin zu 1.200 PS. Das Modell 2460 XP (siehe Abbildung 3.4-20) kann je nach Konfiguration für verschiedene Anwendungen verwendet werden, darunter Schreddern von Grünschnitt, Rinde und Altholz oder Hacken von Stammholz. Auch Anwendungen im Bereich der Müllverwertung sind möglich. Drei verschiedene Motorvarianten, ein CAT Motor mit 475 PS, ein John Deere Motor mit 525 PS und ein Volvo Motor mit 551 PS stehen für den Antrieb der Zerkleinerungstrommel zur Auswahl. Je nach Verwendungszweck kann zwischen einer Schreddertrommel und einer Hacktrommel gewählt werden. Die Schreddertrommel gibt es in Variante 1 mit 60 fixen Schlegeln standartmäßig. Für das Schreddern von Grünschnitt oder sehr feinem Material wird Variante 2 mit 30 fixen Schlegeln empfohlen (siehe Abbildung 3.4-21). Der Durchmesser der Schreddertrommel beträgt 914 mm, die Trommel rotiert mit rund 750 U/min. Die Hacktrommel verfügt über 8 Taschen, in welchen jeweils die Hackmesser angeschraubt werden (siehe Abbildung

¹³³ www.banditchippers.com, Zugriffsdatum: 20.07.2017

3.4-22), optional kann eine 20-Messer Trommel verbaut werden. Über die aktive Einzugslänge des Gleiskettenförderers liegen keine Daten vor. Das klappbare Abwurfband misst eine Länge von 9.144 mm bei einer Breite von 1.066 mm und ermöglicht eine Abwurfhöhe von 5.334 mm. Die Länge des Schredders misst 14.478 mm bei einem Gewicht von 21.772 kg (Ausführung mit Schreddertrommel).¹³⁴

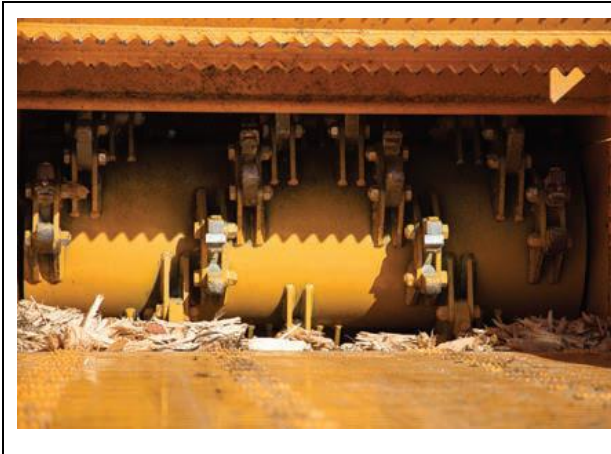


Abbildung 3.4-21: Bandit Industries
Schreddertrommel mit 30 Schlegeln¹³⁵



Abbildung 3.4-22: Bandit Industries
Hacktrommel¹³⁶

Anmerkungen/Besonderheiten:

- ▶ Überdurchschnittlich langes Abwurfband, daraus resultiert eine Abwurfhöhe von über 5 m
- ▶ Erzeugung von eigefärbtem Hackgut (z.B. Rindenmulch) möglich
- ▶ 6-stufig verstellbare Materialeinzugsgeschwindigkeit zur Optimierung vom Produktergebnis

¹³⁴ vgl. www.banditchippers.com, Zugriffsdatum: 20.07.2017

¹³⁵ www.banditchippers.com, Zugriffsdatum: 20.07.2017

¹³⁶ www.banditchippers.com, Zugriffsdatum: 20.07.2017

3.4.5.3 Zusammenfassung

Die im Benchmark-Vergleich miteinander verglichenen Schredder wurden auf das Projekt 4510 abgestimmt, es gibt noch viele weitere Hersteller mit Produkten, welche mit der gleichen Wirkungsweise arbeiten jedoch anders aufgebaut sind (Bsp. Queranordnung, LKW Aufbau, Zapfwelle, etc.)

Die Funktionsweise und der Aufbau gestalten sich bei allen Horizontalschreddern ähnlich. Die benötigte Leistung für Schredder mit ähnlichem Materialdurchsatz wie beim Axtor 4510 reicht von 400 bis 530 PS.

Signifikante Detailunterschiede lassen sich anhand der Produktherkunft bestimmen. Im europäischen Raum wird die Schreddertrommel bzw. -Walze zumeist in Schichtbauweise ausgeführt mit integrierten Werkzeugen, welche je nach Verwendungszweck Schreddern oder Hacken, freischwingend oder starr ausgeführt sind. Die amerikanischen Schreddertrommeln hingegen sind zumeist sehr massiv gebaut und die Werkzeuge sind auf der Trommel angeschraubt oder aufgeschweißt. Allgemein wird bei amerikanischen Modellen keine Störstoffsicherung verbaut, dadurch gestaltet sich der gesamte Aufbau der Zerkleinerungseinheit massiver. Störstoffe werden gegebenenfalls zerkleinert und am Ende des Abwurfbands mit einem Metallabscheider separiert.

Weitere Unterschiede ergeben sich im Design der Produkte. Die europäischen Hersteller versuchen zunehmend auch durch ein ansprechendes Design den Kunden zu überzeugen, während bei den nordamerikanischen Herstellern noch verstärkt das „Form folgt Funktion“-Prinzip gilt.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass zwar die gewünschte Funktion der verschiedenen Horizontalzerkleinerer die gleiche ist, jedoch gibt es in der Konstruktion gravierende, auch auf die Unternehmensherkunft bezogene Unterschiede. Detaillösungen werden zumeist von den Herstellern unterschiedlich gelöst.

3.4.6 SWOT Analyse des Universalzerkleinerers

Mithilfe einer SWOT-Analyse wird die Ausgangssituation analysiert. Der Umfang dieser SWOT-Analyse beschränkt sich bei den internen Feldern (Strengths und Weaknesses) auf den Universalzerkleinerer, bei den externen (Opportunities und Threats) auf vergleichbare Produkte von anderen Herstellern und auf die Unternehmensumwelt (siehe Tabelle 3.4-3).

<p><u>Strengths – interne Stärken</u></p> <p>S.1 Langjährige Erfahrung in der Branche S.2 1 Axtor – 2 verschiedene Produkte S.3 Modularer Aufbau S.4 Innovative Produktfeatures und ausgeklügeltes Konzept S.5 Optimale Service- und Wartungszugänglichkeit</p> <p style="text-align: center;">FÖRDERN</p>	<p><u>Opportunities – externe Möglichkeiten</u></p> <p>O.1 Neues Marktsegment O.2 Märkte USA / Kanada O.3 Andere Modelle O.4 Generierung von neuem Know-How</p> <p style="text-align: center;">NUTZEN</p>
<p><u>Weaknesses – interne Schwächen</u></p> <p>W.1 Abhängigkeit von Lieferanten W.2 Geringe Stückzahl W.3 Neuer, unerprobter Maschinenaufbau W.4 Aufwändige Montage W.5 Teils fehlende Standardisierung W.6 Bekanntheitsgrad der Marke</p> <p style="text-align: center;">REDUZIEREN</p>	<p><u>Threats – externe Gefahren</u></p> <p>T.1 Steigende Konkurrenz T.2 Gefahr einer Substitutionstechnologie T.3 Entstehung eines Nischenprodukts T.4 Umweltauflagen T.5 Verringerte Produktnachfrage aufgrund sinkenden Rohölpreises</p> <p style="text-align: center;">BEGRENZEN</p>

Tabelle 3.4-3: SWOT Analyse Universalzerkleinerer

3.4.6.1 Strengths

- S.1: **Langjährige Erfahrung in der Branche:** Die langjährige Erfahrung in der Branche bedeutet, ein hohes Maß an Know-How und technischer Kompetenz sind in die Entwicklung des Axtor 4510 miteingeflossen.
- S.2: **1 Axtor – 2 verschiedene Produkte:** Mit der Auswahl zwischen Hackrotor oder Schreddertrommel realisiert der Axtor 4510 2 Arbeitsverfahren in einem Produkt. Durch den Einbau des Hackrotors ist die Produktion von qualitativ hochwertigem Hackgut möglich. Die zweite Variante, Einbau der Schreddertrommel, ermöglicht

die Verwendung des Axtors als Schredder und auch als Hacker, da die Zerkleinerungswerkzeuge der Trommel gewechselt werden können.

- S.3: **Modularer Aufbau:** Das Modell Axtor 4510 ist modular aufgebaut. Im Bereich des Fahrwerks stehen 3 mögliche Optionen zur Auswahl. Für die Materialeinzugslänge stehen zwei Varianten, eine kurze für Hackanwendungen, als auch eine lange für Mischanwendungen zur Verfügung.
- S.4: **Innovative Produktfeatures und ausgeklügeltes Konzept:** Der Axtor 4510 verfügt über die beste Störstoffsicherung am Markt. Ein neu entwickelter Einzug mit drei Einzugwalzen bei der Konfiguration Schreddern bzw. 4 Einzugwalzen bei der Konfiguration Hacken optimiert den Materialeinzug. Der nach vorne offene Materialeinzug in großzügig ausgeführter Trichterform, ermöglicht das Hacken von langem Stammholz, wie auch das Schreddern von Grünschnitt etc. mit einem hohen Materialdurchsatz. Für den Materialaustrag wird ein „Bananenförmiges“ Materialabwurfband verwendet, welches Materialaustragsband und –abwurfband ersetzt.
- S.5: **Optimale Service- und Wartungszugänglichkeit:** Die Wartung der zwei Hauptmodule, Schredderrotor und Motor, erfolgt über zwei verschiedene Zugangsmöglichkeiten. Über den Zustieg zum Materialaufgabebereich können die Werkzeuge der Schreddertrommel gewartet werden. Über den Einstieg am hinteren Bereich der Maschine können gleichzeitig die Gegenschnitten des Schredderrotors getauscht und die täglichen Wartungsarbeiten am Motor durchgeführt werden.

3.4.6.2 Weaknesses

- W.1: **Abhängigkeit von Lieferanten:** Sehr viele Module bzw. Bauteile wie Dieselmotor, Axialkolbenmotoren, Pumpenverteilergetriebe, Planetengetriebe etc. werden über externe Lieferanten bezogen. Viele dieser Komponenten werden anhand von Forecast-Berechnungen für das folgende Jahr bestellt. Aufgrund dieser Umstände ist es einerseits schwierig auf akut steigende, nicht vorherberechnete Verkaufszahlen zu reagieren, andererseits besteht eine Abhängigkeit gegenüber dem Lieferanten, da es bei Lieferengpässen schlimmstenfalls zu einem Produktionsstopp kommt. Desweiteren ist man im Rahmen der verhandelten Preisgrenzen im Hinblick auf die Produktionskosten vom Lieferanten abhängig. Unter den Lieferanten befinden sich auch solche mit Monopolstellung.

- W.2: **Geringe und stark variierende Stückzahl:** Der Bedarf an Universalzerkleinerern ist überschaubar. Daher werden nur sehr geringe Stückzahlen von maximal 25 Stück pro Jahr gefertigt. Je nach Produktionsjahr kann die Stückzahl auch stark variieren. Zum Bsp. werden im Jahr 2017 nur ca. 10 Axtoren gebaut.
- W.3: **Neuer unerprobter Maschinenaufbau:** Im Vergleich zu den bestehenden Axtor-Modellen gestaltet sich das Modell 4510 im Aufbau verändert. Der Motor wird nicht mehr unter dem Materialaufgabebereich verbaut sondern im Heckbereich über dem Materialabwurfband. Dadurch verändert sich der Aufbau der gesamten Schredderbox und infolge auch die Wartungszugänglichkeit. Mit diesem Produktaufbau wurden bisher keine Erfahrungen gemacht.
- W.4: **Aufwendige Montage:** Die Montage erfolgt in Form einer Standplatzmontage und aufgrund der geringen Stückzahl und der Größe der Maschinenmodule in Handarbeit.
- W.5: **Teils fehlende Standardisierung:** Da die Firmengruppe Komptech langsam gewachsen ist und jede Schwesternfirma eigene Prozessabläufe und Prozessstrukturen besitzt, besteht Optimierungspotential im Bereich der Standardisierung.
- W.6: **Bekanntheitsgrad der Marke:** Im nordamerikanischen Vertriebsraum ist die Marke Komptech wie auch das Modell Axtor weitgehend unbekannt. Hier besteht großer Nachholbedarf.

3.4.6.3 Opportunities

- O.1: **Neues Marksegment:** Im Marktsegment mit Schreddern geringerer Leistung und Durchsatz sind wenige Modelle von Konkurrenten vorhanden. Es besteht die Chance auf einen sehr hohen Absatz in diesem Segment.
- O.2: **Märkte USA / Kanada:** Speziell am nordamerikanischen Markt sind die Absatzzahlen sehr gering und es besteht Verbesserungspotential.
- O.3: **Andere Modelle:** Das gewonnene Know-How und die konstruktiven Vorteile des Axtor 4510 können bei der Entwicklung neuer Modelle angewendet werden. Durch eventuelle Gleichteilverwendung könnten verschiedene Module/Bauteile des 4510 auch in anderen Modellen verbaut und die Bauteilstückzahlen dadurch erhöht werden, z.B. Verwendung der Schredderwalze in mehreren Modellen.
- O.4: **Generierung von neuem Know-How:** Mit der Entwicklung des 4510 besteht die Möglichkeit neue Technologien zu entwickeln, z.B. einen Gebläse-Materialaustrag oder ein lenkbares Vorfahrt-System.

3.4.6.4 Threats

- T.1: **Steigende Konkurrenz:** Aufgrund des Wachstumspotentials des Marktsegments werden in Zukunft vorraussichtlich neue Modelle von anderen Herstellern am Markt angeboten werden.
- T.2: **Gefahr einer Substitutionstechnologie:** Sollten die Rohölpreise stark sinken, könnten kostengünstigere Hacker und Schredder mit hydraulisch angetriebener Zerkleinerungswalze mehr wirtschaftlichen Nutzen für den Endverbraucher generieren. Alternative Technologien zur effizienteren Nutzung der fossilen Brennstoffe in Kombination mit sinkenden Rohölpreisen könnten dazu führen, dass eine Aufbereitung von Biomasse in dieser Art und Weise nicht mehr notwendig ist.
- T.3: **Entstehung eines Nischenproduktes:** Sollte das Marktwachstum nicht stattfinden und die benötigten Stückzahlen sinken, entsteht ein Nischenprodukt, welches aufgrund des geringen Absatzes wirtschaftlich wenig rentabel ist.
- T.4: **Umweltauflagen:** Aufgrund einer möglichen Verschärfung von Umweltauflagen hinsichtlich der Verbrennungskraftmaschine könnte die Verwendung von Schreddern, welche mit VKM angetrieben werden, in Zukunft verboten werden. Eine Substitution durch Schredderanlagen mit Drehstrommotoren wäre möglich.
- T.5: **Verringerte Produktnachfrage aufgrund sinkender Rohölpreis:** Die Nachfrage nach Maschinen, welche Biomasse aufbereiten, sinkt speziell am amerikanischen Markt, wenn der Rohölpreis fällt. Ein sinkender Rohölpreis kann sich negativ auf die Verkaufszahlen der Axtor-Modellpalette auswirken.

3.4.6.5 Zusammenfassung

Die Erkenntnisse der SWOT Analyse werden in den folgenden Phasen, beispielsweise bei der Ideenfindung, zum gezielten Ausgleich von Schwächen oder der Bestimmung und Gewichtung von Bewertungskriterien zum weiteren Ausbau der Stärken miteinbezogen.

3.5 Phase 4 „Funktionenanalyse/Kostenanalyse/Detailanalyse“

In Arbeitsschritt 4 wurden die im 3. Arbeitsschritt gesammelten Daten hinsichtlich ihrer Bedeutung und Wirkung analysiert. Folgende 4 Analyseschritte wurden in Arbeitsschritt 4 durchgeführt:

1. Kostenanalyse
2. Funktionenanalyse
3. Gewichtsanalyse
4. Detailanalyse Vorfahreinerichtung

Die Durchführung und die Ergebnisse der einzelnen Analysen werden in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben. Im Falle der Funktionenanalyse wurde auch ein Workshop zu diesem Thema vorbereitet und durchgeführt. Die genaue Vorgehensweise beim Workshop und die entsprechenden Ergebnisse werden unter Punkt 3.5.3.1 Workshop – Funktionenanalyse dargestellt. Weiters ist zu erwähnen, dass die Gewichtsanalyse und die Detailanalyse der Vorfahreinerichtung per Projektangebot nicht definiert wurden und es sich dabei um „Add-On“ Leistungen handelt.

3.5.1 Kostenanalyse

Entgegen dem Projektangebot erfolgte die Kosten-Analyse nicht auf Basis der Realdaten der bestehenden Produkte wie Axtor 5010, Axtor 6010 und Axtor 8012, sondern wurde mit anhand der Kosten- bzw. Gewichts-Vorkalkulation durchgeführt. Ausschlaggebend für diese Vorgehensweise sind die konzeptionellen Abweichungen zu den Referenzmodellen, da ein für Komptech neues Packaging-Konzept realisiert wurde. Die Kosten-Analyse des Axtors wurde in mehreren Schritten durchgeführt, da es zu Beginn der Analyse nicht möglich war, den erforderlichen Abstraktionsgrad der Maschinenzusammensetzung zu bestimmen. Die Kosten-Analyse erfolgte in jedem Schritt in Form einer Pareto-Analyse, welche die in absteigender Folge angeordneten Einzelwerte den kumulierten Gesamtwerten gegenüberstellt. Die Schritte gliederten sich nach dem Abstraktionsgrad wie folgt:

1. ABC – Kostenanalyse der Fertigartikel
2. ABC – Kostenanalyse der Arbeitspakete
3. ABC – Kostenanalyse der Komponenten
4. ABC – Kostenanalyse der Komponenten unterteilt in Bezugsart

Im Folgenden werden die Kostenanalyse der Komponenten und im Anschluss die Kostenanalyse nach Unterteilung in Bezugsart detailliert beschrieben.

3.5.1.1 ABC – Kostenanalyse Komponenten

Im Folgenden wurden anhand der in der Vorkalkulation angeführten Komponenten eine Kostenanalyse nach dem Pareto-Prinzip erstellt. Der Sammelbegriff „Komponenten“ bezeichnet in diesem Detaillierungsgrad sowohl Baugruppen und Unterbaugruppen, als auch Bauteile.

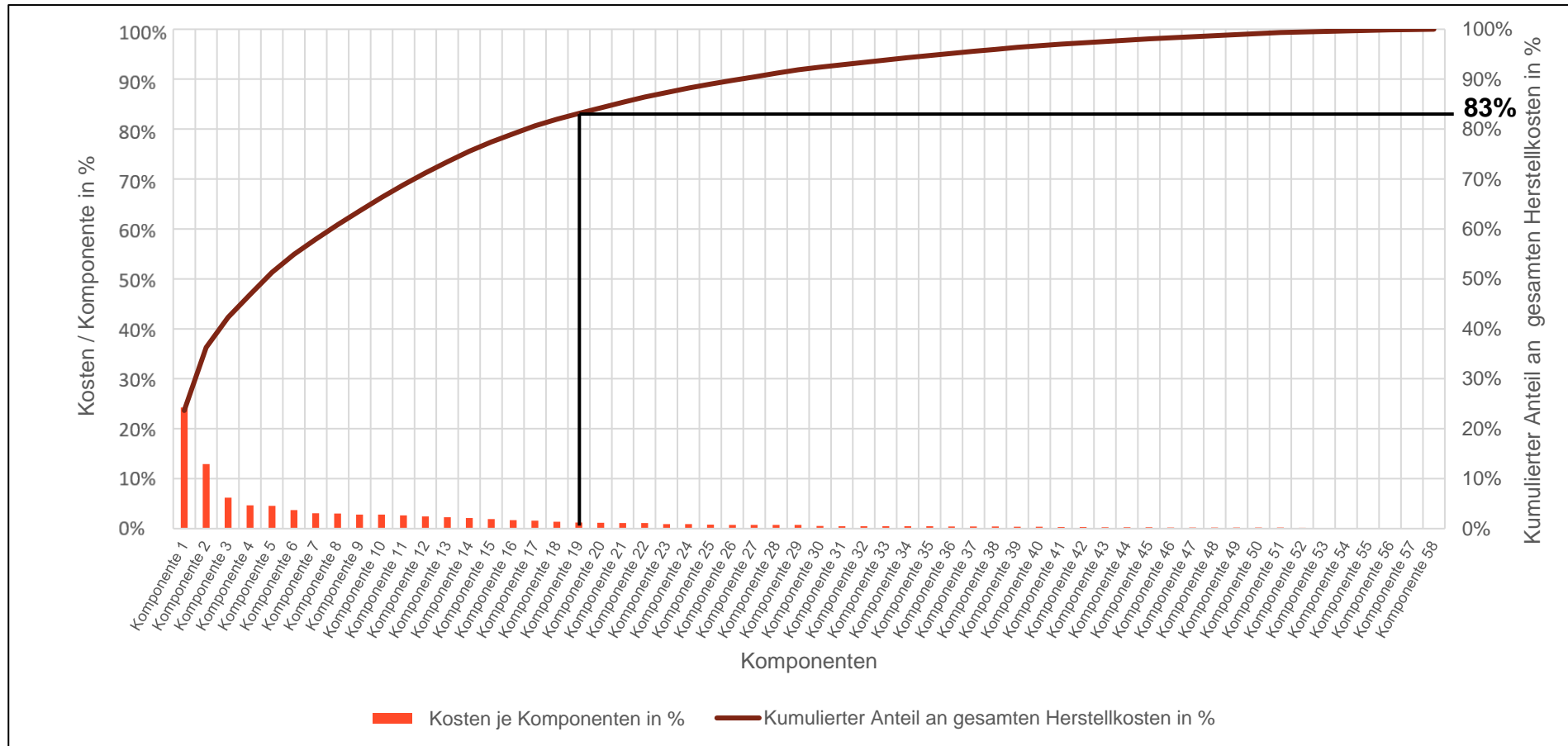


Abbildung 3.5-1: ABC – Kostenanalyse Komponenten¹³⁷

¹³⁷ eigene Abbildung

In Abbildung 3.5-1 ist ersichtlich, dass die 19 teuersten Komponenten für rund 83 % der gesamten Herstellkosten verantwortlich sind. Der Wert der gesamten Herstellkosten ist fiktiv, da beide Fahrwerksvarianten in der Analyse betrachtet wurden. Die Kostenzusammensetzung der 19 Komponenten ist in Tabelle 3.5-1 detailliert dargestellt. Im weiteren Verlauf der Wertanalyse wurde die Betrachtung jener Komponenten als sinnvoll erwogen, jedoch wurde aufgrund des sehr hohen Anteils an Zukaufkomponenten eine weitere Kostenanalyse, unterteilt in die Bezugsart der Komponenten, durchgeführt.

Kostenverteilung Komponenten			
Komponente/ Position	Komponente Bezeichnung	Kosten / Komponente in %	Kumulierter Anteil an gesamten Herstellkosten in %
1	AP05 Antrieb-Motor BG	23,65%	23,65%
2	AP03 Track Fahrwerk	12,62%	36,26%
3	AP04 Schreddertrommel	6,04%	42,31%
4	ZO Magnettrommel	4,55%	46,86%
5	AP03 Fahrwerk + Komplettrad	4,45%	51,31%
6	AP09 Verkleidung	3,59%	54,90%
7	AP06 Abwurfband kpl- Rahmenteile	3,02%	57,92%
8	AP08 Elektrik	2,93%	60,85%
9	AP05 Antrieb-Kühler	2,73%	63,58%
10	AP01+02 Stahlgliederband	2,73%	66,31%
11	AP04 Einzugswalze oben	2,55%	68,87%
12	AP04 Klappdach	2,36%	71,23%
13	AP04 Freischwinger mit Klinge	2,24%	73,47%
14	AP04 Trommeldrehzahl 460 1/min	2,09%	75,56%
15	AP01+02 Einzugsrahmen	1,85%	77,41%
16	AP05 Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	1,66%	79,07%
17	AP04 Schredderboxrahmen	1,56%	80,63%
18	AP05 Hauptantrieb- Riementrieb Trommel	1,33%	81,96%
19	AP05 Hauptantrieb- Riementrieb Hydraulik	1,19%	83,15%

Tabelle 3.5-1: Ergebnisse ABC – Kostenanalyse Komponenten

3.5.1.2 Komponenten unterteilt in Bezugsart

Da sich je nach der Art des Komponentenbezugs die Möglichkeiten der Kostenbeeinflussung unterscheiden, wurde ausgehend von der Kosten- und Gewichtsvorkalkulation und mithilfe der Unterstützung des technischen Einkaufs eine Einteilung in folgende 3 Bezugsarten durchgeführt:

1. Auftragsfertigung Farmtech
2. Auftragsfertigung ausgelagert
3. Zukaufkomponenten

Während bei den fertig hergestellten Zukaufkomponenten eine Kostenreduktion zumeist nur über eine Nachverhandlung der Einkaufspreise erzielt werden kann, ist bei im Auftrag gefertigten Komponenten auch eine Kostenreduktion aufgrund konstruktiver oder funktionaler Anpassungen der Komponenten möglich. In den folgenden Kapiteln werden nur jene Komponenten angeführt, die in den zur weiteren Betrachtung ausgewählten 19 Komponenten enthalten sind.

3.5.1.2.1 Auftragsfertigung Farmtech

Mithilfe der Bezugsart „Auftragsfertigung Farmtech“ wurden jene Komponenten zusammengefasst, welche bei der Schwesterfirma von Komptech, der Farmtech d.o.o. mit Sitz in Slowenien gefertigt werden. Firmenintern werden bei der Komptech GmbH die von Farmtech bezogenen Komponenten gerne als Eigenfertigungskomponenten bezeichnet, da auf konstruktive Änderungen rasch reagiert werden kann. Mitunter werden in Slowenien jene Komponenten des Axtors gefertigt, welche das wertschöpfende Know-How in sich vereinen, z.B. die Schreddertrommel, die Einzugswalze oder der Schredderboxrahmen. Die sechs teuersten Komponenten (siehe Tabelle 3.5-2), welche von Farmtech für den Axtor gefertigt werden, sind für rund 81 % der Kosten dieser Bezugsart verantwortlich. Im weiteren Verlauf wurden jene sechs Komponenten für eine wertanalytische Betrachtung herangezogen.

Kostenverteilung Komponenten Auftragsfertigung Farmtech				
Position	Arbeitspaket	Komponente	Anteil an gesamten Kosten Auftragsfertigung FT in %	Kumulierter Anteil an gesamten Kosten Auftragsfertigung FT in %
1	AP04	Schreddertrommel	30,50%	30,50%
2	AP04	Einzugswalze oben	12,89%	43,40%
3	AP04	Klappdach	11,93%	55,33%
4	AP01+02	Einzugsrahmen	9,35%	64,68%
5	AP05	Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	8,37%	73,05%
6	AP04	Schredderboxrahmen	7,89%	80,94%

Tabelle 3.5-2: Bezugsart – Auftragsfertigung Farmtech

3.5.1.2.2 Auftragsfertigung ausgelagert

Komponenten, welche unter der Bezugsart Auftragsfertigung ausgelagert zusammengefasst wurden, werden bei Komptech konzipiert und konstruiert und im Anschluss an einen externen Fertigungsbetrieb übergeben. Ausgelagert werden zum Großteil jene Komponenten, welche aufgrund von fehlendem Know-How oder nicht verfügbaren Kapazitäten nicht bei Farmtech gefertigt werden können. Ein Beispiel hierfür ist die Verkleidung, welche aufgrund der Feinblechverarbeitung und den fehlenden Kapazitäten trotz sehr hoher Fremdfertigungskosten von einem externen Fertiger hergestellt wird. Vier von sieben ausgelagert gefertigten Komponenten (siehe Tabelle 3.5-3) sind für rund 90 % der durch Auftragsfertigung entstandenen Kosten verantwortlich. Im weiteren Verlauf der Wertanalyse wurden mitunter diese vier Komponenten für die wertanalytische Betrachtung ausgewählt.

Kostenverteilung Komponenten ausgelagerte Auftragsfertigung				
Position	Arbeitspaket	Komponente	Anteil an gesamten Kosten ausgelagerte AF in %	Kumulierter Anteil an gesamten Kosten ausgelagerte AF in %
1	AP09	Verkleidung	27,92%	27,92%
2	AP06	Abwurfband kpl.	23,45%	51,37%
3	AP01+02	Stahlgliederband	21,22%	72,59%
4	AP04	Freischwinger mit Klinge	17,40%	89,99%

Tabelle 3.5-3: Bezugsart – ausgelagerte Auftragsfertigung

3.5.1.2.3 Zukaufkomponenten

Im Folgenden wurden die zugekauften Komponenten untersucht. Sofern Komponenten dieser Art nicht aufgrund von Funktionsübererfüllung oder anderen Begründungen ausgetauscht oder aus der Maschinen entfernt werden können ist eine Reduzierung der Kosten dieser Art nur über etwaige Nachverhandlungen mit den Zulieferern zu realisieren. Im Vergleich zur „Kostenanalyse Komponenten“ wurde hier das Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track in weitere Komponenten unterteilt und es wird von dem Raupenlaufwerk X67 lang gesprochen. Neun Zukaufkomponenten verursachen 80 % aller durch Zukauf entstandenen Kosten (siehe Tabelle 3.5-4). Jene Komponenten wurden für die weitere wertanalytische Betrachtung herangezogen.

Kostenverteilung Komponenten Zukaufteile				
Position	Arbeitspaket	Komponente	Anteil an gesamten Kosten Zukaufteile in %	Kumulierter Anteil an gesamten Kosten Zukaufteile in %
1	AP05	Antrieb-Motor BG	35,13%	35,13%
2	AP03 Track	Raupenlaufwerk X67 lang	16,59%	51,71%
3	ZO	Magnettrommel	6,76%	58,47%
4	AP03	Fahrwerk + Komplettrad	6,61%	65,08%
5	AP08	Elektrik	4,35%	69,44%
6	AP05	Antrieb-Kühler	4,06%	73,50%
7	AP04	Trommeldrehzahl 460 1/min	3,10%	76,59%
8	AP05	Hauptantrieb-Riementrieb Trommel	1,97%	78,56%
9	AP05	Hauptantrieb-Riementrieb Hydraulik	1,77%	80,34%

Tabelle 3.5-4: Bezugsart – Zukaufteile

3.5.2 Gewichtsanalyse

Ein Entwicklungsziel des Axtor 4510 ist das Unterschreiten eines Maximalgewichts von 19.000 kg, damit eine kostengünstige Trailer-Ausführung mit zwei Radachsen realisiert werden kann. Daher wurde im Rahmen der Wertanalyse auf Wunsch des Projektpartners Komptech auch eine Gewichtsanalyse durchgeführt, um ein besseres Verständnis für die Gewichtsverteilung zu schaffen und gegebenenfalls Optimierungspotential hinsichtlich Leichtbau und Gewichtseinsparungen zu identifizieren. Die Vorgehensweise gleicht jener der Kostenanalyse. Mithilfe einer Pareto-Analyse wurden die Komponenten hinsichtlich ihrer Gewichtsverteilung untersucht. Eine weitere Betrachtung nach Bezugsart der Komponenten stellte für diese Anwendung keinen Mehrwert dar. Bei der Gewichtsanalyse wurde das Track-Fahrwerk nicht angeführt, da der Axtor in der Track-Ausführung nicht für eine Straßenzulassung vorgesehen werden kann. Wie in Abbildung 3.5-2 ersichtlich sind 13 Komponenten für rund 80 % des Gesamtgewichts verantwortlich. Im weiteren Verlauf der Wertanalyse wurden jene Komponenten bei der Festlegung der Detailziele berücksichtigt. In Tabelle 3.5-5 ist die detaillierte Gewichtsverteilung der Komponenten angeführt.

Gewichtsverteilung Komponenten Grundmaschine						
Komponente/ Position	Arbeits- paket	Komponente Grundmaschine Bezeichnung	Gewicht/ Komponente in kg	Anteil am Gesamtgewicht der Grund- maschine	Kumulierter Wert in kg	Kumulierter Anteil am Gesamtgewicht der Grundmaschine
1	AP05	Antrieb C9.3B	1885,00	10,47%	1885,00	10,47%
2	AP03	Fahrwerk + Komplettrad	1697,00	9,43%	3582,00	19,90%
3	AP04	Schreddertrommel	1697,00	9,43%	5279,00	29,33%
4	AP01 +02	Einzugsrahmen	1288,00	7,16%	6567,00	36,49%
5	AP05	Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	1133,90	6,30%	7700,90	42,79%
6	AP06	Abwurfband Höhe 4,3m	1090,26	6,06%	8791,16	48,85%
7	AP01 +02	Stahlgliederband	1052,00	5,85%	9843,16	54,69%
8	AP04	Einzugswalze oben	1006,00	5,59%	10849,16	60,28%
9	AP04	Schredderboxrahmen	948,70	5,27%	11797,86	65,56%
10	AP04	Klappdach	808,45	4,49%	12606,31	70,05%
11	AP09	Verkleidung	669,90	3,72%	13276,21	73,77%
12	AP05	Dieseltank (450 l)	615,00	3,42%	13891,21	77,19%
13	AP04	Freischwinger mit Klinge	558,40	3,10%	14449,61	80,29%

Tabelle 3.5-5: Ergebnisse ABC – Gewichtsanalyse Komponenten Grundmaschine

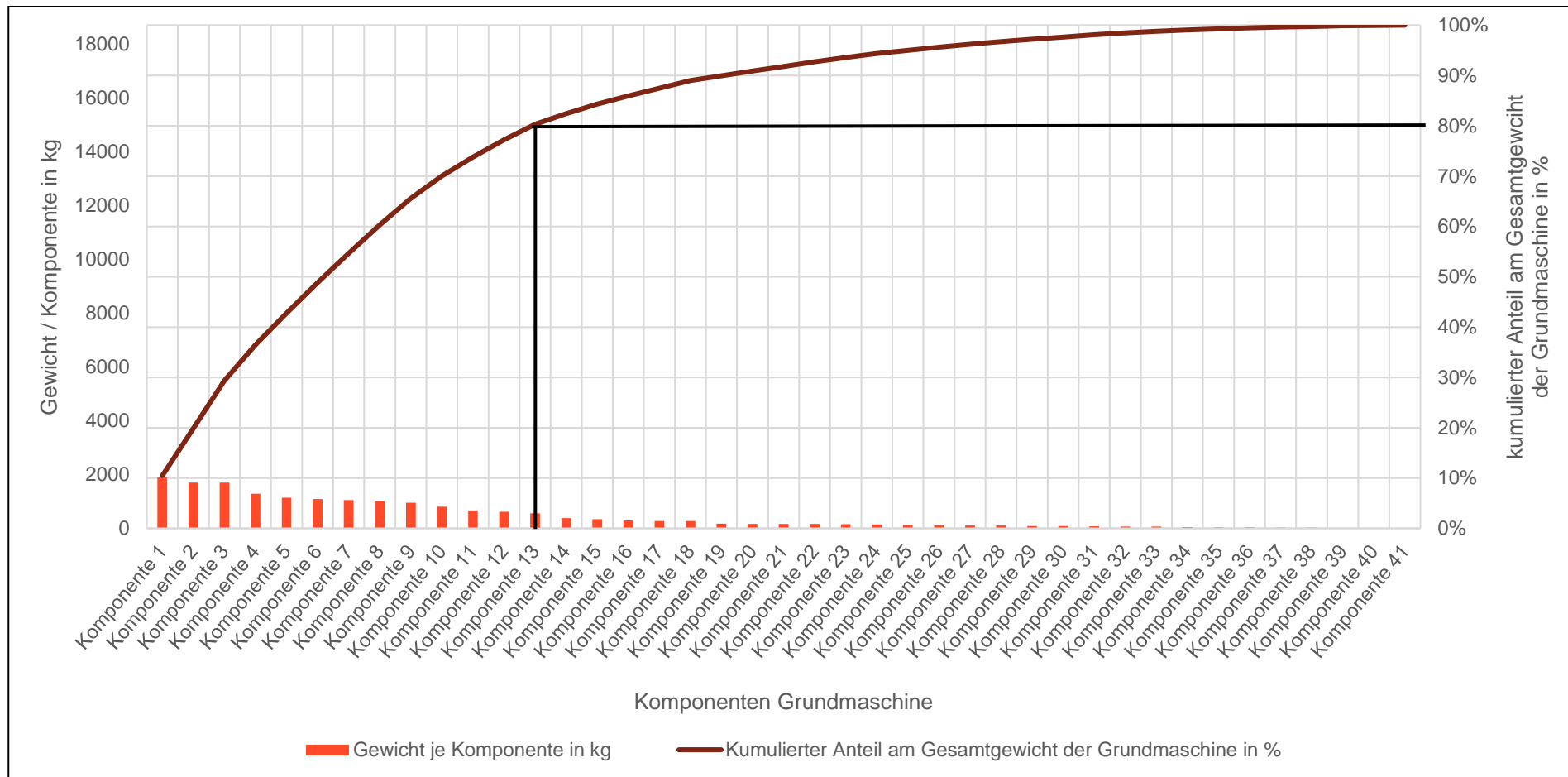


Abbildung 3.5-2: ABC – Gewichtsanalyse Komponenten Grundmaschine¹³⁸

¹³⁸ eigene Abbildung

3.5.3 Funktionenanalyse

Die Funktionenanalyse gliederte sich in folgende vier Teilaufgaben:

1. Ermittlung der Funktionen
2. Erstellung des Funktionenbaums
3. Ermittlung der Funktionserfüllungsgrade
4. Erstellung der Funktionskostenmatrix

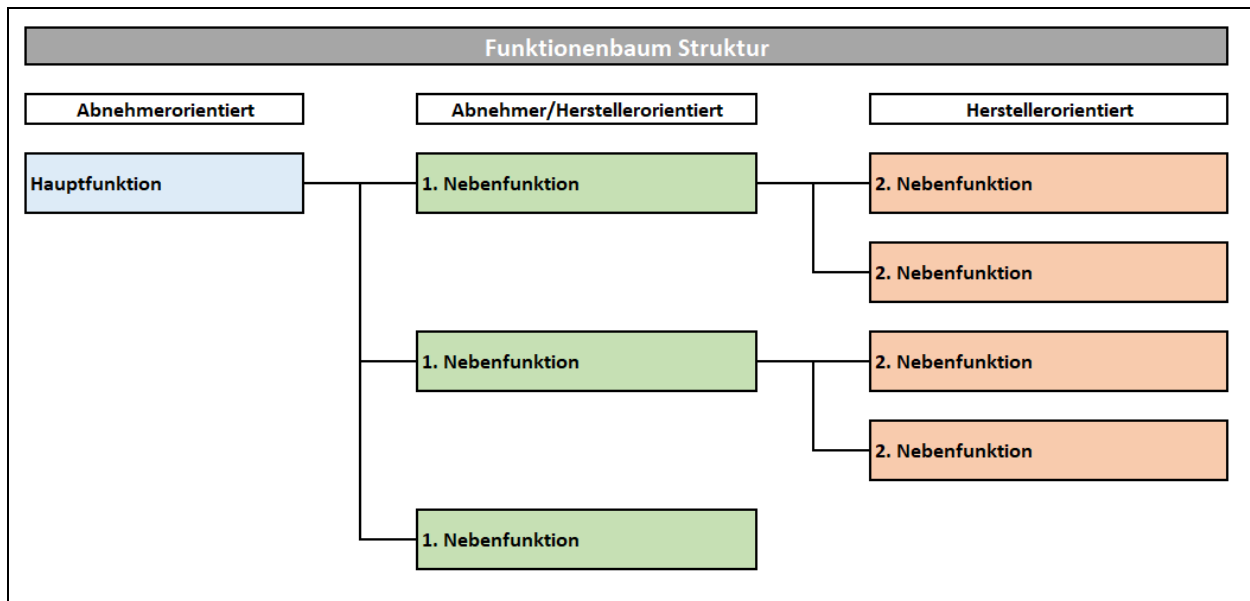
Zur Aufarbeitung von Teilaufgabe 1 und 2 fand am 06.09.2017 der Workshop – Funktionenanalyse bei Komptech in Frohnleiten statt. Die Teilaufgaben 3 und 4 wurden in Zusammenarbeit mit Jürgen Haßler bearbeitet und durch das IIM dokumentiert.

