

Lukas Zeni

Wertanalytische Betrachtung eines innovativen Schüttgutcontainers

Diplomarbeit

Angestrebter akad. Grad
Diplomingenieur

Studienrichtung
Wirtschaftsingenieurwesen – Maschinenbau
Produktionstechnik

Technische Universität Graz

Fakultät für
Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für
Industriebetriebslehre und Innovationsforschung
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer

Linz, am 31. Juli 2012

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Graz, am
.....
(Unterschrift)

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Ramsauer dafür bedanken, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat, meine Diplomarbeit am Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung durchzuführen. Herzlichen Dank auch an die beiden Geschäftsführer der Fa. Innofreight, Dipl.-Ing. Peter Wanek-Pusset und Bernhard Grentner, für die Bereitstellung des Analyseobjektes RockTainer und vor allem für die zur Verfügung gestellte Arbeitszeit, die ich für die Erstellung dieser Arbeit verwenden durfte.

Meinen Betreuern Dipl.-Ing. Hans Peter Schnöll und Dipl.-Ing. Dr. techn. Nikolaus Mitterer danke ich herzlich für ihre laufenden Hilfestellungen sowie für Rat & Tat beim Ausarbeiten und Erstellen dieser Arbeit.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinen Tanten, die mir die Ausbildung in Graz ermöglicht und mich immer auf jede erdenkliche Weise unterstützt haben.

Kurzfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wird ein neuartiger Schüttgutcontainer der Fa. Innofreight Speditions GmbH wertanalytisch auf Basis der ÖNORM 12973 untersucht.

Der untersuchte Schüttgutcontainer hat die Merkmale eines 20 ft Open-Top Containers, ist für den Eisenbahntransport auf das maximal zulässige Lichtraumprofil verbreitert und die Seiten- und Stirnwände laufen nach unten hin trichterförmig zur Auslassöffnung zusammen. Diese Auslassöffnung wird von zwei hydraulisch betätigten Klappen verschlossen. Zum Einsatz kommt der Container bei schweren, rieselfähigen Schüttgütern.

Nach Gründung des Kernteams bestehend aus 3 Personen wird der Untersuchungsbereich auf die Trichterbleche, die Klappen und die Hydraulik festgelegt. Nach der umfassenden Datenerhebung werden die Funktionen des Untersuchungsbereiches eruiert, und die 24 Funktionen auf die 25 Funktionsträger anteilmäßig umgelegt.

Mittels ABC-Analyse werden daraufhin jene Funktionen eruiert, die für rund 88 % der Kosten verantwortlich sind, und somit die relevanten Funktionen für das weitere Vorgehen darstellen.

Mit Hilfe des Funktions-Erfüllungsgrads werden die zuvor gefundenen Funktionen hinsichtlich ihrer Über- oder Untererfüllung im Workshop bewertet und daraus werden dann die Detailziele abgeleitet.

Drei Varianten werden durch Zuhilfenahme der Kreativitätstechnik „Morphologischer Kasten“ entwickelt. Die Kosten und Massen der so entstandenen Varianten werden berechnet und einer Nutzwertanalyse unterzogen, wobei die Gewichtung der dafür notwendigen Bewertungskriterien in einer Teamsitzung festgelegt wird. Im Zuge dessen kristallisiert sich eine favorisierte Variante „Middle-End“ heraus, die zu einem Lösungskonzept ausgearbeitet wird.

Die Kosteneinsparungen der Variante „Middle-End“ belaufen sich auf rund 11 % gegenüber den aktuellen Kosten.

Abstract

This diploma thesis is dealing with a value analysis, based on the ÖNORM 12973, of a novel bulk cargo container developed by Innofreight Speditions GmbH.

The object of the analysis is a 20 ft Open-Top bulk cargo container whose structure gauge is adapted to the maximum level allowed for railway transport. This container possesses a funnel shaped outlet formed by the end- and the side walls, the sealing of the outlet is build up of two hydraulic flaps. The field of application for this novel container is the transport of heavy free flowing bulk cargo.

After the setup of a core team consisting of 3 people, the area of interest for the analysis is narrowed down to the funnel sheet plate, the flaps, and the hydraulics. The functions of the area of interest are determined after an extensive data collection. The 24 functions are proportionately turned over to 25 function owners.

By means of ABC-analysis, the functions responsible for 88% of the costs are identified. These are the relevant functions the further approach.

In a workshop, the relevant function mentioned above, are evaluated in regard to their degree of fulfilment, leading to the assessment of the detailed goals.

By using a creative technique called "morphologic box" three versions for solution are generated. Costs and mass of each of the three versions is calculated and subjected to a cost-utility analysis. The emphasis for the assessment criteria were defined in a team meeting. At the end of this process, the version "Middle-End" is seen as the preferred one, which leads to the development of an implementation concept.

Compared to the current costs, the version "Middle-End" shows a cost reduction of 11%.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Innofreight Speditions GmbH	1
1.2	Ausgangssituation	2
1.2.1	Stand der Technik	2
1.2.2	RockTainer Logistikkonzept	7
1.2.3	RockTainer Konzept	9
1.2.4	Prototypenbau und Zulassung	13
1.3	Zielsetzung	15
1.4	Auswahl der Lösungsmethode	15
1.5	Vorgehen	17
2	WERTANALYSE	18
2.1	Entwicklung der Wertanalyse	18
2.2	Begriffserklärungen	18
2.2.1	Value Management	18
2.2.2	Wertanalyse	19
2.2.3	Wert	19
2.2.4	Bedürfnis	19
2.2.5	Funktion	19
2.2.6	Funktionenanalyse	20
2.2.7	Funktionskosten	20
2.2.8	Ressource	20
2.3	Teamarbeit und Wertanalyse	20
2.4	WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973	21
2.4.1	Arbeitsschritt 0 „Vorbereiten des Projekts“	21
2.4.2	Arbeitsschritt 1 „Projektdefinition“	22
2.4.3	Arbeitsschritt 2 „Planung“	23
2.4.4	Arbeitsschritt 3 „Umfassende Daten sammeln“	23
2.4.5	Arbeitsschritt 4 „Funktionenanalyse, Kostenanalyse, Detailziele“	23
2.4.6	Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“	25
2.4.7	Arbeitsschritt 6 „Bewertung der Lösungsideen“	25

2.4.8	Arbeitsschritt 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“	26
2.4.9	Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“	26
2.4.10	Arbeitsschritt 9 „Realisierung“	26
2.5	Ausgewählte Techniken in der WA	27
2.5.1	SWOT-Analyse.....	27
2.5.2	ABC-Analyse	28
2.5.3	Brainstorming	29
2.5.4	Morphologischer Kasten.....	30
2.5.5	Nutzwertanalyse.....	31
2.5.6	Paarweiser Vergleich.....	32
3	PRAXISBEISPIEL ROCKTAINER.....	34
3.1	Arbeitsschritt 0 „Vorbereiten des Projekts“	34
3.1.1	SWOT-Analyse.....	35
3.2	Arbeitsschritt 1 „Projektdefinition“	41
3.2.1	Untersuchungsbereich.....	41
3.2.2	Zielsetzungen	43
3.3	Arbeitsschritt 2 „Planung“	43
3.3.1	Teambildung.....	43
3.3.2	Zeitplan.....	44
3.3.3	Arbeitspakete	44
3.4	Arbeitsschritt 3 „Umfassende Daten sammeln“	44
3.4.1	Hydraulik	45
3.4.2	Oberflächenbeschichtung.....	48
3.4.3	Stahlbau	50
3.4.4	Kostenauflistung.....	56
3.4.5	Kostenkalkulation	58
3.5	Arbeitsschritt 4 „Funktionenanalyse, Kostenanalyse, Detailziele“	60
3.5.1	Funktionenanalyse und Reihung.....	60
3.5.2	Funktionskosten-Matrix	64
3.5.3	ABC-Analyse	68
3.5.4	Funktions-Erfüllungsgrad.....	69
3.5.5	Detailziele.....	71
3.6	Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“	72
3.6.1	Morphologischer Kasten.....	72

3.6.2	<i>Entwickeln von Varianten</i>	76
3.7	Arbeitsschritt 6 „Bewertung der Lösungsideen“	77
3.7.1	<i>Bewertungskriterien</i>	81
3.7.2	<i>Gewichtung</i>	82
3.7.3	<i>Nutzwertanalyse</i>	84
3.7.4	<i>Bewertung</i>	87
3.8	Arbeitsschritt 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“	91
3.8.1	<i>Lösungskonzept</i>	91
3.8.2	<i>Alternatives Lösungskonzept</i>	95
3.9	Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“	97
3.10	Arbeitsschritt 9 „Realisierung“	97
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	98
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	99
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	101
	TABELLENVERZEICHNIS	103
	LITERATURVERZEICHNIS	104
	ANHANG	1

1 Einleitung

Heutzutage ist es selbstverständlich, dass Güter in Containern auf Straße, Bahn, Schiff transportiert werden. Die Geschichte des kombinierten Verkehrs und somit auch die des Containers begann allerdings im 19. Jahrhundert. Die ersten Formen von kombiniertem Verkehr gab es bereits 1844, dabei wurden Equipagen mit Hilfe von Vorrichtungen ähnlich moderner Bockkräne von Pferdewägen auf Flachwaggons der Schiene umgesetzt. In Amerika wurde mit dem Behälterverkehr während dem ersten Weltkrieg begonnen, da nur so der Nachschub von Kriegsgütern für die europäischen Alliierten optimal organisiert werden konnte. In Europa waren die Briten die Vorläufer im Behälterverkehr, da sie auf Grund ihrer geografischen Lage gezwungen waren, Güter auch über den Seeweg auszutauschen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es bereits erste Bemühungen zur verstärkten Zusammenarbeit der Länder Europas und der Staaten der ganzen Welt um die Leistungen der Verkehrsträger Schiene und Straße besser zu koordinieren. Die verwendeten Behältertypen waren sehr unterschiedlich und meist an die zu verladenden Gütern angepasst, deshalb wurde versucht internationale Normen und technische Vorschriften und Abmessungsbestimmungen für Europa einzuführen.¹

Die Standardisierung der Container ist mittlerweile vollzogen und hat sich auch international etabliert. Jedoch kommen bei den Eisenbahnunternehmungen für den Transport von Schüttgütern, wie zum Beispiel Koks, Kohle, Eisenerz, Eisen-Pellets, Schotter, Sand, usw., immer noch Spezialwaggons zum Einsatz. Diese Spezialwaggons haben aber zumeist den wesentlichen Nachteil, dass sie nicht universell für jedes Schüttgut einsetzbar sind. Daher wurde die Idee für einen neuartigen Schüttgutcontainer geboren, der für verschiedene, schwere Schüttgüter geeignet ist. Dieser neuartige Schüttgutcontainer sollte das bestehende Produktportfolio der Fa. Innofreight Speditions GmbH komplettieren.

1.1 Innofreight Speditions GmbH

Die Fa. Innofreight wurde im September 2002 mit der Konzeptidee „WoodLogistics“ gegründet, die Erstumsetzung der WoodTainer-Technologie fand 2005 in Steti, Tschechien statt. Das Ziel der Fa. Innofreight ist es, innovative modulare Gütertransport- und Logistiksysteme für den kombinierten Verkehr zu entwickeln. Diese innovativen Systeme sind für den Transport verschiedener Schüttgüter, beispielsweise Kohle, Erze, Hackschnitzel, Gips in momentan 11 europäischen Ländern (Finnland, Norwegen, Schweden, Schweiz, Ungarn, Italien, Deutschland, Polen, Slowakei,

¹ Vgl. Hansen (2000), S.15ff

Tschechien, Österreich) im Einsatz. Da die Container und Entladesysteme vielfältig einsetzbar sind, zählen u.a. Zuckerfabriken, Recyclingunternehmen, Gipskartonplattenhersteller, Stahlindustrie, Papierfabriken, Zementindustrie oder Biomassekraftwerke zu den Kunden der Fa. Innofreight Speditions GmbH. Im Zeitraum von 2004 bis 2010 wurden über 60 Mio. m³ Schüttgüter mit Innofreight-Containern transportiert und es wurden rund 1 Mio. Containerentladungen durchgeführt. Um diese Aufgaben bewerkstelligen zu können, beschäftigt die Fa. Innofreight Speditions GmbH 23 MitarbeiterInnen und verfügt über 3.500 WoodTainer.²

1.2 Ausgangssituation

Bei Erweiterungen oder Erneuerungen der Eisenbahninfrastruktur, werden unter anderem auch große Mengen an Schüttgütern transportiert. Bei diesen Großbaustellen erfolgen der Abtransport von Abraummateriale sowie die Zuführung von Baustoffen überwiegend per Eisenbahn, da diese über die ausreichenden Transportkapazitäten verfügen. Ein weiterer Punkt der für die Beförderung der Schüttgüter mittels Eisenbahn spricht ist jener, dass zumeist relativ große Distanzen zwischen den Produktionsorten der Baustoffe und den Verwendungsorten zu überwinden sind.

Ausgehend von der Idee, die Transportlogistik für diese Schüttgüter zu optimieren wurde das Konzept des RockTainers entwickelt. Der RockTainer sollte im Wesentlichen auf einen 20 Fuß (foot, ft) Open-Top-Container basieren und muss sich nahtlos in das bestehende Innofreight-Transportsystem einreihen. Durch diese wesentlichen Konzeptvorgaben ist gewährleistet, dass die Verwendung von Standard 60 ft Containertragwagen möglich ist.

1.2.1 Stand der Technik

Für die Zuführung von Gleisschotter werden Wagen oder Wagengruppen eingesetzt, die unter anderem für den Transport von Baustoffen entwickelt wurden. Diese Wagen werden des Weiteren auch für den Transport von Koks, Eisenpellets, Sand oder Kies verwendet.

Für die Gleisschotterausbringung kommen im Wesentlichen Tiefentladewagen oder Schotterausbringungsmaschinen zum Einsatz.

² Vgl. Innofreight (30.05.2012), www.innofreight.com

Der dabei ausgebrachte Schotter hat folgende Spezifikation:³

Körnung I: 31,5 bis 63,0 mm

Körnung II: 16,6 bis 31,5 mm

Schüttdichte⁴: 1.500 bis 1.600 kg/m³

Tiefentladewagen:

Die Tiefentladewagen werden mit Hilfe von Förderbändern oder Radladern von oben beladen und mittels Klappen, die sich am tiefsten Punkt des trichterförmigen Laderaums befinden, entladen (Abbildung 1-1).



Abbildung 1-1: 2-achsiger Güterwagen der Gattung „F“ - Firma railpro GmbH⁵

Das Öffnen und Schließen der Klappen erfolgt über einen Hebelmechanismus, der vom Bediener per Hand betätigt wird. Durch die Veränderung der Klappenstellung ist es dem Bediener möglich, den Schüttgutstrom während der Entladung zielgerecht zu dosieren (Abbildung 1-2).



Abbildung 1-2: Hebelmechanismus geschlossen (links) und Dosierung (rechts)⁶

³ ÖBB-Infrastruktur (2007), S.1

⁴ Gespräche mit Österreichische Bundesbahnen (ÖBB) - Infrastruktur AG (30.08.2010)

⁵ Teutschmann Hp. (18.01.2012), <http://www.bahnbilder.de>

⁶ Innofreight (30.08.2010)

Das Nachschottern von bestehenden Gleisanlagen erfolgt während der Fahrt (Abbildung 1-3), wobei die abgegebene Schottermenge pro Streckenabschnitt durch vorangegangene Messungen vorgegeben wird.



Abbildung 1-3: Nachschotterung - dosierte Entladung während der Fahrt⁷

Die Bereiche in denen der Gleisschotter eingebracht wird, befinden sich links und rechts sowie zwischen den Schienen (Abbildung 1-4). Die Schottereinbringung neben den Schienen – vergleiche (vgl.) Bereich 1 in Abbildung 1-4 - erfolgt in einem Abstand von 400 mm bis 900 mm zur Schienenmitte.⁸

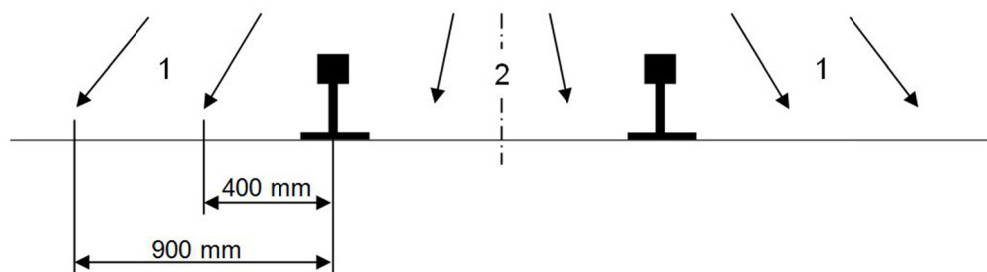


Abbildung 1-4: Bereiche für die Nachschotterung des Gleisoberbaus⁹

Vorteile der Tiefentladewagen:¹⁰

- Gute Verfügbarkeit
- Geringe Mietkosten
- Etabliertes System

⁷ Innofreight (30.08.2010)

⁸ Gespräche mit ÖBB-Infrastruktur AG (30.08.2010)

⁹ Innofreight (03.09.2010)

¹⁰ Gespräche mit ÖBB-Infrastruktur AG (30.08.2010)

Nachteile der Tiefentladewagen:¹¹

- Hoher Instandhaltungsaufwand
- Vollständiges schließen der Klappen oft nicht möglich (Verschmutzung der Hebelmechanik bzw. im Bereich der Klappen)
- Teilweise hoher Kraftaufwand für die Hebelbetätigung notwendig
- Korrekte Dosierung bei der Entladung teilweise schwierig
- Entladung des Schüttguts kann nur unterhalb des Wagens bzw. im Bereich der Schienen erfolgen

Schotterausbringungsmaschine:

Die Schotterausbringungsmaschinen werden, ebenfalls wie die Tiefentladewagen, mit Hilfe von Förderbändern oder Radladern von oben beladen und mittels Klappen, die sich am tiefsten Punkt des trichterförmigen Laderaums befinden, entladen. Bei der in Abbildung 1-5 dargestellten Maschine der Fa. Swietelsky, bilden sechs Wagen eine geschlossene Wagengruppe, die durch ein durchgehendes Förderband verbunden ist. Die Verbrennungskraftmaschine (VKM) in der Mitte der Wagengruppe versorgt den Antrieb des Förderbands sowie die hydraulischen Zylinder der Klappen mit Energie.



Abbildung 1-5: Schotterausbringungsmaschine (Fa. Swietelsky)¹²

Das Öffnen und Schließen der Klappen erfolgt durch Hydraulikzylinder, welche durch den Bediener über Hebelmechanismen gesteuert werden (Abbildung 1-6).

¹¹ ebenda

¹² Innofreight (15.09.2010)



Abbildung 1-6: Hebelmechanismus inklusive Hydraulik (links) und Dosierung (rechts)¹³

Die Abgabe des Schüttguts erfolgt nur stirnseitig unter Zuhilfenahme eines weiteren Wagens, der mit zwei schräg angeordneten Förderbändern ausgestattet ist (Abbildung 1-7). Das letzte Förderband kann gegebenenfalls um die Wagenhochachse geschwenkt werden, um eine Entladung seitlich der Gleisanlage zu ermöglichen.



Abbildung 1-7: Schüttgutübergabewagen¹⁴

¹³ ebenda

¹⁴ Innofreight (15.09.2010)

Diese Spezialmaschinen werden vor allem bei Eisenbahn- Neubaustellen eingesetzt, da bei diesen Baustellen, auf Grund der noch zu errichtenden Gleisinfrastruktur, nur eine stirnseitige Abgabe des Baumaterials möglich ist.

Vorteile der Schotterausbringungsmaschine:¹⁵

- Schnelle Entladung
- Schüttgüter können von jedem Wagen durch das durchgängige Förderband zum Übergabewagen befördert werden
- Bereits erprobtes System

Nachteile der Schotterausbringungsmaschine:¹⁶

- Die Entladung kann auf Grund des durchgehenden Förderbands nur auf einem absolut geraden Gleisabschnitt von mindestens (min.) 74 m Länge erfolgen
- Die Wagengruppe kann nur im Stillstand entleert werden
- Hoher Instandhaltungsaufwand
- Entladung des Schüttguts kann nur stirnseitig von der Wagengruppe erfolgen
- Beim technischen Versagen der Förderbandeinheit kann die gesamte Wagengruppe nicht mehr entladen werden

1.2.2 RockTainer Logistikkonzept

Für den Containertransport von der Beladestelle zur Baustelle und retour werden 60 ft-Standardcontainertragwagen verwendet, da diese in einer genügend hohen Stückzahl zur Verfügung stehen und zudem eine gute Tragfähigkeit vorweisen können (Abbildung 1-8).

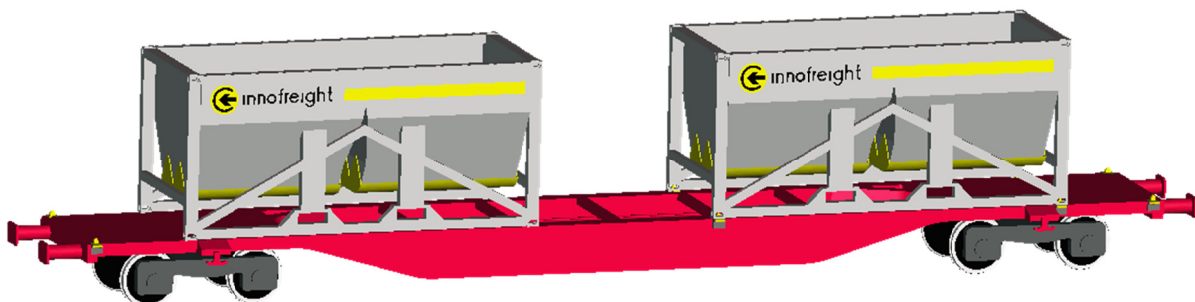


Abbildung 1-8: 60 ft Containertragwagen mit zwei Stück RockTainer¹⁷

¹⁵ Gespräche mit ÖBB-Infrastruktur AG (15.09.2010)

¹⁶ ebenda

¹⁷ Innofreight (03.09.2010)

Im Bereich der Entladestelle werden die Container auf einen anderen, mit einem Förderband ausgestattet 60 ft Containertragwagen umgeschlagen. Das Förderband wird über die Containerzapfen des Wagens arretiert und ist direkt unter den Klappen des Containers platziert (Abbildung 1-9).

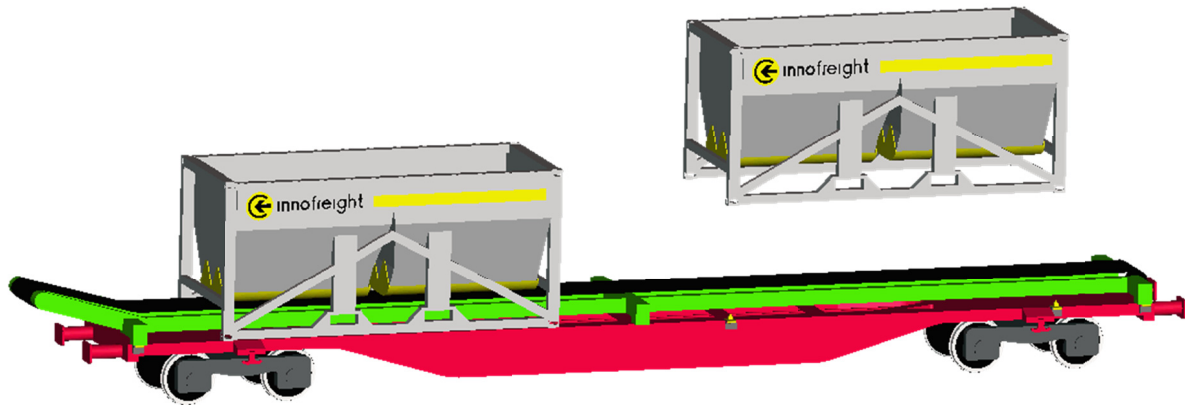


Abbildung 1-9: 60 ft Containertragwagen mit zwei Stück RockTainer und Förderband¹⁸

Die Schüttgutübergabe zwischen zwei Wagen wird durch das absenkbare Förderband bewerkstelligt (Abbildung 1-10).

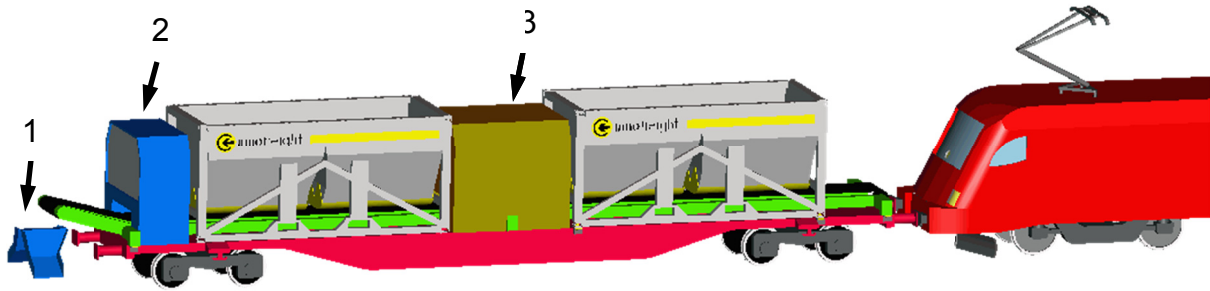


Abbildung 1-10: Schüttgutübergabe zwischen zwei Wagen¹⁹

Angetrieben werden das Förderband sowie die Klappen des RockTainers durch ein zwischen den Containern befindliches VKM-Aggregat (Abbildung 1-11). Wahlweise kann das System auch durch eine Rutsche erweitert werden, die eine seitliche Bodenentladung ermöglicht. Die Bedienung des modularen Systems erfolgt von einer Bedienkabine am Ende des Wagens.

¹⁸ ebenda

¹⁹ Innofreight (03.09.2010)



Rutschen (1), Bedienkabine (2), VKM-Aggregat (3)

Abbildung 1-11: Modulare Erweiterungen des RockTainer-Systems²⁰

Weitere Entlademöglichkeiten sind die Drehentladung sowie das Abkippen mittels Lastkraftwagen. Bei Anwendung der LKW-Entladung, muss zwischen dem Kippchassis und dem RockTainer ein Blech montiert werden. Beim Öffnen der Klappen fällt das Schüttgut auf das Blech und wird durch das Aufkippen des Kippchassis zum hinteren Ende des LKW weiterleitet (Abbildung 1-12).



Abbildung 1-12: Drehentladung (links) und Kippentladung (rechts)²¹

1.2.3 RockTainer Konzept

Basierend auf der Idee für den neuartigen Schüttgut-Container entwickelte Herr Wanek-Pusset ein erstes grundsätzliches Konzept für den RockTainer (Abbildung 1-13).