3.5.3.1 Workshop – Funktionenanalyse

Am Workshop teilgenommen haben seitens des Instituts für Innovation und Industriemanagement Thomas Böhm und Andreas Kohlweiss. Seitens Komptech waren folgende Projektmitarbeiter in den Workshop involviert:

- ▶ Christoph Feyerer (Produktmanagement)
- ▶ Jürgen Haßler (Projektleitung Axtor)
- ▶ Christian Hering (Stellvertreter Leitung Montage Komptech)
- ▶ Christian Kulmer (Vertrieb)
- ▶ Fritz Oppliger (Leitung Konstruktion Axtor)
- ▶ Joachim Reitbauer (Leitung Wartung und Service)

Zu Beginn des Workshops erfolgte eine allgemeine Einführung in das Thema Funktionen, worin mitunter die Definitionen Funktion, Funktionsträger und Funktionskosten bestimmt werden und die Unterscheidungsmöglichkeiten von Funktionen detailliert erläutert wurden. Anhand eines einfachen Beispiels wurde auch ein möglicher Aufbau eines Funktionenbaums und die damit verbundene Strukturierung des Funktionenbaums vorgestellt (siehe Abbildung 3.5-3: Funktionenbaum Struktur).

Abbildung 3.5-3: Funktionsbaum Struktur¹³⁹

3.5.3.1.1 Ermittlung der Funktionen

Als einführendes Beispiel wurde die Funktionenermittlung anhand eines Parkplatzes beschrieben und die detaillierte Vorgehensweise erklärt. Die Ermittlung der Funktionen unterteilte sich in zwei Teile. Teil eins beschäftigte sich mit den vier Produktlebensphasen Anschaffung, Nutzung, Wartung und Ausscheidung (siehe Abbildung 3.5-4). Mithilfe von Brainstorming wurden für jede Phase passende Funktionen-Vorschläge auf Klebekärtchen notiert und im Anschluss auf vorbereitete Flipchart-Bögen geklebt. Im Anschluss wurden in Diskussion mit den Workshop-Teilnehmern die einzelnen Flipchart-Bögen mit den Produktlebensphasen und deren Funktionen auf zweifache Nennung mit teils abweichender Funktionenbezeichnung überprüft und gegebenenfalls wurden doppelt vorgeschlagene Funktionen entfernt.

¹³⁹ eigene Abbildung

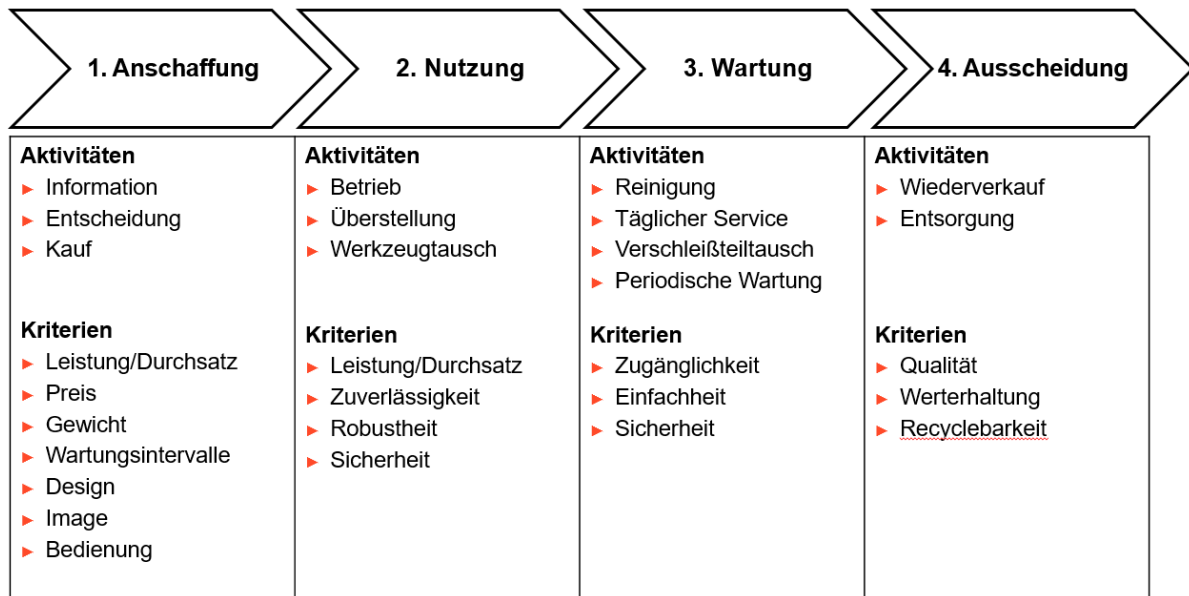


Abbildung 3.5-4: 4 Produktlebensphasen¹⁴⁰

Aus Tabelle 3.5-6 können die Teilergebnisse der Funktionenermittlung für die einzelnen Produktlebensphasen entnommen werden. In Summe wurden in diesem Teil 41 Funktionen gefunden.

Funktionenermittlung nach Produktlebenszyklus	
Produktlebensphase	Anzahl Funktionen
Anschaffung	12
Nutzung	14
Wartung	10
Ausscheidung	5
Summe	41 Funktionen

Tabelle 3.5-6: Teilergebnisse – Funktionenermittlung Produktlebensphasen

In Teil zwei der Funktionenermittlung wurde Brainstorming auf die zehn verschiedenen (in Kapitel 3.4.4 definierten) Arbeitspakete angewendet und die Funktionen-Vorschläge wurden wiederum auf Klebekärtchen geschrieben und im Anschluss dem jeweils passenden Arbeitspaket auf vorbereiteten Flipchart-Bögen zugeordnet. Wie auch in Teil 1 der Funktionenermittlung wurden hier die einzelnen Flipchart-Bögen in Diskussion auf

¹⁴⁰ eigene Abbildung

doppelt genannte Funktionen bzw. Funktionen mit derselben Bedeutung kontrolliert und gegebenenfalls davon bereinigt. In Summe konnten anhand der Arbeitspakete 68 Funktionen ermittelt werden. Die Detailergebnisse sind aus Tabelle 3.5-7 zu entnehmen.

Funktionenermittlung nach Arbeitspaketen	
Arbeitspaket	Anzahl Funktionen
AP01+02	
Einzug/Einzugsrahmen	13
AP03 Fahrwerk Trailer	6
AP04 Schredderbox	11
AP05 Motorbaugruppe	6
AP06 Austrag	6
AP08 Elektrik	7
AP09 Verkleidung	5
AP03 Fahrwerk Track	6
AP07 Vorfahreinrichtung	4
Ergänzend Zusatzoptionen	4
Summe	68 Funktionen

Tabelle 3.5-7: Teilergebnisse – Funktionenermittlung Arbeitspakete

3.5.3.1.2 Erstellung des Funktionenbaums

Im weiteren Verlauf des Workshops wurde unter der Mitwirkung von allen Teilnehmern der Funktionenbaum provisorisch erstellt und laut Abbildung 3.5-3 in Hauptfunktionen, 1. Nebenfunktionen und 2. Nebenfunktionen unterteilt. Die Strukturierung erfolgte in Diskussion aller Projektteilnehmer und wurde mehrmals korrigiert. Die Strukturierung erfolgte mithilfe der Klebekärtchen, welche von den Flipchart-Bögen nun auf 4 zusammengestellte Tische geklebt wurden. Nach Beendigung der Strukturierung mit einem einstimmigen Ergebnis wurde auch der Workshop beendet und die jeweiligen Hauptfunktionen mit den dazugehörigen 1. und 2. Nebenfunktionen wurden in strukturierter Darstellung zur ordentlichen Ergebnisdokumentation wieder zurück auf Flipchart-Bögen geklebt. Im Anschluss an den 1. Workshop – Funktionenanalyse wurden die Ergebnisse digital aufbereitet und ein vollständiger Funktionenbaum wurde erstellt (siehe Kapitel 3.5.3.2 „Funktionenbaum“ -

Abbildung 3.5-5 bis Abbildung 3.5-7).

3.5.3.2 Funktionenbaum

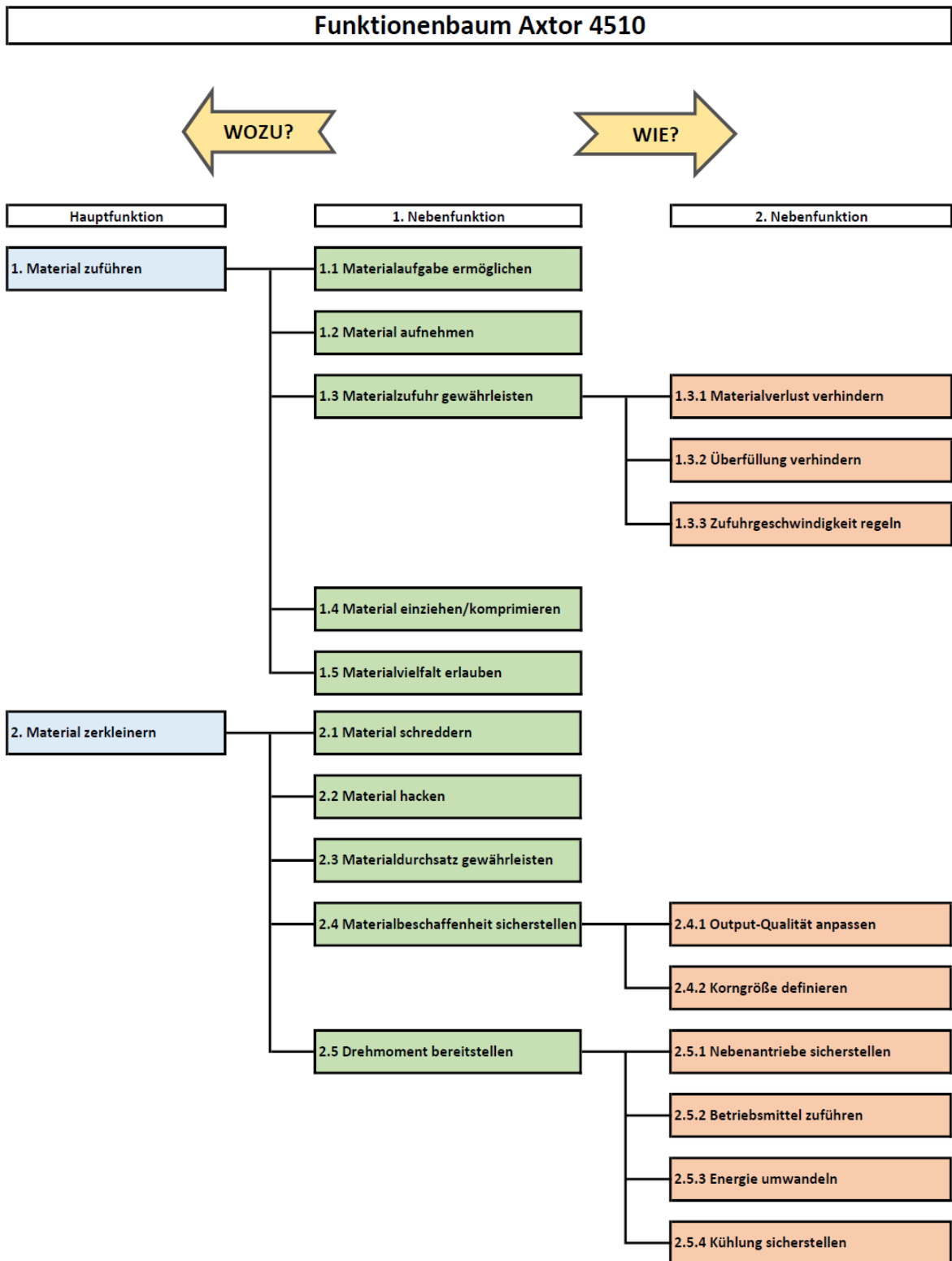


Abbildung 3.5-5: Funktionenbaum Teil 1¹⁴¹

¹⁴¹ eigene Abbildung

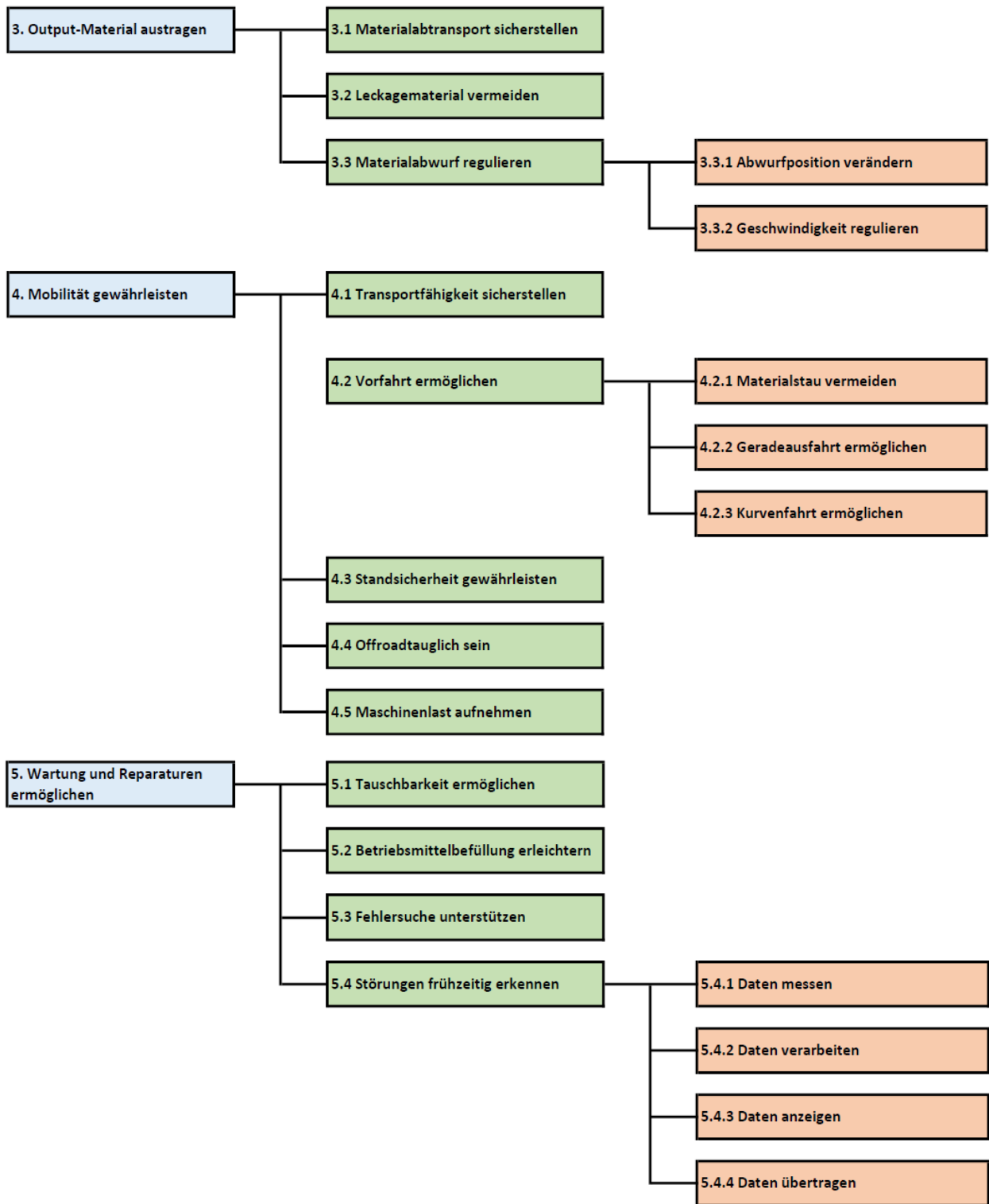


Abbildung 3.5-6: Funktionenbaum Teil 2¹⁴²

¹⁴² eigene Abbildung

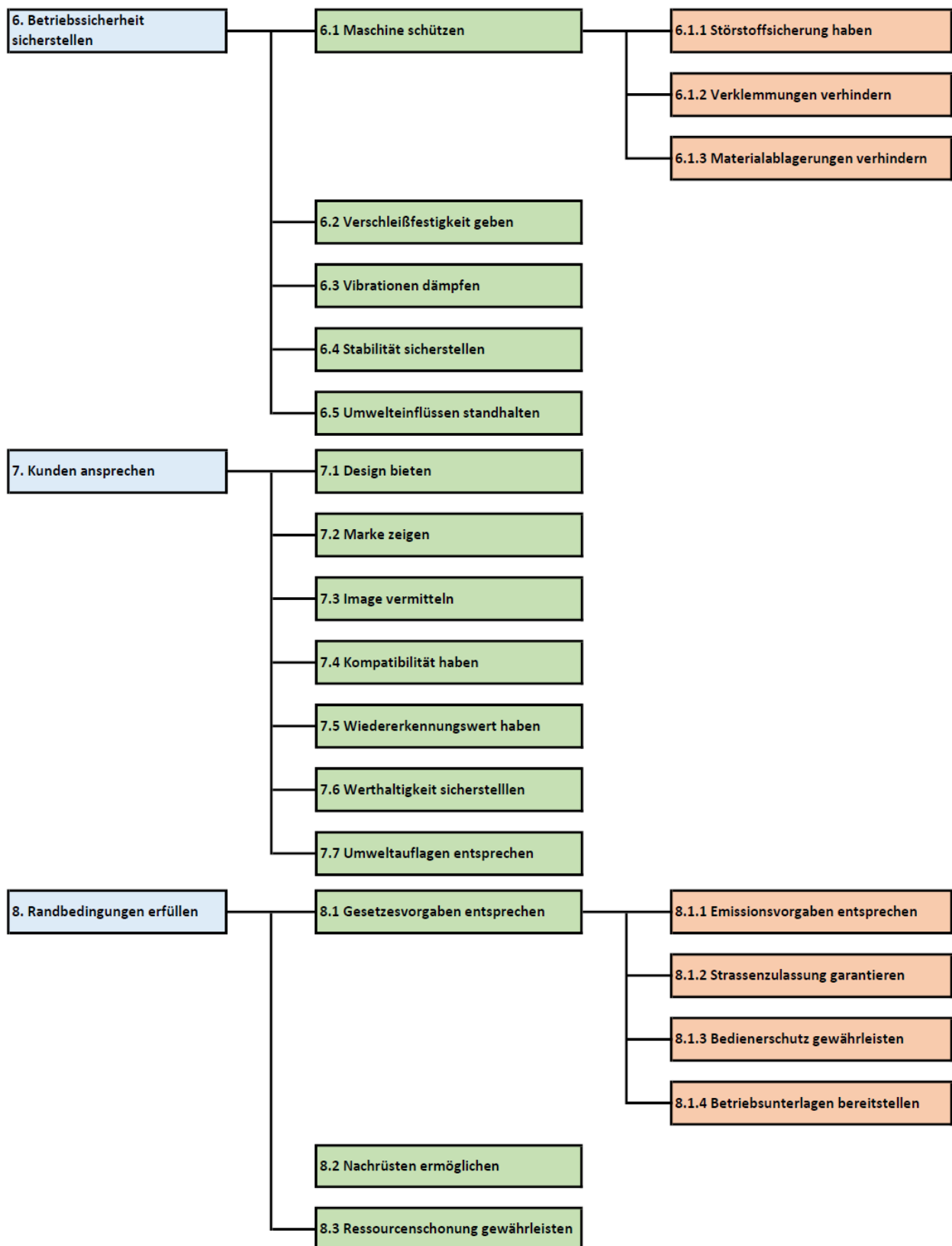


Abbildung 3.5-7: Funktionenbaum Teil 3¹⁴³

¹⁴³ eigene Abbildung

3.5.3.3 Funktionserfüllungsgrade

Die Abschätzung der Funktionserfüllungsgrade (FEG) erfolgte durch Jürgen Haßler und wurde in der Referenz zum Lastenheft und den darin geplanten Funktionen des Axtor 4510 durchgeführt. In Tabelle 3.5-8 werden die untererfüllten Funktionen angeführt. Eine vollständige Auflistung der FEG und der Beschreibung der einzelnen Funktionen findet sich unter Anhang A, Kapitel 6.3. Es konnten keine übererfüllten Funktionen identifiziert werden.

Funktion	FEG in [%]
3.3 - Materialabwurf regulieren	0 %
2.1 - Material schreddern	70 %
1.4 - Material einziehen/komprimieren	90 %
2.4 - Materialbeschaffenheit sicherstellen	90 %
4.1 - Transportfähigkeit sicherstellen	90 %
6.2 - Verschleißfestigkeit geben	90 %
1.3 - Materialzufuhr gewährleisten	95 %
5.2 - Betriebsmittelbefüllung erleichtern	95 %
5.4 - Störungen frühzeitig erkennen	95 %
7.4 - Werthaltigkeit sicherstellen	95 %

Tabelle 3.5-8: Untererfüllte Funktionen

3.5.3.4 Funktionskostenmatrix

Im Anschluss wurde die Funktionskostenmatrix mit den Funktionen auf Ebene der 1. Nebenfunktion erstellt. Die prozentuale Zuordnung der Komponentenkosten auf die jeweiligen Funktionen erfolgte in Abstimmung mit Jürgen Haßler. Tabelle 3.5-9 zeigt einen Auszug aus der Funktionskostenmatrix. Die Absolutbeträge in der Matrix wurden aus Gründen der Geheimhaltung grau hinterlegt. In dem angeführten Auszug sind die ersten 2 Spalten, sowie die ersten 2 Zeilen vollständig dargestellt. Durch Aufsummierung der Zeileneinträge einer Spalte erhält man die vollständigen Kosten der Komponente, sowie zur Kontrolle die prozentuale Summe, welche 100% betragen muss. Durch Aufsummieren der einzelnen Zeileneinträge einer Zeile erhält man die Funktionskosten der jeweiligen Funktion. Die auf diese Weise ermittelten Funktionskosten wurden anschließend mit einer Pareto-Analyse nach Ihren Kosten strukturiert.

Hauptfunktion	1. Nebenfunktion	Stahlgliederband	Klapptrichter	Einzugsrahmen	Trichterwand	Funkanlage Nano-V2/Compact M-B (CAN)	Zentralschmierung	Komponente 7	Komponente 8	.....	Funktionskosten	Funktionskosten in [%] (Anteil an Gesamtkosten)
1. Material zuführen	1.1 Materialaufgabe ermöglichen		20%	75%		10%	10%				€	1,54%
		€	€			€	€					
	1.2 Material aufnehmen	10%	40%		100%						€	0,46%
		€	€		€							
	1.3 Materialzufuhr gewährleisten	10%	10%								€	0,70%
	€	€										
	1.4 Material einziehen/komprimieren	35%									€	4,64%
	€											
	1.5 Materialvielfalt erlauben	15%	25%								€	1,81%
	€	€										
2. Material zerkleinern	2.3 Materialdurchsatz gewährleisten	10%									€	2,73%
	€											
Hauptfunktion x	1. Nebenfunktion a							...	...		....	....
Hauptfunktion y	1. Nebenfunktion b							...	...		....	....
.....
7. Kunden ansprechen	7.1 Design bieten		5%				10%				€	1,39%
		€	€				€					
6. Betriebssicherheit gewährleisten	6.1 Maschine schützen	5%					10%				€	1,01%
		€					€					
	6.2 Verschleißfestigkeit geben	10%									€	1,19%
	€											
	6.3 Stabilität sicherstellen	5%									€	4,82%
	€											
Kontrolle Prozentsumme		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Summe	100%
Kosten je Komponente		€	€	€	€	€	€	...	...	...	€

Tabelle 3.5-9: Auszug aus Funktionskostenmatrix

3.5.3.5 Funktionskostenanalyse

Nach Ermittlung der Funktionskosten wurden diese im Rahmen einer ABC-Analyse hinsichtlich der Kostenverteilung strukturiert. Die teuersten Funktionen sind hier den teuersten Komponenten zuzuordnen. Beispielsweise wird die Funktion „Drehmoment bereitstellen“ zu einem Großteil von der Komponente „Antrieb-Motor BG“ erfüllt. Selbiges gilt für die Funktionen „Material hacken“ bzw. „Material schreddern“. Beide Funktionen können der Komponente „Schreddertrommel“ zugeordnet werden. In Abbildung 3.5-8 ist ersichtlich, dass die 15 teuersten Funktionen für 81 % der gesamten Kosten verantwortlich sind. Für die weitere wertanalytische Betrachtung wurden diese 15 teuersten Funktionen ausgewählt. Die Funktionskosten sind in Tabelle 3.5-10 dargestellt.

Kostenverteilung Funktionskosten		
Funktionsbezeichnung	Funktionskosten relativ in %	Kumulierter Anteil an gesamten Herstellkosten in %
2.5 Drehmoment bereitstellen	16,04%	16,04%
2.2. Material hacken	7,28%	23,32%
2.1 Material schreddern	6,27%	29,59%
4.1 Transportfähigkeit sicherstellen	5,99%	35,58%
4.2 Vorfahrt ermöglichen	5,96%	41,55%
2.4 Materialbeschaffenheit sicherstellen	5,41%	46,96%
6.3 Stabilität sicherstellen	4,80%	51,76%
8.3 Ressourcenschonung gewährleisten	4,73%	56,49%
1.4 Material einziehen/komprimieren	4,63%	61,12%
3.1 Materialtransport sicherstellen	4,21%	65,33%
4.5 Maschinenlast aufnehmen	3,96%	69,29%
4.3 Standsicherheit gewährleisten	3,54%	72,83%
8.1.1 Emissionsvorgaben entsprechen	2,92%	75,75%
2.3 Materialdurchsatz gewährleisten	2,73%	78,47%
4.4 Offroadtauglich sein	2,59%	81,06%

Tabelle 3.5-10: Funktionskosten

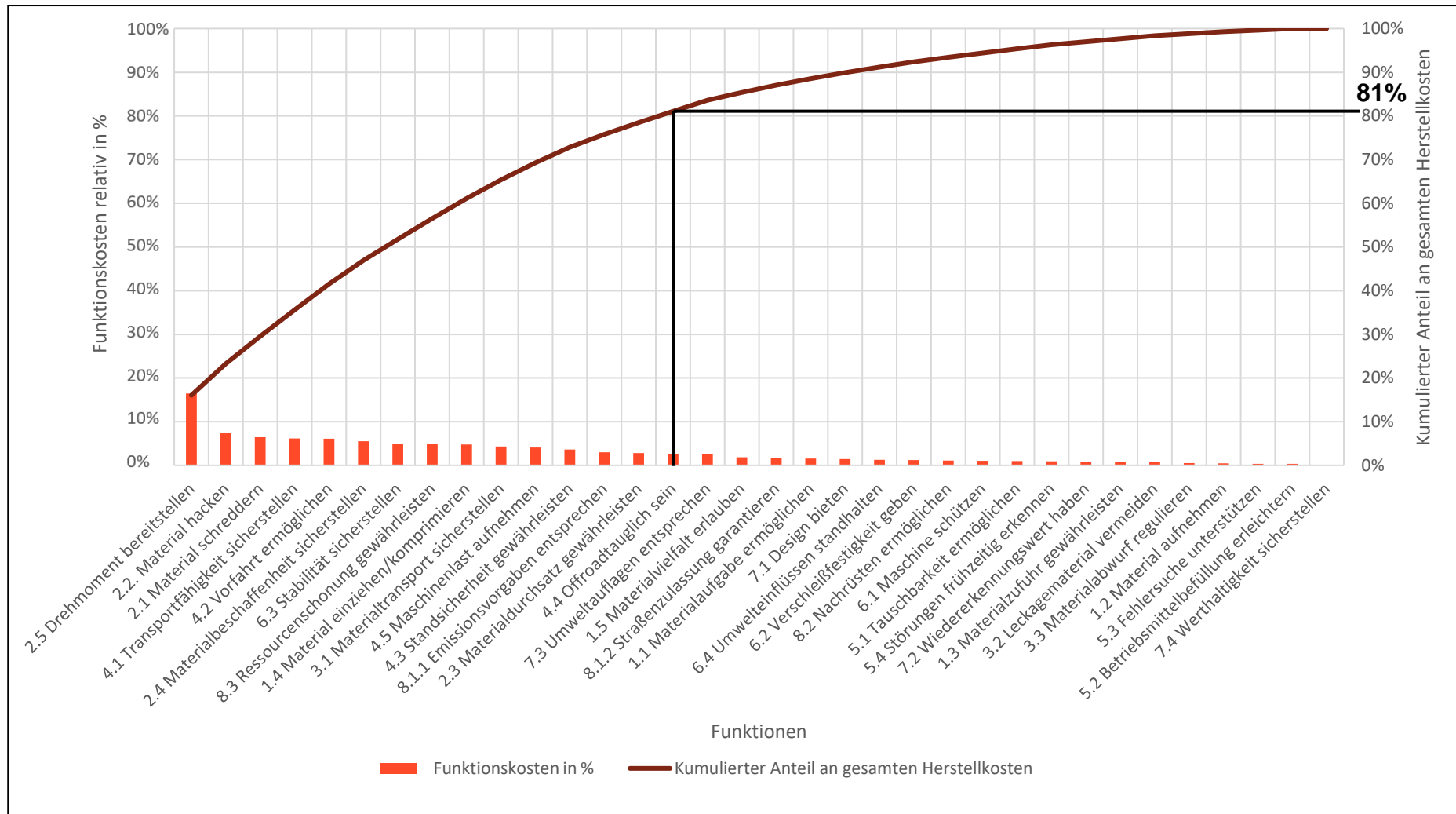


Abbildung 3.5-8: ABC-Analyse Funktionskosten¹⁴⁴

¹⁴⁴ eigene Abbildung

3.5.4 Detailanalyse Vorfahreinrichtung

Als „Add-On“-Leistung der Wertanalyse wurde das Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung im Rahmen einer Detailanalyse thematisiert. Als Referenzkonzept diente hierzu die im aktuellen Axtor Modell 6010 verbaute Vorfahreinrichtung. Den Anstoß für die Detailanalyse gaben das hohe Gewicht und die verhältnismäßig hohen Herstellkosten der Referenzvorfahreinrichtung. Weiters kann gesagt werden, dass rund 90 % aller verkauften Axtor-Modelle in der Trailer-Ausführung mit Vorfahreinrichtung konfiguriert werden. Folgende 6 von Komptech entwickelte Konzepte der Vorfahreinrichtung wurden in der Detailanalyse mithilfe einer Nutzwertanalyse bewertet:

- ▶ Konzept 1 – Reibschlüssiger Antrieb (Referenz 6010)
- ▶ Konzept 2 – Reibschlüssiger Einzelradantrieb
- ▶ Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge
- ▶ Konzept 4 – Triebachse komplett FAD
- ▶ Konzept 5 – Triebachse Komponentenzukauf Black Bruin
- ▶ Konzept 6 – Angetriebenes Stützrad

Die Konzepte der Vorfahreinrichtung sind im Anhang A unter Kapitel 6.4 detailliert beschrieben.

3.5.4.1 Vergleich der Konzepte in Kosten/Nutzen – Analyse

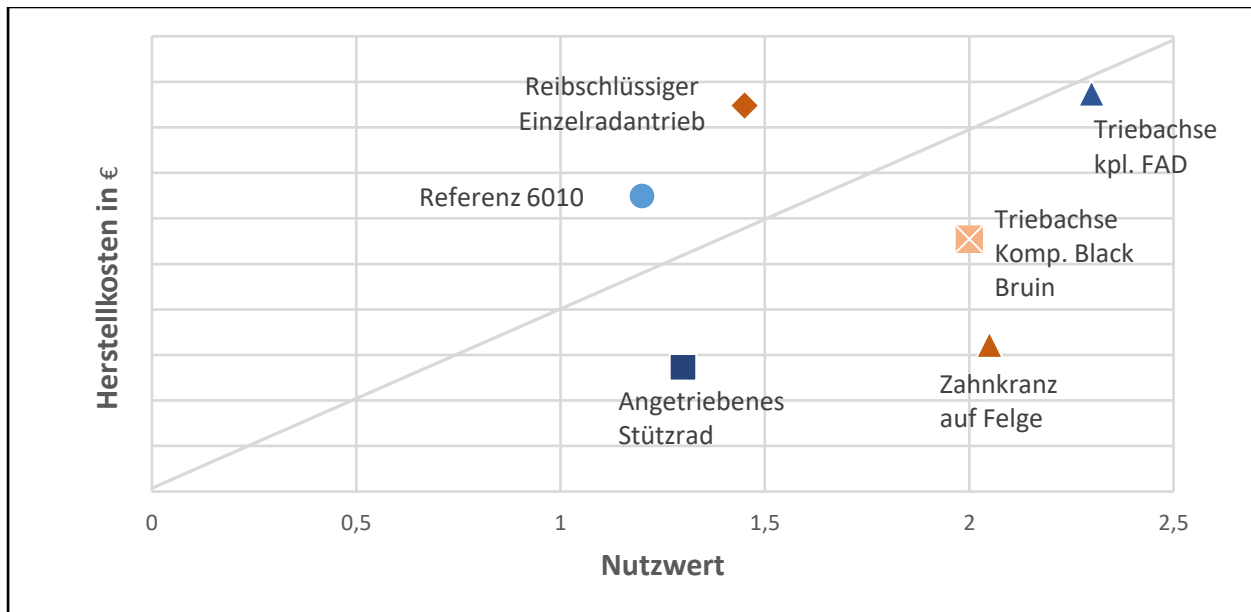
Mittels einer Kosten-/Nutzen-Analyse wurden die einzelnen Konzepte miteinander verglichen und nach den in Tabelle 3.5-11 angeführten Kriterien bewertet. Die Gewichtung wurde im Rahmen einer Designabstimmung bei Komptech diskutiert und wie in Tabelle 3.5-11 dargestellt für die Kosten-/Nutzen-Analyse verwendet. In Tabelle 3.5-12 sind die Einzelbewertungen aller sechs Vorfahreinrichtungs-Konzepte dargestellt. Aus Geheimhaltungsgründen werden keine absoluten Kosten angeführt. Die Bewertung erfolgte selbständig anhand der definierten Kriterien. Nach Abschluss der Bewertung wurden die Ergebnisse der Kosten-/Nutzen-Analyse im Rahmen einer Designabstimmung diskutiert. Konzept 1 (reibschlüssiger Antrieb – Referenz 6010) und Konzept 2 (reibschlüssiger Einzelradantrieb) konnten aufgrund der nachteiligen Bewertung der Kosten/Nutzen – Analyse (siehe Abbildung 3.5-9) für die weitere Betrachtung ausgeschlossen werden.