²⁰ ebenda

²¹ Innofreight (03.09.2010)

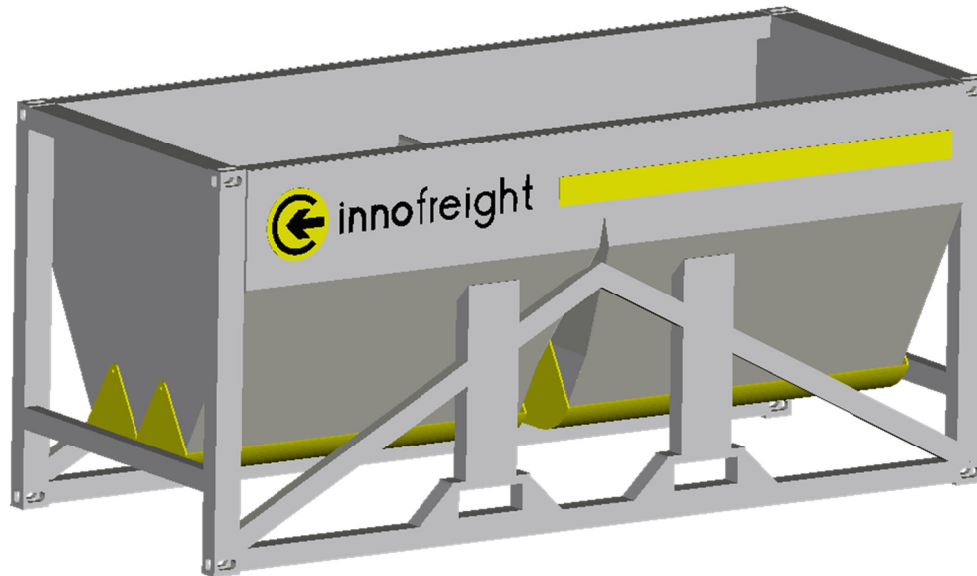


Abbildung 1-13: Erstes Konzept des RockTainers²²

Die wesentlichen Merkmale des ersten Konzepts sind:²³

- Volle Kompatibilität mit dem bestehenden Innofreight-Containersystem
- Umschlag und Manipulation mit dem Drehentladestapler möglich
- Anzahl der Kammern: 2
- Länge 20 ft
- Breite 2,55 m
- Höhe 2,9 m
- Ladevolumen circa (ca.) 25 m³
- Eigengewicht ca. 3,5 t
- Maximale Zuladung 32,5 t
- Maximales Gesamtgewicht 36 t

Im Zuge von weiteren intensiven Gesprächen mit den Eigentümern und den Betreibern der aktuellen Tiefentladewagen, sowie mit den Betreibern von Containertragwagen wurde das erste Konzept des RockTainers überarbeitet. Die Wesentlichen daraus resultierenden Änderungen sind die Halbierung der Kammeranzahl, von zwei Kammern auf eine Kammer, sowie die Verbreiterung der des Containers von 2,55 m auf 2,9 m. Die Verwendung einer Kammer an Stelle von zwei Kammern hat die Vorteile, dass die Anzahl der Bauteile reduziert, sowie der Bereich der Schüttgutabgabe im Mittleren Bereich des Containers konzentriert werden können. Die Verbreiterung des Containers

²² ebenda

²³ Innofreight (03.09.2010)

kompensiert zu einem großen Anteil die Verluste des Ladevolumens, die mit der Reduktion der Kammeranzahl einhergehen. In Abbildung 1-14 ist das zweite Konzept des RockTainers ersichtlich.²⁴

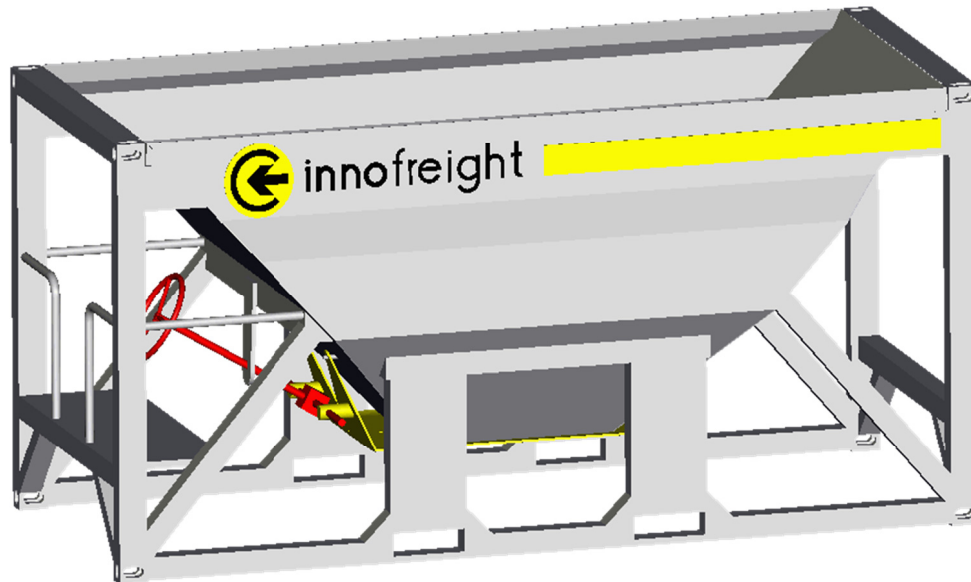


Abbildung 1-14: Zweites Konzept des RockTainers²⁵

Das zweite Konzept weist im Vergleich zum ersten Konzept folgende Änderungen auf:²⁶

- Manuelles Öffnen und Schließen der Klappen mittels Dreh Rad
- Anzahl der Kammern 1
- Breite 2,9 m
- Ladevolumen ca. 23 m³

Auf Grund von weiteren Gesprächen mit den Eigentümern und den Betreibern der aktuellen Tiefentladewagen wurde das zweite RockTainer-Konzept weiter optimiert. Gleichzeitig wurden dabei grundlegende Festigkeitsberechnungen sowie fertigungsbedingte Änderungen durch den Containerfertiger vorgenommen. Der untere Bereich des Trichters wie auch die Klappen wurden auf Grund der Ergebnisse aus den Festigkeitsberechnungen erheblich verstärkt. Des Weiteren wurden die Klappen aus kinematischen Gründen in Containerlängsrichtung verlängert und anstelle der mechanischen Betätigung wurde auf ein hydraulisches System zurückgegriffen. Das

²⁴ Innofreight (04.10.2010)

²⁵ ebenda

²⁶ ebenda

Ergebnis dieser Optimierungen ist das Konstruktionsmodell des RockTainers, welches in Abbildung 1-15 ersichtlich ist.²⁷

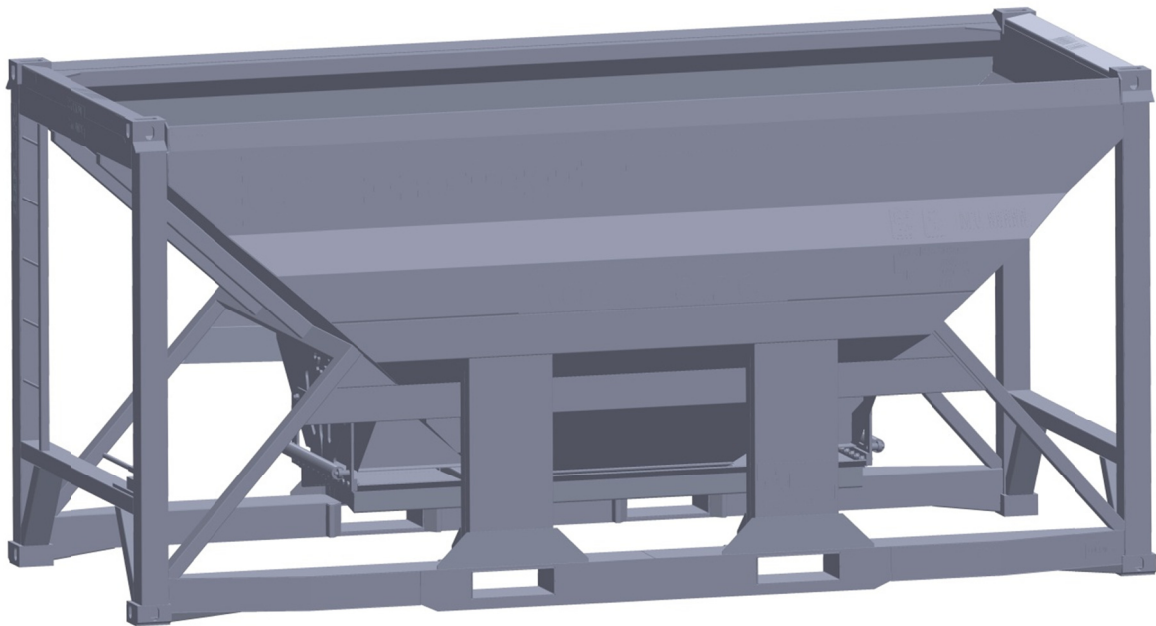


Abbildung 1-15: Konstruktionsmodell des RockTainers²⁸

Die wesentlichen Merkmale des dritten Konzepts sind in den folgenden Punkten aufgelistet, wobei die Änderungen zum zweiten Konzept durch eine dicke Schreibweise hervorgehoben sind.²⁹

- Volle Kompatibilität zum bestehenden Innofreight-Containersystem
- Umschlag und Manipulation mit dem Drehentladestapler möglich
- **Manuelles Öffnen und Schließen der Klappen mittels Hydraulikpumpe**
- Anzahl der Kammern 1
- Länge 20 ft
- Breite 2,9 m
- Höhe 2,9 m
- Ladevolumen 23 m³
- **Eigengewicht 3,98 t**
- **Maximale Zuladung 32,02 t**
- Maximales Gesamtgewicht 36 t

²⁷ Innofreight (18.12.2010)

²⁸ ebenda

²⁹ ebenda

1.2.4 Prototypenbau und Zulassung

Nach Freigabe des Konstruktionsmodells wird mit der Prototypenfertigung begonnen. Um die vorgegebenen Maßtoleranzen einzuhalten, werden bei der Prototypenfertigung zuerst die acht Eckbeschläge in einem Montagegestell positioniert und anschließend werden die innenliegenden Bauteile angeschweißt. In Abbildung 1-16 ist der grüne Montagegestell sowie der teilweise fertig geschweißte RockTainer ersichtlich.



Abbildung 1-16: RockTainer Prototypenfertigung³⁰

Nachdem der Stahl-Rohbau des RockTainers fertiggestellt ist, wird der Container einer Reihe von Tests unterworfen um die international anerkannte Container-Zulassung zu erlangen. Der vom RockTainer zu absolvierende Prüfumfang ist in der „International convention for safe containers“ (CSC) der International Maritime Organisation zusammengefasst. Eine der zahlreichen Zulassungsprozeduren ist der sogenannte Hebe-Test, bei dem der Container auf das doppelte zulässige Gesamtgewicht beladen und den unterschiedlichen Hebe- und Abstellverfahren unterworfen wird, wobei sich der Container nur innerhalb gewisser Toleranzen verformen darf. Bei einem angestrebten zulässigen Gesamtgewicht von 36 t bedeutet dies, dass der Container auf ein Gesamtgewicht von 72 t beladen werden muss.³¹

Um die angestrebten 72 t zu erreichen, wurde der Container vollständig mit Sand gefüllt und noch zusätzlich mit acht Stahlgewichten beschwert (Abbildung 1-17).

³⁰ Innofreight (10.02.2011)

³¹ Vgl. IMO (1996), S.23



Abbildung 1-17: RockTainer CSC-Zulassung - Hebe-Test³²

Nach der positiven Absolvierung aller Zulassungsprozeduren wird der RockTainer sandgestrahlt, lackiert und mit allen notwendigen Kennzeichnungen versehen (Abbildung 1-18).



Abbildung 1-18: RockTainer - fertiggestellter Prototyp³³

³² Innofreight (16.02.2011)

³³ Innofreight (06.04.2011)

1.3 Zielsetzung

Nach Fertigung des ersten RockTainers und der CSC-Zulassung wurden die ersten Funktionstests absolviert. Auf Basis der dadurch gewonnen Erkenntnisse wurden die Grobziele für diese Diplomarbeit definiert:

- **Gewährleistung der Prozessfähigkeit und Prozesssicherheit der Containerentleerung über die Klappen**
Bisher wurden bei Fa. Innofreight alle Container mit Hilfe der Drehentladung um die Containerquerachse oder um die Containerlängsachse entleert. Da die Entleerung über mechanisch bewegte Klappen firmenintern noch nicht erprobt wurde, soll diesem Prozess besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.
- **Reduktion der Fertigungskosten um 10 %**
Die Senkung der Fertigungskosten um 10 % soll im Zuge einer Reduktion der verbauten Teile sowie mit einer Gewichtsoptimierung erfolgen.
- **Reduktion der Konstruktionskomplexität**
Im Zuge der CSC-Zulassung sowie bei den ersten Funktionstests wurde der Container immer wieder adaptiert, was sich auf die Komplexität der Konstruktion negativ ausgewirkt hat. Diese Komplexität sollte möglichst reduziert werden.
- **Erarbeitung von Ansätzen zur Standardisierung**
Um die Fertigung sowie die Instandhaltung des Containers möglichst einfach zu halten, soll auf Standardbauteile sowie einheitlichere Blechdicken zurückgegriffen werden.

1.4 Auswahl der Lösungsmethode

Da die gesetzten Ziele mit drei unterschiedlichen Interessensgruppen, nämlich dem Container-Fertiger, dem Container-Eigentümer und dem Container-Mieter, im Zusammenhang stehen, musste versucht werden, die Erreichung der Ziele unter Berücksichtigung der Forderungen aller Interessensgruppen zu gewährleisten.

Interessen des Container-Fertigers:

Der Container-Fertiger hat das Bestreben, seine Maschinen und sein Personal möglichst gleichmäßig auszulasten bzw. strebt er an, die Wertschöpfung für seine Unternehmung möglichst zu maximieren.

Aus Sicht des Container-Fertigers ist es daher teilweise sinnvoller, Profilrohre aus zusammengeschweißten Blechen zu produzieren, anstatt diese als Halbzeuge zu zukaufen, obwohl die Festigkeitseigenschaften, Formstabilitäten und Maßtoleranzen der zugekauften Profilrohre besser wären.

Als ein weiteres Beispiel für divergierende Interessen, sei noch die Verschraubung erwähnt. Bei geringen Lohnkosten, ist für den Fertiger die Herstellung von Gewindebohrungen zweckmäßig, da er keine zusätzlichen Bauteile beschaffen muss - jedoch ist aus Sicht des Eigentümers und des Betreibers eine Gewindebohrung eher von Nachteil, da eine optische Kontrolle des Verschraubungszustandes erschwert wird bzw. nicht möglich ist. Der Einsatz von selbstsichernden Muttern mit Kunststoff- oder Metallring in Kombination mit einer Durchgangsbohrung würde die Losdrehbarkeit wesentlich erhöhen und zugleich die Instandhaltung und die optische Kontrolle erleichtern.

Interessen des Container-Eigentümers:

Das Bestreben des Container-Eigentümers ist, die Container für einen geringen Preis zu kaufen und zu einem profitablen Preis zu vermieten. Der Kaufpreis eines Containers wird zumeist auf die Eigenmasse des Containers bezogen, wodurch unterschiedliche Container-Typen miteinander vergleichbar werden. Da unter anderem auch der Stahlpreis je Kilogramm Stahlblech [€/kg] einen Einfluss auf den Kaufpreis hat, strebt der Container-Eigentümer ein geringes Eigengewicht des Containers an.

Mit der Reduktion des Eigengewichts (geringere Blechstärken bei gleicher Werkstoffgüte) wird zumeist auch die Belastbarkeit der Container-Konstruktion reduziert, wodurch sich auch das mögliche Einsatzgebiet des Containers verkleinert.

Der Instandhaltungsaufwand wird maßgeblich durch die Komplexität und die Bauweise der bewegten Teile bestimmt, da diese Teile meist durch Verschleiß und Verschmutzung in ihrer Funktionalität negativ beeinflusst werden und daher störungsanfällig sind. Die Komplexität und die Bauweise der bewegten Teile werden unter anderem durch die Fertigungsmöglichkeiten des Container-Fertigers bestimmt und können daher nur teilweise hinsichtlich einer vereinfachten Instandhaltung verändert werden.

Interessen des Container-Mieters:

Der Container-Mieter fordert bei voller Kompatibilität zu bestehenden Systemen eine Steigerung seines Nutzens und wünscht zugleich möglichst geringe Mietkosten.

So sollten zum Beispiel die Komponenten, die zur Erleichterung der Bedienung verbaut sind, nicht die Eigenmasse des Containers erhöhen, da dadurch die mögliche Zuladung reduziert wird.

Um die soeben angeführten Wechselbeziehungen möglichst in ihrer Gesamtheit zu berücksichtigen, wird zur Erreichung der gesetzten allgemeinen Ziele eine Methode angewandt, die es ermöglicht, den Containers in seiner Gesamtheit zu analysieren und anschließend zu beurteilen. Wesentlich ist dabei, dass alle Belange der Interessensgruppen bei der Beurteilung der Ist-Situation in Betracht gezogen werden und alle Belange der Interessensgruppen auch bei der Entwicklung des Ziel-Systems berücksichtigt werden. Mit Hilfe der Wertanalyse-Methode (WA) gelingt es, die teilweise gegenläufigen Interessen hinsichtlich eines gemeinsamen Optimums zu kombinieren, da die WA-Methode den Wert einer Funktion (FU) in den Vordergrund stellt.

1.5 Vorgehen

Durch die Begleitung der Konzept- und Prototypenentwicklung, sowie durch zahlreiche Gespräche mit den Container-Fertigern und Container-Betreibern wurde eine gute Basis geschaffen, um sich eingehender mit der Optimierung der neuartigen RockTainers zu beschäftigen. Bereits beim Zulassungstest sowie bei den ersten grundlegenden Funktionstests konnten einige Ansatzpunkte für eine Verbesserung gefunden werden.

Um die gesammelten Informationen und Erfahrungen bei der Optimierung möglichst im gesamten Umfang zu berücksichtigen, wurde auf die Methode der Wertanalyse (WA) zurückgegriffen. Nach eingehenden Literaturrecherchen zur Thematik „Wertanalyse“ sowie der weiterführenden Literatur zum Thema „Teamarbeit“ und „Kreativitätstechniken“ konnte ein WA-Team zusammengestellt werden.

Das WA-Team bereitete die vorhandenen Daten auf, holte gegebenenfalls noch fehlende Informationen ein und arbeitete die Arbeitsschritte gemäß dem WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973 ab.

Die Ergebnisse wurden der Geschäftsführung der Firma Innofreight, sowie dem Betreuer des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung präsentiert. Abschließend erfolgte die Niederschrift der erarbeiteten Informationen und Ergebnisse in Form dieser Diplomarbeit.

2 Wertanalyse

Basierend auf Quellen einschlägiger Fachliteratur wird im folgenden Abschnitt die Thematik „Wertanalyse“, inkl. der erforderlichen Techniken und Arbeitsmethoden, erläutert.

2.1 Entwicklung der Wertanalyse

Als Urheber der Wertanalyse gilt Lawrence D. Miles, der bereits 1947 durch Kombination von methodischen Elementen eine systematische Wertverbesserung erwirken konnte.³⁴ Im amerikanischen Raum verbreitete sich die Wertanalyse-Methode in allen Bereichen der Industrie sehr rasch und daher wurde 1959 die Society of American Value Engineers (SAVE) gegründet, die sich mit der Wertanalyse-Ausbildung und Weiterentwicklung befasst.³⁵ In Deutschland beschäftigt sich der Verein Deutscher Ingenieure (VDI)-Gemeinschaftsausschuss Wertanalyse seit 1975 mit der Wertanalyse, welcher 1984 in das Zentrum Wertanalyse (ZWA) der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) eingegliedert wurde.³⁵ Ausgehend von der Wertanalyse hat sich der Managementstil Value Management entwickelt, welcher ebenfalls auf dem Wert- und Funktionenansatz beruht.³⁶

2.2 Begriffserklärungen

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Begriffe aus der Wertanalyse erläutert.

2.2.1 Value Management

„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.“³⁷

³⁴ Vgl. Zentrum (1995), S.10f.

³⁵ Vgl. Zentrum (1995), S.12

³⁶ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.4

³⁷ ÖNORM EN 12973 (2001), S.8

2.2.2 Wertanalyse

„Wertanalyse wird definiert als ein organisierter und kreativer Ansatz, der einen funktionsorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess mit dem Ziel der Wertsteigerung eines WA-Objekts zur Anwendung bringt.“³⁸

2.2.3 Wert

Der Begriff „Wert“ wird als Verhältnis der Befriedigung von Bedürfnissen und dem Einsatz von Ressourcen gesehen (Abbildung 2-1).³⁹

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

Abbildung 2-1: Wert als Funktion von Bedürfnisbefriedigung und Ressourceneinsatz⁴⁰

2.2.4 Bedürfnis

Ein Bedürfnis ist von einem Nutzer empfundener Mangel, den er beheben möchte, wobei die Dringlichkeit zur Bedürfnisbefriedigung situations- und nutzerabhängig ist.⁴¹ Die Gesamtheit aller Bedürfnisse können in folgende zwei Bedürfnisgruppen unterteilt werden:⁴¹

- Gebrauchsbedürfnisse: körperlich und messbar
- Geltungsbedürfnisse: subjektiv und nicht direkt messbar

2.2.5 Funktion

Die Funktion ist die Wirkung eines Produkts oder eines seiner Bestandteile, welche mit Hilfe eines aktiven Verbs eines messbaren Hauptwortes beschrieben werden kann.⁴²

³⁸ ÖNORM EN 12973 (2001), S.27

³⁹ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.13

⁴⁰ ebenda

⁴¹ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.14

⁴² Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.15

2.2.6 Funktionenanalyse

Kernpunkt der Funktionenanalyse (FA) ist das Erkennen und das Beurteilen von Funktionen und sie begünstigt zugleich die Kommunikation innerhalb der Gruppe.⁴³

2.2.7 Funktionenkosten

Die gesamten Kosten des Produkts werden auf die Funktionen aufgeteilt und liefern somit eine neue Möglichkeit ein Produkt zu betrachten, wobei die Funktionenkosten (FK) in Summe wieder die Produktkosten ergeben.⁴⁴

2.2.8 Ressource

Unter dem Begriff Ressource versteht man all jenes, das zur Bedürfnisbefriedigung benötigt wird.⁴⁵

2.3 Teamarbeit und Wertanalyse

Unzertrennlich mit der Wertanalyse verbunden, ist der Begriff „Teamarbeit“. Grundlegend hat die Teamarbeit zwei Bedeutungen:⁴⁶

- Gruppenarbeit
Ein wesentlicher Vorteil der Gruppenarbeit ist, dass durchschnittliche Menschen in der Gruppe überdurchschnittliche Leistungen erzielen können.
- Zusammenarbeit
Wie der Erfolg einer Unternehmung mit der Zusammenarbeit steht oder fällt, so ist die Zusammenarbeit auch wesentlich für die Wertanalyse.

Pro Gruppensitzung sollte die Anzahl der Teilnehmer nicht größer als sieben Personen sein, da es sonst schwierig ist eine reibungslose Kommunikation zu gewährleisten und die Wortmeldungen je Teilnehmer aus zeitlichen Gründen stark verkürzt sein müssen.⁴⁷

⁴³ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.17

⁴⁴ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.28

⁴⁵ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.16

⁴⁶ Vgl. Hoffmann (1993), S.40

⁴⁷ Vgl. Schlicksupp (1993), S.45

2.4 WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973

Der Wertanalyse-Arbeitsplan besteht aus neun Grundsritten, sowie einem Vorbereitungsschritt und stellt eine praxiserprobte Vorgehensweise dar (Tabelle 2-1).⁴⁸ Dieser zehnstufige Arbeitsplan basiert auf langjährigen und vielfältigen praktischen Projekterfahrungen und sollte daher als Roter-Faden-Weg für die Problemlösungen gesehen werden.⁴⁹

Folgende zwei Regeln sollten bei der Wertanalyse eingehalten werden:⁴⁹

- Keinen Arbeitsschritt auslassen
- Sequenz der Arbeitsschritte einhalten

0	Vorbereitung des Projekts
1	Projektdefinition
2	Planung
3	Umfassende Daten über die Studie sammeln
4	Funktionenanalyse, Kostenanalyse, Detailziele
5	Sammeln und Finden von Lösungsideen
6	Bewertung der Lösungsideen
7	Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge
8	Präsentation der Vorschläge
9	Realisierung

Tabelle 2-1: Wertanalyse-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973⁵⁰

Die einzelnen Schritte werden in den folgenden Ausführungen erläutert.

2.4.1 Arbeitsschritt 0 „Vorbereiten des Projekts“

Folgende Voraussetzungen sind vor Beginn des Projekts durch den Auftraggeber zu klären:⁵¹

- Ernennung eines Projektleiters
- Ernennung eines WA-Moderators
- Rentabilität des WA-Projekts abschätzen

⁴⁸ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.32

⁴⁹ Vgl. VDI (2011), S.39

⁵⁰ Vgl. ÖNORM EN 12973 (2001), S.33ff.

⁵¹ Vgl. VDI (2011), S.41

Die Funktionen des Projektleiters und WA-Moderators können in einer Person vereinigt werden, sofern diese Person die erforderlichen Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz hat.⁵¹

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁵¹

- Risiko- und Rentabilitätsbetrachtung
- Strength Weakness Opportunities Threats-Analyse (SWOT-Analyse)
- Portfolio-Modelle
- ABC-Analyse

2.4.2 Arbeitsschritt 1 „Projektdefinition“

Mit Hilfe von sogenannten Fragelisten (Abbildung 2-2) kann das WA-Objekt eingekreist und daraus möglichst quantifizierbare und ganzheitliche Zielesetzungen abgeleitet werden.⁵²

- Wo Produkte nicht mehr wettbewerbsfähig sind (zu teuer, mangelhafte Funktionen, schlechte Qualität).
- Wo Produkte mit zusätzlichen Funktionen (Zusatznutzen) benötigt werden.
- Wo neue aussichtsreiche Betätigungsfelder für das Unternehmen gefunden werden müssen.
- Wo neue gewinnbringende Produkte benötigt werden.
- Wo Produkte zu lange Lieferzeiten haben.
- Wo die Entwicklung neuer Produkte zu lange dauert.
- Wo die Produktionskapazität zu gering ist.
- Wo der Umweltschutz nicht ausreichend gewährleistet ist.
- Wo Rüstzeiten zu lang sind.
- Wo die Ausschussquoten zu hoch sind.
- Wo Lagerbestände zu hoch sind.
- Wo alte Technologien durch neue ersetzt werden müssen.
- Wo Zukunftsstrategien entwickelt werden müssen.
- Wo Dienstleistungsfunktionen nicht marktgerecht verkauft werden.

Abbildung 2-2: Frageliste für WA-Projekte aus dem Produktbereich⁵³

Die Zielsetzungen können von unterschiedlichster Art sein, wie zum Beispiel:⁵⁴

- Kosten- und Effizienzzielsetzungen
- Qualitäts-, Markterwartungs-, Verfügbarkeits-, und Zeitziele

⁵² Vgl. VDI (2011), S.42

⁵³ VDI (2011), S.42

⁵⁴ Vgl. VDI (2011), S.42

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁵⁵

- Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA)
- Marktanalyse
- Benchmarking

2.4.3 Arbeitsschritt 2 „Planung“

Dieser Arbeitsschritt beinhaltet die Festlegung der Mitglieder des Projektteams, des Zeitplanes sowie die Sammlung von Arbeitspaketen, die für den nächsten Arbeitsschritt vorzubereiten sind.⁵⁶

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁵⁷

- Teambildung
- Projektmanagement
- Netzwerkplantechnik

2.4.4 Arbeitsschritt 3 „Umfassende Daten sammeln“

Die durch die Teammitglieder gesammelten und aufbereiteten Daten werden in der Projekt-Sitzung hinsichtlich Stärken und Schwächen analysiert und diskutiert.⁵⁸

Die methodischen Instrumente für diesen Schritt können zum Beispiel sein:⁵⁹

- Simultaneous Engineering
- Engpass-Analyse
- Ursachen-/Wirkungs-Diagramm

2.4.5 Arbeitsschritt 4 „Funktionenanalyse, Kostenanalyse, Detailziele“

Im Arbeitsschritt 4 erfolgt die Überführung der gesammelten Daten in die wertanalytische Strukturumgebung, wobei die nutzerbezogenen Funktionen den

⁵⁵ Vgl. VDI (2011), S.43f.

⁵⁶ Vgl. VDI (2011), S.44f.

⁵⁷ Vgl. VDI (2011), S.45

⁵⁸ Vgl. VDI (2011), S.45f.

⁵⁹ Vgl. VDI (2011), S.46

relevanten Kosten zugeordnet werden.⁶⁰ Dies wird mit Hilfe der sogenannten Funktionskosten (FuKo) -Matrix durchgeführt (Abbildung 2-3).⁶¹

Nutzerbezogene Funktionen	Herstellkosten (in €) für:					Funktionskosten	Funktionskosten Schwerpunkt
	Material	Verzinken	Schweißen	Bitumen-Besch.	Prüfen		
Öl auffangen	30 % 243 €		25 % 88 €		30 % 135 €	466 €	2
Kabelanschluss ermöglichen	10 % 81 €		15 % 53 €		10 % 45 €	179 €	7
Funktionselemente aufnehmen	10 % 81 €		20 % 70 €		10 % 45 €	196 €	5
Trafo-Station tragen	20 % 162 €		20 % 70 €		10 % 45 €	277 €	3
Transport ermöglichen	25 % 203 €		—		5 % 22 €	225 €	4
Wasserdichtheit geben	5 % 40 €		15 % 53 €		20 % 90 €	183 €	6
Korrosionsfestigkeit ermöglichen	—	100 % 550 €	5 % 18 €	100 % 280 €	15 % 68 €	916 €	1
Gesamt (€)	810 €	550 €	352 €	280 €	459 €	2.442 €	

Abbildung 2-3: Beispiel einer Funktionskosten-Ermittlung⁶²

Anschließend werden die Funktionen auch hinsichtlich ihrer Funktions-Erfüllungsgrade bewertet (Abbildung 2-4). Die Bewertung mit 100 % bedeutet, dass die Funktion optimal erfüllt wird. Ist die Funktion über- oder untererfüllt, so erfolgt eine entsprechende Bewertung größer oder kleiner 100 %.

Nutzerbezogene Funktionen	Technische Detailanforderungen	Funktionaler Erfüllungsgrad	Erläuterungen f.d. Erfüllungsgrad-Bewertung
Öl auffangen	500 l mindestens	100 %	Nutzergerecht
Kabelanschluss ermöglichen	-40 + 40 NS/MS	90 %	nur bis + 35 MS
Funktionselemente aufnehmen	Trafo/NS-bzw. MS-Schalter Gehäuse	100 %	Nutzergerecht montagegerecht
Trafo-Station tragen	Sand-/Kies-/Beton-Bett	100 %	Nutzergerecht
Transport ermöglichen	Anhebe- und Verzurr-Punkte	100 %	Nutzergerecht
Wasserdichtheit geben	NS-Raum = wasserdicht	100 %	Nutzergerecht
Korrosionsfestigkeit ermöglichen	Lebensdauer 30 Jahre RAL 3011	100 %	Umwelt- und L.D.-gerecht

Abbildung 2-4: Beispiel einer Erfüllungsgrad-Ermittlung⁶³

⁶⁰ Vgl. Miles (1989), S.50

⁶¹ Vgl. VDI (2011), S.46

⁶² VDI (2011), S.47

⁶³ VDI (2011), S.47

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁶⁴

- Funktionen-Analyse
- Funktionenkosten-Analyse
- Funktionen-Erfüllungsgradbewertung
- Wettbewerbsvergleiche

2.4.6 Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“

Im Gegensatz zu den vorangegangenen Arbeitsschritten, in denen der Ist-Zustand beschrieben wird, soll nun mit Hilfe von kreativen Methoden ein möglichst breites Spektrum an Lösungsideen generiert werden.⁶⁵

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁶⁶

- Brainstorming
- Brain writing
- Morphologie
- Mind mapping

2.4.7 Arbeitsschritt 6 „Bewertung der Lösungsideen“

Im Anschluss an den Arbeitsschritt der Ideengenerierung werden die möglichen Lösungen einer objektiven Bewertung unterzogen, in der die Kosten und die Effizienz eine wesentliche Rolle spielen.⁶⁷

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁶⁸

- Nutzwertanalyse
- Machbarkeitsuntersuchung
- Break-Even-Point-Analyse
- Wirtschaftlichkeitsanalyse

⁶⁴ Vgl. Miles (1989), S.68

⁶⁵ Vgl. VDI (2011), S.49

⁶⁶ Vgl. VDI (2011), S.49f.

⁶⁷ Vgl. VDI (2011), S.50

⁶⁸ ebenda

2.4.8 Arbeitsschritt 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“

Die ganzheitlichen Lösungskonzepte werden aus den positiv evaluierten Lösungsideen entwickelt, wobei die Lösungskonzepte die Zielsetzungen mindestens erfüllen müssen.⁶⁹

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁷⁰

- Ausführungspflichtenheft
- Maßnahmenkatalog
- Mind Map
- Plausibilitätsprüfung

2.4.9 Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“

Die entwickelten Lösungskonzepte werden vom gesamten Projektteam dem Auftraggeber präsentiert, welcher die Konzepte hinsichtlich Zielerfüllung beurteilt und eine Entscheidung zu Realisierung eines Konzeptergebnisses trifft.⁷¹

2.4.10 Arbeitsschritt 9 „Realisierung“

Das vom Auftraggeber ausgewählte Konzept sollte streng nach dem erarbeiteten Ausführungspflichtenheft des WA-Teams umgesetzt werden.⁷²

Mögliche methodische Instrumente für diesen Schritt sind:⁷³

- Projektmanagement
- Netzwerktechnik
- Simultaneous Engineering

⁶⁹ Vgl. VDI (2011), S.50

⁷⁰ Vgl. VDI (2011), S.51

⁷¹ Vgl. VDI (2011), S.51

⁷² Vgl. VDI (2011), S.51f.

⁷³ Vgl. VDI (2011), S.52

2.5 Ausgewählte Techniken in der WA

Der strukturierte zehnstufige Aufbau der WA wird mit einer Vielzahl an methodischen Instrumenten ergänzt, die sowohl kreativ als auch systematisch sind. Die im Praxisbeispiel verwendeten Instrumente werden im folgenden Abschnitt erläutert.

2.5.1 SWOT-Analyse

Für die Analyse der Ausgangssituation kann die SWOT-Analyse angewendet werden, welche aus einer intern orientierten Analyse des Untersuchungsbereichs und einer extern orientierten Umfeldanalyse besteht (Abbildung 2-5).⁷⁴

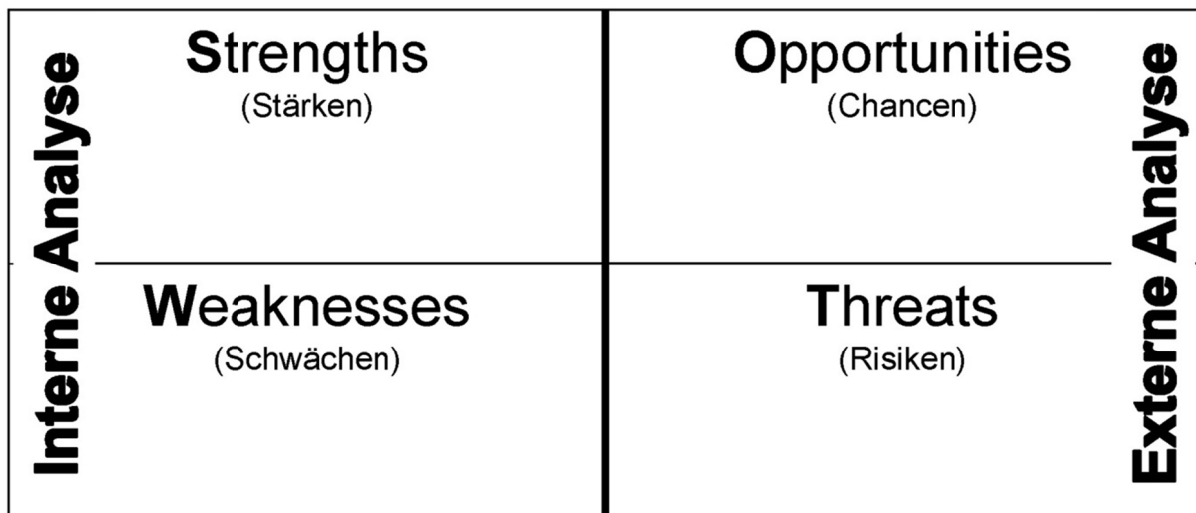


Abbildung 2-5: Aufbau der SWOT- Analyse⁷⁵

Die intern orientierte Analyse bezieht sich unmittelbar auf den Untersuchungsbereich bzw. auf die Eigenschaften des Untersuchungsbereichs und können direkt von der Unternehmung beeinflusst werden. Zum Beispiel sind dies bei einem Produkt die Form, Material, Funktionalität oder die Verfügbarkeit.⁷⁶

Unterteilt wird die interne Analyse in:

- Stärken
- Schwächen

⁷⁴ Vgl. Wohinz (2007), S.2-13f.

⁷⁵ Vgl. Wohinz (2003), S.77f.

⁷⁶ Vgl. Wohinz (2007), S.2-13

Die extern orientierte Umfeldanalyse bezieht sich auf die Bereiche, die von der Unternehmung nicht direkt beeinflusst werden können. Zum Beispiel sind dies die Gesetzgebung, das Kaufverhalten der Konsumenten, das Verhalten von Mitbewerbern oder die Rohstoffpreise.⁷⁷

Unterteilt wird die externe Analyse in:

- Chancen
- Risiken

2.5.2 ABC-Analyse

Die ABC-Analyse ist ein Bewertungsinstrument, mit dessen Hilfe aus einer Gruppe von zu untersuchenden Elementen, jene Elemente bestimmt werden können, die den größten Einfluss auf die gesamte Gruppe haben. Zum Beispiel erfolgt die Auswertung durch Akkumulation der Umsatzanteile der zu untersuchenden Produkte am Gesamtumsatz aller Produkte. Anschließend werden dann die zu untersuchenden Produkte in drei Gruppen unterteilt:⁷⁸

- A-Produkte Hauptumsatzträger 60 bis 80 % des Gesamtumsatzes
- B-Produkte bis ungefähr 90 % des Gesamtumsatzes
- C-Produkte die restlichen Produkte

In Abbildung 2-6 ist die grafische Auswertung einer ABC-Analyse einer beliebigen Produktgruppe ersichtlich, wobei die Einteilung der Produkte wie folgt vorgenommen wurde:⁷⁹

- A-Produkte: 5 Produkte tragen rund 72 % zum Umsatz bei.
- B-Produkte: 4 Produkte tragen rund 18 % zum Umsatz bei.
- C-Produkte: 6 Produkte tragen rund 10 % zum Umsatz bei.

⁷⁷ Vgl. Wohinz (2007), S.2-13f.

⁷⁸ Vgl. Schlicksupp (1993), S.114ff.

⁷⁹ Vgl. Schlicksupp (1993), S.115

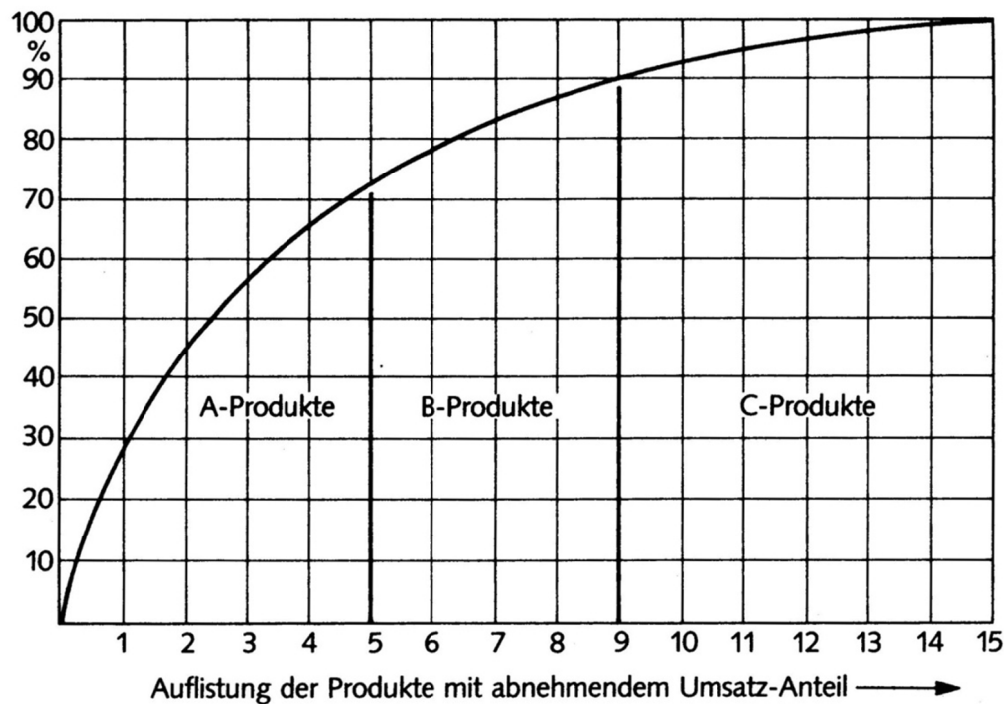


Abbildung 2-6: Beispiel einer ABC-Analyse – grafische Auswertung⁸⁰

Bei einer allfälligen Optimierung der fünfzehn Produkte, würde man sich im ersten Schritt auf die fünf A-Produkte konzentrieren, da diese den Gesamtumsatz am Meisten beeinflussen.

2.5.3 Brainstorming

Das Brainstorming ist eine sehr einfach erlernbare aber auch effiziente Methode zur Ideengenerierung, da:⁸¹

- auf das Wissen mehrerer Personen zurückgegriffen wird
- Denkblockaden ausgeschaltet werden können
- unnötige Diskussionen vermieden werden

Die Durchführung des Brainstormings sollte unter folgenden Randbedingungen erfolgen:⁸²

- Gruppengröße - fünf bis maximal 15 Personen und einem Leiter
- Möglichst heterogene (Fach- und Tätigkeitsbereich) aber hierarchisch flache (gleichrangige) Gruppenzusammensetzung

⁸⁰ Schlicksupp (1993), S.115

⁸¹ Vgl. Schlicksupp (1989), S.101

⁸² Vgl. Pahl et al. (2007), S.128ff.

- Vorherrschen einer gelockerten Atmosphäre
- Dauer der Sitzung nicht länger als 45 Minuten
- Die notierten Ideen werden ggf. detailliert
- Die anschließende Auswertung erfolgt durch Fachleute
- Präsentation des Ergebnisse vor der Brainstorming-Gruppe

Die vier Grundregeln für ein Brainstorming lauten:⁸³

1. Keine Kritik oder Wertung von Ideen während der kreativen Phase
2. Aufgriff und Weiterentwicklung von genannten Ideen ist erwünscht
3. Keine Einschränkung der Phantasie
4. Möglichst viele Ideen in kurzer Zeit generieren

2.5.4 Morphologischer Kasten

Der Begriff „Morphologie“ kommt aus der griechischen Sprache und bedeutet übersetzt: „Lehre von den Gebilden, Formen, Gestalten, Strukturen“ sowie deren Aufbau und Ordnungsprinzipien. Geprägt hat den Begriff des „morphologischen Kastens“ der Schweizer Astrophysiker Fritz Zwicky, der davon ausging, dass es möglich ist, mit Hilfe dieser Technik zu einem gegebenen Problem ein Totallösungssystem aus den Teillösungen zu entwickeln. Auf Grund der konsequenten und systematischen Vorgehensweise bei der Lösungsfindung, können alle denkbaren Lösungen kombiniert werden, wobei nicht alle Lösungen realisierbar sind.⁸⁴

Vorgangsweise:⁸⁵

1. Eingrenzung des Problems
2. Bestimmung der Parameter
3. Vertikale Anordnung der Parameter und Zuweisung von unabhängigen Ausprägungen
4. Kombination einer Zeile und einer Ausprägung ergibt eine mögliche Teillösung
5. Bestimmung von geeigneten Gesamtlösungen

Die Parameter können auch als „Funktionen“ bezeichnet und sind Merkmale, die sich bei allen Gesamtlösungen wiederholen.⁸⁶

⁸³ Vgl. Schlicksupp (1989), S.102ff

⁸⁴ Vgl. Schlicksupp (1989), S.79ff.

⁸⁵ Vgl. Schlicksupp (1989), S.82f.

⁸⁶ Vgl. Pahl et al. (2007), S.159

Die Ausprägungen können auch als Lösungen bezeichnet und beschreiben, in welcher Form ein Parameter bzw. eine Funktion realisiert werden kann.⁸⁷

In Abbildung 2-7 ist das Beispiel eines morphologischen Kastens der Gestaltungsmöglichkeiten einer Kaffeemaschine dargestellt.⁸⁸

- Der Aufbau der Maschine kann mit Hilfe von acht Parametern dargestellt werden.
- Die Ausprägungen beschreiben alle möglichen Wirkprinzipien eines Parameters.
- Es sind zwei Lösungsvarianten eingetragen.
- Multipliziert man die Anzahl der Ausprägungen der Parameter miteinander, so erhält man 129.600 mögliche Gesamtlösungsvarianten (3 x 8 x 5 x 4 x 5 x 3 x 6 x 3 = 129.600).

Parameter ↓	Ausprägungen →							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Wasserspeicher	Behälter		Durchlauf					
	integriert	fremd						
Energiequelle	Elektrizität				Gas	Öl, Benzin	(Holz-) Kohle	chemische Energie
	Netz	Akku	Mikrowelle	Induktion				
Heißwassertransport	Steigrohr	Schwerkraft	Pumpe	von Hand	kein			
Extraktion	Filter	Patrone	Beutel	offenes Gemisch				
Trennung	keine	Absetzen	Filter	zentrifugal	elektromagnet.			
Speicherg. Fertigkaffee	keine		Behälter					
		integriert	fremd					
Warmhaltung	Wärmeplatte el.	Flamme			Behälterisolation	keine		
		Kerze	Gas	Benzin				
Entnahme	von Hand	Auslaufhahn	Schöpfprinzip					

--- derzeit verbreitete Lösung - - - - interessante Alternative

Abbildung 2-7: Beispiel eines Morphologischen Kastens: Kaffeemaschine⁸⁹

2.5.5 Nutzwertanalyse

Der Begriff „Nutzwertanalyse“ geht auf Christof Zangemeister zurück, unter dem er die Analyse einer Entscheidungssituation auf Basis eines Nutzwertmodells versteht. Nutzwertmodelle sind meist das einzige Hilfsmittel zur systematischen Analyse einer

⁸⁷ Vgl. Pahl et al. (2007), S.159

⁸⁸ Vgl. Schlicksupp (1989), S.86

⁸⁹ Schlicksupp (1989), S.86

Entscheidungssituation, bei der eine Vielzahl an Zielkriterien angestrebt werden müssen.⁹⁰

Bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse sollte folgendes beachtet werden:⁹¹

1. Bewertungskriterien:

Relevante Zielkriterien werden ermittelt und gestuft aufgelistet

2. Teilzielgewichtung:

Die Gewichtung der Zielkriterien erfolgt relativ zueinander

3. Bewertung:

Die Lösungen werden hinsichtlich Zielerfüllung beurteilt

4. Teilnutzwertermittlung:

Multiplikation der Gewichtung mit den dazugehörigen Bewertungspunkten

5. Gesamtnutzwert:

Summation der Teilnutzwerte einer Lösung

In Abbildung 2-8 ist das Schema Nutzwertanalyse dargestellt.

Kriterium	Gewichtung	Lösungsvorschläge						
		Lösung 1		Lösung 2		...	Lösung i	
K_1	g_1	w_{11}	$g_1 w_{11}$	w_{21}	$g_1 w_{21}$	...	w_{i1}	$g_1 w_{i1}$
K_2	g_2	w_{12}	$g_2 w_{12}$	w_{22}	$g_2 w_{22}$	...	w_{i2}	$g_2 w_{i2}$
.
.
.
K_m	g_m	w_{1m}	$g_m w_{1m}$	w_{2m}	$g_m w_{2m}$	...	w_{im}	$g_m w_{im}$
	1	$N_1 = \sum_{j=1}^m g_j w_{1j}$		$N_2 = \sum_{j=1}^m g_j w_{2j}$		...	$N_i = \sum_{j=1}^m g_j w_{ij}$	

K: Kriterium

g: Gewichtung

$g w$: Teilnutzwert

w: Erfüllungsgrad

N: Gesamtnutzwert

Abbildung 2-8: Nutzwertanalyse - Schema⁹²

2.5.6 Paarweiser Vergleich

Der paarweise Vergleich dient zur Festlegung der Rangfolge zwischen verschiedenen Kriterien. Die Beurteilung, welches Kriterium dem anderen vorzuziehen ist, wird im Team entschieden. Anschließend werden dann, je Kriterium, die Anzahl der

⁹⁰ Vgl. Zangemeister (1971), S.7

⁹¹ Vgl. Wohinz (2003), S.117f.

⁹² Pauwels (2001), S.208

Bevorzugungen addiert und in der letzten Spalte eingetragen. Dem Kriterium mit der größten Nennungshäufigkeit wird dann der 1. Rang zugewiesen.⁹³

In Abbildung 2-9 ist ein Beispiel für einen richtig durchgeführten paarweisen Vergleich ersichtlich.⁹⁴

- Die fünf Kriterien werden horizontal und vertikal aufgelistet
- Die Schnittpunkte zwischen zwei gleichen Kriterien werden mit einem „X“ versehen, da diese nicht vergleichbar sind
- Kriterium „1“ wird den Kriterien „2“, „3“, und „4“ vorgezogen
- Kriterium „2“ wird den Kriterien „3“ und „4“ vorgezogen
- Kriterium „3“ erhält keinen Vorzug
- Kriterium „4“ wird dem Kriterium „3“ vorgezogen
- Kriterium „5“ wird den anderen vier Kriterien vorgezogen
- Die daraus erhaltenen Nennungshäufigkeiten ergeben die Rangfolge

Kriterium	1	2	3	4	5	Nennungshäufigkeit	Rangfolge
1	X	1	1	1	5	3	2
2	1	X	2	2	5	2	3
3	1	2	X	4	5	0	5
4	1	2	4	X	5	1	4
5	5	5	5	5	X	4	1

Abbildung 2-9: Beispiel eines paarweisen Vergleichs⁹⁵

⁹³ Vgl. Pauwels (2001), S.208f.

⁹⁴ Vgl. Pauwels (2001), S.209

⁹⁵ Pauwels (2001), S.209

3 Praxisbeispiel RockTainer

Im folgenden Abschnitt wird die Technik der Wertanalyse am Praxisbeispiel RockTainer angewandt, um dessen Wert für alle involvierten Interessensgruppen zu verbessern. Um der strukturierten Vorgehensweise bei der Abwicklung eines Wertanalyse-Projekts zu entsprechen, wird nach dem 9 + 1 stufigen Arbeitsplan, nach ÖNORM EN 12973 vorgegangen.

3.1 Arbeitsschritt 0 „Vorbereiten des Projekts“

Im Arbeitsschritt „0“ erfolgt die Ernennung des Projektleiters und des WA-Moderators (vgl. Kapitel 2.4.1). Diese beiden Funktionen werden dem Diplomanden zugewiesen, da dieser die Entwicklung des RockTainers von Anfang an begleitet und sich im Zuge seiner Ausbildung an der Technischen Universität Graz mit der Thematik der Wertanalyse im Zuge der Vorlesung „Value Management I“ beschäftigt hatte.

Rentabilitätsabschätzung des WA-Projekts

Innerhalb des ersten Jahres sollen ca. 80 RockTainer beschafft werden, wobei sich die Kosten für diese Container weit im sechsstelligen Eurobereich bewegen. Da bei der wertanalytischen Betrachtung eine Einsparung von mindestens 10 % erwartet wird und die Kosten für die Durchführung Wertanalyse bei rund 1 % der Containerkosten liegen, wird davon ausgegangen, dass die Ausgaben durch die Einsparungen mehr als aufgewogen werden.

Die angestrebte Stückzahl von 80 Containern (Ct) entspricht der Ausstattung von zwei Ganzzügen. Ein Ganzzug darf maximal eine Länge von 400 m haben, oder ein maximales Bruttozugsgewicht von ca. 1.800 t vorweisen.⁹⁶ Bei einer Wagenlänge von rund 20 m mit zwei RockTainern pro Wagen sind dies 40 RockTainer pro Ganzzug.

Bei der Betrachtung der Rentabilität des WA-Projekts wurden auch Kosten berücksichtigt, die nach Beschaffung der RockTainer anfallen können. Diese Folgekosten können sich zum Beispiel in Form von erhöhten Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten bemerkbar machen. Maßgeblich beeinflusst werden kann dieser Kostenblock bereits bei der Konstruktion - jedoch kann sich eine Änderung der Konstruktion wiederum negativ auf die Anschaffungskosten auswirken.

⁹⁶ Gespräche mit ÖBB-Infrastruktur AG (30.08.2010)

3.1.1 SWOT-Analyse

Die in Kapitel 2.5.1 beschriebene SWOT-Analyse kommt hier am Praxisbeispiel „RockTainer“ zur Anwendung, die eine umfassende Beschreibung der Ausgangssituation liefert. Da diese Beschreibung möglichst alle Aspekte einer intern und extern orientierten Betrachtung des RockTainers beinhalten sollte, wurden im Zuge von Gesprächen mit Vertretern aller Interessensgruppen die notwendigen Informationen gesammelt.

Die Vertreter der Interessensgruppen setzen sich aus Personen folgender Unternehmungen zusammen:

- Schüttgutlieferanten
- ÖBB-Infrastruktur
- Rail Cargo Austria (RCA)
- Fertigungsunternehmungen
- Innofreight Speditons GmbH

Die gesammelten Informationen wurden aufbereitet, konkretisiert und in Form einer Tabelle zusammengestellt (Tabelle 3-1), die im Anschluss zu den ausführlichen Erläuterungen ersichtlich ist.

Stärken:

a) Dosierbare Entladung

Die dosierbare Entladetechnik erlaubt es, die Schüttgüter bei der Entladung in gewünschte Teilmengen zu portionieren oder einen benötigten Schüttgutstrom einzustellen.

b) Einfache Bedienung

Die einfache Bedienung der Klappen ist auf Grund der hydraulischen Kraftübertragung und Kraftverstärkung möglich. Die Auswahl der Bewegungsrichtung (öffnen oder schließen) erfolgt über einen Hebel.

c) Robuste Bauweise

Der RockTainer-Prototyp ist sehr robust ausgeführt, um die geforderte Zuladung von rund 32.000 kg ohne wesentliche Verformungen aufnehmen zu können. Des Weiteren sollte die Funktionalität der Klappen nicht negativ beeinflussen werden, da es sonst zu einer Fehlinterpretation der Erprobungsergebnisse kommen kann.

d) Vielseitige Entladetechniken

Auf Grund der vielseitigen Entladetechniken, nämlich Dreh-, Kipp- und Schwerkraftentladung, ist der RockTainer voll kompatibel zu den anderen Innofreight Entladetechniken.

e) Auch für schwere und rieselfähige Schüttgüter geeignet

Innofreight intern werden die rieselfähigen Schüttgüter im Wesentlichen in zwei Gewichtsklassen eingeteilt.

Leichte Schüttgüter < 500 kg/m³ (Hackgut, Ersatzbrennstoff (EBS), Koks,...)

Schwere Schüttgüter > 500 kg/m³ (Pellets, Gips, Kohle, Eisenoxid,...)

Diese Einteilung ist vom Beladezustand des WoodTainer (WT) XXL abgeleitet: Bei einem Fassungsvermögen von 45m³ (Wassermaß), einem Ausnutzungsgrad von ca. 90 % und einem Eigengewicht von 2.950 kg wird das zulässige Gesamtgewicht (Max Gross) von 23.000 kg bei einer Schüttdichte von rund 500 kg/m³ erreicht. Weist das Schüttgut eine höhere Schüttdichte auf, so wird das zulässige Gesamtgewicht bereits erreicht, bevor das Fassungsvermögen des Containers ausgenützt werden kann,

f) Hohe Zuladung möglich

Der RockTainer ist auf ein Gesamtgewicht von 36.000 kg zugelassen. Bei einem Eigengewicht von 3.980 kg beträgt die erlaubte Netto-Zuladung 32.020 kg. Bisher wurden die Innofreight WoodTainer XXL (Eigengewicht von 2.900 kg) und XL (Eigengewicht von 2.380 kg) auf ein Gesamtgewicht von 23.000 kg zugelassen, woraus sich eine mögliche Nettozuladung von 20.100 kg (WoodTainer XXL) und 20.620 kg (WoodTainer XL) ergibt. Daher kann die Nettozuladung des RockTainers gegenüber dem WoodTainer XXL und XL um mehr als 11.000 kg gesteigert werden.

g) Zwischenlagerung ohne Entleerung möglich

Der Container kann als Zwischenlager verwendet werden, wobei das Schüttgut im RockTainer verbleibt. Die Vorteile hierbei sind, dass durch die Vermeidung eines direkten Schüttgutumschlags die Korngrößen des Schüttguts nicht negativ beeinflusst werden und es werden daher auch keine Verunreinigungen in das Schüttgut eingebracht.

Schwächen:**a) Synchronlauf der Zylinder nicht gegeben**

Erste Testentladungen haben gezeigt, dass die Bedienung der Klappen mittels Handpumpe teilweise nur mit einem erhöhten Kraftaufwand möglich ist. Die Ursache für dieses Problem ist die nicht synchrone Bewegung der zwei Zylinder, welche die Klappen öffnen und schließen.

b) Kein Anschluss für externe Hydraulik

Die Klappen können nur mittels Handpumpe geöffnet und geschlossen werden, da die Anschlüsse für einen externen Antrieb fehlen bzw. noch nicht definiert sind.

c) Manuelles Öffnen und Schließen der Klappen dauert zu lange

Die mittels Handpumpe maximal erreichbare Öffnungs- und Schließgeschwindigkeiten der Klappen liegt deutlich unter den angestrebten Werten, welche für eine dosierbare Entladung notwendig wären.

d) Unzureichende Prozesssicherheit & Prozessfähigkeit des Klappenmechanismus birgt hohes Ausfallrisiko

Unzureichende Prozesssicherheit & Prozessfähigkeit des Klappenmechanismus birgt ein hohes Ausfallrisiko.

e) Übermäßiger Verschleiß von Teilen

Übermäßiger Verschleiß von Teilen (Klappe, Zähne, Scharniere,...) hat einen negativen Einfluss auf die Funktionalität des RockTainers.

f) Aufwand für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ist höher als bei den bisherigen Containern

Der Aufwand für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ist höher als bei den bisher eingesetzten Containern der Firma Innofreight, da bisher beim Containerdesign auf bewegte Teile verzichtet wurde.

g) Hohes Eigengewicht des Containers (3.980kg)

Das momentane Container-Eigengewicht von 3.980 kg ist zu hoch und sollte reduziert werden, da sich im Wesentlichen der Preis eines Containers, nach dem Preis je Kilogramm Stahl [€/kg] richtet. Die Lohnkosten sowie die Schweißkosten werden zumeist in den Stahlpreis eingerechnet, da diese mit der Menge des verarbeiteten Stahls korrelieren.

Chancen:

a) Erschließung eines vorhandenen Marktes & Kunden mit einem innovativen Produkt

Bisher hat sich die Firma Innofreight hauptsächlich auf den Transport von Schüttgütern fokussiert, die mittels Drehentladestapler entladen werden. Mit dem innovativen RockTainer kann nun auch der vorhandene Markt erschlossen werden, welcher ausschließlich über infrastrukturelle Voraussetzungen einer Schwerkraftentladung verfügt und somit können neue Kunden gewonnen werden.

b) Standardisierung der Wagenflotten der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU): Containertragwagen + einsatzoptimierter Schüttgutcontainer

Mit Hilfe des Innofreight-Containersystems ist es für die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVUs) möglich, deren Wagenflotte zu standardisieren: Auf den universell einsetzbaren Containertragwagen werden einsatzoptimierte Schüttgutcontainer, wie zum Beispiel der Agro-, Wood- oder RockTainer, aufgesetzt.

c) Alte Spezialwagen (z.B.: Tiefentladewagen) werden von den EVUs ausgemustert

Alte Spezialwagen, wie zum Beispiel die Tiefentladewagen, werden von den EVUs ausgemustert, da diese teilweise stark veraltet und in der Instandhaltung sehr teuer sind. Jedoch ist es den EVUs teilweise nicht möglich, die ausgemusterten Wagen durch die kostenintensiven Neuanschaffungen zu kompensieren.

d) Transport von saisonalen Produkten

Der RockTainer ermöglicht den Transport von unterschiedlichen saisonalen Produkten wie zum Beispiel Baustoffe, Zuckerrüben, Erdäpfel oder Holzpellets und diese können mit der zweckmäßigsten Entladetechnik (Dreh-, Kipp oder Schwerkraftentladung) entladen werden.

e) Neue Logistikkonzepte für Schüttgüter möglich

Der Einsatz des RockTainers erlaubt die Anwendung der Logistikkonzepte „Just in Time“ und „Just in Sequence“ beispielsweise im Gleisbaubereich. Damit ist gemeint, dass der Hauptlauf, also der Transport der Gleisbaumaterialien im RockTainer von der Beladestelle zu einem baustellennahen Umschlagbereich, mit Standard-Containertragwagen erfolgt. Hierbei kann eine Zuladungsmaximierung hinsichtlich der jeweiligen Streckenklassen erfolgen. Die Anlieferung der Gleisbaumaterialien vom baustellennahen Umschlagbereich zur Baustelle wird mittels entladungsoptimierten Containertragwagen zum gewünschten Zeitpunkt und in der gewünschten Reihenfolge durchgeführt.

Risiken:

a) Kein Schutz vor Imitationen falls Anmeldung des RockTainers zum Patent nicht möglich ist

Falls die Patentanmeldung des RockTainers abgelehnt wird, gibt es keinen rechtlichen Schutz gegen Imitation. Die Anmeldung zum Patent wurde bereits vor Beginn der Konzeptphase beim Patentamt in Wien eingereicht.

b) Verletzung von Patenten

Im Zuge der Patentrecherchen durch das Patentamt könnte sich herausstellen, dass bereits bestehende Patente verletzt werden. Dies hätte zur Folge, dass die Anmeldung des RockTainer-Patents abgewiesen wird.

c) Änderung der Verladevorschriften

Durch eine Änderung der Verladevorschriften seitens der EVUs, könnte es zu einem Verwendungsverbot des RockTainers kommen.

d) Keine Akzeptanz seitens möglicher Kunden/Bediener

Auf Grund der fehlenden Akzeptanz seitens möglicher Kunden könnte dem RockTainer ein erfolgreicher Markteintritt verwehrt bleiben.

e) Flexibilität, Mehrnutzen und Zuverlässigkeit wird durch den Kunden nicht honoriert

Zu erwarten ist, dass die Kosten für das RockTainer-System über den momentan marktüblichen Preisen für Tiefentladewagen liegen und der Kunde nicht bereit ist für die Flexibilität, den Mehrnutzen und die Zuverlässigkeit einen höheren Betrag zu bezahlen. Der zumeist geringe Marktpreis für die bestehenden Tiefentladewagen resultiert daraus, dass die Wagen bereits relativ alt sind und meistens nur mehr Kosten in Form von Instandsetzungsarbeiten und Reparaturen verursachen.

f) Angestrebte Marktposition wird ohne strategischen Partner/Kunden nicht erreicht

Wesentlich für das Erreichen der angestrebten Marktposition ist es, einen strategischen Partner und/oder Kunden zu finden. Bei einem strategischen Partner wäre es von Vorteil, wenn dieser über ein internationales Netzwerk verfügt und gewillt ist, den RockTainer dort einzusetzen. Der strategische Partner sollte nach Möglichkeit ein international bekanntes Unternehmen sein, indem das RockTainer-System einen wesentlichen Technologievorsprung mit sich bringt.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> a) Dosierbare Entladung b) Einfache Bedienung c) Robuste Bauweise d) Vielseitige Entladetechniken (Dreh-, Kipp- und Schwerkraftentladung) e) Auch für schwere (>500kg/m³) und rieselfähige Schüttgüter geeignet f) Hohe Zuladung möglich, ca. 32.000kg g) Zwischenlagerung ohne Entleerung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> a) Erschließung eines vorhandenen Marktes & Kunden mit einem innovativen Produkt b) Standardisierung der Wagenflotten der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU): Containertragwagen + einsatzoptimierter Schüttgutcontainer (Agro-, Wood- & RockTainer) c) Alte Spezialwagen (z.B.: Tiefentladungswagen) werden von den EVUs ausgemustert d) Transport von saisonalen Produkten (Baustoffe, Zuckerrüben,...) e) Neue Logistikkonzepte für Schüttgüter möglich (Just in Time, Just in Sequence, max. Ausnutzung der Streckenklassen,...)
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> a) Synchronlauf der Zylinder nicht gegeben b) Kein Anschluss für externe Hydraulik c) Manuelles Öffnen und Schließen der Klappen dauert zu lange d) Unzureichende Prozesssicherheit & Prozessfähigkeit des Klappen-Mechanismus birgt hohes Ausfallrisiko e) Übermäßiger Verschleiß von Teilen (Klappe, Zähne, Scharniere,...) hat negativen Einfluss auf Funktionalität f) Aufwand für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ist höher als bei den bisherigen Containern g) Hohes Eigengewicht des Containers (3.980kg) 	<ul style="list-style-type: none"> a) Kein Schutz vor Imitationen falls Anmeldung des RockTainers zum Patent nicht möglich ist b) Verletzung von Patenten (Anmeldung des RockTainers zum Patent läuft) c) Änderung der Verladevorschriften (z.B. Verbot) d) Keine Akzeptanz seitens möglicher Kunden/Bediener e) Flexibilität, Mehrnutzen und Zuverlässigkeit wird durch den Kunden nicht honoriert (geringer Marktpreis von bestehenden Systemen) f) Angestrebte Marktposition wird ohne strategischen Partner/Kunden nicht erreicht

Tabelle 3-1: SWOT-Analyse des RockTainers⁹⁷⁹⁷ Innofreight (02.08.2011)

3.2 Arbeitsschritt 1 „Projektdefinition“

Wie in Kapitel 2.4.2 beschrieben, muss der Untersuchungsbereich des Wertanalyse-Objekts eingegrenzt werden, um daraus quantifizierbare Ziele ableiten zu können.

3.2.1 Untersuchungsbereich

Im Zuge der ersten Funktionstests, sowie bei der Erarbeitung der SWOT-Analyse, stellte sich sehr rasch heraus, dass das Hauptaugenmerk bei der wertanalytischen Betrachtung des RockTainers, auf die zwei Klappen inklusive deren angrenzenden Bauteile gelegt werden muss, da dieser Bereich die Funktionalität, Zuverlässigkeit und die Kosten maßgeblich beeinflusst.