Kriterien	Gewichtung	Bewertungsvorgaben			
		1	2	3	Einheit
Umsetzung:					
Fertigungsaufwand	5 %	Vollständige Eigenfertigung	Zukaufmodule (Teilfertigung)	Zukaufbaugruppe	-
Montageaufwand	5 %	Vollständiger Zusammenbau	Vormontage	Zukaufbaugruppe - Montage	-
Umrüstbarkeit	5 %	Keine Nachrüstung möglich	Mit erhöhtem Aufwand Nachrüstung möglich	Nachrüstung möglich	-
Systemeigenschaften:					
Manövrierbarkeit	10 %	Geradeausfahrt	Kurvenfahrt + Geradeausfahrt	Drehen am Stand	-
Kraftübertragung	10 %	Ungünstig (Systeme mit Reib- oder Formschluss)	Günstig (Systeme mit Direktantrieb - unabhängig von Einfeldern, etc.)	-	-
Unternehmensnutzen:					
Adaptierbarkeit / Gleichteilverwendung	15 %	Konzept ist nur bei für 4510 verwendbar	Konzept kann zwischen 1- 50% der Produkte verwendet werden	Konzept kann in >50 % der Produkte verwendet werden	[%]
Innovationsgrad	10 %	Standard	Neu in Segment	-	-
Technische Daten:					
Gewicht (Grenzwicht 339 kg)	30 %	Konzept ist schwerer als Grenzwicht >50 kg	Konzept überschreitet Grenzwicht um max. 50 kg	Grenzwicht wird eingehalten	[kg]
Gesetzesvorgaben entsprechen	10 %	Konzept verfügt über keine Zertifizierung	Konzept für Zertifizierung nicht ausschlaggebend	Konzept verfügt über Zertifizierung	-

Tabelle 3.5-11: Kosten/Nutzen-Analyse – Kriterien und Gewichtung

Kriterien	Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3		Konzept 4		Konzept 5		Konzept 6	
	Reibschlüssiger Antrieb		Reibschlüssiger Einzelrad-antrieb		Zahnkranz auf Felge		Triebachse kpl. FAD		Triebachse Komponenten		Angetriebenes Stützrad	
	Wertung	Wertung x Gewichtung	Wertung	Wertung x Gewichtung	Wertung	Wertung x Gewichtung	Wertung	Wertung x Gewichtung	Wertung	Wertung x Gewichtung	Wertung	Wertung x Gewichtung
Umsetzung:												
Fertigungsaufwand	1	0,05	1	0,05	1	0,05	3	0,15	2	0,1	1	0,05
Montageaufwand	1	0,05	1	0,05	1	0,05	3	0,15	2	0,1	1	0,05
Umrüstbarkeit	3	0,15	3	0,15	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
Systemeigenschaften:												
Manövrierbarkeit	1	0,1	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	1	0,1
Kraftübertragung	1	0,1	1	0,1	1	0,1	2	0,2	2	0,2	2	0,2
Unternehmensnutzen:												
Adaptierbarkeit / Gleichteilverwendung	1	0,15	2	0,3	2	0,3	3	0,45	3	0,45	1	0,15
Innovationsgrad	1	0,1	1	0,1	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2
Technische Daten												
Gewicht (Grenzwicht 339 kg)	1	0,3	1	0,3	3	0,9	2	0,6	2	0,6	1	0,3
Gesetzesvorgaben entsprechen	2	0,2	2	0,2	2	0,2	3	0,3	1	0,1	2	0,2
Nutzwert		1,2		1,45		2,05		2,3		2		1,3

Tabelle 3.5-12: Kosten/Nutzen-Analyse – Berechnung der Nutzwerte

Abbildung 3.5-9: Kosten/Nutzen - Analyse¹⁴⁵

Im Anschluss wurden die vier verbliebenen Konzepte detailliert analysiert und es wurden für alle betrachteten Konzepte „K.O.-Kriterien“ gefunden, aufgrund welcher das jeweilige Konzept nicht realisiert werden konnte:

► **Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge:**

Der erforderliche Bauraum zwischen Fahrwerk und Felge ist zu klein dimensioniert. Eine erfolgreiche Umsetzung von Konzept 2 ist nur unter der Verwendung von Sonderdimensionen bei Reifen und Felge möglich. Aufgrund der international ansässigen Kunden von Komptech wird eine Reifendimension bevorzugt, welche weltweit erhältlich ist.

► **Konzept 4 – Triebachse komplett FAD:**

Das vom Hersteller angegebene Drehmoment der Achse entspricht nicht dem geforderten Drehmoment bei gegebenen Hydraulikkomponenten. Für die Realisierung der Vorfahrt über etwaige Hindernisse muss die Achse ein Antriebsdrehmoment von rund 13000 [Nm] Drehmoment zur Verfügung stellen. Das tatsächliche Antriebsdrehmoment der Achse beträgt 8272 [Nm]. Eine Realisierung des Konzepts wäre nur möglich, wenn auch Änderungen an der Hydraulik vorgenommen werden würden.

¹⁴⁵ eigene Abbildung

► **Konzept 5 – Triebachse Komponenten Black Bruin:**

Die Komponenten von Black Bruin verfügen nur über eine TÜV-Zertifizierung bis zu 40 [km/h]. Der Axtor 4510 benötigt jedoch eine Straßenzulassung bis zu 80 [km/h]. Das Konzept könnte nur realisiert werden, wenn Komptech das Risiko der Konstruktion einer eigenen Achse in Kombination mit den Zukaufkomponenten auf sich nimmt und diese im Anschluss vom TÜV zertifizieren lässt.

► **Konzept 6 – Angetriebenes Stützrad**

Das angetriebene Stützrad kann ein maximales Drehmoment von 4058 [Nm] umsetzen. In dieser Konfiguration wird ein zweiter Motor benötigt, welcher das zweite Stützrad über eine Zahnritzel-/Zahnkranz-Verbindung antreibt. Die Nachteile des komplizierten Aufbaus überwiegen im Vergleich zu den Vorteilen des Konzepts.

Da somit kein einziges der analysierten Konzepte für eine Verwendung als Vorfahreinrichtung in Frage kam, wurde Konzept Nr. 7 entwickelt.

3.5.4.2 Entwicklung von Konzept 7 – Radialkolbenmotoren innerhalb von Reibkörpern angeordnet

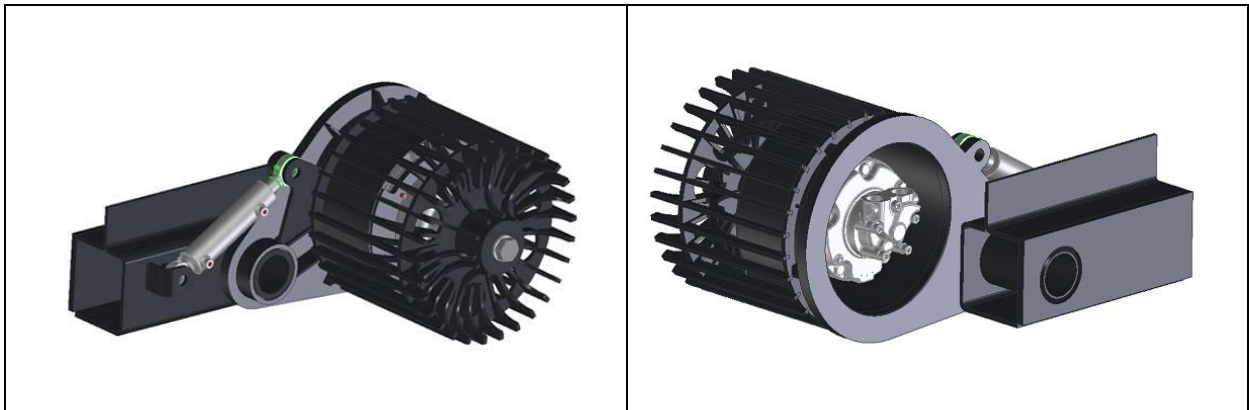


Abbildung 3.5-10: Konzept 7¹⁴⁶

Abbildung 3.5-11: Konzept 7 Rückansicht¹⁴⁷

Das in Abbildung 3.5-10 dargestellte Konzept ist vom Funktionsprinzip her ein Reibradantrieb. Der Unterschied zu Konzept 2 ist jedoch die geänderte Anordnung der Radialkolbenmotoren und die in Leichtbauweise gestalteten Reibräder. Der Radialkolbenmotor ist in dieser Ausführung innerhalb des Reibrades angeordnet (siehe

¹⁴⁶ Komptech (2017a)

¹⁴⁷ Komptech (2017a)

Abbildung 3.5-11), wodurch ein sehr kompaktes System realisiert werden kann. Der dadurch größer dimensionierte Reibkörper ist in Form einer Schweißkonstruktion um die eigentlich Reibradnabe ausgeführt. Die Drehmomentübertragung von Radialkolbenmotor auf das Reibrad erfolgt über eine Passfeder. Die linke und die rechte Maschinenseite sind voneinander entkoppelt, somit würde sich theoretisch bei entsprechendem Stützrad eine Kurvenfahrt realisieren lassen, welche für dieses Konzept jedoch nicht angedacht ist.

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Ein nachträgliches Nachrüsten der Vorfahreinrichtung ist möglich
- ▶ Die Vorfahreinrichtung ist in ihrem Aufbau für die benötigte Straßenzulassung des Axtors nicht relevant

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Diese Art von Vorfahreinrichtung kann nur schwierig auf andere Komptech - Produkte adaptiert werden und ist somit eine Axtor – Speziallösung

Der Aufbau im Sinne der verwendeten Komponenten sowie die Kosten- und Gewichtszusammensetzung der Vorfahreinrichtung ist in Tabelle 3.5-13 dargestellt. Sämtliche Daten wurden von der Konstruktionsabteilung zur Verfügung gestellt.

Berechnung Konzept 7 - Gewicht und Herstellkosten					
Position	Kosten / Stück in %	#	Kosten gesamt in %	Gewicht / Stück	Gewicht gesamt
Radialkolbenmotor SAI GM05 1162 U D40 G3	29,85%	2	59,70%	120,00	240,00
SUB-ASS. Speed Sensor D4 D907 HU (SAI)	6,73%	2	13,46%	0,00	0,00
Hydraulikzylinder	1,03%	2	2,06%	4,80	9,60
Stahlbau	1,38%	2	2,76%	60,00	120,00
Diverse Kleinteile (Schrauben, Lagerschalen...)	2,56%	1	2,56%	0,00	0,00
Stützrad (bestehende Variante Ref 6010)	19,46%	1	19,46%	73,60	73,60
Summe			100,00%	Summe	443,20

Tabelle 3.5-13: Konzept 7 Berechnung Herstellkosten / Gewicht

3.5.5 Festlegen der Detailziele

Die Detailziele wurden im Rahmen eines Abstimmungsmeetings mit Jürgen Haßler festgelegt. Anhand der Ergebnisse aus Phase 4 wurden die Optimierungspotentiale abgeleitet und als gut als möglich quantifiziert.

3.5.5.1 Anhand Komponenten

Bei den Zukaufteilen in Tabelle 3.5-14 handelt es sich beim Optimierungspotential um eine mögliche Kosteneinsparung durch Nachverhandlung der Einkaufspreise. Diese Komponenten konnten im fortgeschrittenen Projektstatus nicht mehr konstruktiv beeinflusst werden.

1. Optimierungspotential Kostentreiber Zukauf			
Arbeitspaket	Komponente	Kosten in %	Optimierungspotential absolut in %
AP05	Antrieb-Motor BG	23,65%	5 %
AP03 Track	Raupenlaufwerk X67 lang	12,62%	5 %
AP08	Elektrik	2,93 %	5 %
AP05	Antrieb-Kühler	2,73 %	5 %
AP05	Hydraulik (Ventile, etc.)	1,13 %	5 %
Summe		43,06 %	-

Tabelle 3.5-14: Optimierungspotential Komponenten Zukauf

Bei den in Tabelle 3.5-15 genannten Komponenten wurde das Optimierungspotential hinsichtlich konstruktiver und konzeptioneller Anpassungen abgeschätzt.

2. Optimierungspotential Kostentreiber Auftragsfertigung Farmtech			
Arbeitspaket	Komponente	Kosten in %	Optimierungspotential absolut in %
AP04	Einzugswalze oben	2,55 %	10 %
AP04	Klappdach	2,36 %	5 %
AP01+02	Einzugsrahmen	1,85 %	5 %
AP05	Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	1,66 %	10 %
AP04	Schredderboxrahmen	1,56 %	10 %
Summe		9,98 %	-

Tabelle 3.5-15: Optimierungspotential Komponenten Auftragsfertigung Farmtech

Wie auch bei den Komponenten der Bezugsart Auftragsfertigung Farmtech bezieht sich das in Tabelle 3.5-16 aufgezeigte Optimierungspotential der Komponenten, welche ausgelagert gefertigt werden, auf konstruktive sowie konzeptionelle Anpassungen.

3. Optimierungspotential Kostentreiber Auftragsfertigung ausgelagert			
Arbeitspaket	Komponente	Kosten	Optimierungs-Potential in %
AP09	Verkleidung	3,59 %	35 %
AP06	Abwurfband kpl.	3,02 %	10 %
AP01+02	Stahlgliederband	2,73 %	20 %
Summe		9,67 %	-

Tabelle 3.5-16: Optimierungspotential Auftragsfertigung ausgelagert

In Tabelle 3.5-17 wurde das gesamte Optimierungspotential hinsichtlich der Kosten aufsummiert. Der gelb hinterlegte Betrag ergibt sich aus den Einzelsummen der zuvor aufgezeigten Optimierungspotentiale. Die Motorbaugruppe war per Definition des Projektangebotes nicht Teil des Wertanalyseprojekts, daher wurde diese in den weiteren Phasen der Wertanalyse nicht betrachtet. Somit wurde das Optimierungspotential exklusive Motorbaugruppe als Detailziel definiert, welches 6,43 % der Herstellkosten exklusive Motorbaugruppe entspricht. Würde man das Optimierungspotential der wertschöpfenden Kostentreiber zusammenfassen, d.h. die Zukaufteile nicht hinzu summieren, so reduziert sich das Potential auf 4,90 % der Herstellkosten exkl. Motorbaugruppe.

Optimierungspotential gesamt	
Optimierungspotential Gesamt (bezogen auf gesamte Herstellkosten)	6,02 %
Optimierungspotential exkl. Motor BG (bezogen auf Herstellkosten exkl. Motorbaugruppe)	6,43 %
Optimierungspotential exkl. Zukaufteile (bezogen auf Herstellkosten exkl. Motorbaugruppe)	4,90 %

Tabelle 3.5-17: Optimierungspotential Kosten gesamt

Das Optimierungspotential hinsichtlich des Gesamtgewichts wurde in Tabelle 3.5-18 zusammengefasst. Die gewünschte Gewichtsreduktion wurde laut Projektangebot nicht als Projektziel definiert, daher können jegliche erzielte Gewichtseinsparungen, welche nicht der Funktionsverbesserung dienen, als Add-On Leistung betrachtet werden. In Summe beträgt das abgeschätzte Potential 596 kg. Dieser Betrag entspricht 3,31 % des gesamten Maschinengewichts in Trailer-Ausführung

Optimierungspotential Gewicht				
Arbeitspaket	Komponente	Gewicht [kg]	Optimierungs-Potential in %	Optimierungs-Potential in [kg]
AP03	Fahrwerk + Komplettrad	1697	5 %	84
AP05	Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	1133	5 %	56
AP06	Abwurfband Höhe 4,3m	1090	10 %	109
AP01	Stahlgliederband	1052	20 %	210
AP04	Einzugswalze oben	1006	5 %	50
AP04	Schredderboxrahmen	948	5 %	47
AP04	Klappdach	808	5 %	40
Summe		7734	-	596
Gesamtgewicht Axtor in Trailer Ausführung		17972 kg	-	
Optimierungspotential		596 kg	3,31 %	

Tabelle 3.5-18: Optimierungspotential Gewicht

Unter Berücksichtigung des vorhandenen Optimierungspotentials hinsichtlich Kosten als auch Gewicht wurden folgende sieben Komponenten als spezifischer Schwerpunkt für Phase 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“ ausgewählt:

- ▶ Stahlgliederband (AP01+02)
- ▶ Einzugswalze oben (AP04)
- ▶ Klappdach (AP04)
- ▶ Schredderboxrahmen (AP04)
- ▶ Motorplattform (AP05)
- ▶ Abwurfband (AP06)
- ▶ Verkleidung (AP09)

In Klammer wird das zugehörige Arbeitspaket angeführt. Die Zukaufteile wurden aus den bereits genannten Gründen der Möglichkeit der Kostenbeeinflussung nicht ausgewählt sowie die Komponenten „Einzugsrahmen“ und „Fahrwerk+Komplettrad“, da das Optimierungspotential absolut betrachtet sehr gering erschien.

3.5.5.2 Anhand Funktionen

Das Optimierungspotential hinsichtlich der Funktionen bzw. der Funktionskosten konnte nicht in quantifizierter Form bestimmt werden. Daher wurden die Funktionen mit den 10 teuersten Funktionskosten (siehe Kapitel 3.5.3.5 – Tabelle 3.5-10) für die Ideenfindung während Phase 5 ausgewählt. Zusätzlich wurden 2 untererfüllte Funktionen, welche nicht zu den 10 teuersten Funktionen zählen, für die spezifische Ideenfindung ausgewählt:

- ▶ Funktion 3.3 – Materialabwurf regulieren FEG = 0%
- ▶ Funktion 6.2 – Verschleißfestigkeit geben FEG = 90%
- ▶ Funktion 1.3 – Materialzufuhr gewährleisten FEG = 95%

Durch die in Abstimmung mit Jürgen Haßler durchgeführte Auswahl der Funktionen wurden in Summe 13 Funktionen in der in Phase 5 folgenden Ideenfindung berücksichtigt.

3.6 Phase 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen

In Phase 5 wurden anhand der abgeleiteten Detailziele Ideen generiert und auch die während des Wertanalyseprojektes angefallenen Ideen mitdokumentiert und ausgearbeitet. Im Rahmen eines Workshops wurde gezielt sowohl nach allgemein anwendbaren Lösungsideen, wie auch nach spezifischen Ideen zur Optimierung der ausgewählten Komponenten gesucht. Die generierten Ideen wurden auf Ideenkarten ausdetailliert und in einem Ideenkatalog mitdokumentiert.

3.6.1 Workshop – Ideenfindung

Der Workshop zur Ideenfindung fand am 19.10.2017 bei Komptech in Frohnleiten statt. Seitens des Instituts für Innovation und Industriemanagement hat Andreas Kohlweiss am Workshop teilgenommen. Seitens Komptech waren folgende Projektmitarbeiter in den Workshop involviert:

- ▶ Jürgen Haßler (Projektleitung Axtor)
- ▶ Christian Kulmer (Vertrieb)
- ▶ Martin Leitner (Leitung Erprobung und Test)
- ▶ Christoph Moritz (Technischer Einkauf)
- ▶ Joachim Reitbauer (Leitung Wartung und Service)

Das Ziel des Workshops war das Erarbeiten von 20 auf Ideenkarten ausdetaillierten Top-Ideen, welche maßgeblich in die ganzheitlichen Lösungsvorschläge mit eingearbeitet werden konnten. Der Workshop unterteilte sich in folgende 4 Aufgaben:

1. Ideenfindung anhand Maschinenaufbau
2. Ideenfindung anhand Funktionen
3. Vorauswahl der Ideen
4. Detaillierung der ausgewählten Ideen

Zu Beginn des Workshops wurden einführend die Kreativitätstechniken „Brainstorming“ und „Brainwriting“, und die damit verbundenen Vorgehensweisen erklärt. Im Anschluss erfolgte die Ideenfindung anhand des Maschinenaufbaus und die Ideenfindung anhand der Funktionen.

3.6.1.1 Ideenfindung anhand Maschinenaufbau

Die „Ideenfindung anhand Maschinenaufbau“ erfolgte in einem allgemeinen und einem spezifischen Teil. Im allgemeinen Teil wurde mithilfe von Brainstorming für die 10 Arbeitspakete der Maschine nach möglichen Lösungsideen gesucht. Im spezifischen Teil wurde auf die in Kapitel 3.5.5.1 ausgewählten Komponenten (7 an der Zahl) die Brainwriting-Methodik angewandt und nach Lösungsideen gesucht.

3.6.1.1.1 Ideenfindung anhand der 10 Arbeitspakete

Für die allgemeine Ideenfindung bezogen auf die 10 Arbeitspakete wurden 10 A2-Bögen mit der Beschriftung und einem Bild des jeweiligen Arbeitspaketes vorbereitet. Für das Brainstorming wurde je Arbeitspaket eine Zeitdauer von drei Minuten zur Verfügung gestellt, in welcher die Workshop-Teilnehmer möglichst viele Ideen auf Klebekärtchen notieren sollten. Im Anschluss wurden die Ideen abgesammelt und auf den passenden A2-Bogen vorstrukturiert aufgeklebt. In Summe konnten für die 10 Arbeitspakete 114 Lösungsideen generiert werden. In Tabelle 3.6-1 wird angeführt, wie viele Ideen je Arbeitspaket generiert werden konnten

Arbeitspaket	Bezeichnung	Anzahl Ideen	Bewertete Ideen
AP01+02	Einzug/Einzugsrahmen	13	3
AP03	Fahrwerk Trailer	11	2
AP04	Schredderbox	11	1
AP05	Motorbaugruppe	9	2
AP06	Austrag	17	4
AP08	Elektrik	11	0
AP09	Verkleidung	8	3
AP03	Fahrwerk Track	13	1
AP07	Vorfahreinrichtung	8	1
	Ergänzend Zusatzoptionen	13	4
	Summe	114	21

Tabelle 3.6-1: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 10 Arbeitspakete

3.6.1.1.2 Ideenfindung anhand der 7 Komponenten

Für die spezifische Ideenfindung wurden für jede der 7 Komponenten 5 Ideenformulare vorbereitet. Je Komponente wurden aufgrund der 5 Workshop-Teilnehmer von Komptech 5 Brainwriting-Durchgänge mit einer Dauer von je 90 Sekunden durchgeführt. Als Ergebnis konnten somit im Optimalfall 5 ausgefüllte Ideenformulare mit 5 Ideen bzw.

entwickelten Ideen generiert werden. In Tabelle 3.6-2 sind die Ergebnisse der Ideenfindung anhand der 7 ausgewählten Komponenten aufgelistet.

Arbeitspaket	Komponente	Anzahl Ideenformulare	Bewertete Ideen
AP01+02	Stahlgliederband	5	2
AP04	Einzugswalze oben	5	2
AP04	Klappdach	5	1
AP04	Schredderboxrahmen	5	1
AP05	Motorplattform	5	1
AP06	Abwurfband	5	4
AP09	Verkleidung	5	2
	Summe	35	13

Tabelle 3.6-2: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 7 Komponenten

3.6.1.2 Ideenfindung anhand Funktionen

Die Ideenfindung anhand der Funktionen erfolgte ebenso wie die Ideenfindung anhand des Maschinenaufbaus in einem allgemeinen und einem spezifischen Teil. Im allgemeinen Teil wurde mithilfe von Brainstorming für die 10 teuersten Funktionen der Funktionskostenanalyse nach möglichen Lösungsideen gesucht. Im spezifischen Teil wurde auf die in Kapitel 3.5.5.2 ausgewählten untererfüllten Funktionen die Brainwriting-Methodik angewandt und nach Lösungsideen gesucht.

3.6.1.2.1 Ideenfindung anhand der 10 teuersten Funktionen

Wie bereits bei der Ideenfindung anhand der 10 Arbeitspakete wurden auch hier 10 A2-Bögen vorbereitet, welche mit der jeweiligen Funktion beschriftet wurden. Die Vorgehensweise gestaltete sich ebenso gleich, wie auch das Zeitintervall von drei Minuten. In Summe konnten für die 10 teuersten Funktionen 70 Lösungsideen generiert werden. In Tabelle 3.6-3 wird die Anzahl der generierten Ideen je Funktion detailliert dargestellt.

Funktion	Bezeichnung	Anzahl Ideen	Bewertete Ideen
2.5	Drehmoment bereitstellen	9	2
2.2	Material hacken	7	1
2.1	Material schreddern	8	4
4.1	Transportfähigkeit sicherstellen	7	0
4.2	Vorfahrt ermöglichen	8	1
2.4	Materialbeschaffenheit sicherstellen	6	4
6.3	Stabilität sicherstellen	7	1
8.3	Ressourcenschonung gewährleisten	7	3
1.4	Material einziehen/komprimieren	5	2
3.1	Materialtransport sicherstellen	6	2
Summe		70	20

Tabelle 3.6-3: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 10 teuersten Funktionen

3.6.1.2.2 Teilergebnisse Ideenfindung anhand untererfüllter Funktionen

Für die spezifische Ideenfindung wurden auch hier für jede der 3 untererfüllten Funktionen 5 Ideenformulare vorbereitet. Die Vorgehensweise gestaltete sich gleich wie bei der Ideenfindung anhand der 7 Komponenten. Zusammengefasst konnten somit 3 ausgefüllte Ideenformulare mit bis zu 5 Ideen bzw. entwickelten Ideen generiert werden. In Tabelle 3.6-4 sind die Ergebnisse detailliert dargestellt.

Funktion	Bezeichnung	Anzahl Ideenformulare	Bewertete Ideen
3.3	Materialabwurf regulieren	5	1
6.2	Verschleißfestigkeit geben	5	4
1.3	Materialzufuhr gewährleisten	5	0
Summe		15	5

Tabelle 3.6-4: Ergebnisse – Ideenfindung anhand untererfüllter Funktionen

3.6.1.3 Vorauswahl der Ideen

Im dritten Teil des Workshops wurde eine Ideen-Vorauswahl getroffen, bei der alle Lösungsideen bewertet werden konnten. Jeder Teilnehmer musste mit 18 zu vergebenden Bewertungspunkten die Lösungsideen nach dem folgenden Schema bewerten:

- ▶ Sehr gute Ideen – Bewertung mit 3 Punkten
- ▶ Gute Ideen – Bewertung mit 2 Punkten
- ▶ Mittelmäßig gute Ideen – Bewertung mit einem Punkt

Die Workshop-Teilnehmer bekamen rund 30 Minuten Zeit, um die Ideen zu bewerten, in Summe wurden 59 Lösungsideen bewertet. Die jeweils letzte Spalte in Tabelle 3.6-1 bis

Tabelle 3.6-4 zeigt die Anzahl der bewerteten Ideen in der jeweiligen Ideenfindung. Im Anschluss wurden die 20 am besten bewerteten Ideen vorausgewählt und auf Ideenkarten detailliert ausgearbeitet.

3.6.1.4 Detailliertes Ausarbeiten der 20 vorausgewählten Ideen

Im letzten Teil des Workshops erfolgte die Ausarbeitung der Ideen. Die Ideen wurden im Team zu je 2 Personen auf Ideenkarten ausgearbeitet, je Idee wurden 10 Minuten für die Ausarbeitung zur Verfügung gestellt. Die folgend angeführten Inhalte mussten auf jeder Ideenkarte ausgearbeitet und beschrieben werden:

- ▶ Titel der Idee
- ▶ Kategorie der Idee
- ▶ Beschreibung und Skizze
- ▶ Gelöstes Problem
- ▶ Vorteile
- ▶ Nachteile

Abbildung 3.6-1 zeigt eine im Ideenworkshop ausgearbeitete Ideenkarte

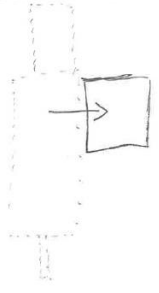

Titel	Motorplattform ausschwenkbar	Verantwortlicher	Leitrim, Kötter	Datum	
Kategorie	Motorbaugruppe	gelöstes Problem(e)			
Beschreibung und Skizze		Zugänglichkeit			
Motorplattform für Service- und Reparaturarbeiten ausschwenkbar. Auch für Reinigung		Vorteile			
		+Vormontage möglich +Einfache Service- u. Reparaturarbeiten +Zugänglichkeit			
		Nachteile			
		-Definierte Schnittstellen -Zusätzlicher Antrieb erforderlich -Kein Slacken möglich -			
		1			

Abbildung 3.6-1: Beispiel ausgefüllte Ideenkarte¹⁴⁸

¹⁴⁸ eigene Abbildung

Bei der Detaillierung wurden die ausgewählten Ideen mit einprägsam klingendem Ideentitel bezeichnet. In Tabelle 3.6-5 sind alle Ideen angeführt. Dabei werden die Ideen mit den neuen Ideentiteln und der dazugehörigen Kategorie bezeichnet. Die 20 Ideen wurden bei der Erstellung des Ideenkatalogs in den Katalog integriert.

Übersicht ausgearbeitete Ideen		
Idee Nr.	Kategorie	Titel der Idee
1	6.3 Stabilität sicherstellen	Predictive Maintenance
2	2.1 Material schreddern	Gegenkamm vs. Gegenmesser
3	Ergänzende Zusatz-Optionen	Smart Interface
4	AP09	Eigenfertigung der Verkleidung bei Farmtech
5	Ergänzende Zusatz-Optionen	Durchsatzmessung
6	2.4 Material-beschaffenheit sicherstellen	Feinteilabscheidung integriert in Austrag
7	AP01+02	LED-Beleuchtung Einzug
9	2.4 Material-beschaffenheit sicherstellen	Siebkorbsystem
10	2.4 Material-beschaffenheit sicherstellen	Befeuchtungsanlage bei Axtor
11	AP01+02	Wegfall Klapprichter
12	AP06	Variable Abwurfmöglichkeit (drehbar)
13	Verkleidung	Verbundverkleidung
14	1.4 Material einziehen	Vorausgewählte Einstellungen je nach Material
16	2.5 Drehmoment bereitstellen	Drehmomentbereitstellung elektrisch
17	2.2 Material hacken	Chippo Rotor in AX (Axtor)
18	AP03 Trailer	Luftversorgung für Bremssystem
21	Einzugswalze oben	Zähne der oberen Einzugswalze (Schmiedeteile, schraubbar?)
22	Schredderboxrahmen	Einfache Schredderbox mit verschraubbaren Verschleißteilen
23	Motorplattform sz mit Riemenspannerhalter	Motorplattform ausschwenkbar
29	8.3 Ressourcenschonung gewährleisten	Serviceintervall 1000 Bh (Betriebsstunden)

Tabelle 3.6-5: Übersicht der ausgearbeiteten Ideen

3.6.2 Erweitertes Ausarbeiten von Ideen des Ideenworkshops

Da die zeitlichen Ressourcen für den Ideenfindungs-Workshop gering ausfielen und als Ergebnis nur 20 Ideen ausgearbeitet werden konnten, wurden weitere Ideen aufgegriffen und ausgearbeitet. In Tabelle 3.6-6 sind die Ideen mit ihrer zugehörigen Kategorie und dem Ideentitel aufgelistet. Die 14 angeführten Ideen wurden im Anschluss ebenso in den Ideenkatalog integriert.

Erweitert ausgearbeitete Ideen des Ideenworkshops		
Fortl. Nr.	Kategorie	Titel der Idee
1	AP05	Universeller Aufbau der Motorplattform / Standardisierte Schnittstellen
2	AP06	Automatisierte Gurtspannung
3	AP08	Axtor Cam
4	AP09	Verkleidung mit Planen-Elementen
5	Ergänzende Zusatzoptionen	Maschinendisplay auf Fernsteuerung
6	Abwurfband Höhe 4,3 m	Regulierbarkeit der ABWFB-Geschwindigkeit
7	Funktion 1.4 - Material einziehen	Plattenband Randleiste
8	Funktion 2.1 - Schreddern	Stufenlose Verstellung der Rotordrehzahl
9	Funktion 2.3 - Materialdurchsatz gewährleisten	Vordefinierte Trimmung
10	Funktion 2.4 - Materialbeschaffenheit sicherstellen	Messervorgriff einstellbar
11	Funktion 3.2 - Materialtransport sicherstellen	Materialtransport über Schnecke und Gebläse-Austrag
12	Funktion 3.3 - Materialabwurf regulieren	Axtor drehbar auf Drehkranz
13	Funktion 4.2 - Vorfahrt ermöglichen	Minizugfahrzeug für Vorfahrt
14	Funktion 8.3 - Ressourcenschonung gewährleisten	Geschlossene Kurbelgehäuseentlüftung mit Ölnebelabscheider

Tabelle 3.6-6: Erweitert ausgearbeitete Ideen aus dem Ideenworkshop

3.6.3 Erweiterte Ideenfindung

Durch eigenständiges Anwenden der Brainstorming-Methode wurden in Phase 5 vier weitere Lösungsideen generiert (siehe Tabelle 3.6-7). Auch diese vier Ideen wurden in den Ideenkatalog integriert.

Generierung weiterer Ideen		
Fortl. Nr.	Kategorie	Titel der Idee
1	AP01+02	Einzugstrichter leichte Ausführung
2	AP04	2 Varianten des Schredderboxrahmens – Modular ausgeführt
3	AP09	Zusammengesetzte Verkleidung Aluminium / Stahlblech
4	Funktion 3.3 Materialabwurf regulieren	Abwurfband – Verstellbare Materialumleitung

Tabelle 3.6-7: Generierung weiterer Ideen

3.6.4 Ideensammlung im Verlauf des Wertanalyseprojekts

Die Dokumentation möglicher Lösungsideen erstreckte sich über das gesamte Wertanalyseprojekt. So wurden alle bei etwaigen Meetings, Koordinationsabstimmungen und anderen Terminen angefallenen Ideen mitdokumentiert und auf Ideenkarten ausgearbeitet. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die dokumentierten Ideen mit dem jeweiligen Ursprung und dem Verantwortlichen. Diese Ideen sind ebenso Bestandteil des Ideenkatalogs.

Ideensammlung im Verlauf des Wertanalyseprojekts				
Fortl. Nr.	Kategorie	Titel der Idee	Ursprung	Verantwortung
1	AP01+02	Leichte Ausführung Plattenband	Abstimmungsmeeting 12.10.2017	J. Haßler
2	AP04	Einzugswalze - Ausschweißen der Zähne mittels Roboter	Abstimmungsmeeting 30.10.2017	C. Moritz
3	AP05	Stahltank vs. Aluminiumtank - Überschägige Betrachtung	Desigabstimmung 27.07.2017	A. Kohlweiss
4	AP07	Lenkbares Stützrad mit Höhenregulierung	Designabstimmung 17.08.2017	A. Kohlweiss
5	AP07	Entwicklung und Produktion angetriebener Achsen	Designabstimmung 17.08.2017	A. Kohlweiss
6	AP08	Kombinierte Arbeits- bzw. Transportbeleuchtung	Desigabstimmung 27.07.2017	J. Haßler
7	AP09	Faserverbund Verkleidung	Praktikertag Kompostierung 14.09.2017	F. Oppliger / A. Kohlweiss
8	Funktion 1.4	2. obere Einzugswalze für ausschließlich Hackbetrieb	Abstimmungsmeeting 25.10.2017	J. Haßler
9	Funktion 8.2	Kotflügelsegment per Schnellverschluss abnehmbar	Email-Vekehr 02.11.2017	M. Klug
10	Standardisierung	Standardisierung der SAP Materialeinträge	Besichtigung Montage 24.07.2017	A. Kohlweiss
11	Standardisierung	Einheitliche Unternehmenssprache im SAP	Abstimmungsmeeting 09.08.2017	A. Kohlweiss

Tabelle 3.6-8: Ideensammlung im Verlauf des Wertanalyseprojekts

3.6.5 Erstellung des Ideenkatalogs

In Phase 5 wurden in Summe 49 Ideenkarten ausgearbeitet, welche den Kernteil des Ideenkatalogs bilden. Die Ideenkarten wurden zur Übersicht anhand ihres Inhalts und der Wirkung der Ideen in folgende vier übergeordnete Ideenkategorien eingegliedert:

- ▶ Kosten- und Gewichtsoptimierung (12 Ideen)
- ▶ Funktionsoptimierung (23 Ideen)
- ▶ Zukunftstechnologien (11 Ideen)
- ▶ Sonstige Ideen (3 Ideen)

Zur verbesserten Übersicht und für die weitere Vorgehensweise wurden die Ideenkarten mit einer durchlaufenden, für die restlichen Wertanalyse-Phasen gültigen Nummerierung von 1 bis 49 gekennzeichnet. In Tabelle 3.6-9 sind alle kategorisierten Ideenkarten dargestellt, wobei die übergeordneten Kategorien mit der jeweiligen Überschrift gekennzeichnet sind.