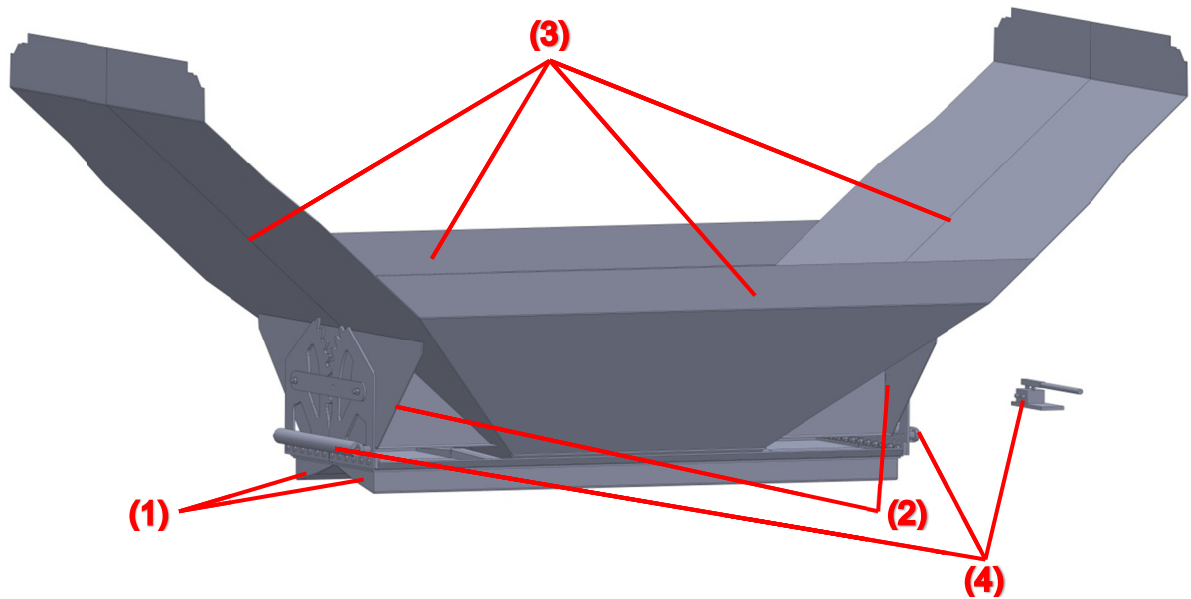
So sind zum Beispiel die Trichterbleche und gewisse Bereiche der Klappenbleche teilweise mit sehr abrasiven Schüttgütern in Kontakt und sind daher einem erhöhten Verschleiß ausgesetzt. Des Weiteren unterliegt der Untersuchungsbereich großen Belastungen, die durch das hohe spezifische Gewicht des Schüttguts hervorgerufen werden - zugleich muss aber immer die Funktionalität das Öffnen und Schließens der Klappen gewährleistet sein.

Die restlichen Bauteile, wie zum Beispiel die vier vertikalen Profilrohre (zwischen den acht Eckbeschlägen), sowie die Oberrahmen- und Unterrahmenkonstruktion inkl. deren Verstrebenungen werden nicht untersucht, da ansonsten der Gesamtumfang der wertanalytischen Betrachtung zu groß wäre.

Um einen besseren Überblick über alle wesentlichen Bauteile des Untersuchungsbereichs zu haben, wird auf ein CAD-Modell des RockTainers zurückgegriffen. In Abbildung 3-1 sind alle relevanten Bauteile sichtbar, die in der wertanalytischen Betrachtung berücksichtigt werden. Alle anderen Bauteile des RockTainers sind nicht sichtbar.

Die zu untersuchenden Bauteile sind in vier Baugruppen zusammengefasst:

- (1) Klappen
- (2) Klappenaufhängung
- (3) Trichter
- (4) Hydraulik (Zylinder, Leitungen, Handpumpe)



(1) Klappen, (2) Klappenaufhängung, (3) Trichter, (4) Hydraulik

Abbildung 3-1: Untersuchungsbereich RockTainer – vier Baugruppen⁹⁸

In Abbildung 3-2 ist der mittige Längsschnitt durch den RockTainer dargestellt und der Untersuchungsbereich eingezeichnet. In dieser Betrachtung sind die Handpumpe sowie die Hydraulikleitungen nicht dargestellt, jedoch sind diese aber bei allen weiteren Betrachtungen mit einbezogen.

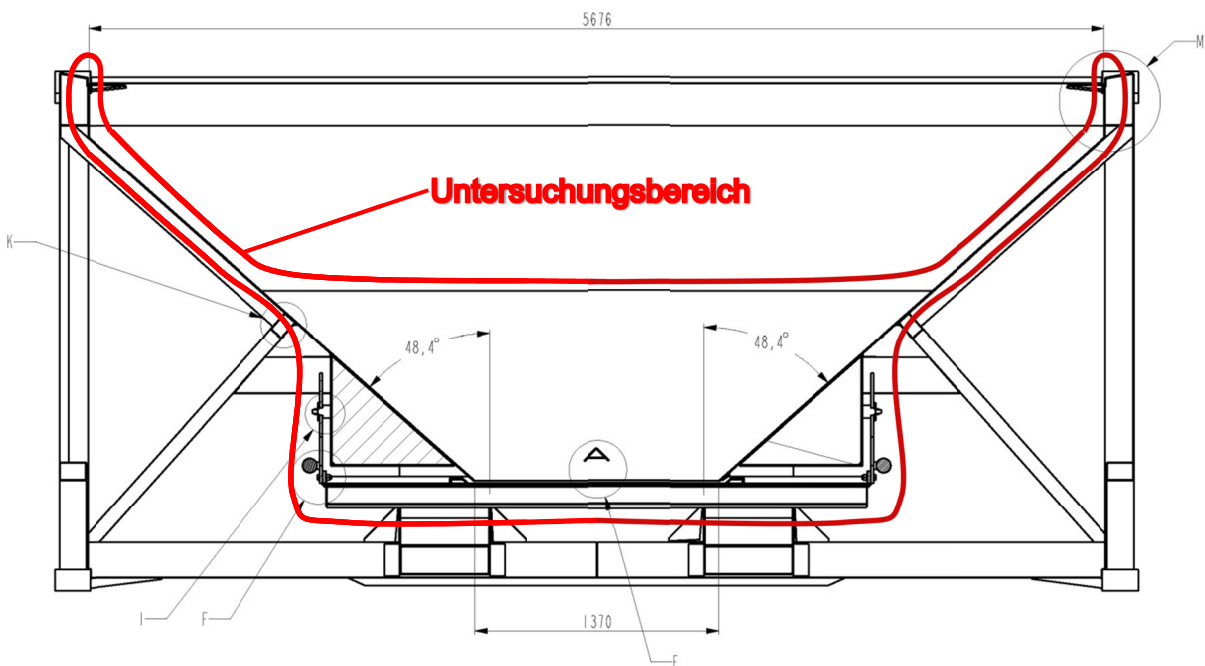


Abbildung 3-2: Untersuchungsbereich RockTainer – Längsschnitt⁹⁹

⁹⁸ Innofreight (26.07.2011)

3.2.2 Zielsetzungen

Nach Eingrenzung der Untersuchungsbereichs sind folgende Zielsetzungen in Zusammenarbeit mit den Diplomarbeitsbetreuern und Fa. Innofreight festgelegt worden:

- Prozessfähigkeit und Prozesssicherheit der Containerentleerung über die Klappen gewährleisten
- Reduktion der Fertigungskosten um 10 %
- Komplexität der Konstruktion reduzieren
- Ansätze zur Standardisierung erarbeiten

3.3 Arbeitsschritt 2 „Planung“

Im Anschluss an die Festlegung des Untersuchungsbereichs, wird mit der eigentlichen Planung des Projekts begonnen. Hierfür muss ein Projektteam zusammengestellt, eine zeitliche Planung vorgenommen und die Arbeitspakete festgelegt werden (vgl. Kapitel 2.4.3).

3.3.1 Teambildung

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, obliegt dem Diplomanden die Projektleitung und die Rolle des WA-Moderators. Zu seiner Unterstützung ist ihm ein Innofreight internes Kernteam zugewiesen worden, auf das er bei Bedarf jederzeit zugreifen kann.

Das Kernteam besteht aus folgenden Personen, die jeweils Fachkenntnisse über spezielle Bereiche haben:

Peter Wanek-Pusset	technischer Geschäftsführer Innofreight
Sebastjan Hajsek	Containerfertigung
Hans-Peter Zaller	Hydraulik

Falls es notwendig ist, wird für spezielle Aufgaben auch auf die Expertise anderer Innofreight interner und auch externer Personen zurückgegriffen. So nehmen zum Beispiel beim Wertanalyse-Workshop MitarbeiterInnen aus den Abteilungen Vertrieb und Produktmanagement teil.

⁹⁹ Innofreight (26.07.2011)

3.3.2 Zeitplan

Im Sommer 2011 wurde mit dem Startgespräch und den ersten Arbeiten für diese Diplomarbeit begonnen. Im Rahmen zweier Zwischenpräsentationen wurde den Diplomarbeitsbetreuern und den Geschäftsführern der Fa. Innofreight über den Fortschritt der Diplomarbeit berichtet. Die parallel dazu durchgeführten Erprobungen des RockTainers sowie dessen Wintererprobung konnten im März 2012 abgeschlossen werden. Die daraus erzielten Erkenntnisse konnten in die Lösungskonzepte miteinbezogen werden. Die fertige Diplomarbeit mit den gesammelten Ergebnissen der wertanalytischen Betrachtung des RockTainers wird den involvierten Personen im Sommer 2012 in Form einer Abschlusspräsentation präsentiert.

3.3.3 Arbeitspakete

Um ein möglichst strukturiertes Vorgehen bei der Abarbeitung der gestellten Aufgabe gewährleisten zu können, sind die Arbeitspakete in Anlehnung an die ÖNORM EN 12973 (vgl. Kapitel 2.4, Tabelle 2-1) wie folgt aufgeteilt:

- Situationsanalyse
- Datensammlung
- Funktionenanalyse
- Kostenanalyse
- Funktionskosten-Matrix
- Detailziele und Einsparungen
- Sammeln und Finden von Lösungsideen
- Bewertung der Lösungsideen
- Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge

3.4 Arbeitsschritt 3 „Umfassende Daten sammeln“

Nach Eingrenzung des Untersuchungsbereichs und im Anschluss an die Planungsphase wird mit der Erhebung der notwendigen Daten begonnen, um die in gesetzten Ziele (siehe Kapitel 3.2.2.) erreichen zu können. Für die Datenerhebung wird der Untersuchungsbereich des RockTainers in drei logisch zusammengehörige Teilbereiche unterteilt, wobei diese Einteilung losgelöst von der Einteilung aus Kapitel 3.2.1 zu sehen ist:

- Hydraulik
- Oberflächenbeschichtung
- Stahlbau

3.4.1 Hydraulik

Aufbauend auf dem von Innofreight entwickelten Konzept (vgl. Abbildung 1-15) wurde von Fa. Container d.o.o. die hydraulische Grundausstattung des RockTainers vorgenommen. Die wesentlichen hydraulischen Komponenten sind:

- Eine Handpumpe
- Zwei Zylinder
- ¼“ Hydraulikleitungen
- Hydraulik-Öl

Die Auswahl der Komponenten (Handpumpe und Zylinder) erfolgte auf Basis einer vereinfachten hydraulischen Kalkulation. Diese Berechnung, sowie die genaue Spezifikation der Handpumpe und der zwei Zylinder sind im Anhang auf den Seiten A-1 bis A-6 ersichtlich.

Die ausgewählte Handpumpe (PAM-TDS 45) hat ein Verdrängungsvolumen von 45 cm³ pro Doppelhub und kann einen max. Druck von 280 bar liefern.¹⁰⁰ Die zwei verbauten Hydraulik-Zylinder (CO-70/40x400) dürfen mit einem max. Druck von 200 bar beaufschlagt werden und haben einen Kolbendurchmesser von 70 mm, einen Kolbenstangendurchmesser von 40 mm und je eine Hublänge von 400 mm.¹⁰¹

Mit den vorliegenden technischen Konfigurationen können folgende theoretische Werte errechnet werden (siehe Anhang Seite A-4):

- Die maximal erzielbare Kraft für das Schließen der Klappen beträgt 104 kN.
- Die maximal erzielbare Kraft für das Öffnen der Klappen beträgt 154 kN.
- Sofern ein Doppelhub in 1,5 Sekunden erfolgt, kann das Öffnen und das Schließen der Klappen jeweils innerhalb von 2 Minuten erfolgen.

Bei den ersten praktischen Funktionstests wurden folgende Sachverhalte festgestellt:

- Die Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit stimmt mit den berechneten Werten gut überein, wird allerdings als nicht praxistauglich eingestuft und sollte daher wesentlich erhöht werden.
- Eine ausreichend feine Dosierung des Schüttgutstroms kann mit der Handpumpe nicht bewerkstelligt werden. Die Handpumpe ist daher nur bedingt für die praktische Anwendung geeignet.
- Beim Schließen der Klappen kommt es teilweise zu einem enormen Anstieg der notwendigen Bedienkraft an der Handpumpe. Bei der Ursachensuche stellte sich

¹⁰⁰ Vgl. Hydro-Cardan – Handpumpen (2010.11.08), S.23

¹⁰¹ Vgl. Hydro-Cardan – Hydraulikzylinder Standard, (2010.11.08), S.4

heraus, dass die zwei Zylinder nicht ausreichend synchron laufen, obwohl beide Zylinder von derselben Zuleitung gespeist wurden. Bei einem Hub von 300 mm des einen Zylinders beträgt der Hub des anderen Zylinders nur ca. 270 mm. Dieser Hubunterschied dürfte dann beim Schließen der Klappen zu Verspannungen geführt haben. Als Gründe für den Hubunterschied kommen die unterschiedlich langen Zuleitungen zu den zwei Zylindern sowie der relativ kleine Querschnitt der ¼“ Hydraulikleitungen in Frage.

Schlussfolgerungen aus den ersten Entladetests:

- Die Dimensionen der zwei Zylinder (70/40x400) sind ausreichend.
- Die Durchmesser der hydraulische Leitungen sollten von ¼“ auf ½“ erweitert werden.
- Die Hydraulikleitungen sollten für beide Zylinder gleich lang sein und/oder sollte die Verwendung eines Ölmengenteilers (Kolben- oder Zahnradmengenteiler) angedacht werden.
- Es sollten Schnittstellen für externe Hydraulik-Anschlüsse vorgesehen werden – die Handpumpe kann dann ggf. weggelassen werden.

Da die ersten Entladetests gezeigt hatten, dass die durch die Handpumpe aufbringbare Ölmenge zu gering war, wurde in Zusammenarbeit mit Fa. HAINZL Industriesysteme GmbH an der Teilautomatisierung mittels eines diesel-hydraulischen Aggregates gearbeitet.

Für die Auslegung des Diesel-Hydraulik-Aggregates wurden folgende Details definiert:¹⁰²

- **Rohrleitung: ½“ (DN15) / PN250**

Bei der Dimensionierung der Hydraulikleitungen einigte man sich auf eine ½“ Rohrleitung (DN15) mit einem Nenndruck von 250 bar.

DN15 / PN250.

DN – Diameter Nominal – Nenndurchmesser in [mm]

PN – Pressure Nominal – Nenndruck in [bar]

- **Schnittstelle: FIRG ½“ PN300**

Für die Schnittstelle zwischen RockTainer und Aggregat wurde eine flachdichtende Schnellverschlusskupplung verwendet.

Die genaue Bezeichnung lautet:

121102-B-V FIRG-Stecker ½“ Viton

¹⁰² Gespräch Fa. HAINZL, 2011.07.27.

121202-B-V FIRG-Muffe ½“ Viton

Die Ausführung „Viton“ ist auf Grund des verwendeten Hydraulik-Öls notwendig.
Die Datenblätter sind im Anhang A-7 bis A-11 zu finden.

- **Hydraulik-Öl: Panolin HLP 32 Sync**

Dieses Öl ist biologisch abbaubar und wird unter anderem auch bei Baumaschinen eingesetzt. Zu beachten ist jedoch, dass alle verwendeten Bauteile, die mit diesem Hydraulik-Öl in Berührung kommen, eine ausreichende Standhaftigkeit gegen dieses Öl haben. So werden zum Beispiel bei Standard-Hydraulik-Zylindern Polyurethan (PU) Dichtungen verbaut, die jedoch keine dauerhafte Beständigkeit gegen dieses Öl haben und sich unter Umständen auflösen könnten.

Das Datenblatt sowie das Sicherheitsdatenblatt für das Hydraulik-Öl sind im Anhang A-12 bis A-17 zu finden.

- **Fördermenge: 15 Liter/Min.**

Auf Basis der durch Innofreight vorgegebenen Zeiten, die für das Öffnen (3 bis 4 Sekunden) und Schließen (2 Sekunden) der RockTainer-Klappen wurde von Fa. Hainzl Industrie GmbH eine notwendige Fördermenge von 15 l/Min. berechnet. Um das diesel-hydraulische Aggregat kleiner dimensionieren zu können und gleichzeitig aber gleichmäßiger zu belasten, wurden drei Blasenspeicher mit einem Volumen von je 13 Litern integriert.

Das diesel-hydraulische Aggregat (Abbildung 3-3) wurde wie folgt dimensioniert:¹⁰³

Dieselmotor	6,3 kW, bei 2.600 U/Min.
Betriebsdruck	220 bar
Fördermenge	15 Liter/Min
Blasenspeicher	3x 13 l
Aluminiumtank	ca. 40 Liter (l)

¹⁰³ Angebot Fa. Hainzl (27.07.2011)



Abbildung 3-3: Diesel-hydraulische Aggregat – Fa. Hainzl¹⁰⁴

3.4.2 Oberflächenbeschichtung

Die richtige Wahl der Oberflächenbeschichtung ist entscheidend für die Korrosionsbeständigkeit eines Containers. Darum wurde im Zuge von ausführlichen Gesprächen mit Mitarbeitern der Fa. Christ Lacke & Co Kg über den optimalen Aufbau der Oberflächenbeschichtung für den RockTainer diskutiert. Da nur gewisse Bereiche der Oberfläche des RockTainers einer erhöhten Abnutzung durch den Kontakt mit den Schüttgütern ausgesetzt sind, wird seitens Fa. Christ Lacke empfohlen die Beschichtung wie folgt aufzubauen:¹⁰⁵

1. Vorbereitung

Nach Fertigstellung aller Schweißarbeiten, wird der Container komplett entfettet, danach sandgestrahlt und anschließende entstaubt. Zu beachten ist jedoch bei der Durchführung der soeben genannten Arbeitsgänge, dass diese sehr gründlich und gewissenhaft durchgeführt werden müssen, da diese Schritte entscheidend für die Haltbarkeit der Beschichtung sind.

2. Grundierung

Als Grundierung wurde empfohlen eine 8 %ige Zink-phosphat Grundierung, mit der Bezeichnung „673 EP INDUSTRIEGRUND HS CONTAINER“ zu verwenden. Dabei handelt es sich um eine zwei Komponenten High-Solid-

¹⁰⁴ Fa. Hainzl (11.08.2011)

¹⁰⁵ Gespräch mit Fa. Christlacke (18.07.2011)

Grundbeschichtung, die sich durch ihren ausgezeichneten Korrosionsschutz und besonders rascher Trocknung auszeichnet. Der Korrosionsschutz verhindert die Unterwanderung der Beschichtung durch den Rost. Getestet wird die Korrosionsbeständigkeit, indem das Testobjekt 1.440 Stunden bei 35 °C bei 100 % Luftfeuchtigkeit mit Salzwasser besprüht wird und dabei die Unterwanderung der Beschichtung 1 mm nicht überschreitet. Abschließend sei noch erwähnt, dass die Grundierung beinahe keine Abrasionsbeständigkeit hat. Das Datenblatt der Grundierung ist im Anhang A-18 bis A-19 zu finden.

3. Deckschicht

Als Deckschicht wurde empfohlen eine Zwei-Komponenten, festkörperreiche (high solid) Deckschicht, mit der Bezeichnung „794 EBEPHEN AC DECK VOC“ zu verwenden. Diese Deckschicht zeichnet sich unter anderem durch eine ausgezeichnete Wetterbeständigkeit, Kratzfestigkeit und gute chemische Beständigkeit aus. Das Datenblatt der Deckschicht ist im Anhang A-20 bis A-21 zu finden.

Als alternativen Deckanstrich wurde zu Versuchszwecken ein Antihaftlack mit der Bezeichnung „EBECLEAN PUR Anti-Eis“ empfohlen. Diese Deckschicht hat ebenfalls eine gute Beständigkeit hinsichtlich mechanischer und chemischer Belastung. Der 2. RockTainer-Prototyp wurde damit auf der Innenseite beschichtet. Das Datenblatt des Antihaftlacks ist im Anhang A-22 bis A-23 zu finden.

In den sehr ausführlichen und detaillierten Gesprächen mit Fa. Christ Lacke konnten noch weitere wichtige Informationen zum Thema „Oberflächenbeschichtung“ in Erfahrung gebracht werden:¹⁰⁶

- Wesentlich für die Beständigkeit einer Beschichtung ist der Vernetzungsgrad zwischen Grundierung und Deckschicht.
- Die Deckschicht ist wesentlich härter als die Grundierung.
- Mehrere Deckschichten (zwei bis vier) bringen keine weiteren Vorteile außer, dass möglichen Poren nicht bis an die Oberfläche durch gehen.
- Reguläre Öle, Fette, Schwefelsäure und Salze bereiten den Lacken keine Probleme.
- Gasförmige Stoffe, wie zum Beispiel Chlor, Fluor oder Sauerstoff, schwefelige Säure, Ameisensäure, Öle die Dichtungen angreifen, Öle die auf Glykol basieren, feuerfest Hydrauliköle oder biologisch abbaubare Öle können die

¹⁰⁶ Gespräch mit Fa. Christlacke (18.07.2011)

Oberflächenbeschichtung angreifen, da sie zum Teil durch die Poren der Beschichtung diffundieren und dadurch die Lackschicht unterwandern. Der Zeitraum bis eine Unterwanderung der Lackschicht bei direktem Kontakt mit den soeben genannten Stoffen auftritt, ist in der Regel größer als 1.000 Stunden.

- Für die Beschichtung eines WoodTainer XXL werden im Schnitt 40 kg Grundierung und ca. 35 kg Decklackierung, mit dem Farbton RAL7047 (Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen), benötigt.
- Beim statischen Test wird mit Hilfe eines Dorns ein ebenes Blech bis zu 8 mm verformt. Dabei darf die Beschichtung nicht abplatzen.
- Beim dynamischen Test fällt eine 1 kg Kugel bei einer Raumtemperatur (RT) von 20°C aus 0,5 m Höhe auf die beschichtete Oberfläche. Dabei darf die Beschichtung ebenfalls nicht abplatzen.

3.4.3 Stahlbau

Der Stahlbau ist der dritte und zugleich auch der größte Teilbereich des Untersuchungsbereichs. Die Anzahl, sowie die Masse der Stahlbauteile dominieren den gesamten Untersuchungsbereich und werden daher sehr detailliert betrachtet. Für die Auswertungen wird das CAD-Modell, mit Stand 5.8.2011, sowie die Fertigungszeichnungen mit Stand 26.7.2011 herangezogen.

Der Stahlbau des Untersuchungsbereichs wird in die bereits in Kapitel 3.2.1 definierten Baugruppen unterteilt:

- Klappen
- Klappenaufhängung
- Trichter

Die vorgenommene Einteilung in die drei Gruppen wird, wie bereits erwähnt, hinsichtlich einer funktionalen Zusammengehörigkeit vorgenommen und spiegelt nicht den Fertigungsablauf bzw. den Ablauf des RockTainer-Zusammenbaus wieder.

Bei der Benennung der Bauteile wird versucht, die Zugehörigkeit zur Baugruppe im Namen des Bauteils zu implementieren. Dies dient einer einfacheren Handhabung der vielen Bauteile für die nächsten Arbeitsschritt. Des Weiteren werden Bauteile, die einen gleichen bzw. einen sehr ähnlichen Zuschnitt haben und sich im Wesentlichen nur durch eine anschließende Bearbeitung, wie zum Beispiel durch ein unterschiedliches Biegen unterscheiden, unter einer Bezeichnung zusammengefasst, um die Gesamtanzahl der zu untersuchenden Bauteile möglichst gering zu halten.

Die folgenden Nummerierungen der Bauteile ist beliebig, stimmen jedoch mit den Nummerierungen der Bauteile in den folgenden Abschnitten und Kapiteln überein.

„Klappen“:

- (3) Klappen Längsblech
- (4) Klappen – Längsversteifung – innen
- (5) Klappen – Längsversteifung – außen
- (6) Klappen – Befestigungsblech
- (7) Klappen – Längsblech-Flachstahlquerversteifung
- (8) Klappen – Längsblech-Flachstahl längsversteifung
- (9) Klappen – Längsblech-Querversteifung
- (11) Verschraubung M20 mit Beilagscheibe & Mutter
- (12) Klappen – Zahnblech
- (13) Klappen – Zylinderbolzen mit Beilagscheibe & Mutter

In Abbildung 3-4 sind die Bauteile Baugruppe „Klappen“, der restliche Untersuchungsbereich (mit dünnen Linien angedeutet) und die Position des Schnitts aus Abbildung 3-5 ersichtlich.

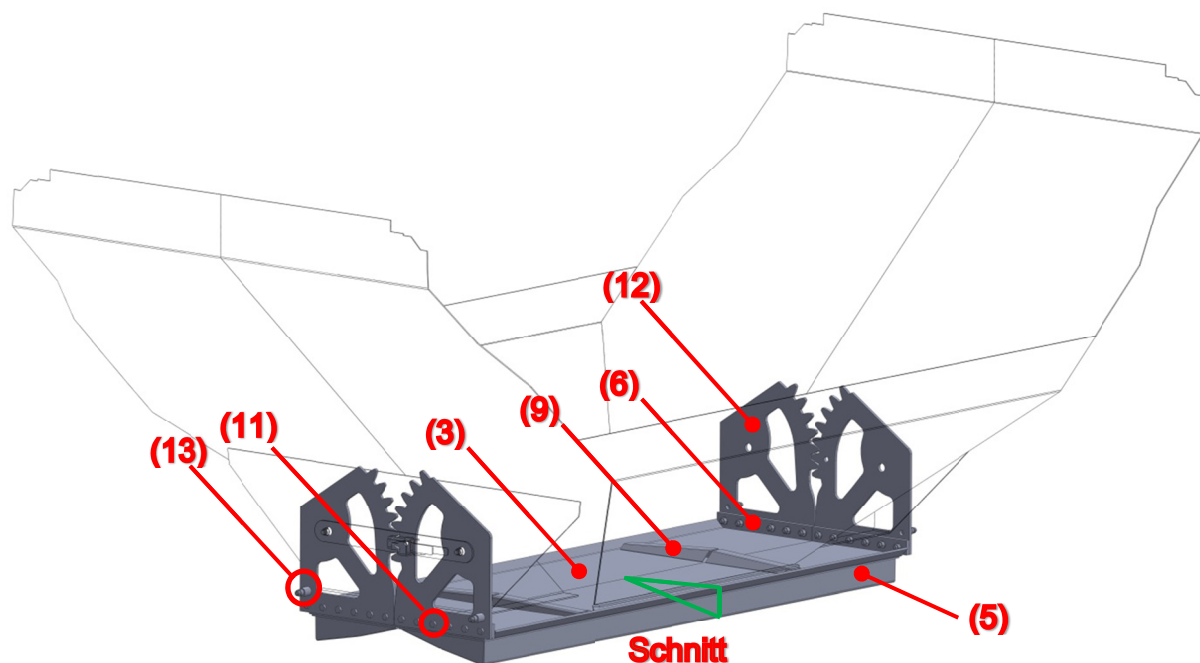


Abbildung 3-4: CAD-Modell der Klappen¹⁰⁷

¹⁰⁷ Fa. Container (05.08.2011)

In Abbildung 3-5 ist der Schnitt durch eine der zwei Klappen dargestellt (siehe Abbildung 3-4), um die Positionen der von außen nicht ersichtlichen Bauteile betrachten zu können.

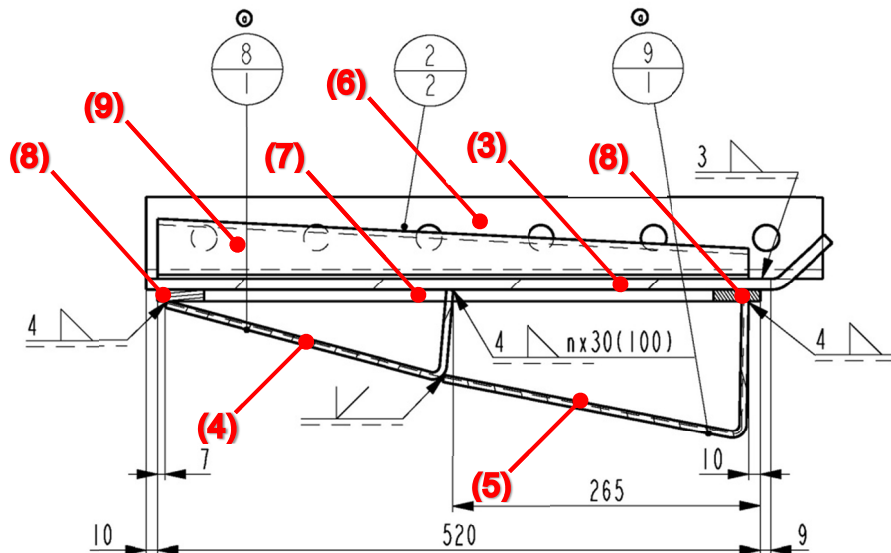


Abbildung 3-5: Ausschnitt Fertigungszeichnung – Klappenquerschnitt¹⁰⁸

Baugruppe „Klappenaufhängung“:

- (10) Klappen Verbindungsblech
- (19) Trichter – Aufhängung – Klappen
- (20) Trichter – Aufhängung – Klappen Versteifung
- (21) Verriegelung – Hebel gesamt
- (22) Bolzen – Klappenaufhängung

In Abbildung 3-6 sind die Bauteile der Baugruppe „Klappenaufhängung“ sowie der restliche Untersuchungsereich (mit dünnen Linien angedeutet) ersichtlich.

¹⁰⁸ Fa. Container (26.7.2011)

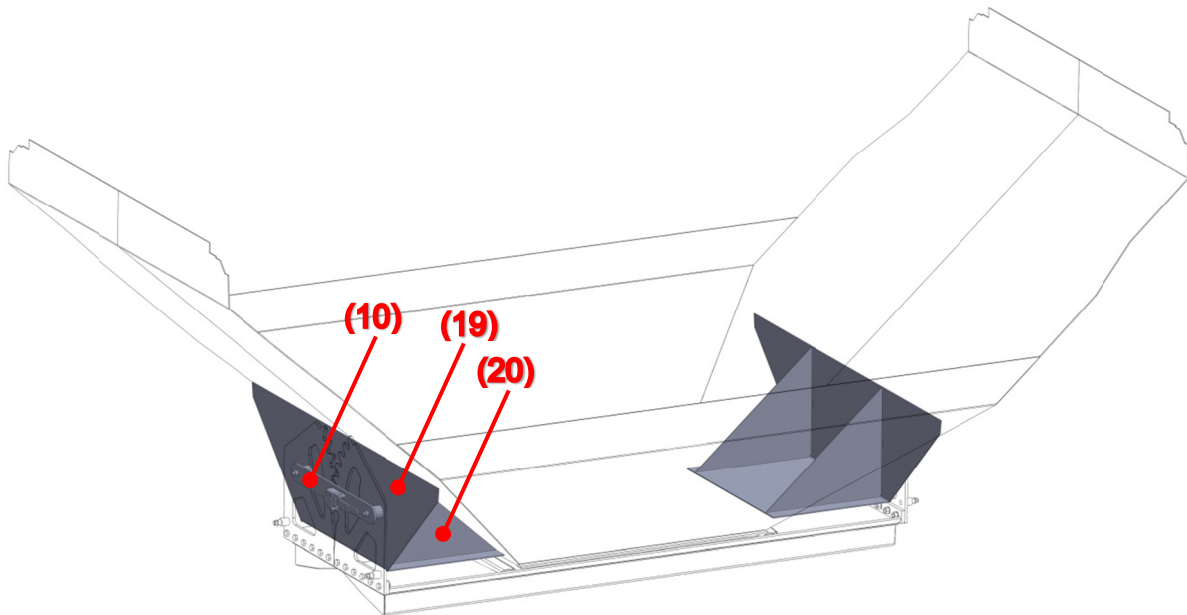


Abbildung 3-6: CAD-Modell der Klappenaufhängung¹⁰⁹

Für eine bessere Betrachtung der kleineren Bauteile, wurden in Abbildung 3-7 der betroffene Ausschnitt größer dargestellt.

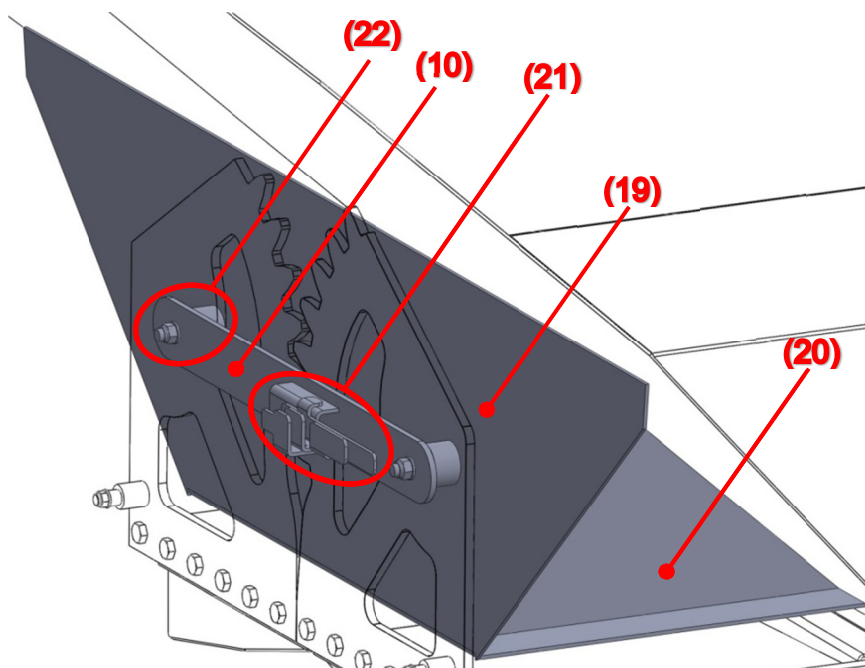


Abbildung 3-7: CAD-Modell der Klappenaufhängung – Detail¹¹⁰

¹⁰⁹ Fa. Container (05.08.2011)

¹¹⁰ Fa. Container (05.08.2011)

Baugruppe „Trichter“:

- (1) Trichter – Längsblech
- (2) Trichter – Stirnblech
- (14) Trichter – Kreuzwinkel – längs
- (15) Trichter – Kreuzwinkel – längs - Flachstahl
- (16) Trichter – Kreuzwinkel – quer
- (17) Trichter – Kreuzwinkel – quer – Flachstahl
- (18) Trichter – Auslassöffnung – Flachstahlversteifung

In Abbildung 3-8 sind die Bauteile der Baugruppe „Trichter“ sowie der restliche Untersuchungsbereich (mit dünnen Linien angedeutet) ersichtlich.

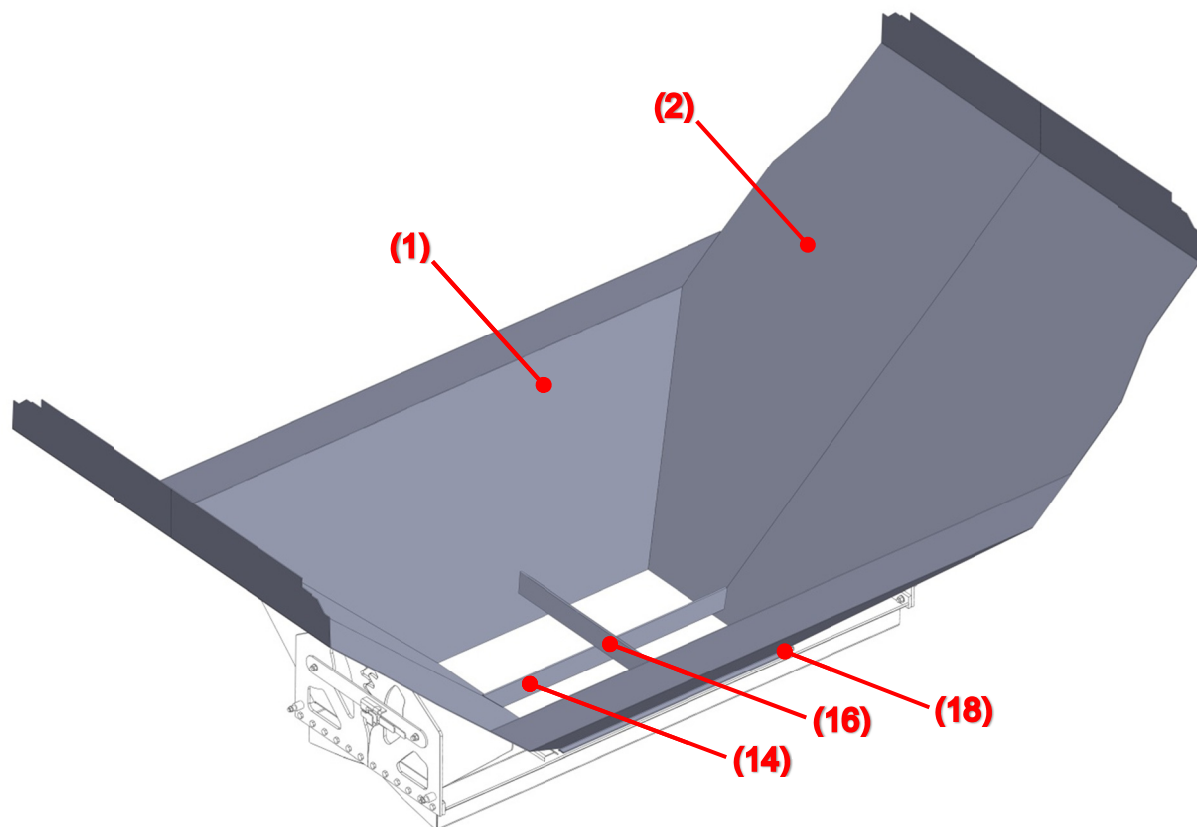
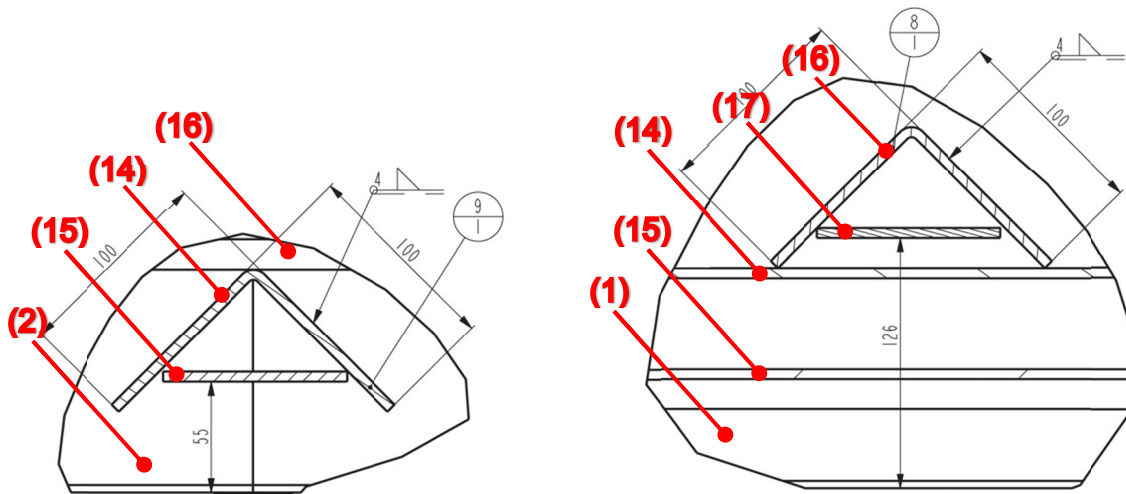


Abbildung 3-8: CAD-Modell des Trichters¹¹¹

In Abbildung 3-9 sind die Schnitte durch zwei Kreuzwinkel dargestellt, da in Abbildung 3-8 nicht alle Bauteile ersichtlich sind.

¹¹¹ Fa. Container (05.08.2011)

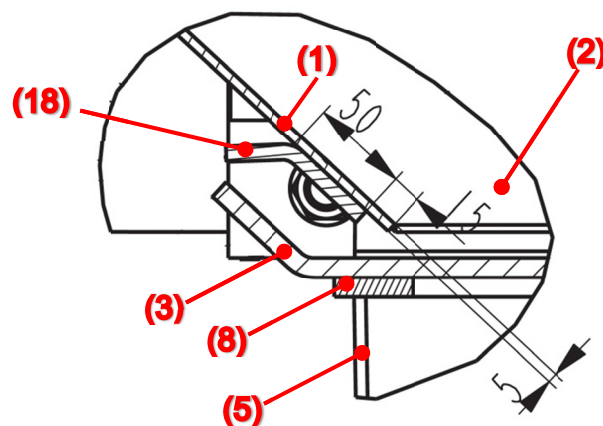


Querschnitt durch den RockTainer

Mittiger Längsschnitt durch den RockTainer

Abbildung 3-9: Ausschnitt aus Fertigungszeichnung – Details Kreuzwinkel¹¹²

In Abbildung 3-10 ist ein Ausschnitt des Querschnitts durch das „Trichter-Längsblech“ des RockTainer dargestellt, um die angrenzenden Bauteile ersichtlich zu machen.

**Abbildung 3-10: Ausschnitt Fertigungszeichnung – Versteifung der Auslassöffnung¹¹³**

Bei der Erhebung der Daten wurde festgestellt, dass zum überwiegenden Teil unlegierte Stähle mit der Bezeichnung „S235JR“ sowie „S355J2“ (für die Trichterlängs- und Trichterstirn-Bleche) verwendet wurden. Teilweise wurde für Versteifungen (Klappen Längsversteifung innen und außen, Trichter - Aufhängung - Klappen) ein Feinkorn-Kaltpress-Stahl mit der Bezeichnung „S380MC“ verwendet.

¹¹² Fa. Container (26.7.2011)

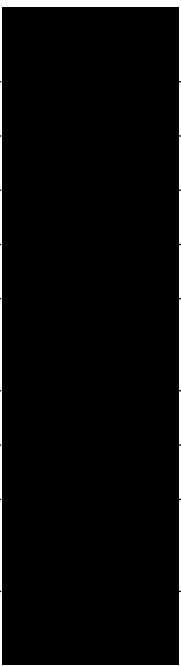
¹¹³ Fa. Container (26.7.2011)

Die Blechstärken die zum Einsatz kamen, waren zwischen 5 mm und 20 mm. Eine detaillierte Auflistung der Bauteile, mit den zugehörigen Blechstärken, ist in Kapitel 3.4.5 zu finden.

3.4.4 Kostenauflistung

Unter dem Begriff „Kosten“ wird der Betrag in Euro [€] verstanden, den Fa. Innofreight für eine Leistung oder für ein Produkt, an zum Beispiel externe Firmen, aufbringen muss, um die Leistung oder das Produkt zu kaufen.

In Zusammenarbeit mit Hr. Hajnsek (Fa. Innofreight), der jahrelange Erfahrung im Bereich des Containerbaus hat, wurde eine Kostenauflistung erarbeitet, mit deren Hilfe es möglich ist, jedem Bauteil bzw. jedem Arbeitsgang die entsprechenden Kosten zu zuordnen. Die erarbeitete Kalkulationsauflistung ist auf Basis von Kosten pro Kilogramm, die auf das fertig bearbeitete Bauteil bezogen werden. Laut Hr. Hajnsek sind die Kostenunterschiede zwischen den üblicherweise im Containerbau verwendeten Stahlsorten nicht wesentlich für die vorliegende Untersuchung. Sofern es sinnvoll erschien, wurden die Kosten entsprechend auf eine Arbeitsstunde, Stück oder auf einen Meter bezogen. Die entsprechenden Kalkulationssätze sind in Tabelle 3-2 zusammengefasst und werden für alle weiteren Kostenberechnungen verwendet.¹¹⁴

Position	Kosten	Einheit
Stahlblech, keine besondere Qualität & Verarbeitung Dünnere Blechstärken: -10 %; Dickere Blechstärken: +5 %		[€/kg]
Stahlblech – Hardox (sehr verschleißbeständig, Dicke 3 mm, Menge >3 t)		[€/kg]
Stahlblech, mit Laser zugeschnitten, einfache Geometrie		[€/kg]
Stahlblech, mit Laser zugeschnitten, komplizierte Geometrie		[€/kg]
Stahlblech, mit Laser zugeschnitten und gebogen		[€/kg]
Formrohre (Wandstärke ca. 3 mm, mit zunehmender Wandstärke steigt der Preis)		[€/kg]
Drehteile		[€/kg]
Schraube M20x65 inkl. selbstsichernder Mutter und Beilagscheibe		[€/Stk]
Schweißarbeiten inkl. Schweißmaterial; z.B.: Schweißnaht A4 Länge 1 m in 10 Min.		[€/h]
Bohren & Gewindeschneiden z.B. M10x30 mm: 1 Min (Bohren), 2 Min Gewindeschneiden		[€/h]

¹¹⁴ Innofreight (13.7.2011)

Zusammenbau		[€/h]
Entfetten und Sandstrahlen		[€/h]
Lackierarbeiten		[€/h]
Farbe (Grundierung und Deckschicht) - Durchschnittswert		[€/kg]
Beschriftungen anbringen		[€/h]
Hydraulik-Zylinder (Dimension 70/40 – 400)		[€/Stk]
Hydraulik-Handpumpe		[€/Stk]
Hydraulik-Stahlrohr ¼“, Material exkl. Montage		[€/m]
Hydraulik-Stahlrohr ½“, Material exkl. Montage		[€/m]

Tabelle 3-2: Kostenauflistung – Basiswerte für Containerfertigung¹¹⁵

Die Erfahrungswerte, wie zum Beispiel die angefallenen Kosten oder Arbeitsstunden, des ersten Prototypenbaus sind in Tabelle 3-3 zusammengefasst. Der Unterschied zwischen den kalkulierten und den tatsächlichen Gesamtkosten ergibt sich daher, dass es bei der Prototypenfertigung immer wieder zu unvorhergesehenen Problemen kam.

Position	Kosten	Einheit
Materialkosten Stahlbau gesamter RockTainer, inkl. Bearbeitung, nicht geschweißt, Gesamtgewicht 3.980kg		[€/Ct]
Arbeitsaufwand für den gesamten RockTainer: Schweißen und Zusammenbau - gesamt ca. 250 h		[€/Ct]
Entfetten und Sandstrahlen 4 h/Ct		[€/Ct]
Lackierarbeiten 4 h/Ct		[€/Ct]
Farbe (Grundierung und Deckschicht) ca. 60 kg		[€/Ct]
Beschriftungen, Aufkleber (ohne Arbeitszeit)		[€/Ct]
Beschriftungen anbringen ca. 2 h/Ct		[€/Ct]
Hydraulik gesamt inkl. Montage für 1. RockTainer		[€/Ct]
Kalkulierte Gesamtkosten: RockTainer - 1. Prototyp		[€/Ct]
Tatsächliche Gesamtkosten: RockTainer - 1. Prototyp		[€/Ct]

Tabelle 3-3: Kostenauflistung RockTainer-Prototyp¹¹⁶

¹¹⁵ Innofreight (13.7.2011)

¹¹⁶ Innofreight (13.7.2011)

In Tabelle 3-4 sind die Massen und Kosten der WoodTainer XXL, XL, XS und des RockTainers aufgelistet und daraus werden die Kosten je Kilogramm berechnet. Deutlich zu sehen ist, dass die voll optimierte Fertigung des WoodTainer XXL, im Zusammenhang mit der großen Stückzahl, sich in den geringen Kosten je Kilogramm widerspiegelt. Des Weiteren wurde festgestellt, dass bei der Prototypenfertigung die Kosten je Kilogramm im Durchschnitt um ca. 17 % höher waren, als die kalkulierten Kosten je Kilogramm.

Containertyp	Masse [kg]	Kosten [€/Ct]	Kosten [€/kg]	Bemerkung
WoodTainer XXL	2.750			Großserien ca. 2.000 Stk, voll optimiert
WoodTainer XL	2.380			Serienproduktion – ca. 48 Stk
WoodTainer XS	1.950			Kleinserie – ca. 14 Stk
RockTainer	3.980			Kalkulierte Kosten, Kleinstserie
RockTainer I & II	3.980			Prototypenfertigung

Tabelle 3-4: Kostenauflistung im Vergleich: WoodTainer und RockTainer¹¹⁷

3.4.5 Kostenkalkulation

Die bei der Kostenauflistung erarbeiteten Daten, sind auf Basis von Kosten pro Kilo, pro Stück oder pro Meter, wodurch für die Kostenkalkulation die CAD-Daten und die Fertigungszeichnungen herangezogen werden können. Die 25 Bauteile des Untersuchungsbereichs werden hinsichtlich ihrer Abmessungen (Dicke, Länge und Breite), Masse pro Stück und Anzahl pro Container untersucht, tabellarisch erfasst und die Gesamtmassen der Bauteile berechnet (Tabelle 3-5).

Für jedes Bauteil werden ein entsprechender Kalkulationssatz (vgl. Tabelle 3-2) eingesetzt und daraus die Kosten pro Stück und die Kosten pro Container berechnet. Der anzuwendende Kalkulationssatz berücksichtigt das Material, die Komplexität des Zuschnitts, die notwendigen Biegeoperationen sowie die noch weitere notwendige Arbeitsschritte.

Abschließend werden die Gesamtmassen und die Gesamtkosten der 25 Bauteile je Container ermittelt.

¹¹⁷ Innofreight (18.10.2011)

In der vorliegenden Berechnung werden nur die fertig bearbeiteten Bauteile, nicht aber die Schweißarbeiten, Montagen, Lackierung usw. die zur Fertigstellung des RockTainers dienen, berücksichtigt. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Kosten pro Container im Wesentlichen über den Kosten pro Kilo bestimmt werden und daher können durch eine Reduktion der Bauteile oder der Bauteilmassen der Gesamtkosten stark beeinflusst werden.

Lf.-Nr.	Bauteil-Nr.	Bezeichnung	Eingabewerte - Bauteil/Baugruppen					Berechnete Werte			
			Stärke	Länge	Breite	Masse pro Stück	Anzahl pro Container	Kosten Material inkl. Bearbeitung	Masse pro Container	Kosten pro Stück	Kosten pro Container
			[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[Stk.]	[€/kg]	[kg]	[€/Stk]	[€]
1	C-239-620685	Trichter - Längsblech	5	3.801	1.481	146,5	2		293,0		
2	C-239-620691	Trichter - Stirnblech	5	3.182	1.417	148,3	4		593,2		
3	C-239-620723	Klappen - Längsblech	10	3.068	548	145,1	2		290,2		
4	C-239-622314	Klappen - Längsversteifung - innen	6	3.020	316	45,1	2		90,2		
5	C-239-622315	Klappen - Längsversteifung - außen	6	3.020	373	53,2	2		106,4		
6	C-239-620726	Klappen - Befestigungsbleche	20	584	70	5,9	4		23,6		
7	C-239-620741	Klappen - Längsblech-Flachstahlängsversteifung	10	3.048	40	9,4	4		37,6		
8	C-239-620742	Klappen - Längsblech-Flachstahlquersteifung	10	520	40	1,5	4		6,0		
9	C-239-622607	Klappen - Längsblech-Quersversteifung	5	517	180	3,0	4		12,0		
10	C-239-620729	Klappen Verbindungsblech	10	973	100	7,3	2		14,6		
11	303702	Verschraubung M20 mit Beilagscheibe & Mutter	M20	65		0,3	24		7,6		
12	C-239-622721	Klappen - Zahnbleche	15	584	500	32,4	4		129,6		
13	C-239-620735	Klappen - Zylinderbolzen mit Beilagscheibe & Mutter	40	85		0,6	4		2,2		
14	C-239-56-620731	Trichter - Kreuzwinkel - längs	5	1.590	100	16,8	1		16,8		
15	C-239-56-620749	Trichter - Kreuzwinkel - längs Flachstahl	5	1.465	92	5,6	1		5,6		
16	C-239-56-620732	Trichter - Kreuzwinkel - quer	5	1.368	100	14,3	1		14,3		
17	C-239-56-620750	Trichter - Kreuzwinkel - quer Flachstahl	5	1.228	92	4,8	1		4,8		
18	C-239-620733	Trichter - Auslassöffnung - Flachstahlversteifung	8	1.470	50	7,4	2		14,8		
19	C-239-620717	Trichter - Aufhängung - Klappen	6	2.178	1.292	79,9	2		159,8		
20	C-239-620730	Trichter - Aufhängung - Klappen Versteifung	5	760	600	8,1	4		32,4		
21	C-239-50-622617	Verriegelung - Hebel gesamt	6	320	79	1,9	1		1,9		
22	C-239-621226	Bolzen - Klappenaufhängung	70	103		1,7	4		6,6		
23	-	Zylinder (70/40 - 400) [€/Stk.]	-	1.100	-	12,8	2		25,6		
24	-	Handpumpe [€/Stk.]	-	-	-	6,7	1		6,7		
25	-	Hydraulikrohre (1/4" - s x L x D), [€/m]	1,0	12.000	6,4	15,8	1		15,8		
26	-	-									
27	-	-									
Summe									1.911,3	-	

Tabelle 3-5: Kostenkalkulation – Untersuchungsbereich RockTainer

Die Auswertung der Tabelle 3-5 ergibt, dass die Bauteile des Untersuchungsbereichs eine Gesamtmasse von 1.911,30 kg haben und Gesamtkosten in der Höhe von [redacted] € verursachen.

Der RockTainer hat eine Gesamtmasse von 3.980,00 kg wobei sich die Materialkosten auf eine Summe von [redacted] € belaufen. Die Materialkosten werden aus den

Materialkosten-Stahlbau (Tabelle 3-3) und den Materialkosten für die Zylinder, Handpumpe und Hydraulikrohre 1/4" (Tabelle 3-5) errechnet.

Aus dem direkten Vergleich des Untersuchungsbereichs mit dem RockTainers geht hervor, dass die Masse des Untersuchungsbereichs einen Anteil von ca. 48 % der Gesamtmasse des RockTainers hat, aber ca. 57 % der Materialkosten verursacht.

3.5 Arbeitsschritt 4 „Funktionenanalyse, Kostenanalyse, Detailziele“

Die Funktionenanalyse sowie die Kostenanalyse werden im Zuge eines Workshops durchgeführt. Dieser Workshop fand am 2.8.2011 bei der Fa. Innofreight, in Bruck an der Mur, statt und es nahmen daran fünf Personen teil. Diese Gruppe setzte sich zusammen aus dem technischen Geschäftsführer der Fa. Innofreight, sowie Vertreter der Innofreight-Abteilungen Produktmanagement, Vertrieb. Der Workshop konnte innerhalb eines Tages durchgeführt werden, da alle notwendigen Informationen für eine detaillierte Funktionenanalyse (siehe Kapitel 3.4) zusammengetragen, sowie eine automatische Funktionskosten-Matrix (siehe Kapitel 3.5.2) vom WA-Moderator im Vorfeld erstellt wurden.

3.5.1 Funktionenanalyse und Reihung

Im ersten Schritt werden alle Funktionen gesucht, die vom Untersuchungsbereich erfüllt werden oder erfüllt werden sollten. Um möglichst alle Funktionen eruieren zu können, wendet die Gruppe das Brainstormings (vgl. Kapitel 2.5.3) an. Das Ergebnis des Brainstormings ist in Abbildung 3-11 ersichtlich. Die ausführlichen Erläuterungen zu den einzelnen Funktionen, wurden im Anschluss an die Funktionenreihung durchgeführt.



Abbildung 3-11: Identifizierte Funktionen des Untersuchungsbereichs¹¹⁸

Im zweiten Schritt werden die Funktionen nach logischen Gesichtspunkten in Hauptfunktionen und Nebenfunktionen gegliedert. Dabei werden sechs Hauptfunktionen und in Summe 24 Nebenfunktionen gebildet (Tabelle 3-6). Die Gliederung der Nebenfunktionen erfolgte in einer Ebene, da für eine weitere Unterteilung nicht genügend Funktionen vorhanden sind. Bei der Nummerierung der Nebenfunktionen ist an erster Stelle die Nummer der Hauptfunktion enthalten, wie zum Beispiel: Nebenfunktion „4.1. Klappe bewegen“, gehört zur 4. Hauptfunktion „Bedienkräfte übertragen“.

Hauptfunktionen	1. Nebenfunktionen
1 Schüttgut aufnehmen	1.1 Schüttgutbelastung ertragen 1.2 Schüttgut leiten 1.3 Verschleiß ertragen
2 Schüttgut zurückhalten	2.1 Schüttgutbelastung ertragen 2.2 Schüttgut dosieren 2.3 Verschleiß ertragen 2.4 Schüttgut leiten
3 Klappen aufnehmen	3.1 Belastung standhalten

¹¹⁸ Innofreight (02.08.2011)

	3.2 Toleranzen ausgleichen 3.3 Korrosion standhalten 3.4 Bewegung ermöglichen
4 Bedienkräfte übertragen	4.1 Klappen bewegen 4.2 Synchronlauf gewährleisten 4.3 Verschmutzung ertragen 4.4 Bedienung gewährleisten 4.5 Korrosion standhalten 4.6 Verschleiß ertragen
5 Sicherheit gewährleisten	5.1 Funktionalität gewährleisten 5.2 Verriegelung gewährleisten 5.3 Umweltverträglichkeit gewährleisten 5.4 Witterung standhalten
6 Bedienungskomfort haben	6.1 Automatisierung ermöglichen 6.2 Wiederholbarkeit gewährleisten 6.3 Wartung ermöglichen

Tabelle 3-6: Gliederung der Funktionen in Haupt- und Nebenfunktionen¹¹⁹

1. **Schüttgut aufnehmen:** Das zu transportierende Schüttgut muss durch die Trichterbleche und die Klappen aufgenommen werden.
 - 1.1. **Schüttgutbelastung ertragen:** Die Trichterbleche, die Klappen und die Kreuzwinkel müssen den statischen und dynamischen Belastung durch das Schüttgut standhalten.
 - 1.2. **Schüttgut leiten:** Die Trichterbleche müssen das Schüttgut zur Auslassöffnung, die durch die Trichterbleche gebildet wird, leiten.
 - 1.3. **Verschleiß ertragen:** Die Trichterbleche müssen der übermäßigen Abnutzung durch abrasive Schüttgüter (z.B.: Koks, Gleisschotter) standhalten.

2. **Schüttgut zurückhalten:** Die Klappen hindern das Schüttgut am unkontrollierten austreten aus dem Container.
 - 2.1. **Schüttgutbelastung ertragen:** Die Klappen müssen den statischen und dynamischen Belastung durch das Schüttgut, sowie den Kräften beim Öffnen und beim Schließen, standhalten.
 - 2.2. **Schüttgut dosieren:** Die Klappen müssen den Schüttgutstrom je nach Bedarf unterbrechen können.

¹¹⁹ Innofreight (02.08.2011)

- 2.3. **Verschleiß ertragen:** Die Klappen und die Kreuzwinkel (längs) müssen der übermäßigen Abnutzung durch abrasive Schüttgüter (z.B.: Koks, Gleisschotter) standhalten.
 - 2.4. **Schüttgut leiten:** Die Klappen müssen das ausströmende Schüttgut leiten und der Kreuzwinkel (längs) muss das Schüttgut von der Schließkante der Klappen fernhalten.
3. **Klappen aufnehmen:** Die Klappenaufhängung muss die Klappen aufnehmen können.
- 3.1. **Belastung standhalten:** Die Klappenaufhängung muss den statischen und dynamischen Belastung die die Klappen ausüben, sowie den Kräften beim Öffnen und beim Schließen, standhalten.
 - 3.2. **Toleranzen ausgleichen:** Die Klappenaufhängungen sollten nach Möglichkeit Fertigungstoleranzen ausgleichen bzw. unempfindlich gegenüber Fertigungstoleranzen sein.
 - 3.3. **Korrosion standhalten:** Die Klappenaufhängungen müssen der Korrosion standhalten.
 - 3.4. **Bewegung ermöglichen:** Die Klappenaufhängungen müssen es den Klappen ermöglichen, sich öffnen und schließen zu können.
4. **Bedienkräfte übertragen:** Die Kräfte die zum Öffnen und zum Schließen der Klappen notwendig sind, müssen vom Bediener zu den Klappen übertragen werden.
- 4.1. **Klappen bewegen:** Die Klappen müssen sich jederzeit, mit einem vernünftigen Kraftaufwand öffnen und schließen lassen.
 - 4.2. **Synchronlauf gewährleisten:** Die zwei Klappen müssen sich synchron öffnen und schließen lassen.
 - 4.3. **Verschmutzung ertragen:** Verschmutzungen dürfen keinen Einfluss auf die Bedienung der Klappen haben.
 - 4.4. **Bedienung gewährleisten:** Die Bedienung der Klappen muss immer gewährleistet sein.
 - 4.5. **Korrosion standhalten:** Die Elemente der Kraftübertragung müssen der Korrosion standhalten.
 - 4.6. **Verschleiß ertragen:** Die Elemente der Kraftübertragung müssen dem Verschleiß standhalten bzw. sollte unempfindlich gegenüber Verschleiß sein.
5. **Sicherheit gewährleisten:** Das System sollte betriebssicher und umweltverträglich sein.

- 5.1. **Funktionalität gewährleisten:** Die Betätigung der Klappen sollte bei allen Betriebszuständen funktionieren.
 - 5.2. **Verriegelung gewährleisten:** Die Klappen müssen mechanisch gegen ungewolltes Öffnen gesichert werden.
 - 5.3. **Umweltverträglichkeit gewährleisten:** Etwaig austretende Öle oder Schmierstoffe sollten umweltverträglich sein.
 - 5.4. **Witterung standhalten:** Die Witterung sollte keinen negativen Einfluss auf die Betätigung der Klappen haben.
- 6. Bedienungskomfort haben:** Der Bediener sollte die Klappen möglichst einfache und sicher bedienen können.
- 6.1. **Automatisierung ermöglichen:** Es sollte möglich sein, die Klappen durch eine externe Ansteuerung betätigen zu können.
 - 6.2. **Wiederholbarkeit gewährleisten:** Das Öffnen und das Schließen der Klappen sollte immer innerhalb ähnlicher Reaktionsparameter möglich sein.
 - 6.3. **Wartung ermöglichen:** Die Wartung sollte nach Möglichkeit minimiert werden und mit wenig Aufwand durchführbar sein.