Ideenübersicht Kosten- und Gewichtsoptimierung		
Idee Nr.	Kategorie	Titel der Idee
1	AP01+02	Wegfall des Klapprichters
2	AP01+02	Leichte Ausführung Plattenband
3	AP01+02	Einzugstrichter leichte Ausführung
4	AP04	Einzugswalze - Zähne als verschraub bare Schmiedeteile
5	AP04	Einzugswalze – Ausschweißen der Zähne mittels Roboter
6	AP04	2 Varianten des Schredderboxrahmens – Modular ausgeführt
7	AP05	Stahltank vs. Aluminiumtank – Überschlägige Betrachtung
8	AP09	Eigenfertigung der Verkleidung bei Farmtech
9	AP09	Verkleidung aus Materialverbund
10	AP09	Zusammengesetzte Verkleidung Aluminium / Stahlblech
11	AP09	Faserverbund Verkleidung
12	AP09	Verkleidung mit Planen-Elementen
Ideenübersicht Funktionsoptimierung		
13	AP03 Trailer	Luftversorgung für Bremssystem
14	AP04	Einfache Schredderbox mit schraubbaren Verschleißteilen
15	AP05	Ausschwenkbare Motorplattform
16	AP05	Universeller Aufbau der Motorplattform / Standardisierte Schnittstellen
17	AP06	Variable Abwurfrichtung (drehbar)
18	AP06	Regulierbarkeit der ABWFB-Geschwindigkeit
19	AP06	Automatisierte Gurtspannung
20	AP07	Lenkbares Stützrad mit Höhenregulierung
21	Ergänzende Zusatzoptionen	Durchsatzmessung
22	Funktion 1.4	Vorausgewählte Einstellungen je nach Material
23	Funktion 1.4	Plattenband Randleiste
24	Funktion 1.4	2. Obere Einzugswalze für ausschließlich Hackbetrieb
25	Funktion 2.1	Gegenkamm vs. Gegenmesser
26	Funktion 2.2	Chippo-Rotor in Axtor
27	Funktion 2.3	Vordefinierte Trimmung

wird fortgesetzt

28	Funktion 2.4	Befeuchtungsanlage bei Axtor
29	Funktion 2.4	Messervorgriff einstellbar
30	Funktion 2.4	Adaptierbares Siebkorbssystem
31	Funktion 3.3	Abwurfband – Verstellbare Materialumleitung
32	Funktion 6.3	Predictive Maintenance
33	Funktion 8.2	Kotflügelsegment per Schnellverschluss abnehmbar
34	Funktion 8.3	Serviceintervall 1.000 Bh
35	Funktion 8.3	Geschlossene Kurbelgehäuseentlüftung mit Önebelabscheider
Ideenübersicht Zukunftstechnologien		
36	AP01+02	LED-Beleuchtung des Einzugsbereichs
37	AP08	Kombinierte Arbeits- bzw. Transportbeleuchtung
38	AP08	360° Axtor Cam
39	Ergänzende Zusatzoptionen	Smart Interface
40	Ergänzende Zusatzoptionen	Maschinendisplay auf Fernsteuerung
41	Funktion 2.1	Stufenlose Verstellung der Rotordrehzahl
42	Funktion 2.4	Feinteilabscheidung in Austrag integriert
43	Funktion 2.5	Elektrifizierung / Drehmomentbereitstellung elektrisch
44	Funktion 3.2	Materialtransport über Schnecke und Gebläse-Austrag
45	Funktion 3.3	Axtor drehbar auf Drehkranz
46	Funktion 4.2	Minizugfahrzeug für Vorfahrt
Ideenübersicht Sonstige Ideen		
47	AP07	Entwicklung und Produktion angetriebener Achsen
48	Standardisierung	Standardisierung der SAP Materialeinträge
49	Standardisierung	Einheitliche Unternehmenssprache im SAP

Tabelle 3.6-9: Ideenkarten Ideenkatalog

Auf Wunsch des Projektpartners wurde der Ideenkatalog mit den jeweiligen Workshop-Teilergebnissen aus den Kapiteln 3.6.1.1 „Ideenfindung anhand Maschinenaufbau“ und 3.6.1.2 „Ideenfindung anhand Funktionen“ ergänzt. Die Ideenbezeichnungen aus den Brainstorming-Einheiten wurden in schriftlicher Form in den Katalog integriert, die ausgefüllten Ideenformulare des Brainwritings wurden mithilfe von Screenshots in den Ideenkatalog aufgenommen. Weiters wurden die in der Detailanalyse der Vorfahreinerichtung vorgestellten Konzepte in den Ideenkatalog integriert. Der vervollständigte Ideenkatalog gliedert sich somit in 4 Teile:

1. Brainstorming Ideen aus Ideenworkshop
2. Brainwriting Formulare aus Ideenworkshop
3. Ausdetaillierte Ideen
4. Ideen / Konzepte Vorfahreinerichtung

Der Ideenkatalog wurde als separates Dokument dem Projektpartner bei Projektabschluss übergeben.

3.7 Phase 6 „Bewerten von Lösungsideen“

Nach Abschluss von Phase 5 wurden im nächsten Arbeitsschritt die ausgearbeiteten Ideen hinsichtlich ihrem Potential bewertet und die besten Ideen wurden für die Entwicklung der ganzheitlichen Lösungsvorschläge ausgewählt. Das Bewerten der Lösungsideen erfolgte in zwei Schritten. Im ersten Schritt erfolgte eine Vorselektion der Lösungsideen hinsichtlich ihrem Potential. Im zweiten Schritt erfolgte die Evaluierung von 25 vorselektierten Ideen im Rahmen des 2. Checkpoint – Meetings – Ideenbewertung. Die am besten bewerteten Ideen wurden im Anschluss in Phase 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“ zu ganzheitlichen Lösungsvorschlägen kombiniert.

3.7.1 Vorgehen „Bewerten von Lösungsideen“

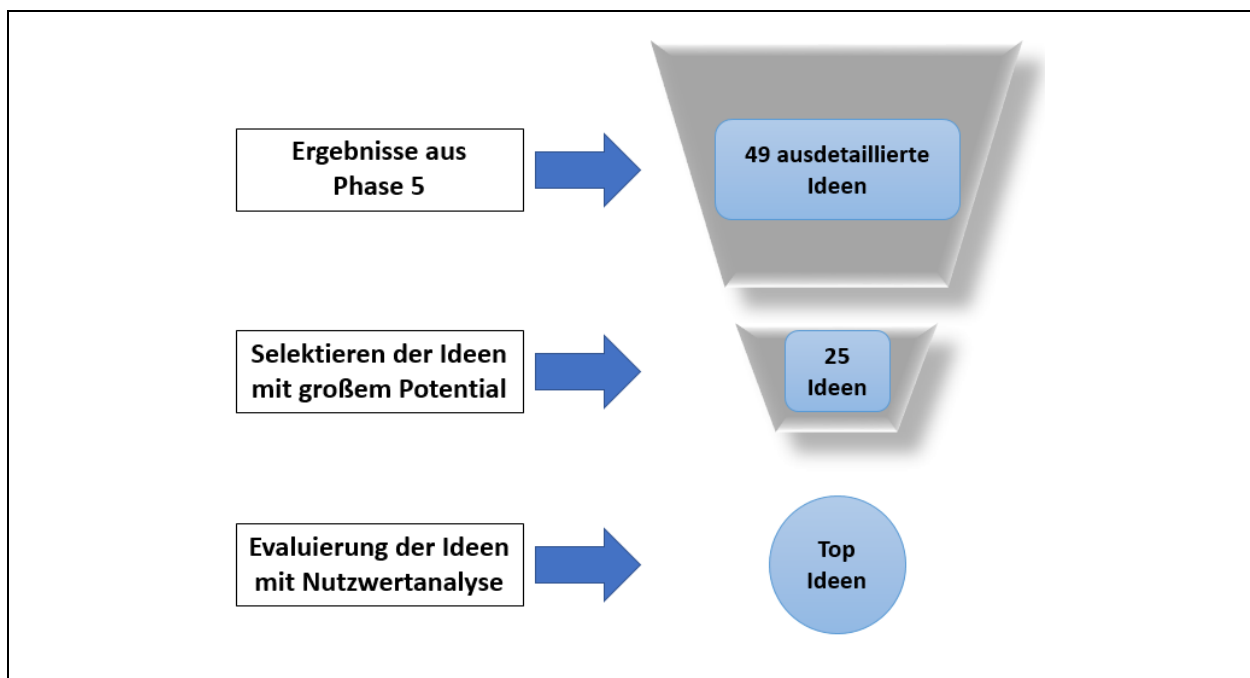


Abbildung 3.7-1: Vorgehensweise Phase 6 „Bewerten von Lösungsideen“¹⁴⁹

Abbildung 3.7-1 stellt das schematische Vorgehen in Arbeitsschritt 6 dar. Von insgesamt 49 Ideen wurden 25 Ideen vorselektiert und im Anschluss wurden in einer Nutzwertanalyse die Top-Ideen ermittelt.

¹⁴⁹ eigene Abbildung

3.7.2 Selektion der Ideen mit großem Potential

Da es nicht möglich war alle Lösungsideen im Rahmen einer gemeinsam mit dem Projektpartner durchgeführten Nutzwertanalyse zu bewerten, erfolgte vorab eine Selektion der zu bewertenden Ideen. Dabei wurden die Ideen Nr. 1 bis Nr. 49 hinsichtlich Ihrem Potential mithilfe einer einfachen Punktbewertung analysiert. Die Punktbewertung erfolgte anhand der 3 Kriterien:

- ▶ Machbarkeit
- ▶ Funktionsverbesserung
- ▶ Kosten

Ergebnis – Vorauswahl der Ideen			
Idee Nr.	Idee Titel	Punkte	Position
28	Befeuchtungsanlage bei Axtor (ohne Tank / mit Tank)	15	1
2	Leichte Ausführung Plattenband	13	2
8	Eigenfertigung der Verkleidung bei Farmtech	13	2
1	Wegfall des Klapptrichters	12	4
4	Obere Einzugswalze - Zähne als verschraubbare Schmiedeteile	12	4
5	Einzugswalze – Ausschweißen der Zähne mittels Roboter	12	4
6	2 Varianten des Schredderboxrahmens – Modular ausgeführt	12	4
9	Verkleidung aus Materialverbund	12	4
18	Regulierbarkeit der ABWFB-Geschwindigkeit	12	4
22	Vorausgewählte Einstellungen je nach Material	12	4
24	2. Obere Einzugswalze für ausschließlich Hackbetrieb	12	4
25	Gegenkamm vs. Gegenmesser	12	4
27	Vordefinierte Trimmung	12	4
30	Adaptierbares Siebkorbssystem	12	4
33	Kotflügelsegment per Schnellverschluss abnehmbar	12	4
35	Geschlossene Kurbelgehäuseentlüftung mit Ölnebelabscheider	12	4
36	LED-Beleuchtung des Einzugsbereichs	12	4
17	Variable Abwurfrichtung (drehbar)	11	18
21	Durchsatzmessung	11	18
32	Predictive Maintenance	11	18
34	Serviceintervall 1.000 Bh	11	18
39	Smart Interface	11	18
42	Feinteilabscheidung in Austrag integriert	11	18
43	Elektrifizierung / Drehmomentbereitstellung elektrisch	11	18
45	Axtor drehbar auf Drehkranz	11	18

Tabelle 3.7-1: Ergebnis – Selektion der Ideen

Tabelle 3.7-1 zeigt das Ergebnis der Selektierung. Die angeführten Ideen wurden im weiteren Verlauf von Phase 6 mit einer Nutzwertanalyse evaluiert.

3.7.3 Nutzwertanalyse zur Ideenbewertung

Zur detaillierten Bewertung der selektierten Ideen wurde die Methodik der „Nutzwertanalyse“ ausgewählt. Durch die Bestimmung von 4 Bewertungskriterien sollten möglichst alle wichtigen Eigenschaften und die Wirkung der einzelnen Ideen abgebildet werden:

1. Funktionserfüllung
2. Entwicklungsaufwand
3. Produktionsaufwand
4. Gewicht

Die Durchführung der Nutzwertanalyse teilte sich in die zwei Teile „Ideenbewertung“ und „Auswertung der Nutzwertanalyse“. Die Ideenbewertung erfolgte im Rahmen des 2. Checkpoint-Meetings und wird im folgenden Kapitel beschrieben.

3.7.3.1 Ideenbewertung

Im Rahmen des 2. Checkpoint-Meetings am 09.11.2017 wurden die 25 vorselektierten Ideen hinsichtlich der für die Nutzwertanalyse festgelegten Kriterien bewertet. Teilnehmer aus Sicht des Instituts für Innovation und Industriemanagement waren:

- ▶ Hans Schnöll
- ▶ Thomas Böhm
- ▶ Andreas Kohlweiss

Seitens Komptech waren folgende Projektmitarbeiter anwesend:

- ▶ Jürgen Haßler (Projektleitung Axtor)
- ▶ Christoph Moritz (Technischer Einkauf)
- ▶ Joachim Reitbauer (Leitung Wartung und Service)

Zwei weitere Bewertungen wurden von Martin Leitner und Fritz Oppliger nach dem Workshop durchgeführt. Somit ergaben in Summe 8 verschiedene, unabhängige Bewertungen die Gesamtbewertung. Die Ideen konnten für jedes Kriterium mit minimal einem bis maximal fünf Punkten bewertet werden, wobei 5 Punkte immer die beste Bewertung darstellte. In Tabelle 3.7-2 ist die Punkteverteilung der einzelnen Bewertungskriterien aufgelistet. Die Bewertung erfolgte auf vorgefertigten Bewertungsbögen, welche auch zur Dokumentation dienten.

Punkte	Funktionserfüllung
1	keine Verbesserung oder Verschlechterung
2	kaum Verbesserung
3	kleine Verbesserung
4	gute Verbesserung
5	wesentliche Verbesserung
Punkte	Entwicklungsaufwand
1	Technologieentwicklung erforderlich (Neue Technologie)
2	Neukonzeptionierung mit vorhandenen Technologien (Technologie vorhanden – wird jedoch nicht angewendet)
3	Neukonstruktion mit bekannten Technologien (Technologie wurde bereits angewendet)
4	Größere Anpassungen bei gleichen Technologien (Technologie aktuell in Verwendung)
5	Kleine Anpassungen bei gleichen Technologien (Technologie aktuell in Verwendung)
Punkte	Produktionsaufwand
1	Wesentlich höhere Produktionskosten, aufwändigere Teile, viele zusätzliche Teile, mehr Montageschritte
2	Höhere Produktionskosten, leicht aufwändigere Teile, wenige zusätzliche Teile, geringe Veränderung der Montage
3	Gleiche Produktionskosten, gleicher Aufwand bei Teilen, gleiche Teileanzahl, gleiche Montage
4	Geringere Produktionskosten, leicht einfachere Teile, weniger Teile, einfachere Montage
5	Wesentlich geringere Produktionskosten, einfachere Teile, viel weniger Teile, Einsparung aufwändiger Montageschritte
Punkte	Gewicht
1	Erhöhung Gewicht > 100 kg
2	Erhöhung Gewicht zwischen 0-100 kg
3	Gewicht bleibt gleich
4	Reduzierung Gewicht zwischen 0-100 kg
5	Reduzierung Gewicht > 100 kg

Tabelle 3.7-2: Punkteverteilung Bewertungskriterien

Weiters wurde während des 2. Checkpoints in Diskussion mit Jürgen Haßler die Gewichtungverteilung für die Nutzwertanalyse bestimmt. Die Gewichtungsfaktoren (in %) wurden wie folgt verteilt:

- ▶ Funktionserfüllung **20 %**
- ▶ Entwicklungsaufwand **10 %**
- ▶ Produktionsaufwand **35 %**
- ▶ Gewicht **35 %**

Im Anhang unter Kapitel 6.5 sind die Ergebnisse der Ideenbewertung angeführt. Der gültige Bewertungswert bildet sich aus dem Durchschnitt der acht Einzelbewertungen.

3.7.3.2 Auswertung der Nutzwertanalyse

Zur Berechnung der jeweiligen Einzelnutzwerte wurden die Bewertungswerte mit den Gewichtungsfaktoren der jeweiligen Kriterien multipliziert. Die Aufsummierung der Einzelnutzwerte ergibt den Gesamtnutzwert. In Abbildung 3.7-2 werden die jeweiligen Ideen mit den aufsummierten Gesamtnutzwerten in absteigender Reihenfolge grafisch dargestellt. Die farbliche Trennung der Balken dient der Darstellung der Einzelnutzwerte. Die Top 15 Ideen wurden im Anschluss an die Nutzwertanalyse in Form einer Sensibilitätsanalyse hinsichtlich Ihrer Bewertung bei extremen Gewichtungen kontrolliert.

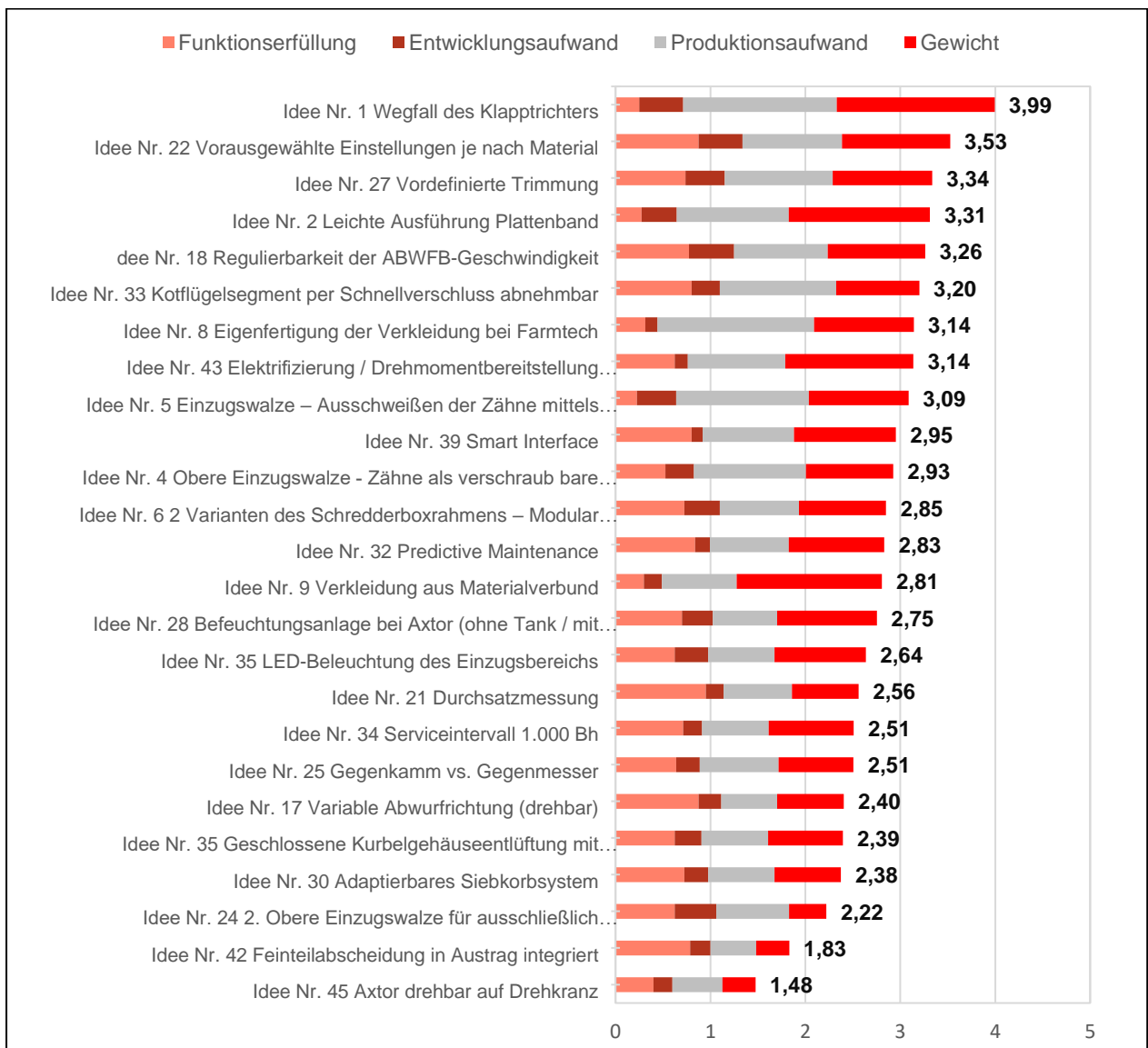


Abbildung 3.7-2: Nutzwertanalyse – Ideen gereiht nach Nutzwert¹⁵⁰

¹⁵⁰ eigene Abbildung

3.7.4 Sensitivitätsanalyse Ergebnis Nutzwertanalyse

Die Sensitivitätsanalyse dient zur Ergebniskontrolle der Nutzwertanalyse. Durch Variation der für die Nutzwertanalyse bestimmten Gewichtung wurden jene Ideen identifiziert, welche auch nach extremer Gewichtung eine hohe Bewertung aufweisen. Insgesamt wurden 4 weitere Nutzwertanalysen durchgeführt, in welchen die jeweiligen Kriterien für sich einzeln mit 100 % gewichtet wurden (siehe Tabelle 3.7-3).

Variation der Gewichtung				
Kriterien	Analyse 1	Analyse 2	Analyse 3	Analyse 4
Funktions-erfüllung	100%	0%	0%	0%
Entwicklungs-aufwand	0%	100%	0%	0%
Produktions-aufwand	0%	0%	100%	0%
Gewicht	0%	0%	0%	100%

Tabelle 3.7-3: Variation der Gewichtung

Für jede Analyse wurden die Ideen nach dem Nutzwert absteigend gereiht. Mithilfe der Anzahl der Nennungen der Ideen in den Top 15 Positionen und in den Top 10 Positionen wurde ein Sichtungsprofil erstellt (siehe Abbildung 3.7-3). Ideen die dreimal oder viermal in den Top 15 bzw. Top 10 Positionen genannt wurden, bestätigen das jeweilige Ergebnis der Nutzwertanalyse und können als die Top-Ideen interpretiert werden. Die Top 10 Ideen verfügen laut dem Sichtungsprofil über ein konstantes Potential, ausgenommen Idee Nr. 8 – Fertigung der Verkleidung bei Farmtech. Dieser Ausreißer ergibt sich aus der schlechten Bewertung nach dem Kriterium Entwicklungsaufwand, da für die Fertigung bei Farmtech Knowhow generiert werden muss. Idee Nr. 6 – 2 Varianten des Schredderboxrahmens wird zwar in den Top 15 Positionen viermal genannt, kann jedoch aufgrund der zweimaligen Nennung in den Top 10 Positionen vernachlässigt werden. Die Top 15 Ideen der Nutzwertanalyse wurden in Phase 7 für die Entwicklung der Lösungsvorschläge verwendet. Je nach dem definierten Ziel wurden die Ideen miteinander kombiniert und im Anschluss wurde der entstandene Lösungsvorschlag detailliert ausgearbeitet.

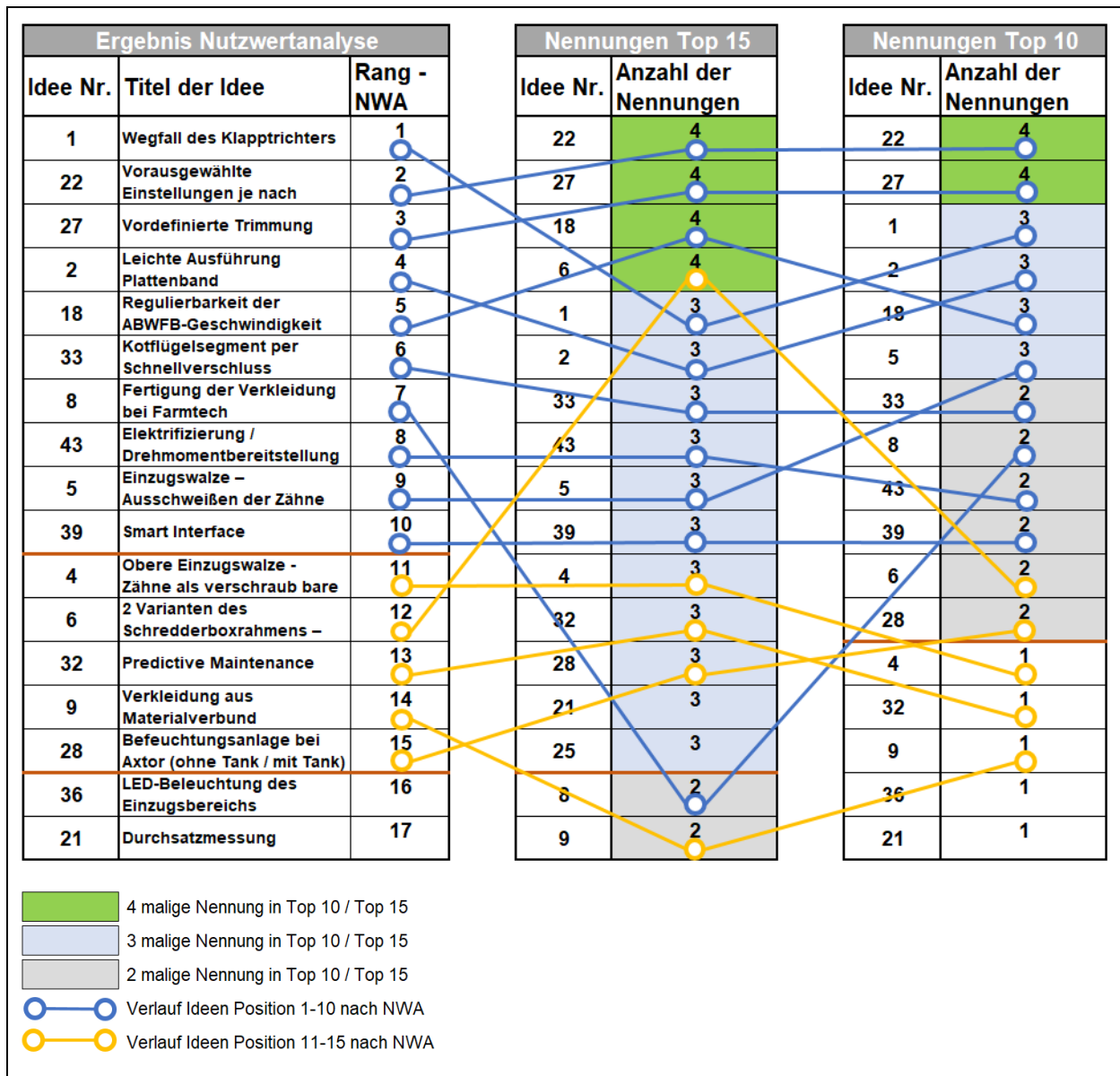


Abbildung 3.7-3: Sichtungsprofil Sensitivitätsanalyse¹⁵¹

¹⁵¹ eigene Abbildung

3.8 Phase 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge

Mit den in Phase 6 top-bewerteten Ideen wurden in Phase 7 zwei wertsteigernde, ganzheitliche Lösungsvorschläge entwickelt. Die Kombination der Ideen bei der Erstellung der Lösungsvorschläge orientierte sich an zwei definierten Lösungsansätzen:

- ▶ Lösungsansatz 1 – Kosten und Gewichtsoptimierung
- ▶ Lösungsansatz 2 – Funktionsorientierte Optimierung

Für Lösungsansatz 1 erfolgte die Wertsteigerung über eine Reduktion der eingesetzten Ressourcen, während mit Lösungsansatz 2 die Wertsteigerung über eine Funktionsverbesserung bei gleichbleibendem Ressourceneinsatz erfolgte.

3.8.1 Lösungsvorschlag 1 – Cost- and Weight-Effectiveness

The diagram illustrates the composition of Solution Proposal 1. At the center is a green circular arrow icon with a plus sign, symbolizing a holistic or integrated approach. Surrounding this central icon are six smaller images, each representing a specific idea or concept:

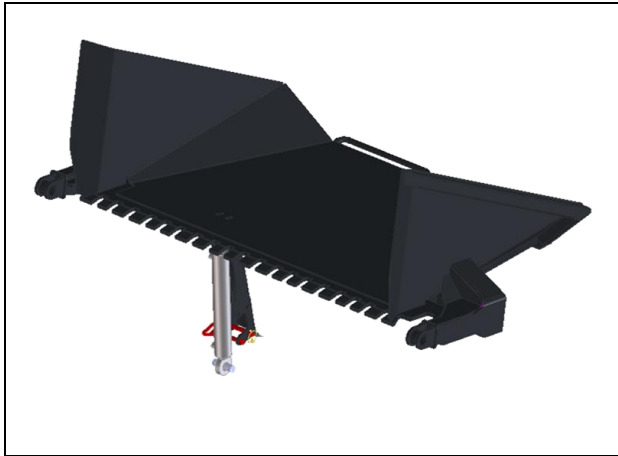
- Idee Nr. 1 - Wegfall des Klapptrichters**: A technical drawing showing a component with a flap that is to be removed.
- Idee Nr. 2 - Leichte Ausführung Plattenband**: A technical drawing of a plate band with a lighter construction.
- Idee Nr. 4 - Einzugswalze – Zähne als Schmiedeteile**: A technical drawing of a roller with teeth, where the teeth are made of forged steel.
- Idee Nr. 5 - Einzugswalze – Ausschweißen der Zähne mittels Roboter**: A technical drawing of a roller with teeth, where the teeth are welded on by a robot.
- Idee Nr. 8 - Eigenfertigung der Verkleidung**: A technical drawing of a cover or housing that is to be manufactured in-house.
- Vorfahreinrichtung Konzept 7**: A technical drawing of a pre-assembly concept.

Abbildung 3.8-1: Lösungsvorschlag 1 – Ideenzusammensetzung¹⁵²

¹⁵² eigene Abbildung

Für die Entwicklung von Lösungsvorschlag 1 wurden jene Ideen kombiniert, welche hohes Potential für eine Kosten- sowie Gewichtsreduktion bieten und sich nach Auswertung der Nutzwertanalyse unter den Top 15 Ideen befanden. Das für die Vorfahreineinrichtung neu konzipierte Konzept 7 – „Radialkolbenmotoren innerhalb von Reibkörpern angeordnet“ wurde aufgrund der Ergebnisse der Detailanalyse (Kapitel 3.5.4) in die Entwicklung des Lösungsvorschlags mit aufgenommen. Das Konzept für die Vorfahreineinrichtung ergab sich per Definition der Wertanalyse nicht aus der Ideenfindung und der Ideenbewertung. Abbildung 3.8-1 zeigt, welche Ideen für Lösungsansatz 1 „Kosten- und Gewichtsoptimierung“ kombiniert wurden. Vier der kombinierten Ideen befanden sich unter den Top 10 Ideen der Nutzwert-Analyse. Idee Nr. 4 erzielte bei der Nutzwertanalyse Position 11. Im Folgenden wird der Lösungsvorschlag hinsichtlich Funktion, Nutzen und benötigter Umsetzungsmaßnahmen der einzelnen Ideen beschrieben.

3.8.1.1 Wegfall des Klapptrichters

Abbildung 3.8-2: Klapptrichter komplett¹⁵³Abbildung 3.8-3: Axtor – Klapptrichter entfernt¹⁵⁴

Durch das Entfernen des in Abbildung 3.8-2 dargestellten Klapptrichters werden folgende Komponenten aus Arbeitspaket 01+02 nicht mehr benötigt:

- ▶ Hydraulikschläuche
- ▶ 4/3 Wege Ventil
- ▶ Druckbegrenzungsventil
- ▶ Sperrblock
- ▶ Blechkonstruktion

In Summe kann mithilfe dieser Lösungsidee eine Kostenreduktion um 0,35 %¹⁵⁵ und eine Gewichtsreduktion um rund 100 kg¹⁵⁶ realisiert werden. Das Entfernen des Klapptrichters verschlechtert die Funktionen 1.2 – Material aufnehmen, 1.4 – Material einziehen / komprimieren und 1.5 – Materialvielfalt erlauben geringfügig. Durch das nach vorne hin offene Befüll-Volumen (siehe Abbildung 3.8-3) können bei speziellen Inputmaterialien erhöhte Leckage-Verluste auftreten. Eine Vorkomprimierung durch Hochklappen des Trichters ist nicht mehr möglich. Weiters kommt es bei Verarbeitung von Stammholz mit Längen von über 6 Metern zu einem Kippen des Inputmaterials, welches die ungeschützte Deichsel mit den Hydraulikschläuchen und den Anschlusskabeln beschädigen könnte.

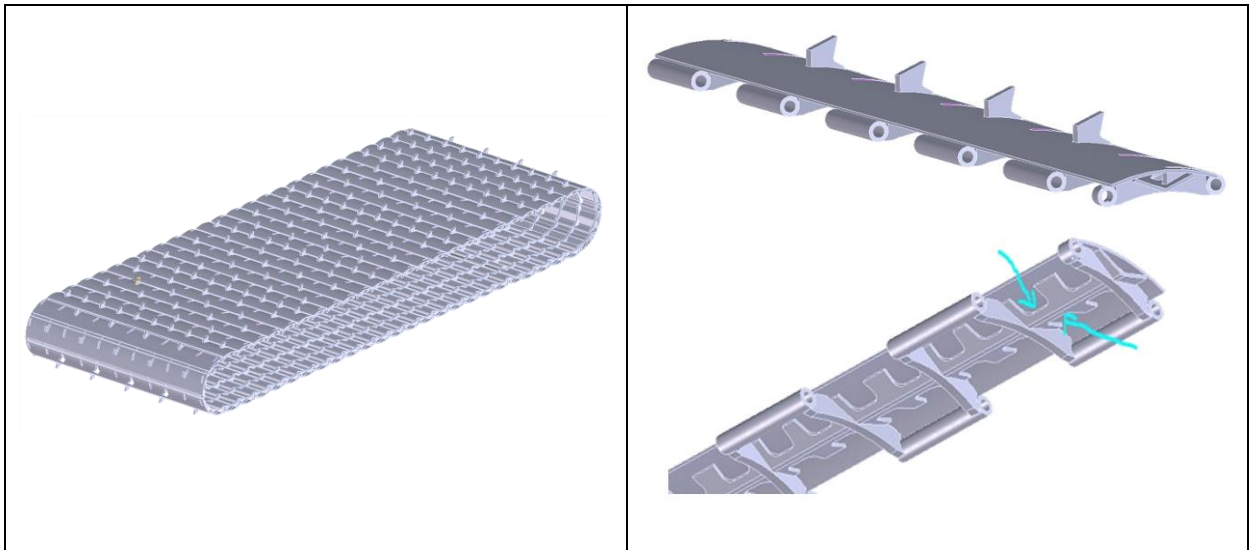
¹⁵³ Komptech (2017a)

¹⁵⁴ Komptech (2017a)

¹⁵⁵ Komptech (2017c)

¹⁵⁶ Komptech (2017a)

3.8.1.2 Leichte Ausführung Plattenband

Abbildung 3.8-4: Plattenband komplett¹⁵⁷Abbildung 3.8-5: Teilsegment Plattenband¹⁵⁸

Das Plattenband aus AP01+02 konnte anhand der Gewichtsanalyse aus Arbeitsschritt 5 als Schwergewicht identifiziert werden. Bei der leichten Ausführung des Plattenbands (siehe Abbildung 3.8-4) handelt es sich um eine konstruktiv überarbeitete Version. Hierfür werden Ausnehmungen an den Versteifungsblechen (türkise Pfeilmarkierung) der in Abbildung 3.8-5 dargestellten Teilsegmente vorgesehen. Die gesamte Gewichtsreduktion auf alle Teilsegmente aufgerechnet ergibt rund 100 kg¹⁵⁹. Um nicht aufgrund von konstruktiv bedingten Festigkeitseinbußen eine kürzere Lebensdauer des Plattenbandes zu erzielen, wird ein höherfester Feinkornbaustahl für die Herstellung der Plattenbandsegmente verwendet. Die Materialreduktion aufgrund der Ausnehmungen in Kombination mit den höheren Werkstoffkosten des Feinkornbaustahls ergibt in Summe eine Kostenreduktion von 0,08 %¹⁶⁰. Durch die Ausnehmung der Versteifungsbleche kann es bei feineren Inputmaterialien zu einem Verstopfen der Hohlräume zwischen den Versteifungsblechen kommen. Durch die Aufsummierung der Materialansammlungen wäre es möglich, dass ein nennenswertes Mehrgewicht zustande kommt.