3.5.2 Funktionskosten-Matrix

Mit Hilfe der Funktionskosten-Matrix ist es möglich, die Teilekosten auf die Funktionen aufzuteilen. Die Kosten des Funktionsträgers (FT) (=Bauteil) werden auf die zuvor definierten Funktionen umgelegt, wodurch sich ein Teil der Funktionskosten ergibt. Nachdem alle Funktionsträger auf die Funktionen umgelegt sind, kann die Quersumme je Funktion gebildet werden, wodurch die Kosten der jeweiligen Funktion (=Funktionskosten) resultieren (Abbildung 3-12).¹²⁰

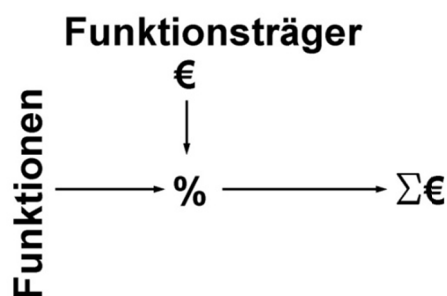


Abbildung 3-12: Funktionskosten-Matrix¹²¹

¹²⁰ Vgl. Zentrum (1995), S.164f.

¹²¹ Vgl. Zentrum (1995), S.164

Die vorliegende Untersuchung besteht aus 25 Funktionsträgern und 24 Funktionen, wodurch sich eine 25 x 24 Funktionskosten-Matrix ergibt. Bei einer Matrix dieser Größe ist es sinnvoll, dies mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms zu bewerkstelligen. In der vorliegenden Untersuchung wird auf Microsoft Excel 2010 zurückgegriffen, da sich Änderungen bei einer gut durchdachten Excel-Datei schnell durchführen lassen, Datensätze können automatisch in andere Registerblätter übernommen werden und es können Sortiervorgänge automatisiert werden. Die erarbeitete Excel-Datei wurde bereits mit der „Kostenauflistung“ begonnen und führte über die „Kostenkalkulation“ zur „Funktionskosten-Matrix“. Des Weiteren wurde die Excel-Datei noch um die „ABC-Analyse“, die „Beurteilung & Auswertung“, die „Detailziel“ und der „Kostenkalkulation Varianten“ erweitert. Im Anhang (siehe A-24) ist ein Screenshot der erarbeiteten Microsoft Excel 2010 Datei, mit den verschiedenen Registerblättern ersichtlich, wobei die Euro-Beträge aus Datenschutzgründen unkenntlich gemacht wurden.

Die Nummerierungen, die Bezeichnungen und die Kosten der Funktionsträger wurden in der Microsoft Excel-Datei automatisch aus dem Registerblatt der „Kostenkalkulation“ übernommen. Diese automatische Übernahme der Daten wurde mit der Excel-Funktion „VERWEIS“ realisiert. Die Summe der Kosten (ganz oben rechts) wurde im vorliegenden Registerblatt errechnet.

Mit der Bezeichnung „Kontrollsumme“ (befindet sich neben den Kosten) wird kontrolliert, wie viel Prozent des jeweiligen FTs auf die FuKo umgelegt wurden. Bei der vollständig ausgefüllten FuKo-Matrix muss immer der Wert 100 % erreicht sein, da sonst der betroffene FT unvollständig (<100 %) oder übervollständig (>100 %) auf die Funktionen umgelegt wurde.

In der Zeile „FU-Kosten in Euro“ wird die Summe der Kosten, der jeweiligen Funktion gebildet. Am Ende dieser Zeile wird wiederum eine Kontrollsumme, die FuKo-Summe, gebildet, die mit der Summe FT-Kosten übereinstimmen muss.

In der Zeile „FU-Kosten in Prozent“ wird automatisch der prozentmäßige Anteil der jeweiligen FU-Kosten an den Gesamtkosten errechnet. Auch hier wird am Ende der Zeile eine Kontrollsumme gebildet, die bei einer vollständig ausgefüllten FuKo-Matrix immer den Wert 100 % ergeben muss, da sonst zumindest ein FT unvollständig (<100 %) auf die Funktionen umgelegt wurde.

In Tabelle 3-7 ist die Funktionskosten-Matrix abgebildet, die im Zuge des Gruppen-Workshops erarbeitet wurde. Exemplarisch wird nun beschrieben, wie die Aufteilung dreier Funktionsträger auf die Funktionskosten durchgeführt wurde.

- Der Funktionsträger Nr. 7 „Klappen - Längsblech-Flachstahlängsversteifung“ wird zu 100 % der Nebenfunktion „2.1 Schüttgutbelastung ertragen“ zugeschrieben, da sonst keine weitere Funktion dieses Bauteils eruiert werden konnte. Der Kostenanteil dieses FTs an den FuKo „2.1. Schüttgutbelastung ertragen“ beträgt aber nur ca. 9 %. Der Anteil des FTs an den FuKo wird nicht in der FuKo-Matrix errechnet.
- Der Funktionsträger Nr. 2 „Trichter - Stirnblech“ wird zu 35 % der Nebenfunktion „1.1 Schüttgutbelastung ertragen“ zugeschrieben. Der Kostenanteil dieses FTs an den FuKo „1.1 Schüttgutbelastung ertragen“ beträgt ca. 59 %. Die FuKo „1.1 Schüttgutbelastung ertragen“ wiederum, haben einen Anteil von 15 % an der Summe aller Kosten.
- Der Funktionsträger Nr. 24 „Handpumpe“ wird auf die drei Hauptfunktionen „4. Bedienkräfte übertragen“, „5. Sicherheit gewährleisten“ und „6. Bedienungskomfort haben“ aufgeteilt. Dabei werden 5 % der Nebenfunktion „5.1 Funktionalität gewährleisten“ zugeschrieben. Der Kostenanteil dieses FTs an den FuKo „5.1 Funktionalität gewährleisten“ beträgt ca. 45 %. Die FuKo „5.1 Funktionalität gewährleisten“ wiederum, haben aber nur einen Anteil von knapp 1 % an der Summe aller Kosten.

Wie in Tabelle 3-7 unter der Bezeichnung „Rang“ ersichtlich ist, werden nach Abschluss der FT-Aufteilung, die FuKo beginnend mit dem größten Kostenanteil, aufsteigend nummeriert. Diese Nummerierung wird automatisch mit der Excel-Funktion „RANG“ realisiert. Benötigt wird diese Auswertung der Rangfolge für die Auswertung mittels ABC-Analyse.

Funktionen		Funktionsträger																									Kontrollsumme			
Hauptfunktion	1.Nebenfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	FU-Kosten in Euro	FU-Kosten in Prozent	Rang	
	1.1 Schüttgut aufnehmen	40%	35%																									15,00%	2	
	1.2 Schüttgut leiten	40%	35%							100%																			14,29%	3
	1.3 Verschleiß ertragen	20%	10%																										5,02%	7
	2.1 Schüttgutbelastung zurückhalten			30%	100%	100%																							12,46%	4
	2.2 Schüttgut dosieren			30%																									3,40%	9
	2.3 Verschleiß ertragen			30%																									3,46%	8
	2.4 Schüttgut leiten			10%											80%														1,66%	10
	3.1 Belastung standhalten		20%				80%				100%	90%	10%									70%							17,38%	1
	3.2 Toleranzen ausgleichen						10%					5%	10%									10%							1,19%	11
	3.3 Korrosion standhalten											5%	10%									20%							0,70%	16
	3.4 Bewegung ermöglichen											10%																	0,65%	18
	4.1 Klappen bewegen												100%																8,25%	6
	4.2 Synchronlauf gewährleisten											20%																	1,10%	13
	4.3 Verschmutzung ertragen												10%																1,08%	14
	4.4 Bedienung gewährleisten																												8,76%	5
	4.5 Korrosion standhalten																						5%						0,59%	21
	4.6 Verschleiß ertragen																												0,55%	20
	5.1 Funktionalität gewährleisten																												0,99%	15
	5.2 Verriegelung gewährleisten																												1,12%	12
	5.3 Umweltverträglichkeit gewährleisten																							100%					0,65%	19
	5.4 Witterung standhalten																												0,35%	23
	6.1 Automatisierung ermöglichen																												0,43%	22
	6.2 Wiederholbarkeit gewährleisten																												0,32%	24
	6.3 Wartung ermöglichen																												0,67%	17
	Kontrollsumme	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Tabelle 3-7: Funktionskosten-Matrix – vollständig ausgefüllt¹²²

¹²² Innofreight (02.08.2011)

3.5.3 ABC-Analyse

Die mit Hilfe der Funktionskosten-Matrix erzielten Ergebnisse, werden zur Auswertung in eine ABC-Analyse (siehe Kapitel 2.5.2) eingesetzt. Die Übertragung und die gleichzeitige Sortierung der Daten aus dem Registerblatt „FuKo-Matrix“ auf das Registerblatt „ABC-Analyse“ erfolgt mit den Excel-Befehlen „WENN“, „INDEX“, „VERGLEICH“ und „KGRÖSSTE“. Die Funktionen werden dabei entsprechend ihrer Kosten in absteigender Reihenfolge aufgelistet. Anschließend werden die Prozent und die Kosten in einer eigenen Spalte aufsummiert (Tabelle 3-8).

Rang	Funktion: Nummer & Bezeichnung	Prozent [%]	Prozent - kumuliert [%]	Kosten [€]	Kosten - kumuliert [€]
1	3.1 Belastung standhalten	17,38%	17,38%		
2	1.1 Schüttgutbelastung ertragen	15,00%	32,39%		
3	1.2 Schüttgut leiten	14,29%	46,68%		
4	2.1 Schüttgutbelastung ertragen	12,46%	59,14%		
5	4.4 Bedienung gewährleisten	8,76%	67,90%		
6	4.1 Klappen bewegen	8,25%	76,15%		
7	1.3 Verschleiß ertragen	5,02%	81,16%		
8	2.3 Verschleiß ertragen	3,46%	84,63%		
9	2.2 Schüttgut dosieren	3,40%	88,02%		
10	2.4 Schüttgut leiten	1,66%	89,68%		
11	3.2 Toleranzen ausgleichen	1,19%	90,87%		
12	5.2 Verriegelung gewährleisten	1,12%	91,99%		
13	4.2 Synchronlauf gewährleisten	1,10%	93,09%		
14	4.3 Verschmutzung ertragen	1,08%	94,17%		
15	5.1 Funktionalität gewährleisten	0,99%	95,17%		
16	3.3 Korrosion standhalten	0,70%	95,87%		
17	6.3 Wartung ermöglichen	0,67%	96,55%		
18	3.4 Bewegung ermöglichen	0,65%	97,20%		
19	5.3 Umweltverträglichkeit gewährleisten	0,62%	97,82%		
20	4.6 Verschleiß ertragen	0,55%	98,37%		
21	4.5 Korrosion standhalten	0,53%	98,90%		
22	6.1 Automatisierung ermöglichen	0,43%	99,33%		
23	5.4 Witterung standhalten	0,35%	99,68%		
24	6.2 Wiederholbarkeit gewährleisten	0,32%	100,00%		
Summe			100,00%		

Tabelle 3-8: ABC-Analyse der Funktionen

Um die A-Teile, die für die weitere Untersuchung von Interesse sind, wird eine ABC-Analyse durchgeführt. Um in der vorliegenden Untersuchung ein breiteres Spektrum an den zu untersuchenden Funktionen und in weiterer Folge an den zu untersuchenden Funktionsträgern zu erhalten, wird die Grenze für die A-Teile bei rund 88 % festgelegt.

In Abbildung 3-13 ist das Ergebnis der ABC-Analyse anschaulich in einem Diagramm dargestellt, wobei die Funktionen auf der Abszisse und die kumulierten Prozent auf der Ordinate aufgetragen sind.

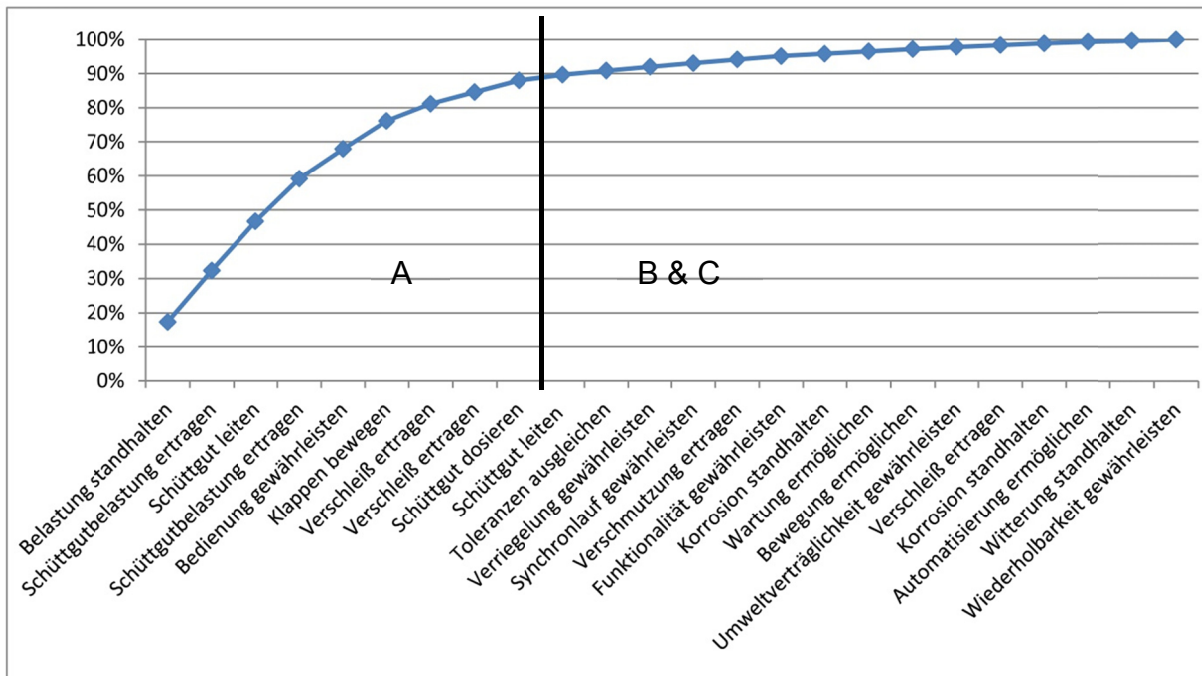


Abbildung 3-13: ABC-Analyse - Diagramm

Der Bereich der A-Teile enthält neun Funktionen, die im Folgenden weiter analysiert werden. Die Bereiche der B & C-Teile werden im Folgenden nicht analysiert, werden aber teilweise aus Gründen der Vollständigkeit, in die Darstellungen mit einbezogen.

3.5.4 Funktions-Erfüllungsgrad

Wie in Kapitel 2.4.5 erläutert dient der Funktions-Erfüllungsgrad zur Abschätzung, ob eine Funktion über- oder untererfüllt ist. Daher werden die neun Funktionen, die in der ABC-Analyse rund 88 % der Kosten ausmachen hinsichtlich ihrer Funktions-Erfüllungsgrade untersucht. Dazu werden im Workshop die jeweiligen Funktionsträger zu den Funktionen eruiert und ein Funktions-Erfüllungsgrad bestimmt (Tabelle 3-9).

Exemplarisch wird nun beschrieben, wie bei der Bestimmung des Funktions-Erfüllungsgrades zweier Funktionen vorgegangen wird:

- Die Funktion „2.3 Verschleiß ertragen“ wird hauptsächlich vom Funktions-Träger „3 Klappen-Längsblech“ erfüllt. Weitere FUn des FTs sind „2.1 Schüttgutbelastung ertragen“, „2.2 Schüttgut dosieren“ und „2.4 Schüttgut leiten“.

Da die Blechstärke des FTs 10 mm beträgt und die Blechstärke reduziert werden könnte, ohne dass Funktionen untererfüllt sind, wird der FU-Erfüllungsgrad auf 130 % gesetzt. Daher kann die Blechstärke von 10 mm auf 6 mm reduziert werden.

- Die Funktion „4.4 Bedienung gewährleisten“ wird von den Funktions-Trägern „24 Handpumpe“ und „25 Hydraulikrohre 1/4“) erfüllt. Im Zuge der Workshopdiskussion wurde beschlossen, dass diese FU sehr übererfüllt ist, da die Handpumpe eigentlich nicht benötigt wird und durch externe Hydraulikanschlüsse ersetzt werden kann, die wesentlich günstiger sind. Da die FU-Kosten sehr stark durch den FT „24 Handpumpe“ beeinflusst werden, wird der FU-Erfüllungsgrad auf 300 % gesetzt und auf die Verwendung der Handpumpe verzichtet.

Rang	Funktion: Nummer & Bezeichnung	Kosten (€)	Funktions- Erfüllungsgrad (%)	Einsparung lt. FU- Erfüllungsgrad (%)	Einsparung lt. FU- Erfüllungsgrad (€)	Begründung
1	3.1 Belastung standhalten		120%	-20%		Blechstärkenreduktion von 5mm auf 4mm (FT 2 & 19), Schraubenanzahl reduzieren (FT 11)
2	1.1 Schüttgutbelastung ertragen		120%	-20%		Blechstärkenreduktion von 5mm auf 4mm (FT 1 & 2)
3	1.2 Schüttgut leiten		120%	-20%		Blechstärkenreduktion von 5mm auf 4mm (FT 1 & 2)
4	2.1 Schüttgutbelastung ertragen		130%	-30%		Blechstärkenreduktion von 10mm auf 6mm (FT 3); Bauteile entfernen (FT 7 & 8)
5	4.4 Bedienung gewährleisten		300%	-200%		Handpumpe kann weggelassen werden - Antrieb erfolgt nur über externen Anschluss (FT 23 kann ggf. auf ein Zylinder reduziert werden (Tests fehlen noch)
6	4.1 Klappen bewegen		200%	-100%		
7	1.3 Verschleiß ertragen		120%	-20%		Blechstärkenreduktion von 5mm auf 4mm (FT 1 & 2)
8	2.3 Verschleiß ertragen		130%	-30%		Blechstärkenreduktion von 10mm auf 6mm (FT 3)
9	2.2 Schüttgut dosieren		130%	-30%		Blechstärkenreduktion von 10mm auf 6mm (FT 3)
10	2.4 Schüttgut leiten					
11	3.2 Toleranzen ausgleichen					
12	5.2 Verriegelung gewährleisten					
13	4.2 Synchronlauf gewährleisten					
14	4.3 Verschmutzung ertragen					
15	5.1 Funktionalität gewährleisten					
16	3.3 Korrosion standhalten					
17	6.3 Wartung ermöglichen					
18	3.4 Bewegung ermöglichen					
19	5.3 Umweltverträglichkeit gewährleisten					
20	4.6 Verschleiß ertragen					
21	4.5 Korrosion standhalten					
22	6.1 Automatisierung ermöglichen					
23	5.4 Witterung standhalten					
24	6.2 Wiederholbarkeit gewährleisten					
Summe				Einsparungs- potential	-23,04%	

Tabelle 3-9: Ziele nach FuKo-Matrix – mit Begründung¹²³

Das Einsparungspotential nach Berichtigung der Funktionskosten-Matrix durch die Funktions-Erfüllungsgrade beträgt [redacted] €. Bezogen auf die untersuchten Funktionen entspricht dies einer Reduktion von ca. 23 %.

Das Einsparungspotential hinsichtlich einer dezidierten Gewichtsreduktion wird hier nicht erhoben, da dies ohnehin mit der Reduktion der Funktionsträger einhergeht.

¹²³ Innofreight (02.08.2011)

3.5.5 Detailziele

Die Detailziele werden durch das Umlegen der Funktions-Einsparungen auf die Funktionsträger bewerkstelligt. Dafür müssen die FT mit Hilfe der Funktionskosten-Matrix bestimmt werden.

In Tabelle 3-10 sind die acht zu optimierenden Funktionsträger mit ihren zugehörigen Maßnahmen und Parametern aufgelistet. Anschließend werden aus den IST-Werten und den durchzuführenden Maßnahmen die SOLL-Werte bestimmt und die Einsparungen errechnet.

Die IST-Werte sind jene Werte, die bei der Datensammlung (siehe Kapitel 3.4.5 Kostenkalkulation) aus den CAD-Daten und den Fertigungszeichnungen erhoben wurden.

Die SOLL-Werte sind jene Werte, die auf Grund der durchzuführenden Optimierung angestrebt werden müssen.

Funktionsträger		Maßnahmen	Reduktion [%]	IST-Werte			SOLL-Werte			EINSPARUNG		
Nr.	Bezeichnung			Masse pro Container [kg]	Kosten pro Stück [€/Stk]	Kosten pro Container [€]	Masse pro Container [kg]	Kosten pro Stück [€/Stk]	Kosten pro Container [€]	Masse pro Container [kg]	Kosten pro Stück [€/Stk]	Kosten pro Container [€]
1	Trichter - Längsblech	Blechstärke von 5mm auf 4mm	20	293,00		234,40			-58,60			
2	Trichter - Stirnblech	Blechstärke von 5mm auf 4mm	20	593,20		474,56			-118,64			
3	Klappen - Längsblech	Blechstärke von 10mm auf 6mm	40	290,20		174,12			-116,08			
7	Klappen - Längsblech- Flachstahlängsversteifung	weglassen	100	37,60		0,00			-37,60			
8	Klappen - Längsblech- Flachstahlquerversteifung	weglassen	100	6,00		0,00			-6,00			
11	Verschraubung M20 mit Beilagscheibe & Mutter	Anzahl halbieren	50	7,63		3,82			-3,82			
23	Zylinder (70/40 - 400) [€/Stk]	Anzahl halbieren	50	25,60		12,80			-12,80			
24	Handpumpe [€/Stk.]	weglassen	100	6,70		0,00			-6,70			
Summe				1.259,93		899,70			-360,24		-28,59%	
											-39,85%	

Tabelle 3-10: Aus der FuKo abgeleitete Detailziele

Bei drei Funktionsträgern werden die Blechstärken etwas reduziert, bei zwei FT wird die Anzahl halbiert und drei FT werden komplett weggelassen.

Diese Maßnahmen brachten eine Einsparung von 360,24 kg pro RockTainer, dies ist bezogen auf die acht untersuchten FT, eine Reduktion der Masse um ca. 29 %.

Die Einsparung hinsichtlich der Kosten belief sich auf [REDACTED] € pro RockTainer, dies sind bezogen auf die acht untersuchten FT, eine Reduktion der Kosten um ca. 40 %.

Die Detailziele waren somit definiert.

3.6 Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“

Beim Sammeln und Finden von neuen Lösungsideen wird versucht, möglichst unbefangen von bisherigen Lösungskonzepten vorzugehen. Daher fand ein reger Informationsaustausch innerhalb des Wertanalyse-Kernteam und mit externen Experten statt, sodass ein möglichst breites Spektrum an Lösungsvorschlägen erhalten wird.

3.6.1 Morphologischer Kasten

Wie in Kapitel 2.5.4 beschrieben, dient der morphologische Kasten zur Generierung von neuen Lösungskonzepten. In der vorliegenden Untersuchung wird ein morphologischer Kasten mit neun Funktionen (bzw. Parameter – vgl. Kapitel 2.5.4) mit jeweils zwei bis vier Funktionsprinzipien (bzw. Ausprägungen – vgl. Kapitel 2.5.4) verwendet (Tabelle 3-11).

Mit dem vorliegenden morphologischem Kasten ist es möglich 36.864 verschiedene Lösungsvarianten zu finden. Die Anzahl an Varianten wird wie folgt berechnet:

$$3 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 2 \times 4 \times 2 \times 3 = 36.864$$

Morphologischer Kasten				
Funktionen	Funktionsprinzipien			
Verschleißbeständigkeit	Beschichtung	Wandstärke	Materialwahl	
Korrosionsschutz	lackieren	galvanisieren	Kunststoffbeschichtung	Materialwahl
Befestigungsverfahren	schweißen	klemmen	schrauben	nieten
Kraftübertragung	mechanisch	pneumatisch	hydraulisch	elektrisch
Synchronlauf	Drosseln	belassen	Kolbenmengenteiler	Zahnradmengenteiler
Kraftangriffpunkte	Klappe/Klappe	Klappe/Container		
Verriegelung	selbstsichernd	formschluss	Kraftübertragung blockieren	keine
Abspernung	keine	formschluss		
Notbetrieb	händisch	kein	Schnittstelle	

Tabelle 3-11: Morphologischer Kasten

Im folgenden Abschnitt werden die Funktionen erläutert.

- **Verschleißbeständigkeit**

Mit dem Begriff „Verschleißbeständigkeit“ wird der Widerstand, zum Beispiel der Trichterbleche oder der Klappenbleche, gegen Abrieb durch das Schüttgut beschrieben. Die Verschleißbeständigkeit kann erhöht werden, indem man die betreffende Oberfläche mit einem verschleißbeständigeren Material beschichtet, die Wandstärke erhöht oder ein Grundmaterial wählt, das von sich aus eine höhere Verschleißbeständigkeit aufweist. Als Beispiel für einen explizit verschleißbeständigen und sehr oft im Montanbereich eingesetzten Stahl, sei an dieser Stelle die Marke „Hardox®“ erwähnt.

- **Korrosionsschutz**

Die bei der Containerfertigung üblicherweise verwendeten Baustähle neigen bereits bei normalen Witterungsbedingungen zu Korrosion, sofern diese nicht mit einem ausreichenden Korrosionsschutz versehen sind. Diese Korrosionsneigung wird teilweise noch durch z.B. ätzende oder salzhaltige Atmosphären verstärkt.

Der gewünschte Korrosionsschutz kann im Wesentlichen durch das Auftragen einer korrosionsbeständigen Schicht oder durch eine entsprechende Materialwahl des Grundwerkstoffes erzielt werden.

Ein wesentlicher Vorteil der Beschichtung ist es, dass für die Fertigung von Bauteilen relativ günstige Werkstoffe (z.B. Baustähle) verwendet werden können und diese erst nachträglich mit einer korrosionsbeständigen Schicht überzogen werden. Nachteilig ist jedoch, dass es bereits bei einer kleinen Ungänze in der Beschichtung zur Korrosion des Grundwerkstoffes kommen kann.

Wird jedoch ein Grundwerkstoff für die Fertigung von Bauteilen verwendet, der von sich aus eine ausreichende korrosionsbeständig hat, so könnte auf eine zusätzliche Beschichtung und den damit verbundenen Kosten verzichtet werden. Mögliche Nachteile von korrosionsbeständigen Werkstoffen sind die teilweise schwierigere Verarbeitung und die meist höheren Werkstoffkosten. Des Weiteren könnte sich die Materialwahl negativ auf die Verschleißbeständigkeit auswirken, wenn man zum Beispiel Aluminium anstelle von Stahl verwendet.

- **Befestigungsverfahren**

Im Containerbau werden Verbindungen zwischen zwei Bauteilen überwiegend durch Schweißen realisiert. Diese Art der Verbindung hat für den Containerbau die wesentlichen Vorteile, dass sie sich nicht von selbst, durch zum Beispiel Vibrationen, lösen können, dass sie wirtschaftlich und universell einsetzbar sind und dass sie auch eine Dichtfunktion haben. In der vorliegenden Betrachtung

sollte die Verbindung zwischen den Klappe-Blechen und der Klappen-Aufhängung optimiert werden.

- **Kraftübertragung**

Mit dem Begriff „Kraftübertragung“ ist die Art der Klappenbetätigung gemeint bzw. wie die Kraft vom Bediener bis zu den Klappen übertragen wird.

Da zum Beispiel alle Eisenbahnwagen über ein pneumatisches Bremssystem verfügen, wäre es naheliegend, die vorhandene Druckluft auch anderwärtig zu verwenden. Jedoch ist aus sicherheitstechnischen Gründen nicht erlaubt, die pneumatischen Leitungen für andere Zwecke zu verwenden.

Eine weitere Möglichkeit wäre, die Kraftübertragung mechanisch zu bewerkstelligen, jedoch könnte das Problem auftreten, dass die notwendige Schließkraft der Klappe nicht erreicht wird oder der Hebelmechanismus einer intensiven Instandhaltung bedarf.

Anstelle der Hydraulik-Zylinder wäre es auch möglich elektromechanische Spindeln zu verwenden. Hierbei muss aber wiederum eine Lösung für die Energiequelle überlegt werden.

Aus Gründen der Automatisierung, der notwendigen Schließkraft sowie der Kompatibilität zur Innofreight-Entladetechnik, sollte hier jedoch die Kraftübertragung mittels Hydraulik realisiert werden.

- **Synchronlauf**

Wie die ersten Entladetests des RockTainers gezeigt haben, kommt es beim Öffnen und Schließen der Klappen zu Verspannungen der Klappen, darum sollte unter Umständen der Synchronlauf zwischen den zwei Zylindern verbessert werden.

Durch geschicktes platzieren von einstellbaren Drosseln wäre es möglich, den Öldurchfluss zu den Zylindern zu regulieren. Jedoch wird dadurch ein zusätzlicher hydraulischer Widerstand in die Leitungen eingebracht.

Mit Hilfe von Zahnrad- oder Kolbenmengenteilern wäre es möglich, den Ölstrom für beide Zylinder gleich aufzuteilen. Der Vorteil des Kolbenmengenteilers ist unter anderem, dass er günstiger als der Zahnradmengenteiler ist, jedoch müssen die Gegendrücke in den zwei Zylindern gleich groß sein. Der Zahnradmengenteiler teilt den Ölstrom auch bei ungleichen Gegendrücken in zwei Teilströme auf, ist jedoch in der Anschaffung teurer als der Kolbenmengenteiler.¹²⁴

¹²⁴ Innofreight (11.10.2011)

Eine weitere Möglichkeit wäre, das System so zu belassen wie es ist und die Verspannungen in Kauf zu nehmen.

- **Kraftangriffspunkte**

Bei den ersten zwei Prototypen des RockTainers sind die zwei Zylinder jeweils mit beiden Enden an den Klappen befestigt, wodurch sich ein sehr eng geschlossenes Kraftsystem zwischen den Zylindern, den Klappen und der Klappenaufhängung ergibt. Zudem hat diese Anordnung den Vorteil, dass die maximal erreichbare Öffnungs-/Schließkraft durch die Hydraulik-Zylinder im Bereich der vollständig geschlossenen Klappen erreicht wird. Die Verzahnungen an den Klappen übernehmen nur die Funktion der Synchronisierung beim Öffnen und Schließen der Klappen. Wenn die von der Verzahnung zu übertragenden Kräfte gering sind, dann werden an die Verzahnung keine besonderen Anforderungen gestellt.

Als Alternative zu der bestehenden Lösung würde sich anbieten, nur einen Hydraulik-Zylinder seitlich am Container und seitlich an der Klappe anzubringen. Dadurch könnte man mit einem Hydraulik-Zylinder das auslagern finden, sofern es möglich ist, mit dem verbleibenden Zylinder und einem schlechteren Kraftangriffswinkel die Klappen zu betätigen. Des Weiteren würden die Anforderungen hinsichtlich der Klappenverzahnung steigen, da diese dann auch die Funktion der Kraftübertragung übernehmen müssen.

- **Verriegelung**

Seitens des EVUs ist es notwendig, dass die Klappen gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert werden.

Naheliegender wäre es, die Hydraulik-Leitungen mittels Absperrorgan zu blockieren. Jedoch kann es sein, dass ein Hydraulikschlauch platzt und daher wäre die Absperrung wirkungslos.

Es wäre auch möglich, den Klappenmechanismus derart zu gestalten, dass eine Selbstsicherung gegen das Öffnen erzielt wird.

Eine weitere sehr sicher und einfache Möglichkeit ist es, die Klappen mittels Formschluss gegen ein ungewolltes Öffnen zu sichern.

- **Absperrung**

Bei grenzüberschreitenden Verkehren oder bei teuren Schüttgütern könnte es notwendig sein, dass der Container im Bereich der Klappen versperrt werden muss.

- **Notbetrieb**

Bei einem Ausfall des Hydraulik-Aggregats sollte es dennoch möglich sein, den RockTainer zu entleeren. Dies könnte mittels einer am Container angebrachten Handpumpe realisiert werden. Als weitere Alternative könnten an den Schnittstellen ein anderes Hydraulik-Aggregat angeschlossen werden.

3.6.2 Entwickeln von Varianten

Nach der ausführlichen Erörterung der Funktionen und Funktionsprinzipien wird mit der Entwicklung von Lösungskonzepten begonnen. Aus den 36.864 möglichen Lösungskonzepten werden drei Varianten ausgewählt (Tabelle 3-12).

Morphologischer Kasten				
Funktionen	Funktionsprinzipien			
Verschleißbeständigkeit	Beschichtung	Wandstärke	Materialwahl	
Korrosionsschutz	lackieren	galvanisieren	Kunststoffbeschichtung	Materialwahl
Befestigungsverfahren	schweißen	klemmen	schrauben	nieten
Kraftübertragung	mechanisch	pneumatisch	hydraulisch	elektrisch
Synchronlauf	Drosseln	belassen	Kolbenmengenteiler	Zahnradmengenteiler
Kraftangriffpunkte	Klappe/Klappe	Klappe/Container		
Verriegelung	selbstsichernd	formschluss	Kraftübertragung blockieren	keine
Absperrung	keine	formschluss		
Notbetrieb	händisch	kein	Schnittstelle	
	<u>Lösungskonzept 1</u>	<u>Lösungskonzept 2</u>	<u>Lösungskonzept 3</u>	

Tabelle 3-12: Morphologischer Kasten – Lösungskonzepte

Bei der Lösungskonzept-Auswahl wird versucht, drei möglichst realistische und unterschiedliche Varianten zu finden. Dabei entspricht das „Lösungskonzept 1“ einer „High-End-Variante“, das „Lösungskonzept 2“ einer „Middle-End-Variante“ und „Lösungskonzept 3“ einer „Low-End-Variante“.

Bei der High-End-Variante werden die Verschleißbeständigkeit und der Korrosionsschutz über die Materialwahl realisiert. Im Gegensatz dazu, fällt bei den beiden anderen Varianten die Wahl auf die Wandstärke und die Lackierung. Beim Befestigungsverfahren der Klappen an den Zahnblechen kommt es nur beim dritten Lösungskonzept zu einer Änderung - hier werden die zwei Bauteile miteinander verschweißt. Bei Lösungskonzept 2 & 3 werden hinsichtlich des Synchronlaufs keine

wesentlichen Veränderungen angedacht jedoch wird beim Lösungskonzept 1 ein Zahnradmengenteiler zum Einsatz kommen. Die Kraftangriffspunkte der Hydraulik-Zylinder werden bei der Low-End-Variante zwischen Klappen und Container platziert. Hinsichtlich Kraftübertragung (hydraulisch), Verriegelung (formschlüssig), Absperrung (formschlüssig) und Notbetrieb (Schnittelle) unterschieden sich die drei Lösungskonzepte nur teilweise in der Ausführung. In Tabelle 3-13 sind die drei Lösungskonzepte übersichtlich mit deren Funktionsprinzipien gegenübergestellt, um den direkten Vergleich zu erleichtern.

Morphologischer Kasten - Auswahl			
Funktionen	<u>Lösungskonzept 1</u>	<u>Lösungskonzept 2</u>	<u>Lösungskonzept 3</u>
Verschleißbeständigkeit	Materialwahl	Wandstärke	Wandstärke
Korrosionsschutz	Materialwahl	lackieren	lackieren
Befestigungsverfahren	schrauben	schrauben	schweißen
Kraftübertragung	hydraulisch	hydraulisch	hydraulisch
Synchronlauf	Zahnradmengenteiler	belassen	belassen
Kraftangriffspunkte	Klappe/Klappe	Klappe/Klappe	Klappe/Container
Verriegelung	formschluss	formschluss	formschluss
Absperrung	formschluss	formschluss	formschluss
Notbetrieb	Schnittstelle	Schnittstelle	Schnittstelle

Tabelle 3-13: Auswahl der Lösungskonzepte

Der morphologische Kasten ermöglichte eine rasche Auffindung von verschiedenen und teilweise sehr kreativen Lösungskonzepten, die im Folgenden verfeinert werden.

3.7 Arbeitsschritt 6 „Bewertung der Lösungsideen“

Die drei theoretisch erarbeiteten Lösungskonzepte müssen detailliert und mit Zahlen hinterlegt werden, um eine Bewertung durchführen zu können. Dazu wird die Kostenkalkulation, die in Kapitel 3.4.5 zum Einsatz kam, um die drei Varianten und um die zusätzlichen Funktionsträger erweitert. Die in Kapitel 3.5.5 eruierten Funktionsträger werden dabei um die geplanten Maßnahmen auf die SOLL-Werte reduziert bzw. geändert. Alle Werte, die im Vergleich zur „aktuellen Ausführung“ geändert werden, sind in Tabelle 3-14 durch eine fette und rote Schreibweise hervorgehoben.

Folgende Änderungen werden bei den drei Varianten vorgenommen:

- **Trichter-Bleche (FT 1 & 2)**

Die Blechstärken werden von 5 mm auf 4 mm bzw. auf 3 mm reduziert.

Die Variante 1 wird mit einem „Hardox 450“ 3 mm-Blech ausgeführt und mit anderen Material-Kosten (vgl. Tabelle 3-2) berechnet. Das Datenblatt von Hardox 450 ist im Anhang A-25 bis A-26 angefügt.

- **Klappen-Längsbleche (FT 3)**

Die Blechstärken werden von 10 mm auf 6 mm reduziert.

- **Klappen-Längsversteifungen (FT 4 & 5)**

Die Blechstärken werden von 6 mm auf 5 mm reduziert. Diese Reduzierung wurde nicht in den Detailzielen erarbeitet, wird aber aus Gründen der Blechstärken-Standardisierung für sinnvoll erachtet.

- **Klappen-Längsblech-Flachstahlversteifungen (FT 7 & 8)**

Diese zwei Funktionsträger werden komplett entfernt.

- **Verschraubung M20 (FT 11)**

Die Anzahl der Schrauben werde bei Variante 1 & 2 von 24 Stück auf 16 Stück reduziert. Eine Halbierung der Schraubenanzahl wird nicht durchgeführt, da ansonsten pro Schnittstelle nur mehr drei Schrauben vorhanden wären.

Bei Variante 3 entfielen die Schrauben komplett, da die betroffen Bauteile verschweißt werden.

- **Trichter-Aufhängung-Klappen (FT 19)**

Die Blechstärken werden von 6 mm auf 5 mm reduziert. Diese Reduktion wurde nicht in den Detailzielen erarbeitet, wird aber aus Gründen der Blechstärken-Standardisierung für sinnvoll erachtet.

- **Zylinder (FT 23)**

Die Anzahl der Zylinder wird bei Variante 3 auf 1 Stück reduziert. Dabei reduziert sich auch der FT 13 (Zylinderbolzen) um die Hälfte. Dies wird in der Kalkulation nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass sich die Kosten der Reduktion mit den Kosten für die neue Zylinderanbindung ausgleichen.

Bei den Varianten 1 & 2 wird auf Grund von Erfahrungen aus bisherigen Erprobungen keine Reduktion vorgenommen.

- **Handpumpe (FT 24)**

Die Handpumpe wird bei allen drei Varianten entfernt.

- **Hydraulikrohre (FT 25 bzw. 26)**

Die ¼“ Hydraulikrohre werden durch ½“ Hydraulikrohre ersetzt.

Bei Variante 3 wird die Länge der benötigten Hydraulikrohre halbiert, da nur ein Hydraulik-Zylinder verbaut ist.

- **Zahnradmengenteiler (FT 27)**

Bei Variante 1 wird ein Zahnradmengenteiler des Typs „HK 9D 02 43“, Fa. Hansa Flex eingebaut. Das Datenblatt des Zahnradmengenteilers ist im Anhang A-27 angefügt.

- **Hydraulikkupplung (FT 28)**

Bei allen drei Varianten kommen zwei flachdichtende Schnellverschlusskupplungen der FIRG-Serie zum Einsatz.

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Materialkosten untereinander, werden bei der aktuellen Ausführung die Hydraulik-Materialkosten ebenfalls in die Kalkulation mit einbezogen.

Eine genaue Auswertung der Ergebnisse aus der Kostenkalkulation (Tabelle 3-14) werde im Anschluss an die Nutzwertanalyse, in Kapitel „3.7.4 Bewertung“ (siehe Seite 87) durchgeführt.

Lf.-Nr.	Bauteil-Nr.	Bezeichnung	Eingabewerte - Bauteil/Baugruppen						aktuelle Ausführung		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
			Stärke [mm]	Länge [mm]	Breite [mm]	Masse pro Stück [kg]	Anzahl pro Container [Stk.]	Kosten Material inkl. Bearbeitung [€/kg]	Masse pro Container [kg]	Kosten pro Container [€]	Stärke bzw. Anzahl [mm] bzw. [-]	Masse pro Container [kg]	Kosten pro Container [€]	Stärke bzw. Anzahl [mm] bzw. [-]	Masse pro Container [kg]	Kosten pro Container [€]
1	C-239-620685	Trichter - Längsblech	5	3.801	1.481	146,5	2	293,0	175,8	4	234,4	4	234,4	4	234,4	
2	C-239-620691	Trichter - Stirnblech	5	3.182	1.417	148,3	4	593,2	355,9	4	474,6	4	474,6	4	474,6	
3	C-239-620723	Klappen - Längsblech	10	3.068	548	145,1	2	290,2	174,1	6	174,1	6	174,1	6	174,1	
4	C-239-622314	Klappen - Längsversteifung - innen	6	3.020	316	45,1	2	90,2	75,2	5	75,2	5	75,2	5	75,17	
5	C-239-622315	Klappen - Längsversteifung - außen	6	3.020	373	59,2	2	106,4	88,7	5	88,7	5	88,7	5	88,67	
6	C-239-620726	Klappen - Befestigungsbleche	20	584	70	5,9	4	23,6	23,6	20	23,6	20	23,6	20	23,6	
7	C-239-620741	Klappen - Längsblech-Flachstahllängsversteifung	10	3.048	40	9,4	4	37,6	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
8	C-239-620742	Klappen - Längsblech-Flachstahlquerversteifung	10	520	40	1,5	4	6,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
9	C-239-622607	Klappen - Längsblech-Quersversteifung	5	517	180	3,0	4	12,0	12,0	5	12,0	5	12,0	5	12,0	
10	C-239-620729	Klappen Verbindungsblech	10	973	100	7,3	2	14,6	14,6	10	14,6	10	14,6	10	14,6	
11	303702	Verschraubung M20 mit Belagscheibe & Mutter	M20	65		0,3	24	7,6	5,1	16	5,09	16	5,09	0	0,00	
12	C-239-622721	Klappen - Zäunbleche	15	584	500	32,4	4	129,6	129,6	15	129,6	15	129,6	15	129,6	
13	C-239-620735	Klappen - Zylinderboizen mit Belagscheibe & Mutter	40	85		0,6	4	2,2	2,2	40	2,2	40	2,2	40	2,2	
14	C-239-56-620731	Trichter - Kreuzwinkel - längs	5	1.590	100	16,8	1	16,8	16,8	5	16,8	5	16,8	5	16,8	
15	C-239-56-620749	Trichter - Kreuzwinkel - längs	5	1.465	92	5,6	1	5,6	5,6	5	5,6	5	5,6	5	5,6	
16	C-239-56-620732	Trichter - Kreuzwinkel - quer	5	1.368	100	14,3	1	14,3	14,3	5	14,3	5	14,3	5	14,3	
17	C-239-56-620750	Trichter - Kreuzwinkel - quer	5	1.228	92	4,8	1	4,8	4,8	5	4,8	5	4,8	5	4,8	
18	C-239-620733	Trichter - Auslassöffnung - Flachstahlversteifung	8	1.470	50	7,4	2	14,8	14,8	8	14,8	8	14,8	8	14,8	
19	C-239-620717	Trichter - Aufhängung - Klappen	6	2.178	1.292	79,9	2	159,8	133,2	5	133,2	5	133,2	5	133,2	
20	C-239-620730	Trichter - Aufhängung - Klappen	5	760	600	8,1	4	32,4	32,4	5	32,4	5	32,4	5	32,4	
21	C-239-50-622617	Verriegelung - Hebel gesamt	6	320	79	1,9	1	1,9	1,9	6	1,9	6	1,9	6	1,9	
22	C-239-621226	Boizen - Klappenaufhängung	70	103		1,7	4	6,6	6,6	70	6,6	70	6,6	70	6,6	
23	-	Zylinder (70/40 - 400) [€/Stk.]	-	1.100	-	12,8	2	25,6	25,6	2	25,6	2	25,6	2	25,6	
24	-	Handpumpe [€/Stk.]	-	-	-	6,7	1	6,7	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
25	-	Hydraulikrohre (1/4" - s x L x D), [€/m]	1,0	12.000	6,4	15,8	1	15,8	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,00	
26	-	Hydraulikrohre (1/2" - s x L x D), [€/m]	1,5	12.000	12,7	49,7	1	49,7	49,7	1	49,7	1	49,7	1	49,7	
27	-	2-fach Zahnradmengenteiler	-	200	40	4,9	2	9,8	9,8	0	0,0	0	0,0	0	0,00	
28	-	Hydraulikkupplung flachdichtend Stecker und Muffe 1/2"	-	125	38	0,6	1	0,6	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6	
Summe								1.911,3	1.372,82	1.372,82	1.540,26	1.540,26	1.497,51			

Tabelle 3-14: Kostenkalkulation der drei Varianten

3.7.1 Bewertungskriterien

Für eine möglichst objektive Bewertung der aktuellen Ausführung und der drei neuen Varianten mittels Nutzwertanalyse, ist es notwendig Kriterien zu definieren, die einer Beurteilung unterzogen werden können. Es sind vier Hauptkriterien definiert worden, die mit entsprechenden Nebenkriterien ergänzt wurden. Den einzelnen Kriterien sind Eigenschaftswörter hinterlegt, die den Zielwerte von „0“ bis „5“ entsprechen. Dabei entspricht der Wert „0“ einer nicht gewünschten Ausführung und der Wert „5“ der optimalen Ausführung. So ist zum Beispiel eine möglichst geringe Masse erwünscht (Zielwert 5), jedoch eine geringe Lebensdauer nicht erwünscht (Zielwert 0). Diese eben genannten Zusammenhänge werden anschaulich in der Zielwertmatrix dargestellt (Tabelle 3-15).

Kriterien	Zielwerte					
	0	1	2	3	4	5
1 Mechanische Eigenschaften						
Verschleißbeständigkeit	schlecht		mittel		gut	
Korrosionsschutz	schlecht		mittel		gut	
Masse	schwer		mittel		leicht	
Komplexität	hoch		mittel		gering	
Belastbarkeit	gering		mittel		hoch	
2 Sicherheit						
Ausfallsicherheit	schlecht		mittel		gut	
Fehleranfälligkeit	hoch		mittel		gering	
Lebensdauer	gering		mittel		hoch	
Kraftreserve	gering		mittel		hoch	
3 Wartung						
Austauschbarkeit	schlecht		mittel		gut	
Komplexität	hoch		mittel		gering	
Wartungsintensität	hoch		mittel		gering	
4 Kosten						
Fertigungskosten	hoch		mittel		gering	
Instandhaltungskosten	hoch		mittel		gering	

Tabelle 3-15: Zielwertmatrix

3.7.2 Gewichtung

Die Gewichtung der Kriterien wurde vom Wertanalyse-Team im Zuge Besprechung am 17.10.2011 durchgeführt. Dabei wurden sowohl die Haupt- als auch die Nebenkriterien einem paarweisen Vergleich unterzogen (vgl. Kapitel 2.5.6 „Paarweiser Vergleich“).

Gewichtung der Hauptkriterien

Die Sicherheit und die Wartung sind hier jeweils zweimal einem anderen Kriterium vorgezogen, daher bekommen beide je eine Gewichtung von ca. 33 %. Die mechanischen Eigenschaften und die Kosten sind je nur einmal einem anderen Kriterium vorgezogen, daher erhalten beide je eine Gewichtung von ca. 17 % (Tabelle 3-16).

Hauptkriterien						
	1 Mechanische Eigenschaften	2 Sicherheit	3 Wartung	4 Kosten	Vorzugs- häufigkeit	Gewichtung
1 Mechanische Eigenschaften	x	2	1	4	1	16,67%
2 Sicherheit	x	x	3	2	2	33,33%
3 Wartung	x	x	x	3	2	33,33%
4 Kosten	x	x	x	x	1	16,67%
					6	100,00%

Tabelle 3-16: Gewichtung der Hauptkriterien¹²⁵

Gewichtung der Nebenkriterien

Mechanischen Eigenschaften:

Bei den mechanischen Eigenschaften kommt es zu einer breiteren Streuung der Gewichtung als bei der Gewichtung der Hauptkriterien. So werden der Belastung 40 %, der Verschleißbeständigkeit 30 %, der Masse 15 %, der Komplexität 10 % und dem Korrosionsschutz immerhin noch 5 % zugerechnet (Tabelle 3-17).

¹²⁵ Innofreight (17.10.2011)

Mechanische Eigenschaften							
	1 Verschleiß- beständigkeit	2 Korrosions- schutz	3 Masse	4 Komplexität	5 Belastbarkeit	Vorzugs- häufigkeit	Gewichtung
1 Verschleiß- beständigkeit	x	1	1	1	5	3	30,00%
2 Korrosions- schutz	x	x	0,5	4	5	0,5	5,00%
3 Masse	x	x	x	3	5	1,5	15,00%
4 Komplexität	x	x	x	x	5	1	10,00%
5 Belastbarkeit	x	x	x	x	x	4	40,00%
						10	100,00%

Tabelle 3-17: Gewichtung der Mechanischen Eigenschaften¹²⁶**Gewichtung der Sicherheit:**

Die Sicherheit ist wie folgt gewichtet: Ausfallsicherheit 50 %, Kraftreserve 25 %, Fehleranfälligkeit ca. 17 % und Lebensdauer ca. 8 % (Tabelle 3-18).

Sicherheit						
	1 Ausfall- sicherheit	2 Fehler- anfälligkeit	3 Lebensdauer	4 Kraftreserve	Vorzugs- häufigkeit	Gewichtung
1 Ausfall- sicherheit	x	1	1	1	3	50,00%
2 Fehler- anfälligkeit	x	x	2	4	1	16,67%
3 Lebensdauer	x	x	x	0,5	0,5	8,33%
4 Kraftreserve	x	x	x	x	1,5	25,00%
					6	100,00%

Tabelle 3-18: Gewichtung der Sicherheit¹²⁷**Gewichtung der Wartung:**

Der Wartungsintensität wird eine Gewichtung von 50 % zugesprochen. Dahinter reihen sich die Austauschbarkeit mit ca. 33 % und die Komplexität mit ca. 17 % ein (Tabelle 3-19).

¹²⁶ Innofreight (17.10.2011)¹²⁷ Innofreight (17.10.2011)

Wartung						
	1 Austausch- barkeit	2 Komplexität	3 Wartungs- intensität	Vorzugs- häufigkeit	Gewichtung	
1	Austausch- barkeit	x	1	3	1	33,33%
2	Komplexität	x	x	0,5	0,5	16,67%
3	Wartungs- intensität	x	x	x	1,5	50,00%
				3		100,00%

Tabelle 3-19: Gewichtung der Wartung¹²⁸**Gewichtung der Kosten:**

Die Fertigungskosten und die Instandhaltungskosten sind jeweils mit 50 % gewichtet (Tabelle 3-20).

Kosten					
	1 Fertigungs- kosten	2 Instandhalt- ungskosten	Vorzugs- häufigkeit	Gewichtung	
1	Fertigungs- kosten	x	0,5	0,5	50,00%
2	Instandhalt- ungskosten	x	x	0,5	50,00%
			1		100,00%

Tabelle 3-20: Gewichtung der Kosten¹²⁹**3.7.3 Nutzwertanalyse**

Nach Quantifizierung der neuen Lösungsvarianten, Festlegung der Bewertungskriterien und deren Gewichtung sind alle relevanten Daten zur Durchführung der eigentlichen Nutzwertanalyse vorhanden. Die Erfüllungsgrade sind ebenfalls vom Wertanalyse-Team im Zuge der Besprechung am 17.10.2011 bestimmt worden (Tabelle 3-21).

¹²⁸ Innofreight (17.10.2011)¹²⁹ Innofreight (17.10.2011)

Kriterien	Gruppen- gewichtung	Einzel- gewichtung	Detail- gewichtung	aktuelle Ausführung		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
				Erfüllung	NW	Erfüllung	NW	Erfüllung	NW	Erfüllung	NW
1 Mechanische Eigenschaften	16,67%	100,00%									
Verschleißbeständigkeit		30,00%	5,00	3	15,00	5	25,00	2	10,00	2	10,00
Korrosionsschutz		5,00%	0,83	3	2,50	5	4,17	3	2,50	3	2,50
Gewicht		15,00%	2,50	2	5,00	4	10,00	3	7,50	3	7,50
Komplexität		10,00%	1,67	1	1,67	2	3,33	4	6,67	3	5,00
Belastbarkeit		40,00%	6,67	4	26,67	2	13,33	3	20,00	2	13,33
2 Sicherheit	33,33%	100,00%									
Ausfallsicherheit		50,00%	16,67	4	66,67	3	50,00	4	66,67	2	33,33
Fehleranfälligkeit		16,67%	5,56	2	11,11	2	11,11	2	11,11	2	11,11
Lebensdauer		8,33%	2,78	4	11,11	4	11,11	3	8,33	2	5,56
Kraftreserve		25,00%	8,33	4	33,33	4	33,33	4	33,33	2	16,67
3 Wartung	33,33%	100,00%									
Austauschbarkeit		33,33%	11,11	2	22,22	3	33,33	3	33,33	1	11,11
Komplexität		16,67%	5,56	3	16,67	2	11,11	3	16,67	4	22,22
Wartungsintensität		50,00%	16,67	4	66,67	3	50,00	4	66,67	2	33,33
4 Kosten	16,67%	100,00%									
Fertigungskosten		50,00%	8,33	2	16,67	1	8,33	3	25,00	4	33,33
Instandhaltungskosten		50,00%	8,33	3	25,00	2	16,67	3	25,00	2	16,67
Summe	100,00%		100,00		320,28		280,83		332,78		221,67

Tabelle 3-21: Nutzwertanalyse

So sind die Kriterien und Gewichtungen aus den jeweiligen Registerblättern übernommen und daraus die Detailgewichtung errechnet:

$$100 \times \text{Gruppengewichtung} \times \text{Einzelgewichtung} = \text{Detailgewichtung}^{130}$$

Z.B.: 100 x mechanischen Eigenschaften ca. 17 %, davon gehen 30 % zugunsten der Verschleißbeständigkeit somit hat die Verschleißbeständigkeit eine Detailgewichtung von 5 Punkte.

Anschließend sind mit Hilfe der Zielwertmatrix die Kriterien-Erfüllung der vier Ausführungen beurteilt und der Nutzwert errechnet worden:

$$\text{Detailgewichtung} \times \text{Erfüllung} = \text{Nutzwert (NW)}^{131}$$

Z.B. Verschleißbeständigkeit Variante 1: Detailgewichtung 5 Punkte x Erfüllung 5 Punkte (auf Grund des verwendeten Hardox-Stahls) = 25 NW-Punkte

Im Gegensatz dazu sind zum Beispiel die Varianten 2 & 3 mit einem normalen Stahlblech ausgeführt (Erfüllung 2), welches wiederum dünner ist als das Stahlblech der aktuellen Ausführung (Erfüllung 3).

Als weiteres Beispiel sei noch die Austauschbarkeit angeführt:

Bei Variante 3 sind die Klappen-Längsbleche mit den Klappen-Zahnblechen verschweißt und sind daher nur schwer austauschbar. Daher werden sie mit einer

¹³⁰ Vgl. Pauwels (2001), S.208

¹³¹ ebenda

Erfüllung von „1“ bewertet. Im Gegensatz dazu sind bei den Varianten 1 & 2 die Bleche mit weniger Schrauben als bei Variante 1 verschraubt. Daher erhalten die Variante 1 & 2 jeweils 3 Punkte für die Erfüllung und Variante 1 nur 2 Punkte für die Erfüllung.

Betrachtet man die Summe der Nutzwerte, so ergibt sich folgende Auflistung – beginnend mit dem größten Nutzwert:

1. Variante 2	“Middle-End”	332,78	NW-Punkte
2. Aktuelle Ausführung		320,28	NW-Punkte
3. Variante 1	“High-End”	280,83	NW-Punkte
4. Variante 3	„Low-End“	221,67	NW-Punkte

Bei dieser Betrachtung ist zu erkennen, dass die zwei erstgereihten Varianten nur wenige Punkte getrennt sind und die aktuelle Ausführung einen Abstand von ca. 4 % zur Variante 2 hat. Die Varianten 1 & 3 haben einen Abstand von ca. 16 % und ca. 33 % zur besten Variante. Nicht berücksichtigt ist bei dieser Betrachtung, welcher Kostenaufwand notwendig ist, um diese Nutzwert-Punkte zu erreichen. Aus diesem Grund werden die Nutzwerte (vgl. Tabelle 3-21) auf die Kosten des Untersuchungsbereichs (vgl. Tabelle 3-14) bezogen. Da es bei der vorliegenden Untersuchung um eine Kostenverbesserung geht, sollte es das Ziel sein, die Kosten [€] pro Nutzwert möglichst gering zu halten. Diese Zusammenstellung ist in Tabelle 3-22 ersichtlich.

Auswertung		aktuelle Ausführung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Gesamtnutzwert	[-]	320,28	280,83	332,78	221,67
Kosten	[€]				
Kosten pro Nutzwert	[€/NW]				
Prozent	[%]	134,28%	190,83%	100,00%	133,70%
Rang		3	4	1	2

Tabelle 3-22: Nutzwert bezogen auf die Kosten des Untersuchungsbereichs

Bei dieser Auswertung ergibt sich ein ähnliches Bild, wie bei der zuvor erhaltenen Auflistung, bei der nur die NWe berücksichtigt sind. Platz 1 (Variante 2) und Platz 4 (Variante 1) blieben gleich, Variante 3 rückt auf Platz 2 und die aktuelle Ausführung rutscht auf Platz 3 ab. Jedoch sind, wie in Tabelle 3-22 ersichtlich, die Abstände zwischen den ersten zwei Ausführungen wesentlich größer als beim reinen

Nutzwertvergleich. So beträgt der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Platz bereits ca. +34 %.

Für anschließende Bewertung werden die Gesamtkosten des RockTainers herangezogen, sodass hier der Nutzwert auf die Gesamtkosten bezogen wird (Tabelle 3-23).

Auswertung	aktuelle Ausführung		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Gesamtnutzwert [-]	320,28		280,83		332,78		221,67	
Gesamtkosten [€]								
Kosten pro Nutzwert [€/NW]								
Prozent [%]	116,07%	118,07%	136,61%	135,09%	100,00%	100,00%	144,98%	145,22%
Rang	2		3		1		4	

Tabelle 3-23: Nutzwert bezogen auf die Gesamtkosten des RockTainers

Auch hier ist Variante 2, jene Variante mit dem Besten Kosten-zu-Nutzwert-Verhältnis. Daher wird festgelegt, dass die Middle-End-Variante (Variante 2) zu favorisieren ist.

3.7.4 Bewertung

Im Anschluss an die durchgeführte Nutzwertanalyse, in der sich die zu favorisierende Variante herauskristallisierte, werden alle Varianten einer Bewertung hinsichtlich Kosteneinsparung und Massenreduktion unterzogen.

Die Bewertung wird auf drei unterschiedliche Ebenen vorgenommen:

- Untersuchungsbereich
- Stahlbau und Hydraulik
- RockTainer gesamt (Stahlbau, Hydraulik und Fertigung)

Begonnen wird mit der Bewertung der Einsparungen, die in Bezug auf den Untersuchungsbereich erzielt werden. Hierfür werden die Ergebnisse der Kosten- und Massenkalkulation aus Tabelle 3-14 entnommen und in Tabelle 3-24 ausgewertet. Die Variante 2 erzielt eine Kosteneinsparung von ca. 23 % und die Variante 3 erzielt eine Kosteneinsparung von ca. 31 % bei einer gleichzeitigen Reduktion der Massen um ca. 19 % bzw. ca. 22 % im Vergleich zur aktuellen Ausführung. Bei Variante 1 zeichnet sich ein etwas anders Bild: Die Kosten nehmen auf Grund des teuren, verschleißfesten Stahles und des Ölstrom-Mengenteilers, trotz einiger anderen Verbesserungen, in

Summe um ca. 25 % zu. Jedoch kann eine Massenreduktion von ca. 28 % bei Variante 1 im Vergleich zu der aktuellen Ausführung erreicht werden.

Einsparung Untersuchungsbereich		aktuelle Ausführung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kosten	[€]				
Einsparung	[€]				
Einsparung	[%]	0,00	24,61	-22,62	-31,09
Masse	[kg]	1.911,30	1.372,82	1.540,26	1.497,51
Einsparung	[kg]	0,00	-538,48	-371,04	-413,79
Einsparung	[%]	0,00	-28,17	-19,41	-21,65

Tabelle 3-24: Einsparung im Untersuchungsbereich

Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Einsparungen bezogen auf die Stahlbau- und Hydraulikkosten sowie auf die Gesamtmasse des RockTainers.

Die Kosten für Stahlbau und Hydraulik betragen ca. 174 % der Kosten des Untersuchungsbereichs. Da sich die erzielten Kosten-Einsparungen, bei der Erweiterung des Betrachtungsfelds, absolut gesehen nicht ändern, können die prozentmäßigen Kosten-Einsparungen (siehe Tabelle 3-24) durch den Faktor 1,7437 dividiert werden, um die prozentmäßigen Kosten-Einsparungen bezogen auf die Stahlbau- und Hydraulikkosten zu erhalten. So betragen die Kosten-Einsparungen der Variante 2 ca. 13 % und der Variante 3 ca. 18 %. Bei Variante 1 ergeben sich Mehrkosten gegenüber der aktuellen Ausführung von ca. 14 %.

Bei den Massen-Einsparungen kann auf dieselbe Weise vorgegangen werden. Der Unterschied zwischen den zwei Bewertungsebenen beträgt ca. 208 %. Daher können die prozentmäßigen Massen-Einsparungen (siehe Tabelle 3-24) durch den Faktor 2,0824 dividiert werden, um die prozentmäßigen Massen-Einsparungen bezogen auf die Gesamtmasse des RockTainers zu erhalten. So betragen die Massen-Einsparungen der Variante 1: ca. 14 % und der Variante 3: ca. 10 %. Die zu favorisierende Variante 2 hat eine Gesamtmasse von 3.608,96 kg und erzielt somit eine Reduktion der Gesamtmasse um ca. 9 % gegenüber der aktuellen Ausführung.