¹⁵⁷ Komptech (2017a)

¹⁵⁸ Komptech (2017a)

¹⁵⁹ Komptech (2017a)

¹⁶⁰ Komptech (2017a)

3.8.1.3 Einzugswalze – Zähne als Schmiedeteile

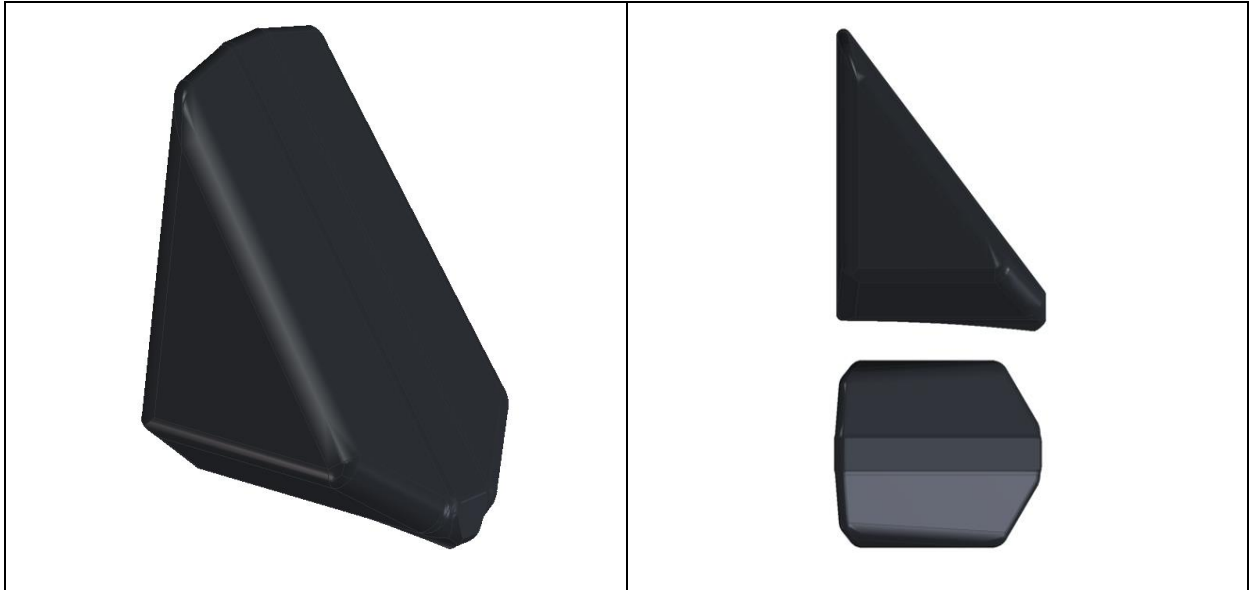


Abbildung 3.8-6: Einzugswalze –
Schmiedezahn¹⁶¹

Abbildung 3.8-7: Schmiedezahn Seiten- und
Grundansicht¹⁶²

Die Zähne der Einzugswalze wurden bisher im Brennschnittverfahren gefertigt. Durch den Wechsel des Fertigungsverfahrens, weg vom Brennschneiden hin zum Gesenkschmieden, ergibt sich ein signifikantes Kostenreduktionspotential. Die Geometrie der geschmiedeten Zähne ist in Abbildung 3.8-6 und Abbildung 3.8-7 dargestellt. Vor Beginn der Fertigung müssen 4.250,00 € in ein Schmiedegesenk investiert werden. Bei einer Zähnezahl von 153 # je Maschine und einer Kostenreduktion von 54,76 % je Zahn amortisiert sich die Investition in das Schmiedegesenk ab dem 13. Axtor bzw. ab 1801 Zähnen. Ab diesem Zeitpunkt werden je Axtor 0,30 % eingespart. Bis zum Ende der Werkzeuglebensdauer können mit dem Schmiedegesenk 10.000 Zähne gefertigt werden bzw. die Einzugswalzen von 65 Axtoren damit bestückt werden. In Summe kann durch den Wechsel der Fertigungstechnologie eine Gesamtkostenreduktion im fünfstelligen € Bereich erzielt werden. Die einzeln berechneten Werte und Angaben sind Tabelle 3.8-1 zu entnehmen. Durch die für das Schmieden benötigten Rundungsradien der Zahngeometrien könnte die Einzugswalze an Aggressivität verlieren.

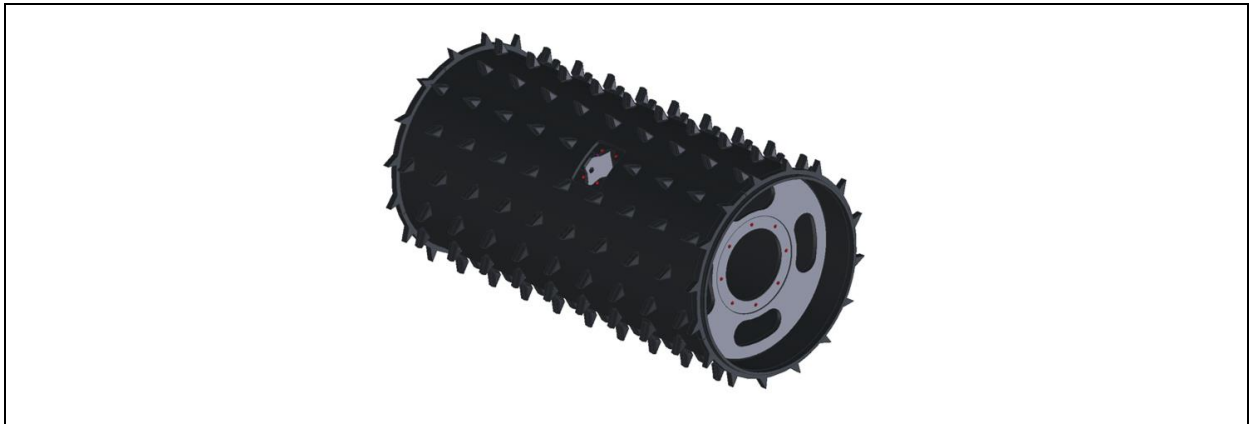
¹⁶¹ Komptech (2017a)

¹⁶² Komptech (2017a)

Fertigungsverfahren	Schmiedezähne	Brennschnittzähne
Kosten / Zahn	43,24 %	100 %
Anzahl Zähne / Axtor	153 #	153 #
Werkzeugkosten	€ 4 250,00	-
Lebensdauer Werkzeug in Stück	10000 #	-
Losgröße	1000 #	1000 #
Kostenreduktion / Zahn (ab 1801. Zahn)	56,76 %	
Kostenreduktion / Axtor (ab 14. Axtor) bezogen auf HSK exkl. Motorbaugruppe	0,30 %	

Tabelle 3.8-1: Berechnung – Zähne als Schmiedeteile ausgeführt¹⁶³

3.8.1.4 Einzugswalze – Ausschweißen der Zähne mittels Roboter

Abbildung 3.8-8: Einzugswalze Axtor 4510¹⁶⁴

Das Anschweißen der Zähne auf die Einzugswalze (siehe Abbildung 3.8-8) erfolgte bisher manuell. Die erforderlichen Arbeitsschritte gliedern sich wie folgt:

1. Positionieren des Zahns mittels Vorrichtung
2. Anheften des Zahns
3. Ausschweißen des Zahns

Bei Durchführung des 3. Schrittes können durch Verwendung eines Schweißroboters die Herstellkosten reduziert werden, sowie zeitliche Ressourcen der Mitarbeiter freigegeben werden. Tabelle 3.8-2 zeigt den Arbeitsplan des gesamten Schweißprozesses der Einzugswalze.

¹⁶³ Komptech (2017a)

¹⁶⁴ Komptech (2017a)

Arbeitsplan: 249611000A		Einzugswalze oben sz					
Vorgang Nr.	Beschreibung	Rüstzeit	Einheit	Bearbeitungszeit	Einheit	Personalzeit	Einheit
50	Heften	14,1	MIN	12,4	MIN	12,4	MIN
51	Heften	14,1	MIN	12,4	MIN	12,4	MIN
100	Schweißen	11,2	MIN	1,19	H	1,19	H
150	Heften	14,1	MIN	1,47	H	1,47	H
151	Heften	14,1	MIN	1,47	H	1,47	H
200	Schweißen	11,2	MIN	3,7	H	3,7	H
250	Bearbeiten	1	H	2,3	H	2,3	H

Tabelle 3.8-2: Arbeitsplan Schweißprozess Einzugswalze¹⁶⁵

Anhand des Arbeitsplans wurde die Tabelle 3.8-3 erstellt, welche den Zeitaufwand des manuellen Schweißens mit dem Zeitaufwand des Roboterschweißens vergleicht. Die Stundensätze für das manuelle Schweißen als auch das Roboterschweißen wurden vom Lean Management vorgegeben. Die Zeiteinsparung des Schweißroboters ist bauteilabhängig, für den Schweißprozess der Einzugswalze können jedoch rund 50 % Zeiteinsparung angenommen werden. Die orange hinterlegten Zellen sind jene des manuellen Schweißvorganges. Durch den Einsatz des Schweißroboters werden 2,65 Stunden eingespart (siehe grün hinterlegte Zellen). In Kombination mit dem teureren Stundensatz ergibt die Zeiteinsparung eine geringfügige Kostenreduktion um 0,09 % bezogen auf die Herstellkosten des Axtors exklusive Motorbaugruppe. Jedoch werden auch 2,65 Stunden an Mitarbeiterressourcen für andere Arbeitsprozesse freigegeben. Die Berechnung der Kosten- und Zeitreduktion erfolgte unter der Annahme, dass sich die Rüstzeiten nicht verändern. Alle benötigten Daten wurden von Thomas Pucher, Abteilung Lean Management, zur Verfügung gestellt.

Manuelles Schweißen			
Σ Heften (manuell)	0,9	H	3,4 H
Σ Schweißen (manuell)	0,4	H	4,9 H
Σ Gesamt	1,3	H	8,3 H
Manuell kombiniert mit Roboterschweißen			
Σ Heften (manuell)	0,9	H	3,4 H
Σ Schweißen (Roboter)	0,2	H	2,45 H
Σ Gesamt	1,1	H	5,85 H

Tabelle 3.8-3: Vergleich Zeitaufwand Schweißprozess¹⁶⁶

¹⁶⁵ Komptech (2017a)

¹⁶⁶ Komptech (2017a)

3.8.1.5 Eigenfertigung der Verkleidung

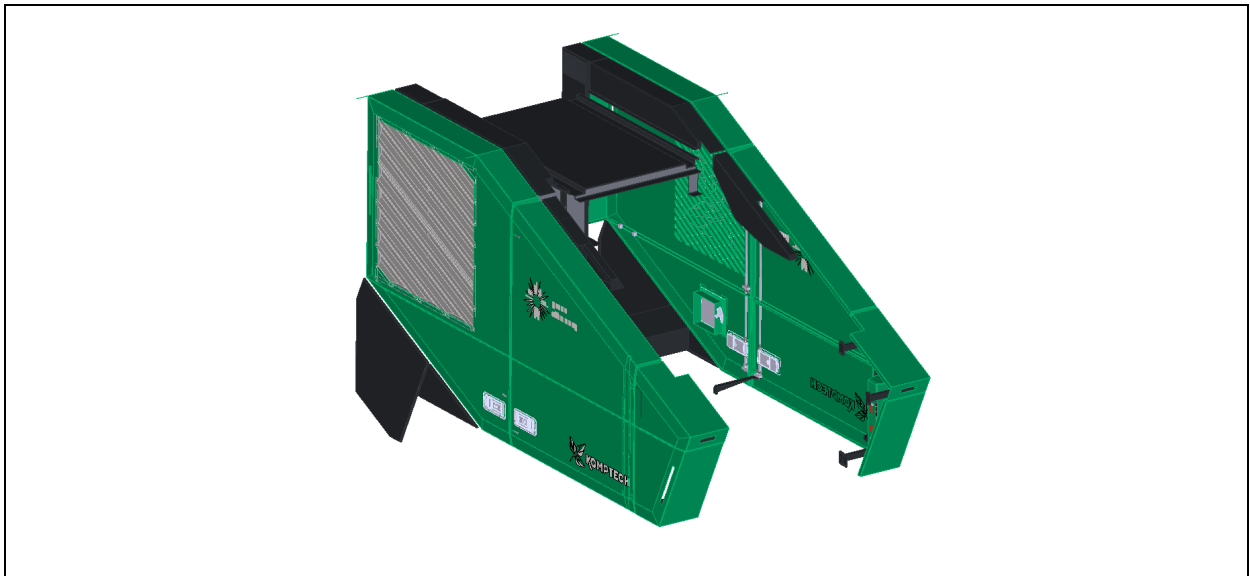


Abbildung 3.8-9: Verkleidung Axtor 4510¹⁶⁷

Aufgrund der fehlenden Ressourcen im Bereich der Feinblechfertigung wurden bisher die Verkleidungen aller Komptech-Maschinen im Auftrag fremdgefertigt. Eine Investition im Bereich der Feinblechbearbeitung zur Eigenfertigung von Verkleidungen würde daher nicht nur bei der Modellreihe Axtor die Herstellkosten reduzieren. In Tabelle 3.8-4 wird die potentiell mögliche Kostenreduktion in Referenz zu derzeit bei Farmtech gefertigten Feinblechteilen (Schurrenbleche) dargestellt. Basierend auf den Herstellkosten nach Kilogrammpreis gerechnet ergibt sich hierdurch ein Einsparungspotential von 54,55 %. Für die Verkleidung des Axtor 4510 (siehe Abbildung 3.8-9) ergibt das eine Kostenreduktion von 3,32 % je Maschine.

Verkleidung fremdgefertigt		Verkleidung bei Farmtech gefertigt		Einsparung
Kilogrammpreis Referenz 6010 [%]	100,00 %	Kilogrammpreis Referenz Schurrenbleche [%]	45,45 %	54,55%
Gewicht Verkleidung 4510 Stand 30.06.2017 in [kg]	669,9			

Tabelle 3.8-4: Vergleich Herstellkosten Verkleidung Axtor 4510¹⁶⁸

¹⁶⁷ Komptech (2017a)

¹⁶⁸ Komptech (2017a)

3.8.1.6 Vorfahreinerichtung Konzept 7

Der Aufbau der Vorfahreinerichtung wurde unter Kapitel 3.5.4.2 detailliert beschrieben. Durch die neu konzipierte Vorfahreinerichtung können im Vergleich zur Referenzvorfahreinerichtung des Axtor 6010 die Herstellkosten um 39,81 % und das Gewicht um 93,80 kg reduziert werden. Tabelle 3.8-5 zeigt die Eckdaten der verglichenen Konzepte.

Eckdaten Vorfahreinerichtung Referenz 6010 / Konzept 7		
	Herstellkosten	Gewicht
Daten Referenz 6010	100,00 %	537,00
Vorfahreinerichtung Konzept 7 "Radialkolbenmotoren innerhalb der Reibkörper angeordnet"	60,19 %	443,20
Kostenreduktion / Gewichtsreduktion	39,81 %	93,80

Tabelle 3.8-5: Eckdaten Vorfahreinerichtung Referenz 6010 / Konzept 7

3.8.1.7 Zusammenfassung Lösungskonzept 1

Durch die Kombination aller Lösungsideen aus Lösungskonzept 1 ist es möglich die Herstellkosten (exklusive Antriebseinheit) um 6,28 % zu reduzieren (siehe Tabelle 3.8-6).

Überblick Kosteneinsparung			
Idee Nr.	Bezeichnung	Kosteneinsparung	Quelle
1	Wegfall des Klapptrichters	0,35 %	Berechnung aus Vorkalkulation Axtor 4510
2	Leichte Ausführung Plattenbands	0,08 %	Auskunft techn. Einkauf
6	Eigenfertigung der Verkleidung bei Farmtech	3,32 %	Berechnung aus Vorkalkulation Axtor 4510
4	Einzugswalze - Ausschweißen der Zähne mittels Roboter	0,09 %	Berechnung (Daten lt. Lean Management)
3	Einzugswalze - Zähne als Schmiedeteile	0,30 %	Berechnung (Daten lt. techn. Einkauf)
Konzept 7	Radialkolbenmotoren innerhalb von Reibkörper angeordnet	2,14 %	Berechnung (Daten lt. Konstruktion)
Kosteneinsparung gesamt		6,28 %	der Herstellkosten exkl. Motor-BG

Tabelle 3.8-6: Überblick Kosteneinsparung

Betrachtet man das Maschinengewicht, so es ist möglich durch Kombination von den Lösungsideen Nummer 1, Nummer 2 und Vorfahreinerichtungs-Konzept 7 das Gesamtgewicht des Axtors um 294 kg bzw. 1,64 % zu reduzieren (siehe Tabelle 3.8-7). Da es laut Projektangebot keine Zielvorgabe hinsichtlich des Gewichts gab, sind die Gewichtseinsparungen ein sehr wertvolles Add-On Ergebnis.

Überblick Gewichtseinsparung			
Idee Nr.	Bezeichnung	Gewichtseinsparung	Quelle
1	Wegfall des Klapptrichters	100 [kg]	Auskunft Konstruktion
2	Leichte Ausführung Plattenband	100 [kg]	Auskunft Konstruktion
Konzept 7	Radialkolbenmotoren innerhalb von Reibkörper angeordnet	94 [kg]	Berechnung (Daten lt. Konstruktion)
Gewichtseinsparung gesamt		294 [kg]	= 1,64 % des Gesamtgewichts

Tabelle 3.8-7: Überblick Gewichtseinsparung

3.8.2 Lösungsvorschlag 2 – Axtor Evolution

Lösungsvorschlag 2 – Axtor Evolution vereint jene Ideen, welche die Funktionen des Axtors bei gleichbleibenden bzw. leicht erhöhten Ressourceneinsatz optimieren. Abbildung 3.8-10 zeigt einen Überblick der für die Entwicklung des Lösungsvorschlags kombinierten Ideen. Von den angeführten Ideen befinden sich drei unter den Top 10 Ideen und zwei unter den Top 15 Ideen aus Phase 6. Idee Nr. 36 „LED-Beleuchtung des Maschinenumfelds“ befindet sich auf Position Nr. 16, wurde aber aufgrund des futuristisch wirkenden Designs und der verhältnismäßig einfachen Umsetzung für den Lösungsvorschlag herangezogen. Im Folgenden werden die einzelnen Lösungsideen vorgestellt und in Hinblick auf Funktion, Nutzen und Umsetzung detailliert beschrieben.



Abbildung 3.8-10: Lösungsvorschlag 2 – Ideenzusammensetzung¹⁶⁹

¹⁶⁹ eigene Abbildung

3.8.2.1 Regulierbarkeit der Abwurfbandgeschwindigkeit

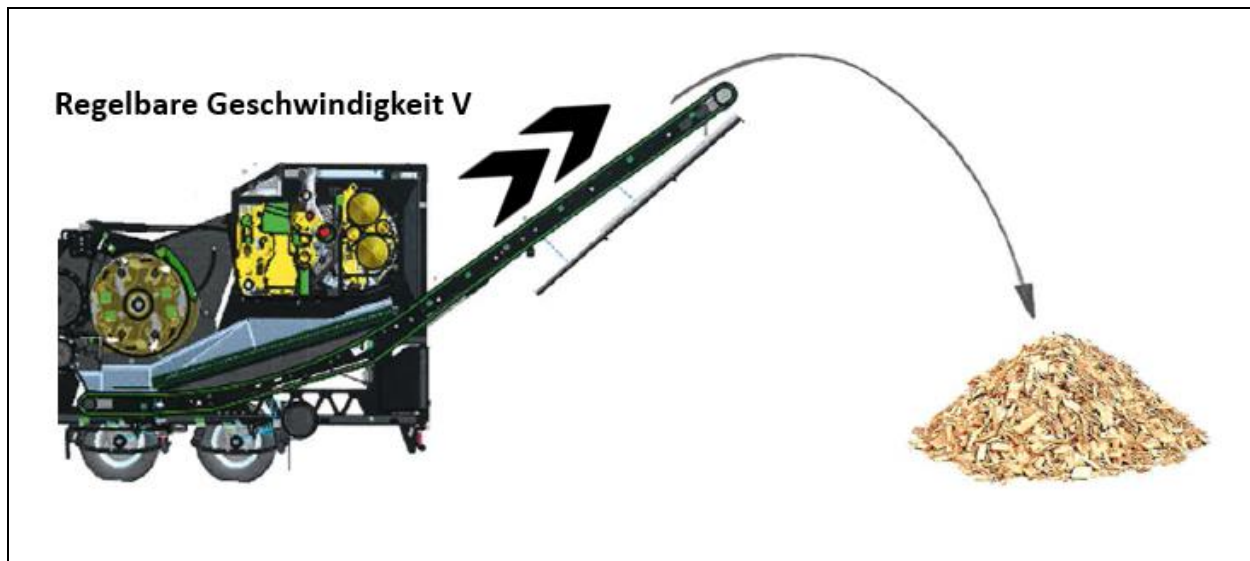


Abbildung 3.8-11: Regulierbarkeit des Abwurfförderbands¹⁷⁰

Bisher war es nicht möglich die Abwurfband-Fördergeschwindigkeit zu variieren. Mit der Begründung man wolle um jeden Preis Verstopfungen vermeiden, wurde das Abwurfförderband immer mit der vollen Geschwindigkeit betrieben. Daraus resultierend wurde das Output-Material als weit als möglich von der Maschine weg gefördert. Die Funktion der regulierbaren Geschwindigkeit dient ebenso zur Regulierung der Förderdistanz. Das untere Limit gibt die minimale Fördergeschwindigkeit vor, sodass der Austrag gerade nicht verstopfen kann. Die obere Fördergeschwindigkeit ergibt sich durch die maximale Durchsatzleistung des hydraulischen Orbitalmotors. Dazwischen ist es möglich, dass der Kunde die Geschwindigkeit variabel einstellt. Wie auf Abbildung 3.8-11 ersichtlich, ist es auf dies Art und Weise möglich den erzeugten Schüttgutkegel in Längsrichtung anzuhäufen. Somit reduzieren sich einerseits die Vorfahrtvorgänge, andererseits ergeben sich Vorteile bei der Befüllung von Containern. Der Container bzw. auch der Axtor muss weniger oft in Längsrichtung bewegt werden. Zusätzlich ergeben sich Vorteile hinsichtlich der verwendeten Ressourcen. Da weniger Energie für den Antrieb des Abwurfbandes benötigt wird, steht mehr Energie in Form von Drehmoment für die Zerkleinerung des Input-Materials zur Verfügung, was wiederum eine erhöhte Durchsatzleistung zur Folge hat. Für die Realisierung muss das derzeit verwendete Hydraulik-Ventil, welches nur Durchfluss oder keinen Durchfluss regeln kann, gegen ein regelbares PVG-Proportionalventil ausgetauscht werden. Weiters wird eine andere Type

¹⁷⁰ Komptech (2017a)

von Aktoren-Verteiler benötigt. Die Mehrkosten halten sich mit 60 € für das PVG-Ventil und 240 € für den Aktoren-Verteiler in Grenzen.¹⁷¹ Im nächsten Schritt muss Materialübergreifend die minimale Fördergeschwindigkeit im Testbetrieb bestimmt werden. Im letzten Schritt muss die Regulierbarkeit in die Benutzer-Software am Bediendisplay implementiert werden.

3.8.2.2 Vorausgewählte Einstellungen je nach Material



Abbildung 3.8-12: Vorausgewählte Einstellungen je nach Material¹⁷²

Der Axtor 6010 wird mit vier verschiedenen Programmen betrieben. Drei der Programme besitzen fixe, nicht justierbare Einstellungen, mit Hilfe des 4. Programmes können die Einstellungen variabel angepasst werden. Der Nutzen der Lösungsidee ist das Verwenden von materialspezifischen, vordefinierten Betriebsprogrammen. Je nach Inputmaterial kann der Kunde ein Programm auswählen, welches die von Komptech erprobten durchsatzoptimierten, spezifischen Materialeinstellungen aufweist. Betriebseinstellungen sind zum Beispiel:

- ▶ Einzugsgeschwindigkeit
- ▶ Druck der oberen Einzugswalze
- ▶ Drehzahl des Zerkleinerungsrotors
- ▶ Trimmung der oberen Einzugswalze, etc.

¹⁷¹ Komptech (2017a)

¹⁷² Komptech (2017b)

Dem Kunden wird hierdurch bei optimierter Effizienz der bestmögliche Materialdurchsatz geboten. Für unerfahrene Anwender erleichtert sich die Bedienung der Maschine, ein schonender Maschinenbetrieb wird ebenso gewährleistet. Ein großer Aufwand besteht in Hinblick auf die Materialtests, da im Rahmen der Erprobung die Einstellungen für alle möglichen Input-Materialien getestet werden müssen. Zur weiteren Umsetzung müssen die entsprechenden Programme erstellt werden und in die Bedienungssoftware des Axtors implementiert werden. Da sich aufgrund der internationalen Absatzmärkte und deren Kunden Probleme bei dem Verständnis des Inputmaterials ergeben könnten, werden die jeweiligen Programme mit einem Bild des zugeordneten Input-Materials auf dem hochauflösenden TFT-Display der Maschinenbedienung dargestellt.

3.8.2.3 Elektrifizierung / Drehmomentbereitstellung elektrisch

Eine elektrische Drehmomentbereitstellung bzw. Teilelektrifizierung bringt eine Gesamlayout-Anpassung des Axtors mit sich. Der Anwendungsbereich ändert sich von der vollmobilen Anwendung hin zur teilmobilen Anwendung. Die erforderliche Antriebsleistung kann über etwaige Akkumulatoren nicht realisiert werden, daher ist am Arbeitsplatz ein Anschluss an das Stromnetz erforderlich. Das Marktsegment der teilmobilen, schnelllaufenden Zerkleinerungsanlagen mit Elektroantrieb ist ein neues Marktsegment für Komptech. Im Netzbetrieb wird das für die Maschine benötigte Drehmoment mittels eines Asynchrondrehstrommotors zur Verfügung gestellt. Durch den Entfall der mit Diesel betriebenen Verbrennungskraftmaschine entfallen die erforderlichen Nebenaggregate, die Tankbehälter für Ad-Blue und Diesel, sowie das Abgassystem und die aufwendige Abgasnachbehandlung. Darüber hinaus ergeben sich für den Benutzer folgende Vorteile:

- ▶ Hoher Wirkungsgrad des Asynchrondrehstrommotors und folglich Betriebskosteneinsparungen
- ▶ Geringe Wartungsintensität im Vergleich zur Verbrennungskraftmaschine
- ▶ Aufgrund der unterschiedlichen Betriebscharakteristik mit im Vergleich zur VKM höheren Drehmomentverläufen ist eine Steigerung des Durchsatzes denkbar
- ▶ Keine Abgasemissionen sowie reduzierte Lärmemissionen
- ▶ Die Kommunikation und Regelung von verketteten Anlagen ist einfacher zu realisieren.

Die Effizienz des Asynchrondrehstrommotors bildet sich in der Berechnung der Betriebskosten ab. Bei angenommenen 1.500 Betriebsstunden jährlichen kann aufgrund der Elektrifizierung eine Betriebskosteneinsparung von über 14.000 € pro Jahr realisiert

werden (siehe Tabelle 3.8-8). Die Daten für die Energiekosten wurden laut Statistik Austria für das Jahr 2016 angenommen.¹⁷³ Für die Umsetzung wird eine Marktuntersuchung hinsichtlich der lokalen Stromversorgungen in den unterschiedlichen Zielmärkten benötigt. Die Grundlagen der für die Realisierung benötigten Technologie sind bereits aus einem Projekt mit einer langsam laufenden Zerkleinerungsmaschine vorhanden. Folglich kann die bestehende Technologie für das Modell „Axtor 4510“ adaptiert werden. Für die konstruktive Ausführung des Elektro-Zerkleinerers wird eine Packaging-Studie benötigt, in der die maschineninternen Schnittstellen und die Platzverhältnisse untersucht und gegebenenfalls mit dem Drehstrommotor abgestimmt werden.

Betriebskostenreduktion Elektrifizierung		
Betriebsstunden/Jahr	1500,00	[h]
Durchschnittlicher Dieselpreis kommerzieller Einsatz Österreich 2016	0,7200	[€/l]
Durchschnittlicher Dieserverbrauch je Betriebsstunde	60	[l/h]
Abtriebsleistung Motor	340,00	[kW]
Verbrauch je kWh	0,1765	[l/kWh]
Kosten je kWh	0,1271	[€/kWh]
Kosten/Betriebsstunde	43,20	[€/h]
Betriebskosten jährlich	64 800,00	[€]
Durchschnittlicher kWh-Preis Industrie Österreich 2016	0,096	[€/kWh]
Benötigte Abtriebsleistung	340,00	[kW]
Wirkungsgrad Drehstrommotor	97,00	[%]
Benötigte Inputleistung	350,52	[kW]
Kosten/Betriebsstunde	33,65	[€/h]
Betriebskosten jährlich	50 474,23	[€]
Kosteneinsparung jährlich	14 325,77	[€]

Tabelle 3.8-8: Betriebskostenreduktion Elektrifizierung¹⁷⁴

¹⁷³ vgl. www.statistik.at, Zugriffsdatum: 05.12.2017

¹⁷⁴ Komptech (2017a)

3.8.2.4 LED-Beleuchtung des Maschinenumfelds

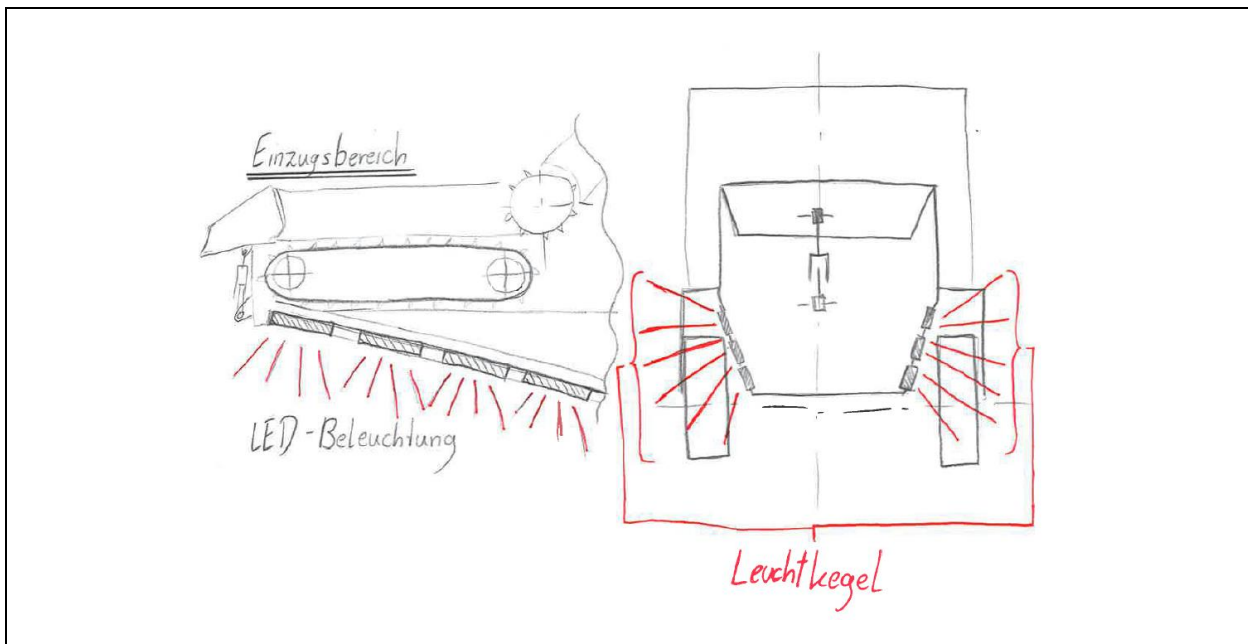


Abbildung 3.8-13: LED-Beleuchtung des Maschinenumfelds¹⁷⁵

Die LED-Beleuchtung des Maschinenumfelds (siehe Abbildung 3.8-13) ergänzt das futuristische und funktionelle Design des Axtor 4510. Um den Einzugsbereich herum wird das Maschinenumfeld unter 45° optimal ausgeleuchtet. Die LED-Leuchten müssen wetterfest ausgeführt werden, damit auch bei widrigen Wetterverhältnissen eine bessere Orientierung für den Radlader-Fahrer bewerkstelligt werden kann. Der Radlader-Fahrer kann mithilfe der LED-Beleuchtung die Distanz zum Einzug besser einschätzen, dadurch würde sich der Verschleiß am Materialaufgabebereich reduzieren, da der Radlader seltener auf den Rahmen auffährt. Die Umsetzung gestaltet sich einfach, da die LED-Beleuchtung des Einzugsbereichs lediglich in die geplante Gesamt-LED-Beleuchtung integriert werden muss. Optional wäre es denkbar die Einzugsbeleuchtung als Zusatzoption auszuführen, da die Notwendigkeit je nach Anwendungsbereich und Art der Materialaufgabe nicht immer gegeben ist.

¹⁷⁵ eigene Abbildung

3.8.2.5 Smart Interface

Die Konfiguration der Steuerung des Axtor setzt sich derzeit aus einem hochauflösendem Display am Schaltschrank und einer aufpreispflichtigen Funkfernsteuerung zusammen. Die Einstellungen sind derzeit am Maschinendisplay vorzunehmen, währenddessen die Bedienung über die Funkfernsteuerung erfolgt. Beim Smart Interface wird das Display durch ein Tablet bzw. eine Fernbedienung mit hochauflösendem Display ersetzt. Dabei muss die CAN-Bus-Steuerung im Schaltschrank integriert bleiben. An der Maschine selbst befindet sich nur eine einfache Steuerung mit einem Ein-Aus-Schalter und einer Programmverstellung. Die spezifischen Einstellungen werden über das Tablet bzw. die Fernsteuerung vorgenommen, zugleich werden über das Display die Betriebsparameter angezeigt. Weiters werden alle relevanten Maschinendaten und auftretenden Fehler am Display angezeigt. Im Falle eines Verbindungsabbruches verfügt die Steuerung über ein Notfallprogramm, welches den Axtor aus Gründen des Bauteilschutzes und der Sicherheit abstellt. Der Nutzen ergibt sich einerseits aus der grafischen Visualisierung der Benutzeroberfläche am Tablet bzw. auf der Fernsteuerung, andererseits sind alle relevanten Betriebsdaten und Fehler sehr gut einsehbar und eine rasche Reaktion ist möglich. Die Umsetzung kann in 2 Varianten erfolgen. Für Variante 1 – Tablet kann die Verbindung über Bluetooth, W-Lan oder ein GSM-Netz realisiert werden. Da ein gesetzlich vorgeschriebener Not-Aus-Taster in der Fernsteuerung integriert sein muss, wäre ein Not-Aus-Modul welches mittels Bluetooth oder W-Lan mit dem Tablet verbunden ist, anwendbar. Eine Docking Station für das Laden des Tablets kann in den Steuerungskasten integriert werden. Nachteil der Tablet-Steuerung ist die Bedienung mit Handschuhen, da diese nur mit speziellen Handschuhen erfolgen kann. Variante 2 – Fernbedienung verfügt über einen integrierten Not-Aus-Taster. Die Bedienung mit Handschuhen ist möglich, da die Fernbedienung über Tasten und Schalter verfügt. Die Verbindung erfolgt hier, wie auch schon bei der aktuellen Fernbedienung über Funk. Für beide Varianten muss ein Notfallprogramm in die Steuerung integriert werden, welches im Fall eines Verbindungsabbruchs die Maschine sicher abstellt.

3.8.2.6 Predictive Maintenance

Das Konzept der vorrausschauenden Instandhaltung ermöglicht die Überwachung der wichtigen Komponenten mittels Sensoren während des Maschinenbetriebes. Mitunter ist die Lagerdetektion der Schreddertrommel-Hauptlager eine innovative Anwendung des Predictive Maintenance. Wichtige Maschinendaten, wie die tatsächlich benötigte Leistung, Verbrauch, Betriebsstunden, Drehzahlen oder Temperaturen und Drücke werden aufgezeichnet und regelmäßig mit hinterlegten Soll-Werten verglichen. Der Bediener wird bei bevorstehendem Wartungsbedarf rechtzeitig informiert und Komptech verfügt ebenfalls über die Information der bevorstehenden Wartung. Darüber hinaus werden Information über den tatsächlichen Maschinenbetrieb generiert, welche hilfreich für zukünftige Entwicklungen sind, da die tatsächliche Belastung der Komponenten aufgezeichnet wird. Der tatsächliche Wartungsbedarf wird mit den vorgeschriebenen Wartungsarbeiten bzw. -Intervallen abgeglichen. Die Einsatzplanung wird optimiert, da Serviceaufträge absehbar sind. Für den Kunden ergibt sich eine erhöhte Maschinenverfügbarkeit, gegebenenfalls ist eine Anpassung der Wartungsintervalle möglich. Da bereits im System „Flottenmanagement“ Daten des Maschinebetriebs an Komptech übertragen werden, ist der nächste Schritt die Integration des Predictive Maintenance in das Flottenmanagement. Die Übertragung dieser Daten erfolgt über ein GSM-Netz. Probleme bestehen derzeit in der Datenaufbereitung solcher Datenmengen (Big Data). Zur Realisierung müssen kritische Parameter definiert werden, ab welcher der Betreiber über den bevorstehenden Wartungsbedarf informiert wird. Im Falle des Nichteinhaltens des kritischen Wartungszeitpunktes wird ein Notprogramm implementiert, welches über akustische und optische Warnsignale den Betreiber unmissverständlich über die dringend benötigte Wartung informiert.

3.9 Phase 8 „Präsentation der Vorschläge“

Die Präsentation der ganzheitlichen Vorschläge erfolgte im Rahmen von Checkpoint 3 – Präsentation der Lösungsergebnisse am 20.12.2017 bei Komptech in Frohnleiten. Die Präsentation gliederte sich in zwei Teile. Im ersten Teil wurde ein zusammenfassender Rückblick geboten, bei welchem die Teilergebnisse jedes Arbeitsschrittes und die daraus gewonnenen Erkenntnisse präsentiert wurden. Im zweiten Teil wurden die Lösungskonzepte hinsichtlich ihrer Funktion, Wirkung und der erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung präsentiert. Ein weiteres essenzielles Ergebnis der Wertanalyse ist der in Phase 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“ erstellte Ideenkatalog, mit den gesammelten Teilergebnissen des Ideenfindungs-Workshops, den 49 auf Ideenkarten ausdetaillierten Ideen und den sieben Konzepten für die Vorfahreinerichtung. Der Ideenkatalog wurde zusammen mit der vollständigen Projektdokumentation beim Projektabschluss übergeben.

3.10 Phase 9 „Realisierung“

In Arbeitsschritt 10 „Realisierung“ wird entschieden, ob ein Lösungskonzept umgesetzt wird, und falls ja, welche Ideen dabei realisiert werden. Per Definition des Projekt-Angebots endete das Projekt aus Sicht des Instituts für Innovation und Industriemanagement mit dem Abschluss des Projekts durch eine weitere Präsentation der Lösungsergebnisse für die Geschäftsführung von Komptech, verbunden mit der Übergabe des Projektberichts und dem Ideenkatalog.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Komptech GmbH montiert in Frohnleiten verschiedene landwirtschaftliche und industrielle Maschinen, wie schnell- und langsam-laufende Zerkleinerer, als auch Kompostwender, Separatoren und Trommelsiebe. Das Modell „Axtor 4510“ zählt zu den schnelllaufenden Universalzerkleinerern. Im Rahmen dieses Industrieprojektes wurde eine Wertanalyse nach ÖNORM EN 12973 durchgeführt, in welcher der Universalzerkleinerer in Hinblick auf eine mögliche Herstellkostenreduktion untersucht wird.

Mithilfe eines Benchmark-Vergleichs und einer SWOT-Analyse wurde der bestehende Markt und die Marktposition mit den Stärken und Schwächen des Axtors identifiziert. Im weiteren Verlauf wurde der Maschinenaufbau anhand der zur Verfügung gestellten CAD-Daten analysiert und folglich wurde die Objektstruktur der 10 Arbeitspakete definiert. Basierend auf der erarbeiteten Objektstruktur wurde eine ABC-Kostenanalyse erstellt, in welcher maschinenübergreifend die Kostentreiber identifiziert wurden. Nach den erfolgten Analysen fand ein Workshop statt, in welchem die Funktionen einer Universalzerkleinerungsmaschine anhand des Maschinenaufbaus und anhand der Produktlebensphasen erörtert wurden. Die ermittelten Funktionen wurden in Diskussion der Workshop-Teilnehmer strukturiert und ein Funktionenbaum wurde erstellt. Die Workshop-Teilnehmer setzten sich aus Fachexperten von Komptech und des Instituts für Innovation und Industriemanagement zusammen. Nach einer im Anschluss erfolgten Funktionserfüllungsbewertung durch Komptech wurde eine Funktionskostenanalyse erstellt, welche die Funktionen mit den höchsten Kosten identifizierte. Basierend auf den Ergebnissen der Kostenanalyse, der Funktionskostenanalyse und den ermittelten Funktionserfüllungsgraden konnten Detailziele abgeleitet werden und es wurden Komponenten der Maschine für die weitere Betrachtung im Rahmen der Wertanalyse ausgewählt.

In der nächsten Phase wurde zur Ideengenerierung ein Workshop abgehalten, in welchem verschiedene Kreativitätstechniken in Bezug auf ausgewählte Maschinenkomponenten und Funktionen angewendet wurden. Die 20 im Workshop ausgearbeiteten Ideen wurden um weitere 29 Ideen aus dem gesamten Verlauf der Wertanalyse ergänzt. Die in Summe 49 ausgearbeiteten Ideen wurden anhand einer ersten Vorselektion durch das Institut für Innovation und Industriemanagement auf 25 Ideen reduziert und im Anschluss mithilfe einer Nutzwertanalyse nach den Kriterien Funktionserfüllung, Entwicklungsaufwand, Produktionsaufwand und Gewicht bewertet. Die Top 15 Ideen der Nutzwertanalyse wurden im Anschluss für die Erstellung und Ausarbeitung von Lösungskonzepten verwendet. Die Lösungskonzepte wurden

basierend auf den Lösungsansätzen „Kosten- und Gewichtsoptimierung“ bzw. „Funktionsoptimierung“ erstellt. Die bewerteten Ideen wurden hinsichtlich inhaltlicher Relevanz dem jeweiligen Lösungskonzept zugeordnet und mithilfe von Komptech-Experten inhaltlich vertieft bzw. detailliert ausgearbeitet. Die Lösungsvorschläge „Cost and Weight-Effectiveness“ und „Axtor Evolution“ wurden der Komptech GmbH im Rahmen der Präsentation der Lösungsvorschläge vorgestellt. Lösungskonzept 1 – „Cost and Weight-Effectiveness“ bietet dem Unternehmen eine signifikante Reduktion der Herstellkosten und des Gewichts bei einer geringen Reduktion der Funktionalität. Darüber hinaus können der Großteil der in Lösungskonzept 1 enthaltenen Lösungsideen auch bei anderen Modellen der Komptech GmbH angewendet werden. Im Gegensatz dazu stellt Lösungskonzept 2 – „Axtor Evolution“ eine Optimierung der Anwendung bzw. eine signifikante Erhöhung der Bedienerfreundlichkeit dar. Aufgrund der aufs Input-Material ausgelegten vordefinierten Programme verbessert sich einerseits der Materialdurchsatz und andererseits wird die Einstellung der Maschine vereinfacht. Durch das Konzept einer Teilelektrifizierung ergibt sich bei der Anwendung von Lösungskonzept 2 für den Anwender eine jährliche Betriebskosteneinsparung im fünfstelligen Bereich.

Die durchgeführte Wertanalyse bietet eine Vielzahl von Lösungsideen mit einem hohen Potential zur Funktionsoptimierung bzw. zur Reduktion der Herstellkosten des Axtor 4510. Viele Lösungsideen sind noch nicht vollständig ausgereift und sollten bei der Entwicklung detaillierter betrachtet und gegebenenfalls getestet werden. Durch die vollständige Projektdokumentation und die Projektdaten, welche der Komptech GmbH zu Abschluss des Wertanalyseprojekts übergeben wurden, besitzt diese nun einen Leitfaden zur Anwendung der Wertanalyse in weiteren Entwicklungen. Da in diesem Projekt der Universalzerkleinerer als vollständige Maschine betrachtet wurde, stellt sich eine detaillierte wertanalytische Betrachtung der einzelnen Arbeitspakete als sinnvoll heraus, da bei detaillierter Betrachtung auf Bauteilebene mit hoher Wahrscheinlichkeit auch überflüssige Funktionsträger identifiziert werden können. Weiters wäre es denkbar, die Methodik der Wertanalyse unternehmensübergreifend in die Entwicklungsprozesse aller Maschinenarten zu implementieren, wobei dieses Projekt als Grundlage zur Anwendung der Methodik dient.

5 Verzeichnisse

5.1 Quellenverzeichnis

Akiyama, Kaneo: Funktionenanalyse, Der Schlüssel zu erfolgreichen Produkten und Dienstleistungen, Verlag Moderne Industrie, Landsberg 1994.

Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (Hrsg.): Cordts, Jürgen – ABC-Analyse, 3. Auflage, Gabler Verlag, Frankfurt am Main 1992.

Bronner, Albert: Leitfaden für den Einsatz der Wertanalyse in Klein- und Mittelbetrieben, Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft e.V., Eschborn 1985.

Bronner, Albert; Herr, Stephan: Vereinfachte Wertanalyse, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2006.

Feldkai, Roland; Beiderwieden, Arndt: Projektmanagement für technische Projekte, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Berlin-Heidelberg 2011.

Komptech: Projektintern zur Verfügung gestellte Daten, Komptech GmbH, Frohnleiten, Juli 2017 bis Jänner 2018. (2017a)

Komptech: Vorstudie AX4010 Konzeptpräsentation, Komptech GmbH, Frohnleiten 2017. (2017b)

Komptech: Gewichtsrechnung Stand vom 16. Juni 2017 Version 2, Komptech GmbH, Frohnleiten 2017. (2017c)

Komptech: Lastenheft Axtor 4010/5010 Final, Komptech GmbH, Frohnleiten 2017. (2017d)

Lindemann, Udo: Methodische Entwicklung technischer Produkte, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2005,

Lingohr, Tanja; Kruschel, Martin: Best Practices im Value Management, 1. Auflage, Gabler Verlag, Berlin-Heidelberg 2011.

Ophey, Lothar: Entwicklungsmanagement, Methoden in der Produktentwicklung, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 2005.

Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM EN 12973: Value Management, Ausgabe 2001, Wien.

Schawel, Christian; Billing, Fabian: Top 100 Management Tools: Das wichtigste Buch eines Managers von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung, 5. Auflage, Gabler Verlag, Berlin-Heidelberg 2014.

Schlicksupp, Helmut: Innovation, Kreativität und Ideenfindung, 3. Auflage, Verlag Management-Wissen, Würzburg 1989.

VDI – Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): VDI Richtlinie 2800: Wertanalyse, Ausgabe 2000, Düsseldorf.

VDI – Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): VDI Richtlinie 2800: Wertanalyse, Ausgabe 2010, Düsseldorf.

VDI – Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): VDI Richtlinie 2803 – Blatt 1: Funktionenanalyse, Grundlagen und Methode, Ausgabe 1996, Düsseldorf.

VDI – Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): Wertanalyse- Das Tool im Value Management, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2011

VDI – Zentrum Wertanalyse (Hrsg.): Wertanalyse, Idee – Methode – System, 3. überarbeitete Auflage, VDI Verlag, Düsseldorf 1981.

VDI – Zentrum Wertanalyse (Hrsg.): Wertanalyse, Idee – Methode – System, 5. überarbeitete Auflage, VDI Verlag, Düsseldorf 1995.

Wohinz, Josef W.: Wertanalyse – Innovationsmanagement, Physica-Verlag, Würzburg 1983

5.2 Online Quellen

Bandit Industries Inc., Remus, MI 2017,

http://banditchippers.com/bandit_equipment/product_line/product/111,

Zugriffsdatum: 20.07.2017.

Doppstadt, Velbert, Deutschland 2017,

<https://doppstadt.de/produkte/zerkleinern/schreddern/produkt-details/product/ak-560-ecopower/>,

Zugriffsdatum: 17.07.2017.

IFAT, München, Deutschland 2017,

<https://exhibitors.ifat.de/de/aussteller-warengruppen/aussteller-marken/aussteller-marken-details/ID/770091/action/detail/controller/Exhibitors/>,

Zugriffsdatum: 18.07.2017.

JENZ GmbH, Petershagen, Deutschland 2017,

<http://www.jenz.de/produkte/einzelansicht/ba-725-d-diesel-motor-2-axes-chassis-131/Biomasseaufbereiter/>,

Zugriffsdatum: 18.07.2017.

JENZ GmbH, Petershagen, Deutschland 2017,

<http://www.jenz.de/produkte/einzelansicht/ba-915-d-diesel-motor-2-axes-chassis-131/Biomasseaufbereiter/>,

Zugriffsdatum: 18.07.2017.

JENZ GmbH, Petershagen, Deutschland 2017,

<http://www.jenz.de/produkte/einzelansicht/hem-561-dl-structural-engine-and-caterpill/Hacker/>,

Zugriffsdatum: 19.07.2017.

Komptech GmbH, Frohnleiten, Österreich 2018,

<https://www.komptech.com/de/ueber-komptech/das-unternehmen.html>,

Zugriffsdatum: 13.03.2017.

Komptech GmbH, Frohnleiten, Österreich 2018,

<https://www.komptech.com/de/produkte-komptech.html>, Zugriffsdatum: 13.03.2017.

Rotochopper Inc., St. Martin, MN 2017,

<http://www.rotochopper.com/equipment/grinders-and-shredders/diesel-grinders/mp-2.html>, Zugriffsdatum: 19.07.2017.

Statistik Austria, Wien, Österreich 2017,

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/energiepreise/115546.html,

Zugriffsdatum: 05.12.2017.

Terex Corporation, Westport, CT 2017,

[https://www.terex.com/ecotec/en/products/eco-range/high-speed-shredder-range/tbg-](https://www.terex.com/ecotec/en/products/eco-range/high-speed-shredder-range/tbg-620/index.htm)

[620/index.htm](https://www.terex.com/ecotec/en/products/eco-range/high-speed-shredder-range/tbg-620/index.htm), Zugriffsdatum: 19.07.2017.

Vermeer AG, Pella, IA 2017,

https://www.vermeer.com/NA/en/N/equipment/horizontal_grinders/hg4000,

Zugriffsdatum: 17.07.2017.

Willibald GmbH, Sentenhart, Deutschland 2017, [http://www.willibald-](http://www.willibald-gmbh.de/willibald/produkte/shredder/baureihe-ep-5500-shark.php)

[gmbh.de/willibald/produkte/shredder/baureihe-ep-5500-shark.php](http://www.willibald-gmbh.de/willibald/produkte/shredder/baureihe-ep-5500-shark.php),

Zugriffsdatum: 17.07.2017.

Wirtschaftslexikon Gabler, Wiesbaden, Deutschland 2017,

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/326727/swot-analyse-v3.html>,

Zugriffsdatum: 6. Dezember 2017.

Wirtschaftslexikon Gabler, Wiesbaden, Deutschland 2018,

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/nutzwertanalyse.html>,

Zugriffsdatum: 15. März 2018.

5.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1-1: Komptech Terminator / Komptech Topturn X4500	1
Abbildung 1.1-2: Montagehalle Komptech GmbH in Frohnleiten.....	2
Abbildung 1.3-1: 10-Schritte Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973.....	4
Abbildung 2.1-1: Definition des Wertes	6
Abbildung 2.1-2: Möglichkeiten der Wertsteigerung (DIN EN 12973 2000).....	7
Abbildung 2.1-3: Schematischer Aufbau eines Funktionenbaums	11
Abbildung 2.1-4: Value Management Rahmenstruktur.....	12
Abbildung 2.2-1: Wertanalyse Arbeitsplan nach VDI 2008 (Revision 2010).....	17
Abbildung 2.3-1: Beteiligung eines Funktionenträgers an mehreren Funktionen	24
Abbildung 2.3-2: Funktionskostenmatrix allgemeines Beispiel.....	24
Abbildung 2.3-3: SWOT-Matrix	25
Abbildung 2.3-4: Phasen des Benchmarkings.....	27
Abbildung 2.3-5: Allgemeines Bsp. ABC-Analyse	28
Abbildung 2.3-6: Beispiel eines 6-3-5 Formblatts.....	31
Abbildung 3.2-1: Axtor 4510.....	33
Abbildung 3.3-1: Projektorganigramm	35
Abbildung 3.3-2: Zeitplan lt. Projektplanung.....	37
Abbildung 3.4-1: Doppstadt AK 560 Ecopower	43
Abbildung 3.4-2: Willibald EP 5500 Schark II.....	44
Abbildung 3.4-3: Willibald Einzugwalze und Schlegelrotor.....	44
Abbildung 3.4-4: Vermeer HG 4000	45
Abbildung 3.4-5: Vermeer Duplex Trommel	46
Abbildung 3.4-6: Vermeer Thrown Object Deflector (TOD)	46
Abbildung 3.4-7: JENZ BA725D.....	47
Abbildung 3.4-8: JENZ Schredderrotor BA725 D	48
Abbildung 3.4-9: JENZ BA915 D.....	49
Abbildung 3.4-10: Weggeklapptes Austragsband des JENZ BA915 D.....	50

Abbildung 3.4-11: JENZ HEM 561 DL.....	50
Abbildung 3.4-12: Rotochopper MP-2 Grinder	52
Abbildung 3.4-13: Rotochopper 2 Schrauben-Wendeschneidplattenrotor.....	53
Abbildung 3.4-14: Rotochopper 1 Schrauben-Wendeschneidplattenrotor.....	53
Abbildung 3.4-15: Rotochopper Pocket-Loc- Rotor.....	53
Abbildung 3.4-16: Rotochopper Biomasse-Rotor	53
Abbildung 3.4-17: Terex TBG 620.....	54
Abbildung 3.4-18: Terex Schlegel mit Wechselspitze.....	55
Abbildung 3.4-19: Terex Befüllbunker	55
Abbildung 3.4-20: Bandit Industries Beast 2460XP.....	56
Abbildung 3.4-21: Bandit Industries Schreddertrommel mit 30 Schlegeln.....	57
Abbildung 3.4-22: Bandit Industries Hacktrommel	57
Abbildung 3.5-1: ABC – Kostenanalyse Komponenten	65
Abbildung 3.5-2: ABC – Gewichtsanalyse Komponenten Grundmaschine	71
Abbildung 3.5-3: Funktionenbaum Struktur	73
Abbildung 3.5-4: 4 Produktlebensphasen.....	74
Abbildung 3.5-5: Funktionenbaum Teil 1	76
Abbildung 3.5-6: Funktionenbaum Teil 2.....	77
Abbildung 3.5-7: Funktionenbaum Teil 3.....	78
Abbildung 3.5-8: ABC-Analyse Funktionskosten.....	82
Abbildung 3.5-9: Kosten/Nutzen - Analyse.....	86
Abbildung 3.5-10: Konzept 7	87
Abbildung 3.5-11: Konzept 7 Rückansicht.....	87
Abbildung 3.6-1: Beispiel ausgefüllte Ideenkarte	97
Abbildung 3.7-1: Vorgehensweise Phase 6 „Bewerten von Lösungsideen“	103
Abbildung 3.7-2: Nutzwertanalyse – Ideen gereiht nach Nutzwert	107
Abbildung 3.7-3: Sichtungprofil Sensitivitätsanalyse	109
Abbildung 3.8-1: Lösungsvorschlag 1 – Ideenzusammensetzung	110
Abbildung 3.8-2: Klapptrichter komplett.....	112

Abbildung 3.8-3: Axtor – Klapptrichter entfernt.....	112
Abbildung 3.8-4: Plattenband komplett.....	113
Abbildung 3.8-5: Teilsegment Plattenband.....	113
Abbildung 3.8-6: Einzugswalze – Schmiedezahn.....	114
Abbildung 3.8-7: Schmiedezahn Seiten- und Grundansicht.....	114
Abbildung 3.8-8: Einzugswalze Axtor 4510.....	115
Abbildung 3.8-9: Verkleidung Axtor 4510.....	117
Abbildung 3.8-10: Lösungsvorschlag 2 – Ideenzusammensetzung	120
Abbildung 3.8-11: Regulierbarkeit des Abwurfförderbands	121
Abbildung 3.8-12: Vorausgewählte Einstellungen je nach Material.....	122
Abbildung 3.8-13: LED-Beleuchtung des Maschinenumfelds.....	125
Abbildung 6.1-1: Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen.....	A-1
Abbildung 6.1-2: Struktur Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen	A-1
Abbildung 6.1-3: Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer	A-2
Abbildung 6.1-4: Struktur Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer.....	A-2
Abbildung 6.1-5: Arbeitspaket 04 Schredderbox	A-3
Abbildung 6.1-6: Struktur Arbeitspaket 04 Schredderbox.....	A-3
Abbildung 6.1-7: Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe	A-4
Abbildung 6.1-8: Struktur Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe.....	A-4
Abbildung 6.1-9: Arbeitspaket 06 Austrag.....	A-5
Abbildung 6.1-10: Struktur Arbeitspaket 06 Austrag	A-5
Abbildung 6.1-11: Arbeitspaket 08 Elektrik.....	A-6
Abbildung 6.1-12: Struktur Arbeitspaket 8 Elektrik	A-6
Abbildung 6.1-13: Arbeitspaket 09 Verkleidung	A-7
Abbildung 6.1-14: Struktur Arbeitspaket 09 Verkleidung.....	A-7
Abbildung 6.1-15: Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track	A-8
Abbildung 6.1-16: Struktur Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track	A-8
Abbildung 6.1-17: Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung	A-9
Abbildung 6.1-18: Struktur Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung.....	A-9

Abbildung 6.1-19: Struktur Ergänzende Zusatzoptionen	A-10
Abbildung 6.4-1 Konzept 1 – Reibschlüssiger Antrieb (Referenz 6010).....	A-18
Abbildung 6.4-2: Konzept 2 – Reibschlüssiger Einzelradantrieb	A-19
Abbildung 6.4-3: Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge Vorderansicht	A-21
Abbildung 6.4-4: Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge Schnittdarstellung	A-21
Abbildung 6.4-5: Konzept 4 – Triebachse komplett FAD.....	A-22
Abbildung 6.4-6: Konzept 5 – Triebachse Komponentenzukauf Black Bruin.....	A-23
Abbildung 6.4-7: Konzept 6 – Angetriebenes Stützrad.....	A-24

5.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1-1: Wirkungsbestimmende Größen.....	9
Tabelle 2.3-1: Durchschnittswerte der ABC-Analyse in %.....	28
Tabelle 2.3-2: Beispiel ausgeführte Nutzwertanalyse.....	29
Tabelle 3.3-1: Terminübersicht – Wertanalyseprojekt	36
Tabelle 3.4-1: Durchsatzwerte Axtor 4510	39
Tabelle 3.4-2: Übersicht der Hersteller von vergleichbaren Holzschreddern.....	42
Tabelle 3.4-3: SWOT Analyse Universalzerkleinerer	59
Tabelle 3.5-1: Ergebnisse ABC – Kostenanalyse Komponenten	66
Tabelle 3.5-2: Bezugsart – Auftragsfertigung Farmtech	68
Tabelle 3.5-3: Bezugsart – ausgelagerte Auftragsfertigung	68
Tabelle 3.5-4: Bezugsart – Zukaufteile.....	69
Tabelle 3.5-5: Ergebnisse ABC – Gewichtsanalyse Komponenten Grundmaschine.....	70
Tabelle 3.5-6: Teilergebnisse – Funktionenermittlung Produktlebensphasen	74
Tabelle 3.5-7: Teilergebnisse – Funktionenermittlung Arbeitspakete	75
Tabelle 3.5-8: Untererfüllte Funktionen	79
Tabelle 3.5-9: Auszug aus Funktionskostenmatrix.....	80
Tabelle 3.5-10: Funktionskosten	81
Tabelle 3.5-11: Kosten/Nutzen-Analyse – Kriterien und Gewichtung.....	84
Tabelle 3.5-12: Kosten/Nutzen-Analyse – Berechnung der Nutzwerte	85
Tabelle 3.5-13: Konzept 7 Berechnung Herstellkosten / Gewicht	88
Tabelle 3.5-14: Optimierungspotential Komponenten Zukauf	89
Tabelle 3.5-15: Optimierungspotential Komponenten Auftragsfertigung Farmtech	89
Tabelle 3.5-16: Optimierungspotential Auftragsfertigung ausgelagert.....	90
Tabelle 3.5-17: Optimierungspotential Kosten gesamt.....	90
Tabelle 3.5-18: Optimierungspotential Gewicht.....	91
Tabelle 3.6-1: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 10 Arbeitspakete	94
Tabelle 3.6-2: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 7 Komponenten	95

Tabelle 3.6-3: Ergebnisse – Ideenfindung anhand der 10 teuersten Funktionen	96
Tabelle 3.6-4: Ergebnisse – Ideenfindung anhand untererfüllter Funktionen	96
Tabelle 3.6-5: Übersicht der ausgearbeiteten Ideen	98
Tabelle 3.6-6: Erweitert ausgearbeitete Ideen aus dem Ideenworkshop.....	99
Tabelle 3.6-7: Generierung weiterer Ideen.....	99
Tabelle 3.6-8: Ideensammlung im Verlauf des Wertanalyseprojekts.....	100
Tabelle 3.6-9: Ideenkarten Ideenkatalog	102
Tabelle 3.7-1: Ergebnis – Selektion der Ideen	104
Tabelle 3.7-2: Punkteverteilung Bewertungskriterien	106
Tabelle 3.7-3: Variation der Gewichtung	108
Tabelle 3.8-1: Berechnung – Zähne als Schmiedeteile ausgeführt	115
Tabelle 3.8-2: Arbeitsplan Schweißprozess Einzugswalze	116
Tabelle 3.8-3: Vergleich Zeitaufwand Schweißprozess.....	116
Tabelle 3.8-4: Vergleich Herstellkosten Verkleidung Axtor 4510.....	117
Tabelle 3.8-5: Eckdaten Vorfahreinerichtung Referenz 6010 / Konzept 7.....	118
Tabelle 3.8-6: Überblick Kosteneinsparung.....	119
Tabelle 3.8-7: Überblick Gewichtseinsparung	119
Tabelle 3.8-8: Betriebskostenreduktion Elektrifizierung.....	124
Tabelle 6.2-1: Vergleich der technischen Daten- Benchmark Vergleich	A-12
Tabelle 6.3-1: Funktionen / Funktionserfüllungsgrade	A-17
Tabelle 6.4-1: Berechnung Konzept 6 – Gewicht und Herstellkosten	A-25
Tabelle 6.5-1: Ergebnisse – Ideenbewertung für Nutzwertanalyse	A-27

5.5 Abkürzungsverzeichnis

ABWFB	Abwurförderband
AP01+02	Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen
AP03 Track	Arbeitspaket 03 Track
AP03 Trailer	Arbeitspaket 03 Trailer Fahrwerk
AP04	Arbeitspaket 04 Schredderbox
AP05	Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe
AP06	Arbeitspaket 06 Austrag
AP07	Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung
AP08	Arbeitspaket 08 Elektrik
AP09	Arbeitspaket 09 Verkleidung
AX 4510	Interne Modellbezeichnung für Axtor 4510
EN	Europäische Norm
F-Artikel	Fertig-Artikel
FEG	Funktionserfüllungsgrad
IIM	Institut für Innovation und Industrie Management
KT	Komptech
ÖNORM	Österreichische Industrienorm
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VM	Value Management
VKM	Verbrennungskraftmaschine
WA	Wertanalyse
ZO	Zusatz-Optionen

6 Anhang A

6.1 Gliederung nach Arbeitspaketen

Basismaschine – Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen

Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen (siehe Abbildung 6.1-1) ermöglicht mitunter die Materialaufgabe zur Weiterverarbeitung. Mit dem Klapptrichter wird einerseits die Aufnahme von möglichst viel Input-Material ermöglicht, andererseits dient er in hydraulisch klappbarer Ausführung zur Vorkomprimierung des Inputmaterials. Das Stahlgliederband fördert das Input-Material in Richtung von Arbeitspaket 4 Schredderbox, wo die eigentliche Verarbeitung des Input-Materials stattfindet. Der Einzugsrahmen bildet die Grundstruktur für den gesamten Einzug. In Abbildung 6.1-2 wird die Objektstruktur mit den jeweiligen Unterbaugruppen und Bauteilen dargestellt.

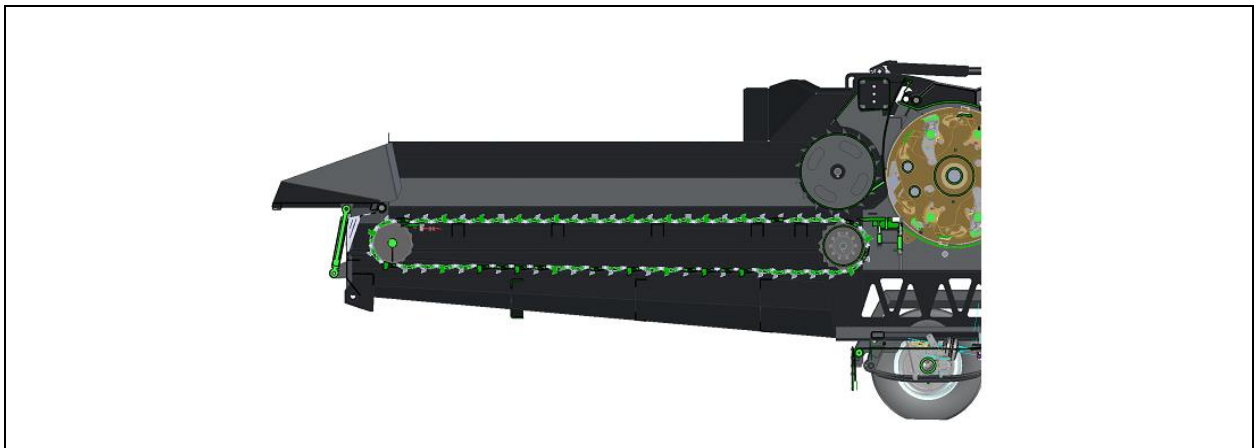


Abbildung 6.1-1: Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen¹⁷⁶

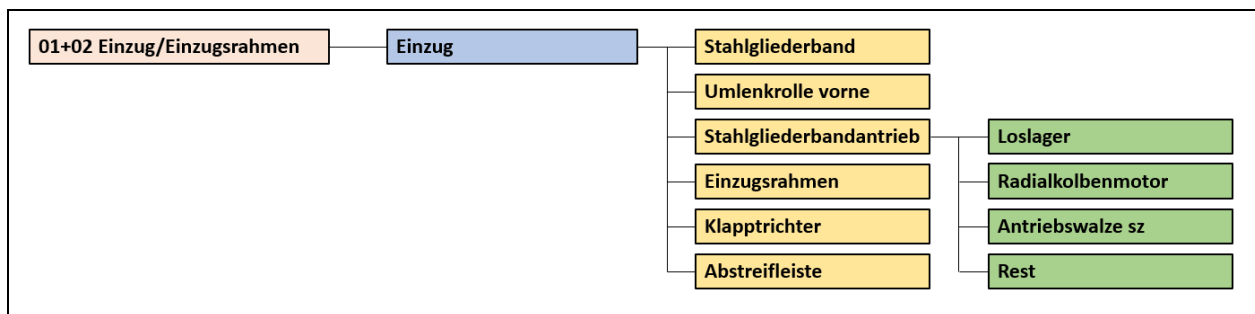


Abbildung 6.1-2: Struktur Arbeitspaket 01+02 Einzug / Einzugsrahmen¹⁷⁷

¹⁷⁶ Komptech (2017b), S.5

¹⁷⁷ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer

Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer (siehe Abbildung 6.1-3) ist für die Mobilität des Axtors verantwortlich. Darin enthalten ist mitunter die Baugruppe „Fahrwerk + Kompletttrad“, welche die Basis für das gesamte Trailer-Fahrwerk bildet. Die Deichsel samt der Zugöse dient zum Anschluss an ein Zugfahrzeug und zur Aufnahme und Übertragung aller Zugkräfte bzw. Beschleunigungen auf das Fahrwerk. Der seitliche und hintere Unterfahrschutz muss der Gesetzesvorlage entsprechend montiert und ausgelegt sein, die Lichtanlage ist ein weiteres Kriterium, um eine Straßenzulassung zu erlangen. Abbildung 6.1-4 stellt die vollständige Struktur des Arbeitspakets dar.

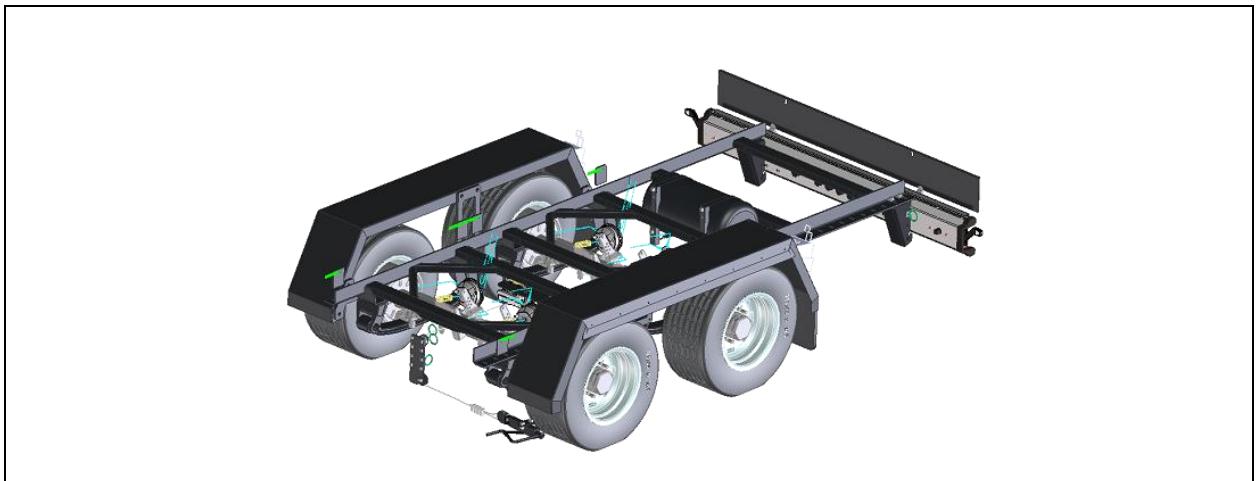


Abbildung 6.1-3: Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer¹⁷⁸

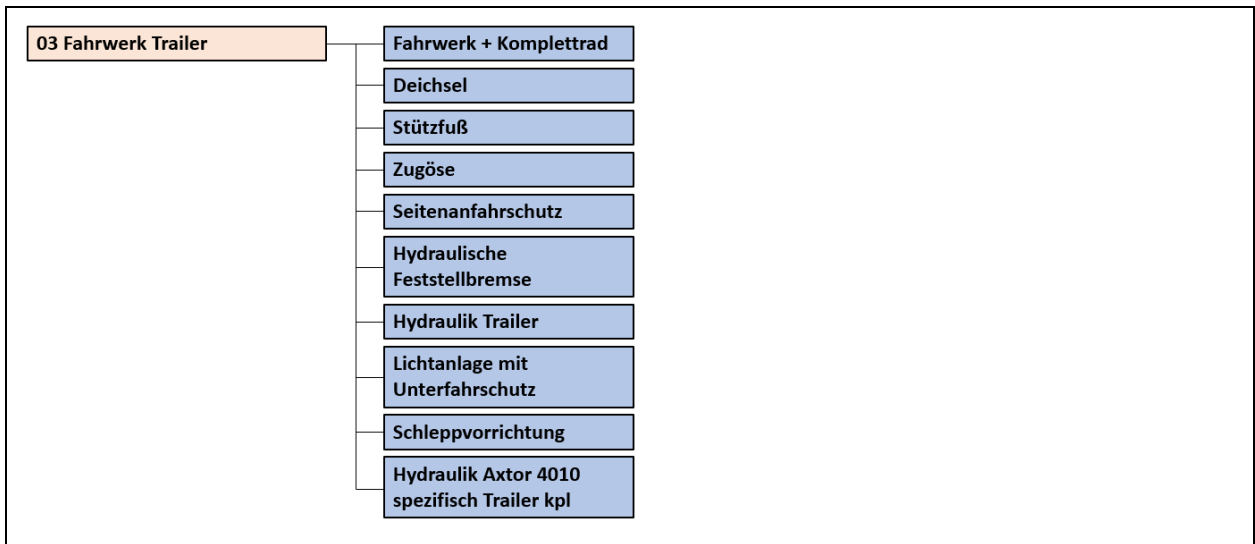


Abbildung 6.1-4: Struktur Arbeitspaket 03 Fahrwerk Trailer¹⁷⁹

¹⁷⁸ Komptech (2017b), S.8

¹⁷⁹ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 04 Schredderbox

In Arbeitspaket 04 Schredderbox (siehe Abbildung 6.1-5) erfolgt die Verarbeitung des Input-Materials. Dazu erfasst die Einzugswalze das Input-Material aufgrund der aggressiv ausgelegten Zahngeometrie und führt es der Schreddertrommel zu, welche das Material zerkleinert. Die Werkzeuge der Schreddertrommel sind wechselbar, damit das Input-Material nicht nur geschreddert, sondern auch gehackt werden kann. Darüber hinaus ist mit dem Reibboden auch die Störstoffsicherung in die Schredderbox integriert. Über den Siebkorb-Einsatz, welcher wechselbar im Klappdach integriert ist, kann die maximale Output-Materialgröße definiert werden. Die detaillierte Struktur von Arbeitspaket 04 ist in Abbildung 6.1-6 ersichtlich.

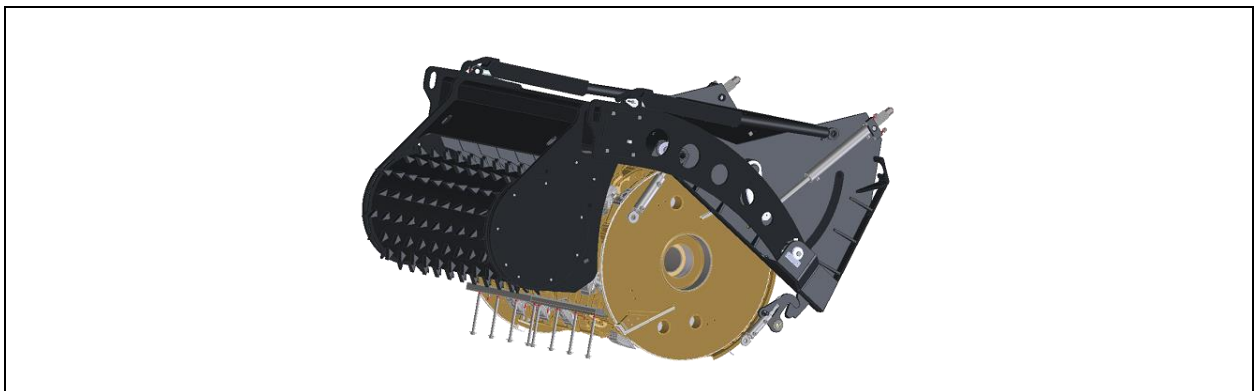


Abbildung 6.1-5: Arbeitspaket 04 Schredderbox¹⁸⁰

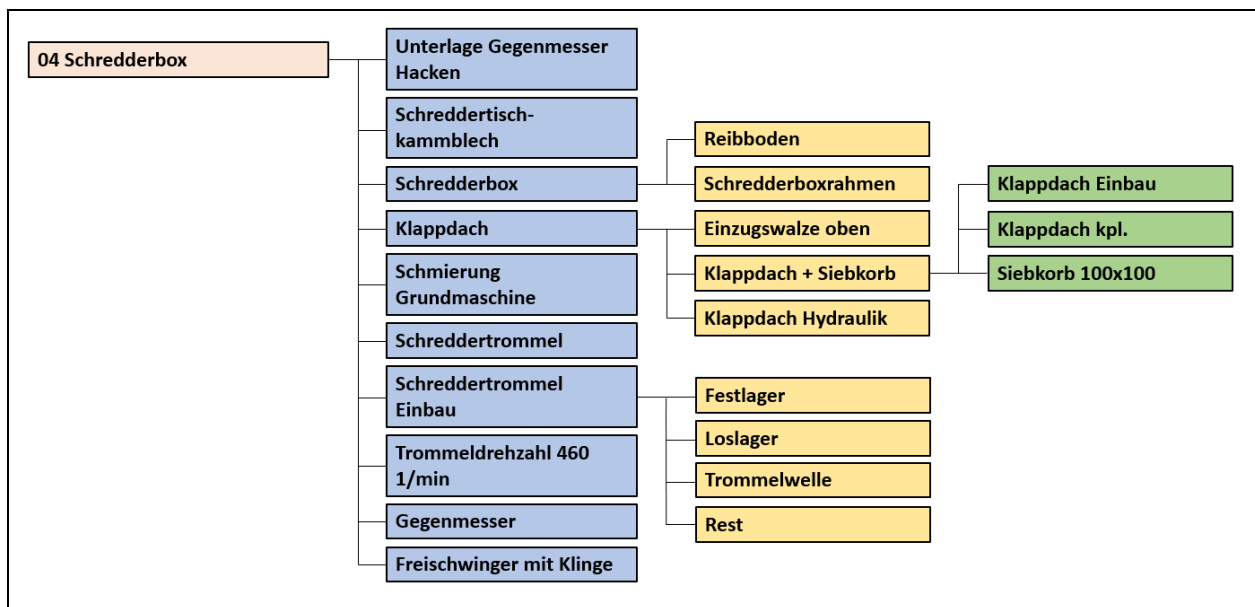


Abbildung 6.1-6: Struktur Arbeitspaket 04 Schredderbox¹⁸¹

¹⁸⁰ Komptech (2017b), S.10

¹⁸¹ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe

Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe (siehe Abbildung 6.1-7) dient als Gesamtantrieb des Axtors. Der mit Diesel betriebene Verbrennungsmotor erzeugt das benötigte Drehmoment für den Antrieb der Schreddertrommel, des Hydraulikantriebes und der benötigten Nebenaggregate. Die Schreddertrommel wird direkt über einen Riementrieb mit dem erforderlichen Drehmoment vom Motor versorgt. Über einen weiteren Riementrieb wird die Hydraulik der Grundmaschine angetrieben, mit welcher z.B. die Hydraulikmotoren der Einzugswalze oder des Stahlgliederbands mit Öldruck versorgt werden. Weiters können auch die verschiedenen Tanks für Diesel, AdBlue oder Hydrauliköl dem Arbeitspaket zugeordnet werden. Die Objektstruktur wird Abbildung 6.1-8 in dargestellt.

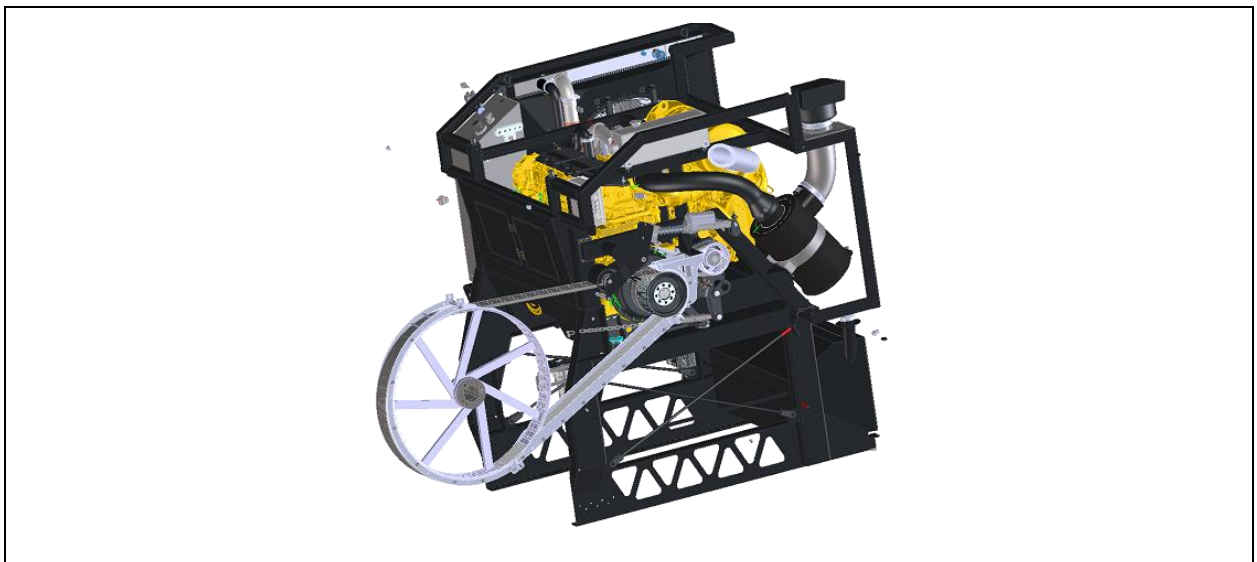


Abbildung 6.1-7: Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe¹⁸²

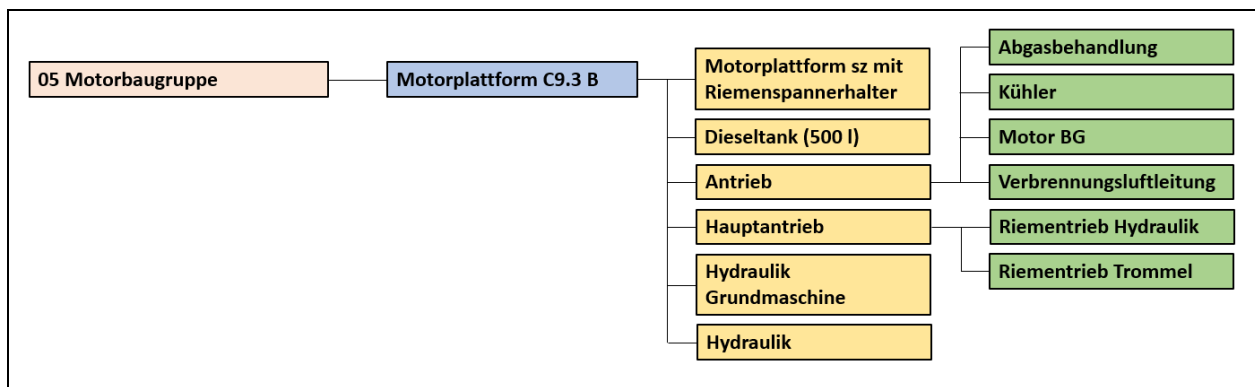


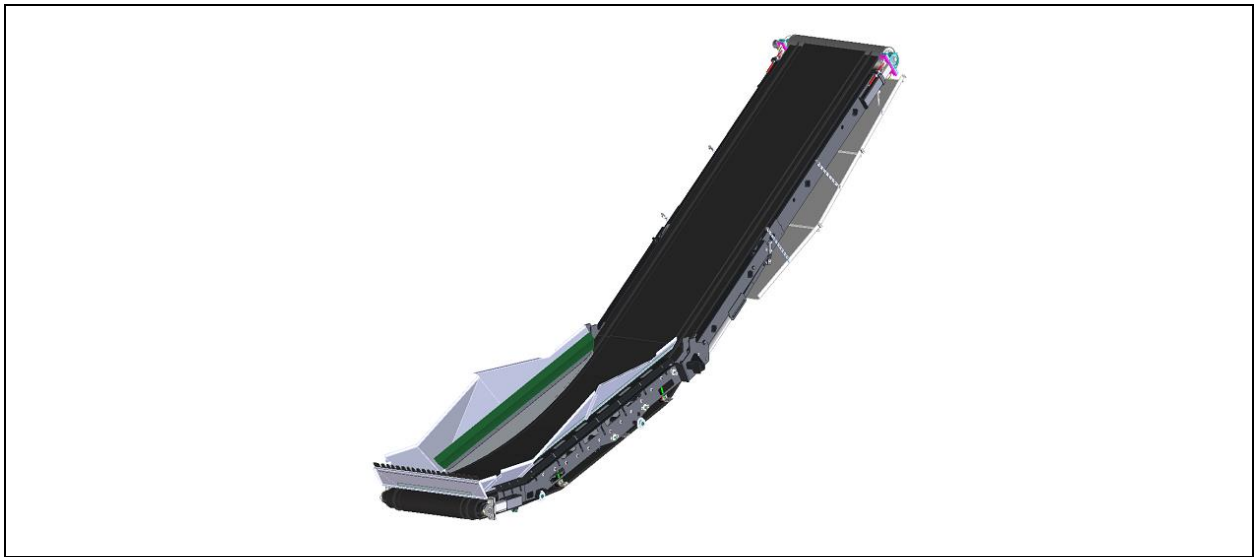
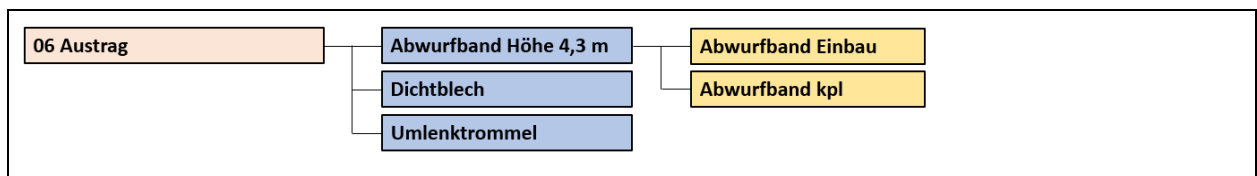
Abbildung 6.1-8: Struktur Arbeitspaket 05 Motorbaugruppe¹⁸³

¹⁸² Komptech (2017b), S.12

¹⁸³ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 06 Austrag

Arbeitspaket 06 Austrag (siehe Abbildung 6.1-9) befördert das verarbeitete Output-Material aus der Schredderbox. Das Abwurfband fördert das Material auf eine Abwurfhöhe von 4,3 Meter, von wo aus entweder ein Schüttgutkegel, ein Container oder gegebenenfalls eine angereihte Maschine (z.B. Trommelsieb, angereichtes Förderband) beschickt werden kann. Die detaillierte Struktur des Arbeitspakets ist in Abbildung 6.1-10 ersichtlich.

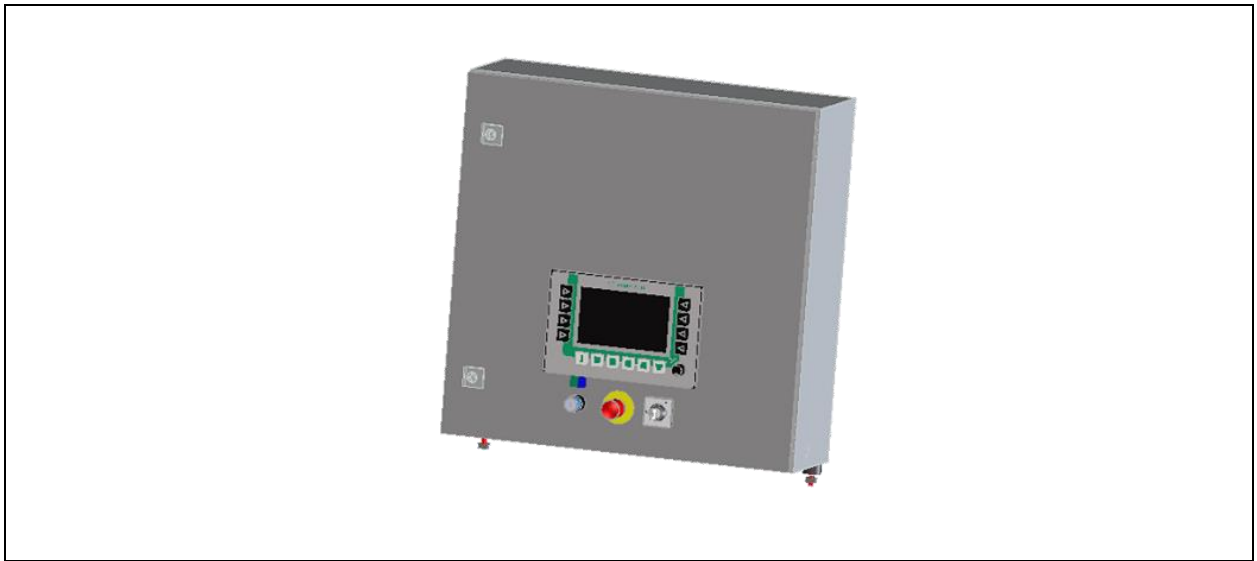
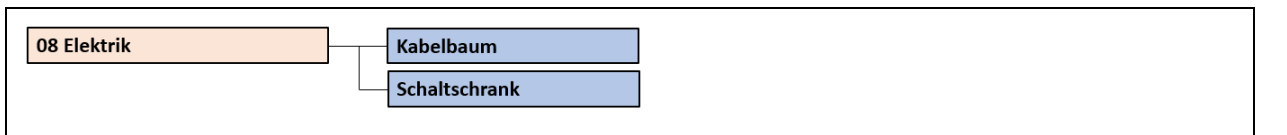
Abbildung 6.1-9: Arbeitspaket 06 Austrag¹⁸⁴Abbildung 6.1-10: Struktur Arbeitspaket 06 Austrag¹⁸⁵

¹⁸⁴ Komptech (2017b), S.15

¹⁸⁵ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 08 Elektrik

In Arbeitspaket 08 Elektrik (siehe Abbildung 6.1-11) ist die vollständige Elektrik des Axtors enthalten, beginnend mit dem Kabelbaum bis hin zum Schaltschrank, der wiederum die CAN-Bus Steuerung und das hochauflösende TFT-Display beinhaltet. Die Bedienung samt Motorstart und Inbetriebnahme, sowie auch die Anpassung der Einstellungen der Maschine erfolgt am Schaltschrank. In Abbildung 6.1-12 ist die Struktur von Arbeitspaket 8 dargestellt.

Abbildung 6.1-11: Arbeitspaket 08 Elektrik¹⁸⁶Abbildung 6.1-12: Struktur Arbeitspaket 8 Elektrik¹⁸⁷¹⁸⁶ Komptech (2017a)¹⁸⁷ eigene Abbildung

Basismaschine – Arbeitspaket 09 Verkleidung

Arbeitspaket 09 Verkleidung (siehe Abbildung 6.1-13) dient zum Schutz des Axtors vor rauen Witterungsverhältnissen und ist ausschlaggebend für das Maschinendesign. Weiters soll die Verkleidung im Falle einer Wartung oder Reparatur einen problemlosen Zugang zu den Maschinenbestandteilen ermöglichen. Ebenso kann mithilfe einer qualitativ hochwertigen Verkleidung und dem entsprechenden Design ein hohes Ausmaß an Wertigkeit vermittelt werden. Die Struktur von Arbeitspaket 9 (siehe Abbildung 6.1-14) ist nicht weiter unterteilt.

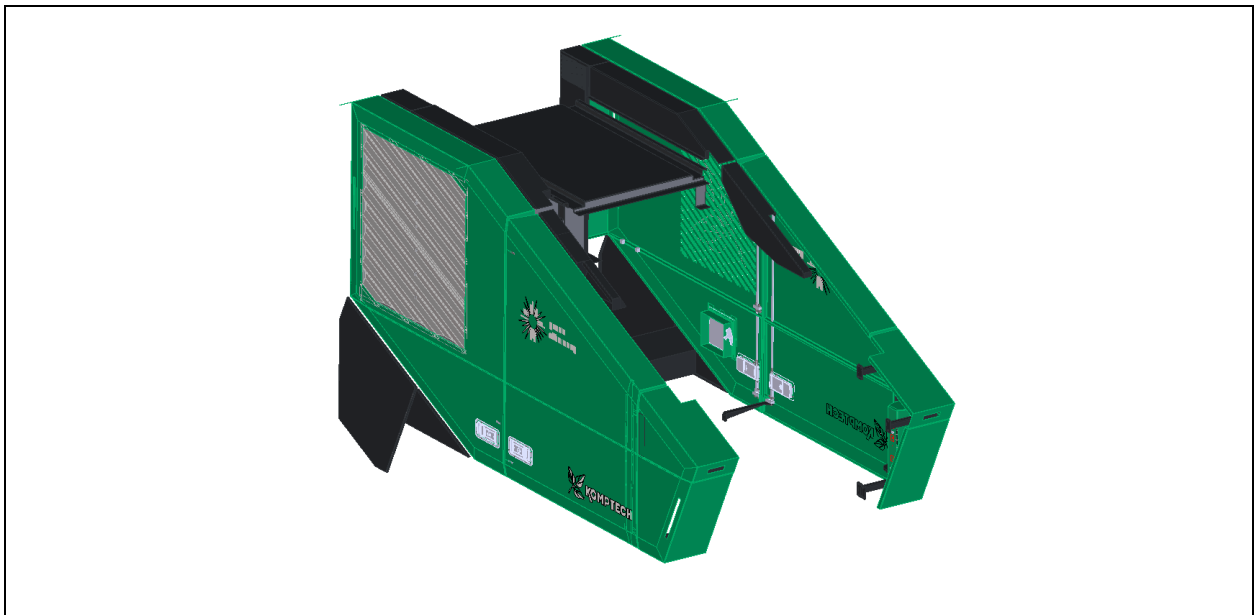


Abbildung 6.1-13: Arbeitspaket 09 Verkleidung¹⁸⁸

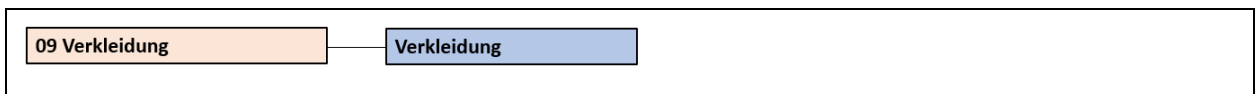


Abbildung 6.1-14: Struktur Arbeitspaket 09 Verkleidung¹⁸⁹

¹⁸⁸ Komptech (2017a)

¹⁸⁹ eigene Abbildung

Zusatzoption – Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track

Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track (siehe Abbildung 6.1-15) beinhaltet das Track-Fahrwerk, welches als Zusatzoption erhältlich ist. Im Vergleich zur Basismaschine ist es mit einem Axtor in Track-Ausführung aufgrund des hydraulischen Antriebes möglich geradeaus zu fahren, sowie eine Richtungsänderung vorzunehmen. Da das Track-Fahrwerk nicht über eine Anhängerdeichsel verfügt, kann der Axtor in dieser Ausführung nur mittels Tieflader von Standort A zu Standort B überstellt werden. Daher werden beim Track-Fahrwerk keine, für die Straßenzulassung erforderlichen Komponenten, wie Lichtanlage oder Unterfahrschutz benötigt. Die Struktur des Arbeitspakets ist in Abbildung 6.1-16 dargestellt.

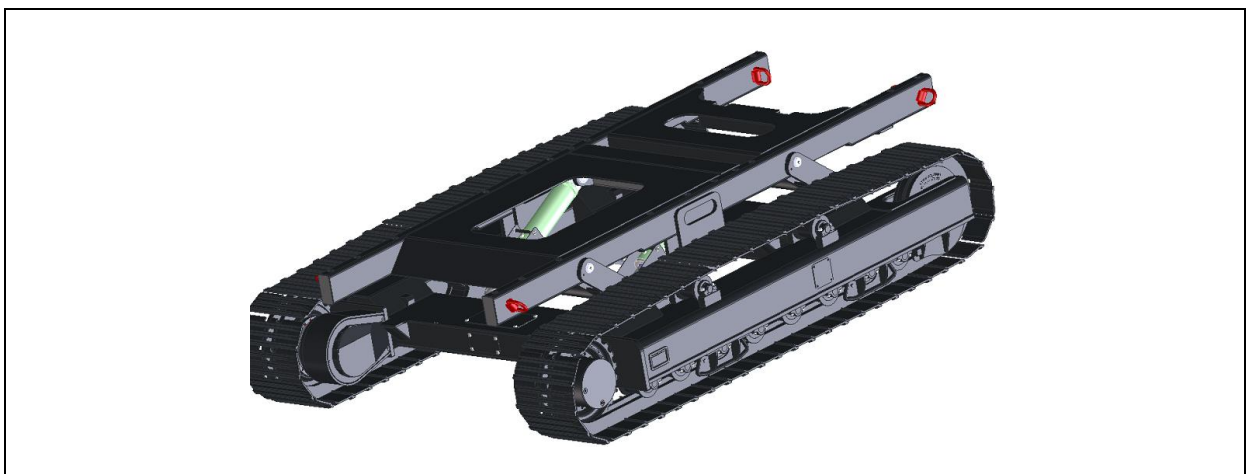


Abbildung 6.1-15: Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track ¹⁹⁰

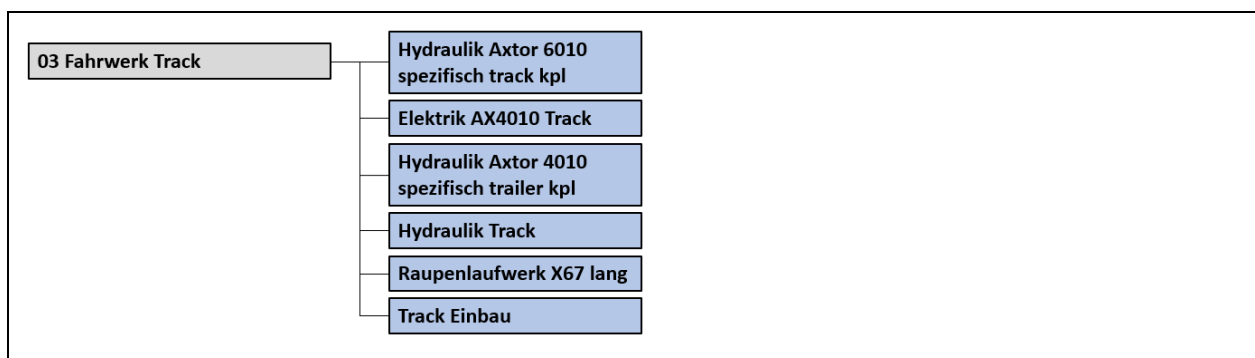


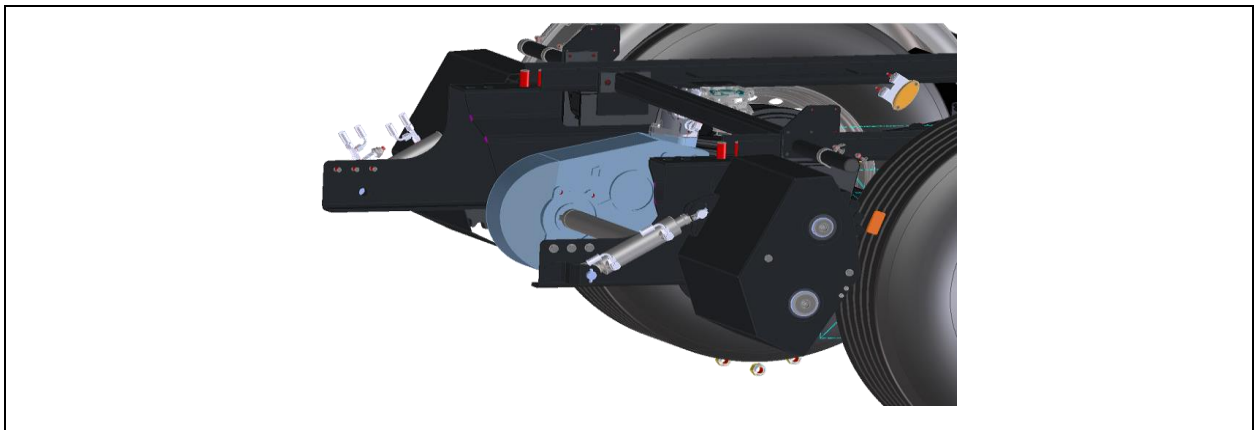
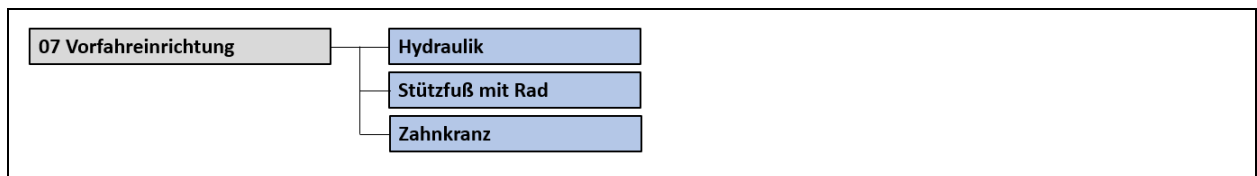
Abbildung 6.1-16: Struktur Arbeitspaket 03 Fahrwerk Track¹⁹¹

¹⁹⁰ Komptech (2017a)

¹⁹¹ eigene Abbildung

Zusatzoption – Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung

Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung (siehe Abbildung 6.1-17) ist nur in Kombination mit dem Trailer-Fahrwerk optional erhältlich. Die Aufgabe der Vorfahreinrichtung besteht darin, den Axtor in Längsrichtung nach vorne zu bewegen, um während des Maschinenbetriebs eine möglichst große Schüttgutanhäufung realisieren zu können, sodass im Betrieb möglichst wenig manuelle Maschinenüberstellungen benötigt werden. Die in Abbildung 6.1-18 dargestellte Arbeitspaket-Struktur entstammt der Vorkalkulation und änderte sich im Laufe des Wertanalyse-Projekts.

Abbildung 6.1-17: Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung¹⁹²Abbildung 6.1-18: Struktur Arbeitspaket 07 Vorfahreinrichtung¹⁹³

¹⁹² Komptech (2017a)

¹⁹³ eigene Abbildung

Ergänzende Zusatzoption

Bei den ergänzenden Zusatzoptionen handelt es sich um optionale Bauteile bzw. -gruppen welche die Teilfunktionen des Axtors in spezifischen Anwendungsfällen optimieren. Die einseitig starre Trichterwand ermöglicht eine optimierte Materialbeschickung mittels Radlader, da die Materialleckage bei der Beschickung minimiert wird. Die Magnettrommel am Abwurfband ist ein Permanent-Magnetabscheider, um gegebenenfalls Output-Material von magnetischen Verunreinigungen zu säubern. Die Funkfernsteuerung ermöglicht die Bedienung des Axtor bis zu einer maximalen Distanz von 200 Metern (bei optimalen Umgebungsverhältnissen). Unter anderem ist es möglich die Vorfahrt der Maschine aus der Distanz zu steuern und auf diesem Weg die Bediensicherheit zu steigern. Die Zentralschmierung verringert den Wartungsaufwand für den Bediener, da die Maschine von einer zentral angeordneten Fettpumpe geschmiert wird und keine manuelle Schmierung vorgenommen werden muss. Abbildung 6.1-19 stellt die Struktur der ergänzenden Zusatzoptionen dar.

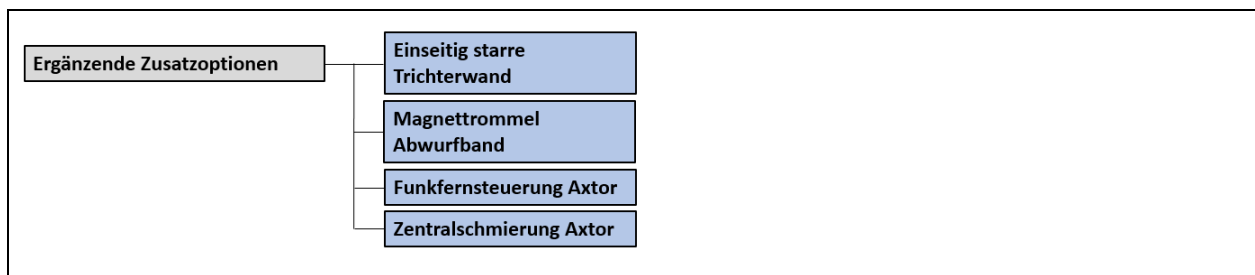


Abbildung 6.1-19: Struktur Ergänzende Zusatzoptionen¹⁹⁴

¹⁹⁴ eigene Abbildung

6.2 Vergleich der technischen Daten – Benchmark

Hersteller	Komptech	Doppstadt	Willibald	Vermeer	Jenz	Jenz	Jenz	Roto-chopper	Terex	Bandit Industries
Modell-bezeichnung	Axtor 4510	AK 560 Ecopower	EP 5500 Shark II	HG-4000	BA 725D	BA 915D	HEM 561 DL	MP-2 Grinder	TGB 620	Beast 2460 XP
Motorisierung										
Nennleistung Antrieb [PS]	456	530	480/520	445/522	530	530	490	350	431/500	475/525/551
Motorenherstellerbezeichnung	CAT C9.3 B D-Rating	MTU 6R 1300 Tier IV final	MAN D2676 LE 124/121 Euromot 3B	IVECO/FPT C13 ENT	Mercedes Benz OM 460 LA Euromot 3B	Mercedes Benz OM 471 LA Abgasstufe IV	Mercedes Benz OM 471 LA Abgasstufe IV	k.A.	John Deere 6135HF485 Scania DC13	CAT C13 T4f John Deere 13,5L T4f Volvo 13L T4f
Zerkleinerungseinheit										
Durchsatz Grünschnitt/ Rinde/ Altholz	130 / 215 / 145 [m³/h]	k.A./k.A./ k.A.	220/230/130 [m³/h]	k.A./k.A./ k.A.	170/220/110 [srm/h]	170/220/n.m [srm/h]	150*[srm/h]	k.A.	Bis zu 175/k.A./ k.A. [m³/h]	k.A./k.A./k.A.
Rotor- bzw. Trommeldurchmesser [mm]	1050	1100	1000	796	1040	1040	820	660,4	k.A.	914,4
Rotor- bzw. Trommelart	Schreddern und Hacken kombiniert / Hacken	Schreddern	Schreddern	Schreddern / Hacken	Schreddern	Schreddern	Hacken	Schreddern (4 ver- schiedene Schredder- Rotoren)	Schreddern	Schreddern / Hacken
Rotor- bzw. Trommeldrehzahl [U/min]	460	850-1000	900/980	k.A.	526/1000	k.A.	k.A.	k.A.	1200	750
Werkzeug-typen	Frei- schwingend oder feststehend	Frei- schwingend	Frei- schwingend	Feststehend	Frei- schwingend oder feststehend	Frei- schwingend oder feststehend	Feststehend	Feststehend	k.A.	Feststehend
Anzahl Werkzeuge	32	36	32	18	38	38	10	Je nach Schredder- tor	28	30/60 in Schredder- trommel 20 in Hack- trommel
Einzugsöffnung Breite [mm]*	1430	1750	1450	1520	1500	1500	1000	1676,4	1530	1524
Einzugsöffnung Höhe [mm]	850	650	900	660	820	960	650	457,2	850	609,6

wird fortgesetzt

Materialeinzug										
Einzugslänge aktiv/inaktiv [mm]	3280/915	2940/-	3100/1300	4600/-	3300/700	4500/4500	k.A./k.A.	3700/-	3500/-	k.A.
Materialaustrag										
Abwurfbandbreite [mm]	1200	1800	1400	1219	1200	k.A.	Gebläse	k.A.	1600/1800	1066,8
Abwurfbandlänge [mm]	7860	4000	k.A.	21700 Riemen- länge	4500	k.A.	Gebläse	k.A.	5000/3500	9144
Abwurfhöhe [mm]	4300	3310	4500	4300	Max. 4100	3200		k.A.	3100/2300	5334
Bandgeschwindigkeit [m/s]	2,1	2	max. 4	2,34	k.A.	k.A.		k.A.	k.A.	k.A.
Abmessungen										
Länge / Transportlänge [mm]	14050/ 10000	11628/9700	11750/9950	k.A./10700	k.A./10900	k.A./10280	k.A./6500	10668/k.A.	k.A./9850	14478/k.A.
Breite [mm]	2498	2500	2500	2500	2550	2550	2550	2514,6	2550	2590,8
Höhe/Transporthöhe [mm]	-/3800	3000/3960	4500/k.A.	k.A./3900	k.A./3970	k.A./3970	k.A./3400	3657,6/k.A.	k.A./3700	4038,6/k.A.
Gewicht [kg]	19000	19000	19000	19000	20000	17600	18500	12020- 14515	20000	21772

Tabelle 6.2-1: Vergleich der technischen Daten- Benchmark Vergleich

*Reiner Hacker zur Zerkleinerung von Strauchwerk und Stammholz

** Zwei Austragsbandlängen verfügbar

k.A. keine Angabe verfügbar

n.m. nicht möglich

[srm/h] Schüttraummeter/Stunde

[m³/h] Kubikmeter

6.3 Funktionserfüllungsgrade

Funktion	Beschreibung	FEG in %
1. Material zuführen	Das Material wird über den Materialaufgabebereich und dem Einzug der Schredderbox zugeführt.	97%
1.1. Materialaufgabe ermöglichen	Der Materialaufgabebereich muss eine kontinuierliche Materialbefüllung ermöglichen. Somit muss die Befüllhöhe auch für kleinere Radlader geeignet sein. (Befüllhöhe = 2125 [mm])	100%
1.2. Material aufnehmen	Der Materialaufgabebereich muss in der Lage sein, das Material aufzunehmen, daher wird eine spezifische Breite und Länge des Aufgabebereiches benötigt. (Länge = 3280 [mm], Breite inkl. Trichterwand = 1714 [mm])	100%
1.3. Materialzufuhr gewährleisten	Bei der Materialzufuhr muss sichergestellt werden, dass Materialverlust während der Förderung auf dem Stahlgliederband bestmöglich verhindert wird.	95%
1.4. Material einziehen / komprimieren	Das Stahlgliederband und die Einzugswalze müssen das zu verarbeitende Material einziehen und zur Schredderbox befördern können. Gleichzeitig muss die Einzugswalze in der Lage sein die Input-Materialien (ausgenommen Stammholz) zu komprimieren.	90%
1.5. Materialvielfalt erlauben	Die Materialzufuhr muss für folgende Input-Materialien bewerkstelligt werden: <ul style="list-style-type: none"> • Grünschnitt • Altholz • Rinde • Schlagabraum • Spreisel • Stammholz (Hartholz bis \varnothing 550 mm, Weichholz bis \varnothing 750 mm) 	100%

wird fortgesetzt

Funktion	Beschreibung	FEG in %												
2. Material zerkleinern	Die verschiedenen Materialarten werden nach Zufuhr zum Materialeinzug in der Schredderbox zerkleinert.	92%												
2.1 Material schreddern	Zur Kompost-Material-Erzeugung muss der Universalzerkleinerer das Material schreddern können.	70%												
2.2 Material hacken	Zur Hackgut-Erzeugung muss der Universalzerkleinerer das Material hacken können.	100%												
2.3 Materialdurchsatz gewährleisten	<p>Die folgenden Zerkleinerungs-Durchsatzwerte müssen gewährleistet werden:</p> <table border="1" data-bbox="550 712 1268 1142"> <tbody> <tr> <td data-bbox="550 712 1002 790">Grünschnitt</td> <td data-bbox="1010 712 1268 790">130·m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="550 801 1002 857">Altholz</td> <td data-bbox="1010 801 1268 857">145·m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="550 869 1002 925">Rinde</td> <td data-bbox="1010 869 1268 925">215·m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="550 936 1002 992">Schlagabraum</td> <td data-bbox="1010 936 1268 992">135·m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="550 1003 1002 1059">Spreisel</td> <td data-bbox="1010 1003 1268 1059">135·m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="550 1070 1002 1142">Stammholz</td> <td data-bbox="1010 1070 1268 1142">160·m³/h</td> </tr> </tbody> </table>	Grünschnitt	130·m ³ /h	Altholz	145·m ³ /h	Rinde	215·m ³ /h	Schlagabraum	135·m ³ /h	Spreisel	135·m ³ /h	Stammholz	160·m ³ /h	100%
Grünschnitt	130·m ³ /h													
Altholz	145·m ³ /h													
Rinde	215·m ³ /h													
Schlagabraum	135·m ³ /h													
Spreisel	135·m ³ /h													
Stammholz	160·m ³ /h													
2.4 Materialbeschaffenheit sicherstellen	Um den Kundenanforderungen und den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen muss eine definierte Output-Materialbeschaffenheit sichergestellt werden.	90%												
2.5 Drehmoment bereitstellen	Für den Antrieb der Schredderwalze muss von der Motorbaugruppe ausgehend Drehmoment zur Verfügung gestellt werden.	100%												
3. Output-Material austragen	Das zerkleinerte Material wird über das Austragsband von der Schredderbox abgeführt.	66,7%												
3.1 Materialtransport sicherstellen	Der Materialabtransport aus der Schredderbox über das Abwurfband muss sichergestellt werden. Dabei müssen Verklebungen bestmöglich verhindert werden.	100%												
3.2 Leckage-Material vermeiden	Bei der Materialbeförderung am Austragsband darf kein Leckagematerial links oder rechts vom Abwurfband fallen, da der Materialabwurf gezielt am Ende des Austragsbandes erfolgen soll. Darüber hinaus darf sich kein Leckagematerial im Inneren des Austragsbandes ansammeln, da es ansonsten zu Verklebungen kommen kann.	100%												
3.3 Materialabwurf regulieren	Der Materialabwurf soll bezüglich Position und Geschwindigkeit reguliert werden können.	0%												

wird fortgesetzt

Funktion	Beschreibung	FEG in %
4. Mobilität gewährleisten	Der Universalzerkleinerer ist vom Konzept her mobil ausgeführt und muss überdies über verschiedene Mobilitätseigenschaften verfügen.	98%
4.1 Transportfähigkeit sicherstellen	Der Universalzerkleinerer muss konstruktiv und vom Konzept her transportierbar ausgeführt sein. Darüber hinaus müssen Transportabmessungen eingehalten werden um eine gesetzliche Zulassung für den Straßenverkehr zu gewährleisten. Bei der Mobilitätsvariante Track muss ein Verladen des Zerkleinerers möglich sein.	90%
4.2 Vorfahrt ermöglichen	Der Universalzerkleinerer muss ohne Zugfahrzeug in der Lage sein seine Position am Arbeitsplatz zu verändern. Die Steuerung kann ferngesteuert oder an der Maschine erfolgen.	100%
4.3 Standsicherheit gewährleisten	Nach Überstellung oder Vorfahrt des Universalzerkleinerers muss eine mechanische Einbremsung erfolgen und die Standsicherheit gewährleistet werden.	100%
4.4 Offroadtauglich sein	Der Universalzerkleinerer in der Mobilitätsausführung Track muss in der Lage sein sich im unwegsamen Gelände (Offroad) fortzubewegen. Dabei ist es unerlässlich, dass der Untergrund trotz des Raupenantriebes bestmöglich geschützt wird.	100%
4.5 Maschinenlast aufnehmen	Das Fahrwerk, egal ob Mobilitätsausführung Track oder 2-Achs Trailer muss die gesamte Maschinenlast aufnehmen.	100%
5. Wartung und Reparaturen ermöglichen	Der konstruktive Aufbau der Maschine muss hinsichtlich Wartung und Reparatur anwenderfreundlich gestaltet sein. Die Zugänglichkeit zu allen Verschleißteilen und zu wartenden Komponenten muss gewährleistet werden. Auch für anfallende Reparaturen muss die Zugänglichkeit gewährleistet werden.	97,5%
5.1 Tauschbarkeit ermöglichen	Die Verschleißteile der Schreddertrommel müssen tauschbar ausgeführt sein. Die Umrüstzeit sollte < 1h sein.	100%
5.2 Betriebsmittelbefüllung erleichtern	Die Befüllstutzen für die Betriebsmittel sollten sich an einfach erreichbaren Positionen befinden um die Befüllung zu erleichtern.	95%
5.3 Fehlersuche unterstützen	Die Fehlersuche soll durch eine einheitliche Kennzeichnung der Betriebsmittel (Elektrik & Hydraulik), Piktogramme und durch einen klaren und einfachen Aufbau unterstützt werden.	100%
5.4 Störungen frühzeitig erkennen	Maschinenstörungen sollten frühestmöglich erkannt werden um einerseits Maschinenschäden zu vermeiden und andererseits etwaige Maschinenausfälle so kurz wie möglich zu halten.	95%

wird fortgesetzt

Funktion	Beschreibung	FEG in %
6. Betriebssicherheit gewährleisten	Die Betriebssicherheit muss bestmöglich gewährleistet werden, etwaige Störungen oder Betriebsausfälle müssen bestmöglich vermieden werden.	97,5%
6.1 Maschine schützen	Die Maschine muss bestmöglich gegen äußere als auch innere Einflüsse geschützt werden.	100%
6.2 Verschleiß-Festigkeit geben	Um die Wartungsintervalle zu verlängern und den Wartungsaufwand zu minimieren müssen die Werkzeuge wie auch die Komponenten für die Materialbeförderung über eine hohe Verschleißfestigkeit verfügen.	90%
6.3 Stabilität sicherstellen	Ein stabiler, ausfallsicherer Betrieb des Universalzerkleinerers muss sichergestellt werden.	100%
6.4 Umwelteinflüsse standhalten	Der Universalzerkleinerer muss widrigen (Schnee, Regen) als auch extremen Umwelteinflüssen (Hitze und Frost bzw. Temperaturen von -20°C bis + 45°C) standhalten. Der Betrieb muss trotzdem gewährleistet werden.	100%
7. Kunden ansprechen	Der Universalzerkleinerer muss bereits vor dem Kauf den Kunden mit dem Design, der Funktion, den technischen Daten, etc. den Kunden ansprechen, da es ansonsten möglicherweise nicht zu einer Kaufentscheidung kommt.	98,75 %
7.1 Design bieten	Das Design muss dem Kunden ansprechen und qualitative Wertigkeit vermitteln, da diese Funktion unter anderem für den Kauf ausschlaggebend sein kann.	100%
7.2 Wiedererkennungswert haben	Das Design und die außen sichtbaren Teile wie z.B. Verkleidung müssen einen Wiedererkennungswert vermitteln. Der Zerkleinerer muss sofort als Komptech-Produkt identifiziert werden können.	100%
7.3 Umweltauflagen entsprechen	Die Maschine muss hinsichtlich der verwendeten Betriebsmittel und der Ressourcenschonung die Umweltauflagen erfüllen. Mitunter muss gewährleistet werden, dass die Betriebsmittel nicht aus den dafür vorgesehenen Behältern austreten können.	100%
7.4 Werthaltigkeit sicherstellen	Der Werterhalt muss durch die qualitative und materielle Auslegung des Universalzerkleinerers sichergestellt werden.	95%

wird fortgesetzt

Funktion	Beschreibung	FEG in %
8. Randbedingungen erfüllen	Der Universalzerkleinerer muss Randbedingungen, wie gesetzliche Vorgaben oder aber auch Erwartungen an das Produkt erfüllen.	100%
8.1 Gesetzes-Vorgaben entsprechen	Um eine Betriebserlaubnis für den Universalzerkleinerer zu erhalten, ist es unerlässlich, dass dieser den Gesetzesvorgaben entspricht.	100%
8.1.1 Emissions-Vorgaben entsprechen	Die Einhaltung der Emissionsvorgaben, auch mit Hilfe der Abgasnachbehandlung muss sichergestellt werden.	100%
8.1.2 Straßen-zulassung garantieren	Die Straßenzulassung in den für den Verkauf bestimmten Ländern muss gewährleistet werden. Mitunter muss dafür das Maximalgewicht von 18+1 Tonne für das 2-Achs Trailer-Fahrwerk eingehalten werden.	100%
8.2 Nachrüsten ermöglichen	Eine Nachrüstung der optionalen Aufpreis-Artikel sollte weitestgehend ermöglicht werden um einen hohen Kundennutzen zu generieren.	100%
8.3 Ressourcenschonung gewährleisten	Zur Umweltschonung und um eine wirtschaftlich optimierte Nutzung zu gewährleisten muss ein ressourcenschonender Betrieb gewährleistet werden.	100%

Tabelle 6.3-1: Funktionen / Funktionserfüllungsgrade

6.4 Vorfahreinrichtung – Konzepte für Detailanalyse

Im Folgenden werden die von Komptech entwickelten Konzepte beschrieben. Die Funktionsweise und die entsprechenden Vorteile und Nachteile stehen bei der Beschreibung im Fokus. Zusätzlich wird der Konzeptaufbau beschrieben und die Eckdaten des Konzepts (Gewicht und Herstellkosten) werden angeführt.

Konzept 1 – Reibschlüssiger Antrieb (Referenz 6010)

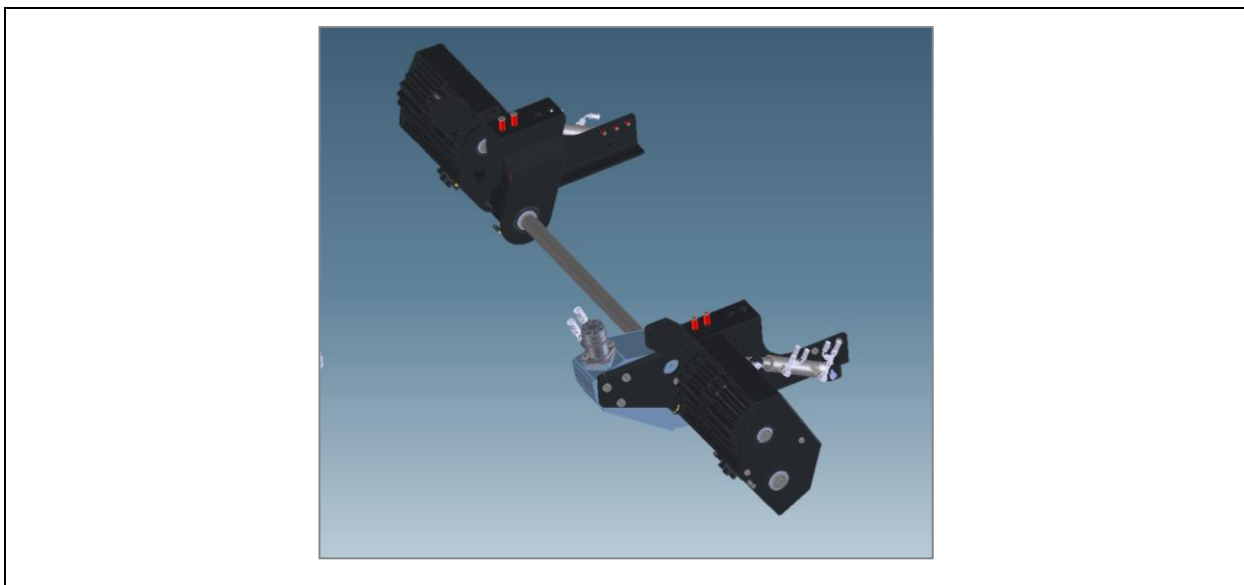


Abbildung 6.4-1 Konzept 1 – Reibschlüssiger Antrieb (Referenz 6010)¹⁹⁵

Konzept 1 diente als Referenzkonzept, welches aktuell im Axtor 6010 verwendet wird. Wie in Abbildung 6.4-1 ersichtlich ist der Antrieb der linken und rechten Maschinenseite miteinander gekoppelt, wodurch keine Kurvenfahrt realisiert werden kann. Der Antrieb erfolgt hydraulisch, wobei ein Orbitalmotor angesteuert wird, welcher das Drehmoment an ein Getriebe überträgt. Das Drehmoment wird ausgehend vom Getriebe über die starre Antriebswelle an die zwei Reibräder übertragen, welche das Drehmoment direkt auf die Reifen weitergeben. Zur Realisierung der Vorfahrt wird weiters ein Stützrad an der Deichsel benötigt. Der Aufbau des Konzepts setzt sich wie folgt zusammen:

¹⁹⁵ Komptech (2017a)

- ▶ Orbitalmotor
- ▶ Getriebe
- ▶ Antriebswelle
- ▶ 2 x Reibräder
- ▶ Stützrad
- ▶ Hydraulikkomponenten (unter anderem 2 x Hydraulikzylinder)
- ▶ Bleche für die Montage
- ▶ Sonstige, nicht weiter aufgeschlüsselte Komponenten

Vorteil des Konzepts:

- ▶ Das Stützrad muss nicht lenkbar ausgeführt sein

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Sehr hoher Reifenverschleiß aufgrund des direkten Antriebes der Reifen
- ▶ Keine Kurvenfahrt realisierbar
- ▶ Sehr hohes Gewicht = 537 kg

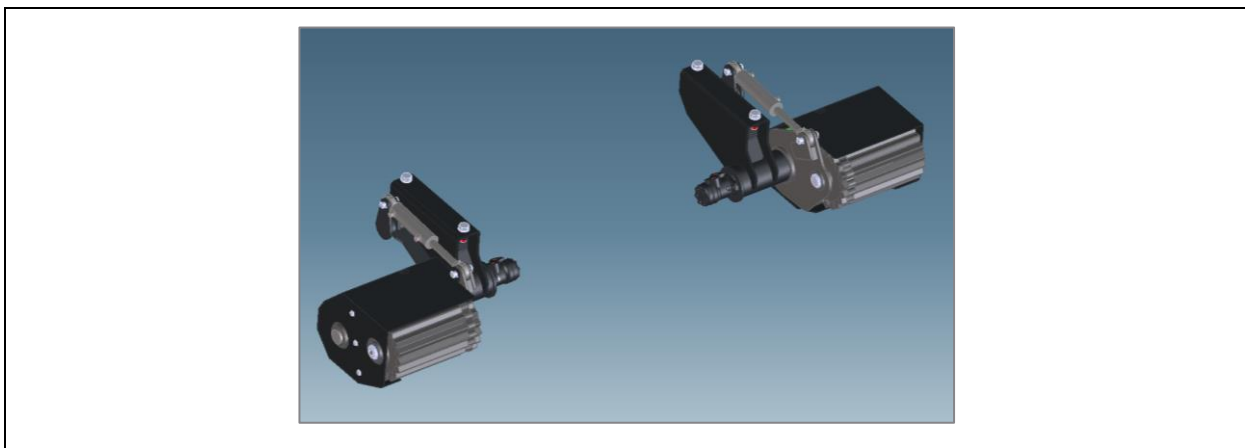
Konzept 2 – Reibschlüssiger Einzelradantrieb

Abbildung 6.4-2: Konzept 2 – Reibschlüssiger Einzelradantrieb¹⁹⁶

Konzept 2 – Reibschlüssiger Einzelradantrieb wird mit einem ähnlichen Aufbau in einem weiteren Komptech Produkt verwendet. Wie in Abbildung 6.4-2 ersichtlich sind die linke und rechte Maschinenseite von einander entkoppelt. Daher ist eine Kurvenfahrt

¹⁹⁶ Komptech (2017a)

theoretisch realisierbar. In der Abbildung werden die Motoren falsch dargestellt, da beim eigentlichen Konzept anstatt Orbitalmotoren aufgrund des benötigten Drehmoments Radialkolbenmotoren verwendet werden müssen. Die Radialkolbenmotoren übertragen das Drehmoment direkt auf die Reibräder, welche wiederum das Drehmoment über die Reibung auf den Reifen übertragen. Die Montage der Vorfahreinrichtung erfolgt am Motorrahmen, auch für dieses Konzept wird ein Stützrad benötigt. Das Konzept setzt sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen:

- ▶ 2 x Radialkolbenmotoren
- ▶ 2 x Reibräder
- ▶ 2 x Gehäuse
- ▶ Stützrad
- ▶ Hydraulikkomponenten (unter anderem 2 x Hydraulikzylinder)
- ▶ Bleche für die Montage
- ▶ Sonstige, nicht weiter aufgeschlüsselte Komponenten

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Entkoppelte Ansteuerung der Reibräder → theoretisch Kurvenfahrt möglich
- ▶ Gewichtersparnis im Vergleich zum Referenzkonzept 6010, da Getriebe und Antriebswelle entfallen

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Sehr hoher Reifenverschleiß aufgrund des direkten Antriebes der Reifen
- ▶ Sehr hohes Gewicht = 508 kg
- ▶ Bei Realisierung der Kurvenfahrt wird ein lenkbares Stützrad benötigt

Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge

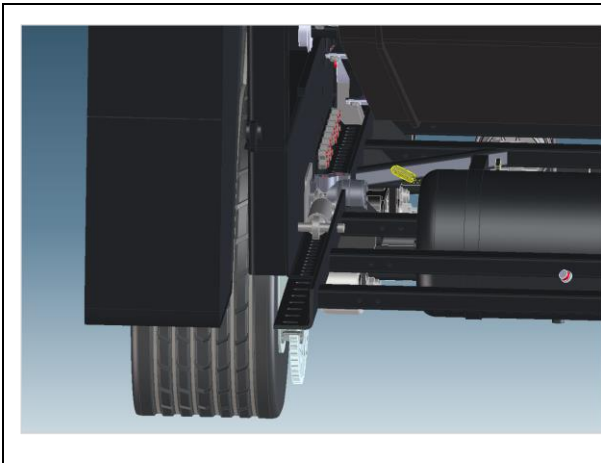


Abbildung 6.4-3: Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge Vorderansicht¹⁹⁷

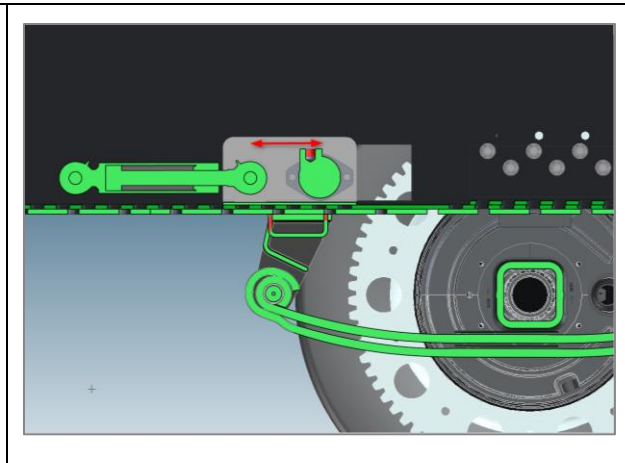


Abbildung 6.4-4: Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge Schnittdarstellung¹⁹⁸

Konzept 3 – Zahnkranz auf Felge (siehe Abbildung 6.4-3) wurde als ursprüngliches Konzept für den Axtor 4510 vorgesehen. Bei diesem Konzept wird mit einem hydraulisch linear verschiebbaren Modul mit integriertem Orbitalmotor und Zahnradritzel ein Zahnkranz, welcher starr mit der Felge verbunden ist, angesteuert. Bei aktivierter Vorfahrt wird das Drehmoment des Orbitalmotors über das Ritzel an den Zahnkranz übertragen. Bei Deaktivierung wird das Modul über die lineare Führung entkoppelt (siehe Abbildung 6.4-4). Die jeweilige Maschinenseite kann dabei getrennt angesteuert werden. Zur Realisierung der Vorfahrt wird ein Stützrad an der Deichsel benötigt. Der Aufbau des Konzepts setzt sich wie folgt zusammen:

- ▶ 2 x Orbitalmotoren
- ▶ Zahnrad / Zahnkranz – Paarung
- ▶ Hydraulikkomponenten (unter anderem 2 x Hydraulikzylinder)
- ▶ 2 x Modul zur Aufnahme der Orbitalmotoren und für die Anbindung der Hydraulikzylinder
- ▶ Sonstige, nicht weiter aufgeschlüsselte Komponenten

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Leichtestes Vorfahrkonzept (Gewicht = 339 kg)

¹⁹⁷ Kompotech (2017a)

¹⁹⁸ Kompotech (2017a)

- ▶ Kein Reifenverschleiß
- ▶ Getrennte Ansteuerung der Orbitalmotoren → theoretisch Kurvenfahrt möglich

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Bei Realisierung der Kurvenfahrt wird ein lenkbares Stützrad benötigt
- ▶ Ungünstige Platzverhältnisse für dieses Vorfahrtskonzept
- ▶ Ausführung nur mit 385er Reifen möglich
- ▶ Funktion auf unwegsamem Gelände fraglich (Schlaglöcher, etc.)

Konzept 4 – Triebachse komplett FAD

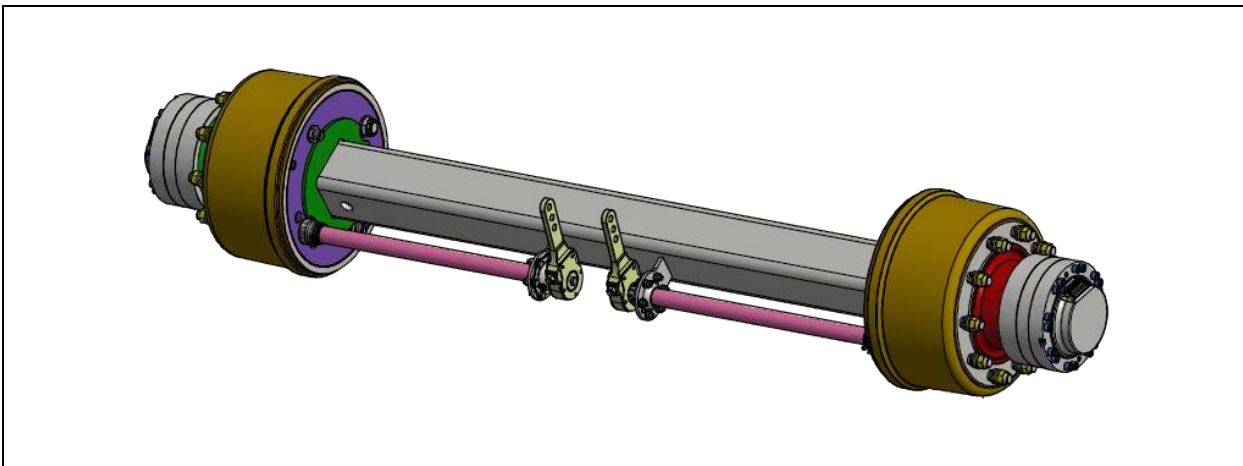


Abbildung 6.4-5: Konzept 4 – Triebachse komplett FAD¹⁹⁹

Bei der in Abbildung 6.4-5 dargestellten Triebachse handelt es sich um ein Komplett-Zukaufmodul, welches einbaufertig angeliefert wird. Die verbauten Hydraulikmotoren können getrennt angesteuert werden, somit kann theoretisch eine Kurvenfahrt realisiert werden. Die Achse verfügt überdies über eine TÜV-Zertifizierung über 80 km/h.

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Getrennte Ansteuerung der Hydraulikmotoren → theoretisch Kurvenfahrt möglich
- ▶ Kein erhöhter Reifenverschleiß
- ▶ Achse ist für eine Geschwindigkeit von 80 km/h TÜV zertifiziert

¹⁹⁹ Komptech (2017a)

- ▶ Moderates Gewicht = 355 kg

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Im Vergleich zu den anderen Konzepten sehr hohe Kosten
- ▶ Bei Realisierung der Kurvenfahrt wird ein lenkbares Stützrad benötigt
- ▶ Nachrüsten der Vorfahreleinrichtung nur unter erheblichen Aufwand möglich

Konzept 5 – Triebachse Komponentenzukauf Black Bruin

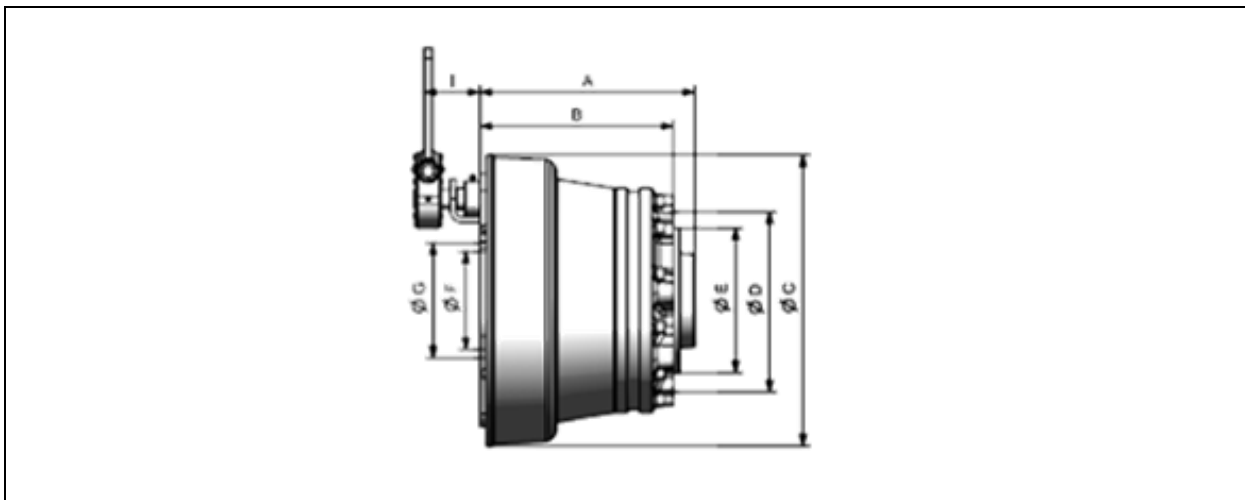


Abbildung 6.4-6: Konzept 5 – Triebachse Komponentenzukauf Black Bruin²⁰⁰

Bei Konzept 5 (siehe Abbildung 6.4-6) handelt es sich um Zukaufmodule, im Detail um Radnabenbaugruppen mit integrierten Hydraulikmotoren und integrierten Trommelbremsen. Die benötigte Achse muss für dieses Konzept von Komptech konstruiert werden. Eine Kurvenfahrt ist theoretisch realisierbar, da die Hydraulikmotoren einzeln angesteuert werden können. Ebenso wird für die Kurvenfahrt ein lenkbares Stützrad benötigt. Die Komponenten besitzen eine TÜV-Zertifizierung für 40 km/h, daher wird eine erneute Zertifizierung für 80 km/h im Anschluss an Konstruktion und Fertigung der Achse benötigt.

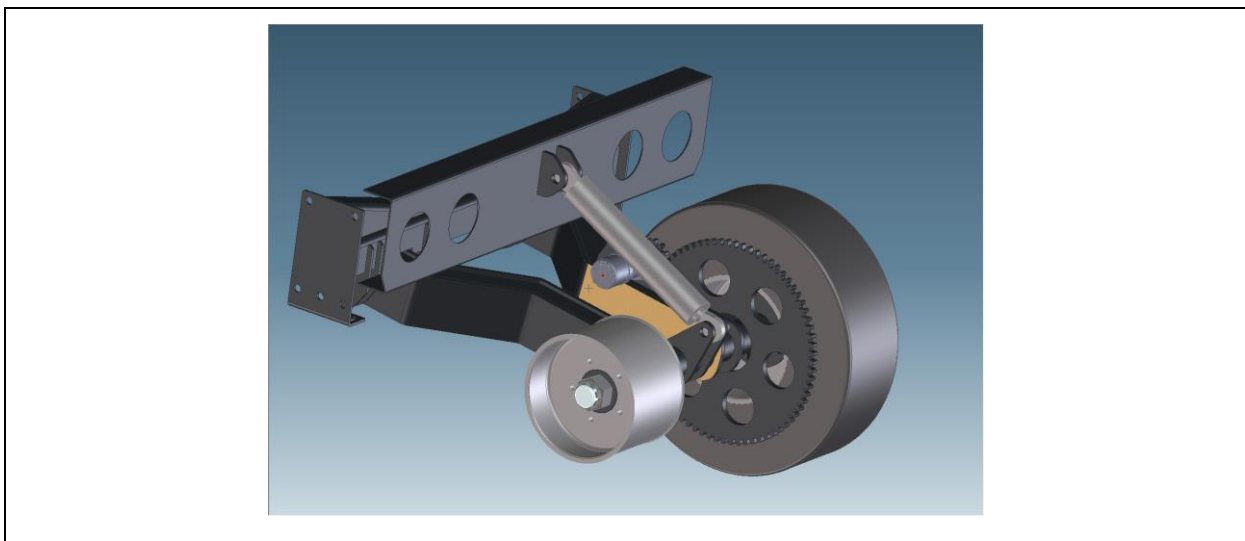
²⁰⁰ Komptech (2017a)

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Getrennte Ansteuerung der Hydraulikmotoren → theoretisch Kurvenfahrt möglich
- ▶ Kein erhöhter Reifenverschleiß
- ▶ Eine adaptierbare Achse für andere Komptech-Produkte könnte entwickelt werden
- ▶ Moderates Gewicht = 357 kg

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Die Komponenten sind nur bis 40 km/h TÜV zertifiziert
- ▶ Bei Realisierung der Kurvenfahrt wird ein lenkbares Stützrad benötigt
- ▶ Nachrüsten der Vorfahreineinrichtung nur unter erheblichem Aufwand möglich
- ▶ Die komplette Achse muss im Anschluss an Konstruktion und Fertigung zertifiziert werden

Konzept 6 – Angetriebenes StützradAbbildung 6.4-7: Konzept 6 – Angetriebenes Stützrad²⁰¹

In Konzept 6 (siehe Abbildung 6.4-7) wird ein hydraulisch angetriebenes und hydraulisch ausklappbares Stützrad für die Vorfahrt verwendet. Durch das Ausklappen des Stützrades wird die vordere Achse des Axtor-Fahrwerks entlastet und der Rollwiderstand verringert sich. Im ausgeklappten Zustand überträgt ein Orbitalmotor über ein Zahnradritzel Drehmoment auf einen Zahnkranz, welcher fest mit der Felge verbunden

²⁰¹ Komptech (2017a)

ist. Bei diesem Konzept entfällt das konventionelle Stützrad, jedoch kann keine Kurvenfahrt realisiert werden. Ein Nachrüsten des Systems ist mit geringem Aufwand möglich.

Vorteile des Konzepts:

- ▶ Kein erhöhter Reifenverschleiß
- ▶ Die Vorfahreinrichtung ist für eine mögliche Straßenzulassung nicht relevant
- ▶ Nachrüsten der Vorfahreinrichtung möglich

Nachteile des Konzepts:

- ▶ Keine Kurvenfahrt realisierbar
- ▶ Vorfahreinrichtung ist nicht adaptierbar → Verwendung nur bei Modell Axtor 4510 möglich

Für Konzept 6 wurden von Komptech Daten zu den einzelnen Positionen zur Verfügung gestellt. Die detaillierte Zusammensetzung der Herstellkosten relativ und des Gewichts ist in Tabelle 6.4-1 ersichtlich.

Berechnung Konzept 6 – Gewicht und Herstellkosten					
Position	Anzahl	Kosten / Stück in %	Kosten gesamt in %	Gewicht / Stück	Gewicht gesamt
Stahlschwinge	2	12,55 %	25,10 %	57,00	114,00
Welle mit Flansch	1	9,70 %	9,70 %	44,00	44,00
Zahnkranz	1	6,16 %	6,16 %	28,00	28,00
Querträger	1	16,51 %	16,51 %	75,00	75,00
Felgen	2	5,50 %	11,00 %	25,00	50,00
Hydraulikzylinder	1	3,81 %	3,81 %	19,00	19,00
OMP Motor 400 ccm	1	5,71 %	5,71 %	10,00	10,00
Schrauben, Bolzen, Ventile, Hydraulikschläuche	1	3,67 %	3,67 %	10,00	10,00
Reifen 205/65 R17,5	2	9,17 %	18,34 %	27,60	55,20
		Summe	100 %	Summe	405,20

Tabelle 6.4-1: Berechnung Konzept 6 – Gewicht und Herstellkosten

6.5 Einzelergebnisse Ideenbewertung für Nutzwertanalyse

Idee Nr.	Titel der Idee	Funktionserfüllung			Entwicklungsaufwand			Produktionsaufwand			Gewicht		
		Max. - Wert	Min. - Wert	Durchschnitt	Max. - Wert	Min. - Wert	Durchschnitt	Max. - Wert	Min. - Wert	Durchschnitt	Max. - Wert	Min. - Wert	Durchschnitt
Kategorie: Kosten- und Gewichtsoptimierung													
1	Wegfall des Klapptrichters	2,00	1,00	1,25	5,00	2,00	4,63	5,00	4,00	4,63	5,00	4,00	4,75
2	Leichte Ausführung Plattenband	2,00	1,00	1,38	5,00	2,00	3,69	4,00	3,00	3,38	5,00	1,00	4,25
4	Obere Einzugswalze - Zähne als verschraub bare Schmiedeteile	5,00	1,00	2,63	4,00	1,00	3,00	4,00	2,00	3,38	3,00	2,00	2,63
5	Einzugswalze – Ausschweißen der Zähne mittels Roboter	2,00	1,00	1,13	5,00	1,00	4,13	5,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
6	2 Varianten des Schredderboxrahmens – Modular ausgeführt	5,00	1,00	3,63	5,00	2,00	3,75	4,00	1,00	2,38	4,00	1,00	2,63
8	Eigenfertigung der Verkleidung bei Farmtech	4,00	1,00	1,57	2,00	1,00	1,29	5,00	4,00	4,71	3,00	3,00	3,00
9	Verkleidung aus Materialverbund	4,00	1,00	1,50	3,00	1,00	1,88	3,00	1,00	2,25	5,00	4,00	4,38
Kategorie: Funktionsoptimierung													
17	Variable Abwurfrichtung (drehbar)	5,00	3,00	4,38	4,00	1,00	2,38	3,00	1,00	1,69	5,00	1,00	2,00
18	Regulierbarkeit der ABWFB-Geschwindigkeit	5,00	3,00	3,88	5,00	4,00	4,75	3,00	2,00	2,81	3,00	2,50	2,94
21	Durchsatzmessung	5,00	4,00	4,75	3,00	1,00	1,88	4,00	1,00	2,06	2,00	2,00	2,00
22	Vorausgewählte Einstellungen je nach Material	5,00	4,00	4,38	5,00	3,00	4,63	3,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,25
24	2. Obere Einzugswalze für ausschließlich Hackbetrieb	4,00	1,00	3,13	5,00	3,00	4,38	4,00	1,00	2,19	2,00	1,00	1,13
25	Gegenkamm vs. Gegenmesser	4,00	2,00	3,19	5,00	1,00	2,50	3,00	2,00	2,38	3,00	1,00	2,25
27	Vordefinierte Trimmung	5,00	2,00	3,69	5,00	2,00	4,13	5,00	3,00	3,25	3,00	3,00	3,00
28	Befeuchtungsanlage bei Axtor (ohne Tank / mit Tank)	4,00	3,00	3,50	5,00	2,00	3,25	2,50	1,00	1,94	3,00	3,00	3,00
30	Adaptierbares Siebkorbssystem	5,00	1,00	3,63	3,50	1,00	2,50	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00

wird fortgesetzt

32	Predictive Maintenance	5,00	3,00	4,19	3,00	1,00	1,56	4,00	2,00	2,38	3,00	2,00	2,88
33	Kotflügelsegment per Schnellverschluss abnehmbar	5,00	3,00	4,00	4,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,50	3,00	2,00	2,50
34	Serviceintervall 1.000 Bh	4,00	2,50	3,56	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,56
35	Geschlossene Kurbelgehäuseentlüftung mit Ölnebelabscheider	4,00	2,00	3,13	5,00	2,00	2,81	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,25
Kategorie: Zukunftsorientierte Ideen													
36	LED-Beleuchtung des Einzugsbereichs	5,00	2,00	3,13	5,00	1,00	3,50	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,75
39	Smart Interface	5,00	2,50	4,00	2,00	1,00	1,19	4,00	2,00	2,75	3,50	3,00	3,06
42	Feinteilabscheidung in Austrag integriert	5,00	3,00	3,94	3,00	1,00	2,13	2,00	1,00	1,38	1,00	1,00	1,00
43	Elektrifizierung / Drehmomentbereitstellung elektrisch	5,00	1,00	3,13	3,00	1,00	1,38	5,00	1,00	2,93	5,00	1,00	3,86
45	Axtor drehbar auf Drehkranz	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00

Tabelle 6.5-1: Ergebnisse – Ideenbewertung für Nutzwertanalyse

7 Anhang B - Funktionskostenmatrix