Für eine besseren Übersichtlichkeit sind die Einsparungen in Tabelle 3-25 gegenübergestellt, wobei die Vorzeichen wie folgt zu interpretieren sind: Ein negatives Vorzeichen bedeutet eine Einsparung und kein Vorzeichen bedeutet eine Verteuerung.

Einsparung RockTainer Material	aktuelle Ausführung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kosten [€]				
Einsparung [€]				
Einsparung [%]	-	14,11	-12,97	-17,83
Summe [€]				
Masse [kg]	3.980,00			
Einsparung [kg]	-	-538,48	-371,04	-413,79
Einsparung [%]	-	-13,53	-9,32	-10,40
Summe [%]	3.980,00	3.441,52	3.608,96	3.566,21

Tabelle 3-25: Einsparung bei Materialkosten – Stahlbau inkl. Hydraulik

Abschließend werden die erzielten Einsparungen auf die gesamten RockTainer-Kosten bezogen. Hierfür werden die in Tabelle 3-25 aufgelisteten Kosten (Stahlbau und Hydraulik) sowie die in Tabelle 3-3 aufgelisteten Kosten (Arbeitszeit, Farbe, usw.) in Tabelle 3-26 zusammengefasst.

- Bei der aktuellen Ausführung wird auf die Kosten-Auflistung des RockTainer-Prototypen (Tabelle 3-3) zurückgegriffen, da diese Kosten als Referenzwert für die Gesamtkosten festgelegt sind.
- Bei den Varianten 1, 2 und 3 werden die Kosten für die hydraulischen Bauteile in den Gesamtkosten des Materials inkludiert und die Kosten für die Montage extra ausgewiesen. Dabei sei noch zu erwähnen, dass Variante 3 mit nur einem Hydraulik-Zylinder ausgeführt wird und daher nur die halbe Montagezeit von 4 Stunden kalkuliert wird.
- Die Streubreite (von – bis) ergibt sich daher, dass die Arbeitskosten pro Stunde ebenfalls einer Streubreite unterliegen (vgl. Tabelle 3-2).
- Hinsichtlich des Arbeitsaufwands können, abgesehen von der Hydraulik-Montage bei Variante 3, keine Einsparungen lukriert werden, da die Anzahl der reduzierten Teile zu gering ist. Die Bauteile Klappen-Längsblech-Flachstahl-Längsversteifung, Klappen-Längsblech-Flachstahl-Querversteifung und Handpumpe (FT 7, 8 und 24) konnten eingespart und die Anzahl der Verschraubung M20 (FT 11) konnten von 24 auf 16 reduziert werden. Bei einer Blechstärkenreduzierung hingegen bleibt der Arbeitsaufwand, für zum Beispiel Biege- oder Schweißarbeiten, im Wesentlichen unverändert.

Kosten RockTainer gesamt	aktuelle Ausführung		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Kosten Material gesamt [€]								
Arbeitsaufwand [€]								
Entfetten [€]								
Lackierarbeiten [€]								
Farbe [€]								
Beschriftung [€]								
Beschriftung anbringen [€]								
Montage Hydraulik (8h bzw. 4h) [€]								
Hydraulik gesamt inkl. Montage [€]								
Summe [€]								
Einsparung [%]	100,00%	100,00%	3,19%	0,32%	-10,49%	-12,00%	-13,55%	-14,87%

Tabelle 3-26: Kosten-Einsparung RockTainer

Variante 1: „High-End“

Bei Variante 1 kommt es im Vergleich zur aktuellen Ausführung zu einer Verteuerung von bis zu ca. 3 % (siehe Tabelle 3-26). Dieser relativ geringe Kostenunterschied ist damit zu erklären, dass die Kosten für die Hydraulik-Zylinder, Rohre und Handpumpe inklusive Montage bei der Prototypenfertigung sehr hoch, im Vergleich zur Variante 1 sind, aber zugleich sind bei Variante 1 die teureren Hardox-Bleche sowie die teuren Ölstromteiler verbaut.

Die beachtliche Reduktion der Masse von 3.980 kg (Prototyp) auf 3.441,52 kg (ca. 14 %) der konnte vor allem dadurch erzielt werden, dass bei den Trichterblechen das höher- und verschleißfeste Hardox-Blech zum Einsatz kommt.

Die Nutzwertanalyse von Tabelle 3-23 ergibt jedoch nur den dritten Platz, mit rund 36 % mehr €/NW für diese Variante, wodurch eine Realisierung der High-End-Variante nicht zu favorisieren ist.

Variante 3: „Low-End“

Bei Variante 3 kommt es im Vergleich zur aktuellen Ausführung zu einer Reduktion der Gesamtkosten von ca. 14 % bis ca. 15 % (siehe Tabelle 3-26). Dieser relativ große Kostenunterschied ist damit zu erklären, dass die Kosten für die Hydraulik-Zylinder, Rohre und Handpumpe inklusive Montage bei der Prototypenfertigung sehr hoch im Vergleich zur Variante 3 sind und zugleich sind bei Variante 3 die Anzahl der Zylinder halbiert und nach Möglichkeit das kostengünstige Schweißverfahren für die Bauteilverbindung eingesetzt worden.

Die Reduktion der Masse von 3.980 kg (Prototyp) auf 3.566,21 kg (ca. 10 %) konnte dadurch erzielt werden, dass auf ca. die Hälfte der Hydraulik-Bauteile verzichtet,

Schweißen als bevorzugtes Verbindungsverfahren und die Blechstärken der betrachteten Bauteile nach Möglichkeit reduziert werden.

Die Nutzwertanalyse von Tabelle 3-23 ergibt jedoch nur den vierten Platz, mit rund 45 % mehr €/NW für diese Variante, wodurch eine Realisierung der High-End-Variante nicht zu favorisieren ist.

Aktuelle Ausführung

Die aktuelle Ausführung belegt bei der Nutzwert-Analyse (Tabelle 3-23) den zweiten Platz, mit rund 17 % mehr €/NW. Diese relativ gute Platzierung ist darauf zurück zu führen, dass das RockTainer-Konzept bereits sehr ausgereift ist.

Variante 2: „Middle-End“

Die Variante 2 geht auf Grund der in (Tabelle 3-23) durchgeführten Nutzwertanalyse als Bestes Lösungskonzept hervor. Unterstrichen wird das Ergebnis noch von den guten Kosteneinsparungen, die in Bezug auf den Prototyp erzielt werden konnten. Die Kosteneinsparungen belaufen sich auf rund 11 % (siehe Tabelle 3-26) gegenüber den Kosten des Prototyps.

Die Variante 2 ist die klar zu favorisierende, zukünftige Ausführung.

3.8 Arbeitsschritt 7 „Entwickeln ganzheitlicher Vorschläge“

Wie im Kapitel 2.4.8 beschrieben wurde, erfolgt nun die Entwicklung der ganzheitlichen Vorschläge. In den folgenden zwei Kapiteln wird zuerst das positiv bewertete Lösungskonzept sehr detailliert beschrieben. Des Weiteren folgt noch eine kurze Beschreibung eines alternativen Lösungskonzepts, welches aus Gründen der Vollständigkeit angehängt wird.

3.8.1 Lösungskonzept

Das ausgewählte Lösungskonzept ist die Variante 2, welches sich konstruktiv nur in Details von der aktuellen Ausführung unterscheidet, wobei diese Details den Nutzen für alle Interessensgruppen (vgl. Kapitel 1.4) wesentlich erhöhen. Die konstruktiven Änderungen werden nun erläutert.

In Abbildung 3-14 ist das Lösungskonzept der Middle-End-Variante dargestellt.

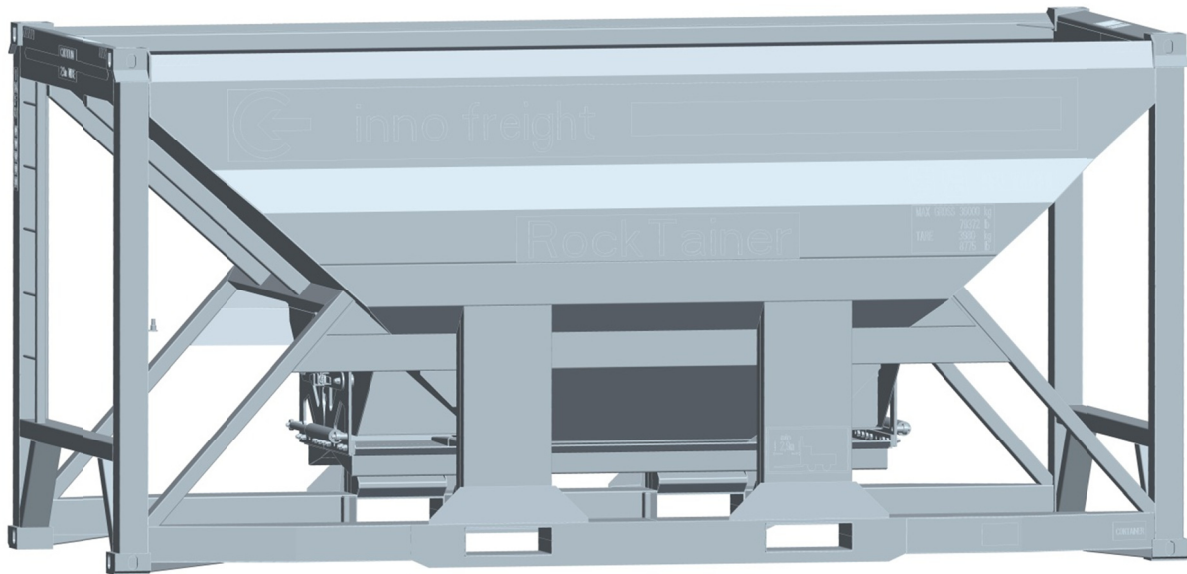


Abbildung 3-14: Lösungskonzept „Middle-End“

In Abbildung 3-15 sind die Bauteile des gesamten Untersuchungsbereichs dargestellt, wobei die restlichen Bauteile des RockTainers entfernt wurden. Die Hydraulik-Leitungen sind nicht dargestellt, jedoch aber die Schnittstellen für den externen Anschluss.

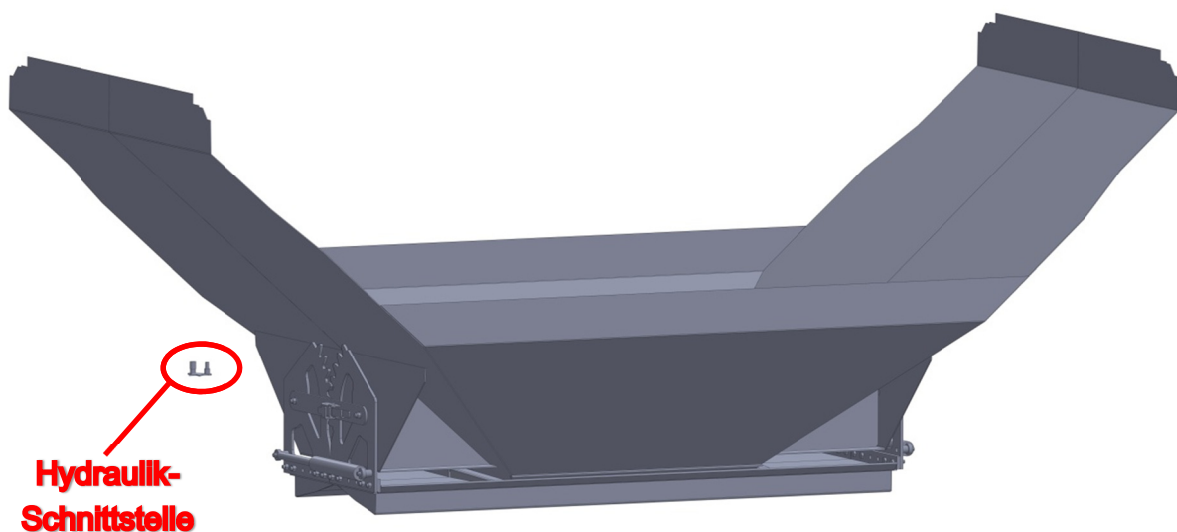


Abbildung 3-15: Lösungskonzept – Untersuchungsbereich

In Tabelle 3-27 sind die alle Bauteile des Untersuchungsbereichs der Variante 2 im Vergleich zur aktuellen Ausführung dargestellt, wobei die Änderungen rot geschrieben sind.

Lf.-Nr.	Bauteil-Nr.	Bezeichnung	Eingabewerte - Bauteil/Baugruppen					aktuelle Ausführung		Variante 2			
			Stärke	Länge	Breite	Masse pro Stück	Anzahl pro Container	Kosten Material inkl. Bearbeitung	Masse pro Container	Kosten pro Container	Stärke bzw. Anzahl	Masse pro Container	Kosten pro Container
			[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[Stk.]	[€/kg]	[kg]	[€]	[mm] bzw. [-]	[kg]	[€]
1	C-239-620685	Trichter - Längsblech	5	3.801	1.481	146,5	2	293,0		4	234,4		
2	C-239-620691	Trichter - Stirnblech	5	3.182	1.417	148,3	4	593,2		4	474,6		
3	C-239-620723	Klappen - Längsblech	10	3.068	548	145,1	2	290,2		6	174,1		
4	C-239-622314	Klappen - Längsversteifung - innen	6	3.020	316	45,1	2	90,2		5	75,2		
5	C-239-622315	Klappen - Längsversteifung - außen	6	3.020	373	53,2	2	106,4		5	88,7		
6	C-239-620726	Klappen - Befestigungsbleche	20	584	70	5,9	4	23,6		20	23,6		
7	C-239-620741	Klappen - Längsblech-Flachstahl-längsversteifung	10	3.048	40	9,4	4	37,6		0	0,0		
8	C-239-620742	Klappen - Längsblech-Flachstahl-quer-versteifung	10	520	40	1,5	4	6,0		0	0,0		
9	C-239-622607	Klappen - Längsblech-Quersversteifung	5	517	180	3,0	4	12,0		5	12,0		
10	C-239-620729	Klappen Verbindungsblech	10	973	100	7,3	2	14,6		10	14,6		
11	303702	Verschraubung M20 mit Beilagscheibe & Mutter	M20	65		0,3	24	7,6		16	5,1		
12	C-239-622721	Klappen - Zahnbleche	15	584	500	32,4	4	129,6		15	129,6		
13	C-239-620735	Klappen - Zylinderbolzen mit Beilagscheibe & Mutter	40	85		0,6	4	2,2		40	2,2		
14	C-239-56-620731	Trichter - Kreuzwinkel - längs	5	1.590	100	16,8	1	16,8		5	16,8		
15	C-239-56-620749	Trichter - Kreuzwinkel - längs Flachstahl	5	1.465	92	5,6	1	5,6		5	5,6		
16	C-239-56-620732	Trichter - Kreuzwinkel - quer	5	1.368	100	14,3	1	14,3		5	14,3		
17	C-239-56-620750	Trichter - Kreuzwinkel - quer Flachstahl	5	1.228	92	4,8	1	4,8		5	4,8		
18	C-239-620733	Trichter - Auslassöffnung - Flachstahlversteifung	8	1.470	50	7,4	2	14,8		8	14,8		
19	C-239-620717	Trichter - Aufhängung - Klappen	6	2.178	1.292	79,9	2	159,8		5	133,2		
20	C-239-620730	Trichter - Aufhängung - Klappen Versteifung	5	760	600	8,1	4	32,4		5	32,4		
21	C-239-50-622617	Verriegelung - Hebel gesamt	6	320	79	1,9	1	1,9		6	1,9		
22	C-239-621226	Bolzen - Klappenaufhängung	70	103		1,7	4	6,6		70	6,6		
23	-	Zylinder (70/40 - 400) [€/Stk.]	-	1.100	-	12,8	2	25,6		2	25,6		
24	-	Handpumpe [€/Stk.]	-	-	-	6,7	1	6,7		0	0,0		
25	-	Hydraulikrohre (1/4" - s x L x D), [€/m]	1,0	12.000	6,4	15,8	1	15,8		0	0,0		
26	-	Hydraulikrohre (1/2" - s x L x D), [€/m]	1,5	12.000	12,7	49,7	1	-		1	49,7		
27	-	2-fach Zahnradmengenteiler	-	200	40	4,9	2	-		0	0,0		
28	-	Hydraulikkupplung flachdichtend Stecker und Muffe 1/2"	-	125	38	0,6	1	-		1	0,6		
Summe								1.911,3			1.540,26		

Tabelle 3-27: Variante 2 – Auflistung der Bauteile inkl. Dimensionen

Bei der Verbindung der Zahnbleche mit den Klappenblechen ist die Anzahl der Schrauben von 24 Stück auf 16 Stück reduziert. Des Weiteren wurde die Orientierung der Verschraubung geändert, um die Kontrolle des Verschraubungszustandes wesentlich zu erleichtern. Die überzähligen Bohrungen wurden vorerst belassen, da die Berechnung der tatsächlich notwendigen Schraubenanzahl noch durchgeführt werden muss (Abbildung 3-16).

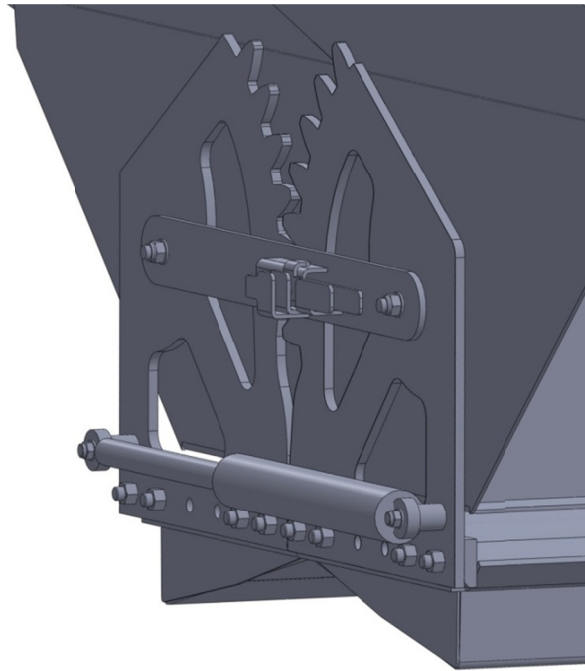


Abbildung 3-16: Lösungskonzept – Detail Zahnblechanbindung

Bei den Klappen wurden die Positionen zweier diagonal gegenüberliegender Zahnbleche getauscht, um die Austauschbarkeit der Klappen zu erleichtern. Auf Grund der Verzahnungsbedingung ist es erforderlich, zwei verschiedene Ausführungen an Zahnbleche zu konstruieren, die sich durch die Anordnung und Anzahl der Zähne unterscheiden. Die Ausführung „A“ hat sieben Zähne und die Ausführung „B“ hat sechs Zähne (Abbildung 3-17).

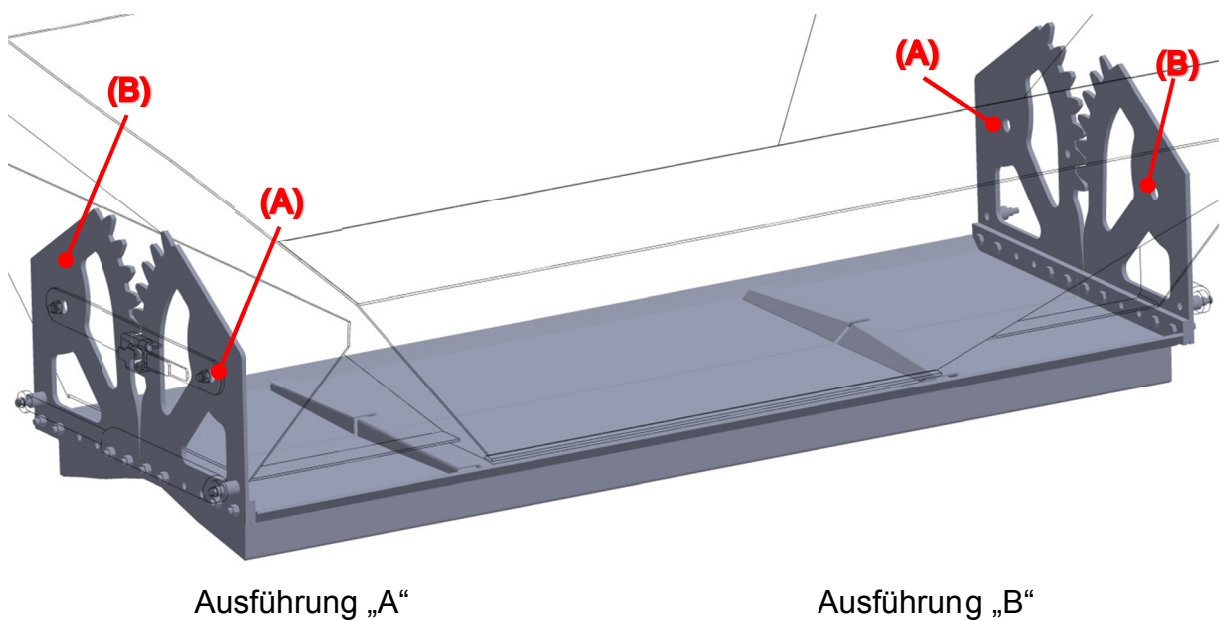


Abbildung 3-17: Klappen – Positionen der Zahnbleche

In Abbildung 3-18 ist der mittige Querschnitt durch die Klappen inklusive der angrenzenden Bauteile dargestellt. Bei der neuen Klappen-Konstruktion wird im Vergleich zur aktuellen Ausführung (vgl. Abbildung 3-5) auf die Flachstahlversteifungen verzichtet.

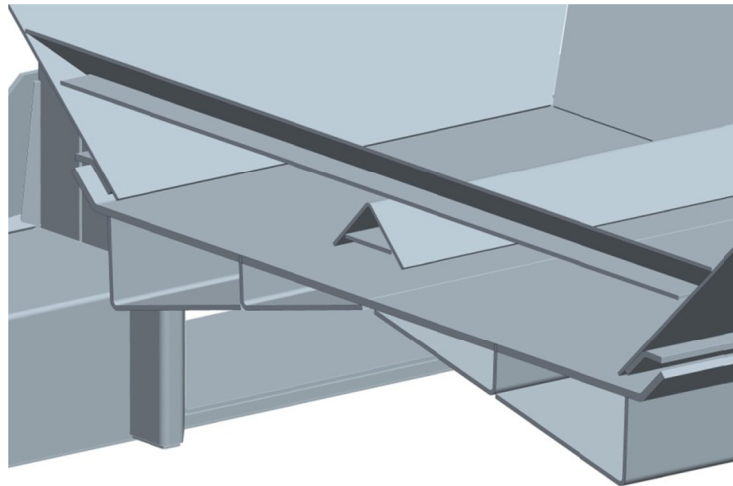


Abbildung 3-18: Klappen – Querschnitt

3.8.2 Alternatives Lösungskonzept

Außer Konkurrenz wird als Alternative noch die Variante 3 angefügt (Abbildung 3-19). Dieses Low-End-Lösungskonzept unterscheidet sich von den anderen Varianten dadurch, dass nur ein hydraulischer Zylinder zur Betätigung der Klappen verwendet wird und die Klappenbleche mit den Zahnblechen verschweißt sind (Abbildung 3-19).

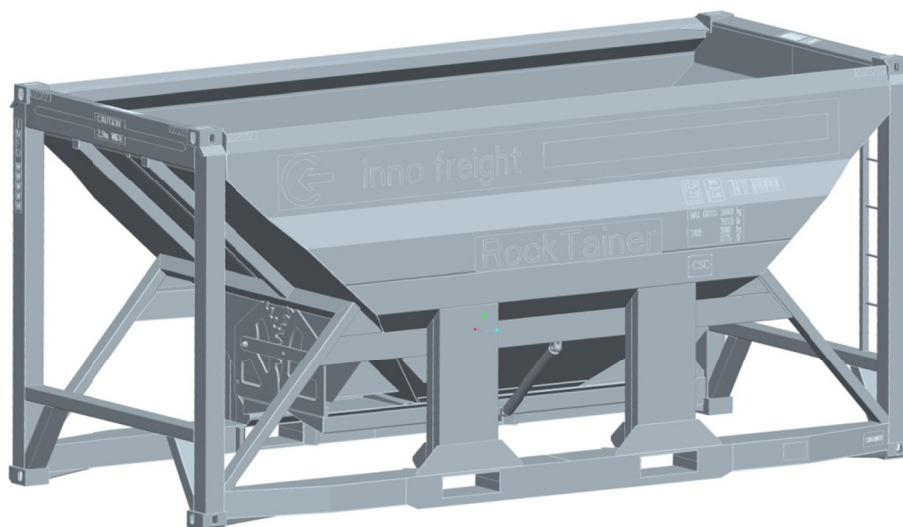


Abbildung 3-19: Alternative – Variante 3 „Low-End“

In Abbildung 3-20 sind der Hydraulik-Zylinder sowie der Schweißbereich zwischen den Zahnblechen und den Klappenblechen ersichtlich.

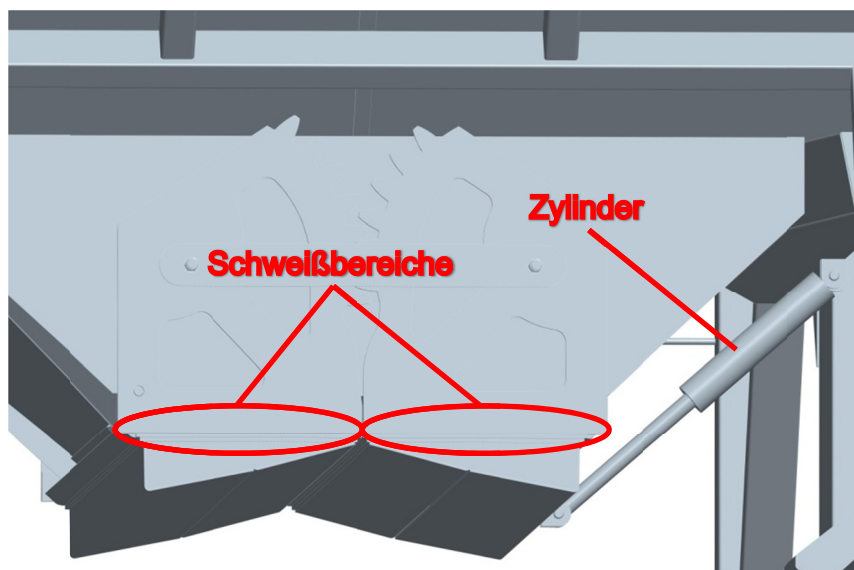


Abbildung 3-20: Alternative – Low-End-Variante Zylinderposition

In Abbildung 3-21 sind die Schweißbereiche sowie die Anbindungen des Zylinders, an die Klappe und an ein seitliches Blech, aus einer anderen Perspektive dargestellt.

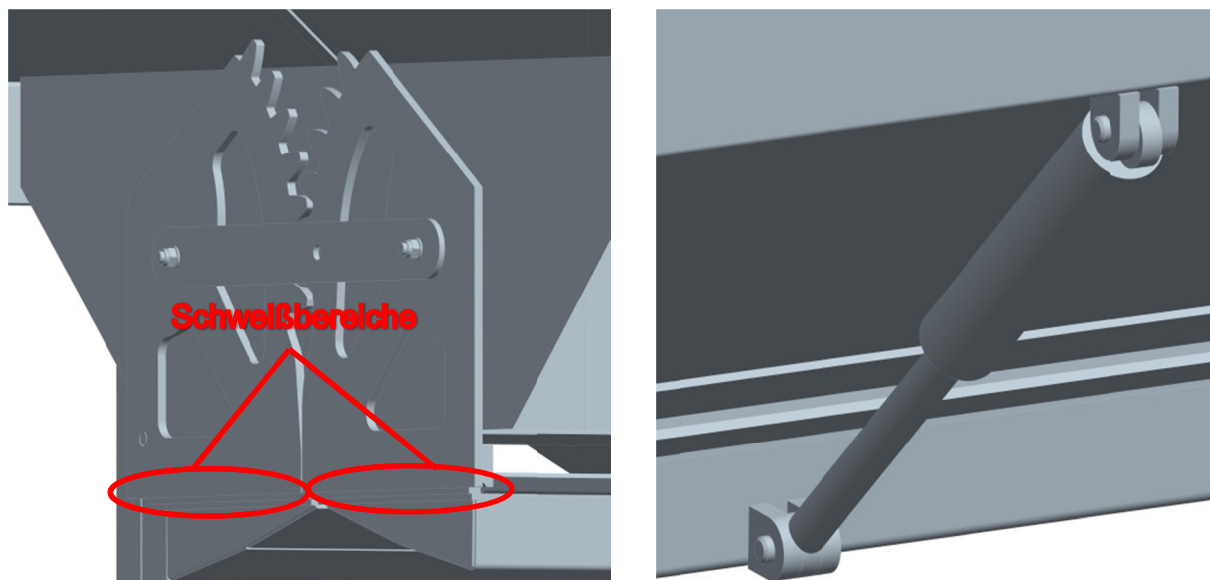


Abbildung 3-21: Variante 3 – Detail Zahnbleche und Zylinderanbindung

3.9 Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“

Der Stand der wertanalytischen Untersuchung wurde den Betreuern und dem Auftraggeber, in Form von zwei Zwischenpräsentationen und einer Endpräsentation näher gebracht.

Bei der Ersten Zwischenpräsentation wurden die, aus der Funktionskostenmatrix abgeleiteten Detailziele und die möglichen Einsparungen präsentiert (vgl. Kapitel 3.5.5). Bei der Zweiten Zwischenpräsentation wurden die Ergebnisse der Nutzwertanalyse sowie die Bewertungen den Varianten präsentiert (vgl. 3.7.4)

Im Zuge der Endpräsentation wurden die wesentlichen Inhalte der Zwischenpräsentationen wiederholt und im speziellen wurde auf die erreichten Ziele und auf das erarbeitete Lösungskonzept der Variante 2 eingegangen.

3.10 Arbeitsschritt 9 „Realisierung“

Die in Kapitel 3.8.1 zusammengefassten Optimierungen für Variante 2 (Middle-End) müssen in das aktuelle CAD-Modell der Fa. Container integriert werden, um eine computerunterstützte Festigkeitsberechnung durchführen zu können. Sofern diese positiv absolviert wird, können aus diesem CAD-Modell anschließend auch die erforderlichen Zeichnungsableitungen durchgeführt werden.

Diese Zeichnungen bilden schließlich auch die Grundlage für die Materialbeschaffung und Produktion der zukünftigen RockTainer, die voraussichtlich im vierten Quartal 2012 angeschafft werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ein neuartiger 20 ft Container, der für den Transport von Schüttgütern mittels Eisenbahn entwickelt wurde, ist Gegenstand der vorliegenden Diplomarbeit. Um die Interessen aller beteiligten Interessensgruppen bei einer Optimierung bestmöglich abzudecken, wurden Bereiche des Schüttgutcontainer einer Wertanalyse nach ÖNORM 12973 unterzogen. Nach Festlegung der involvierten Teammitglieder wurde der Untersuchungsbereich festgelegt und anschließend wurde eine umfassende Datenerhebung durchgeführt. Die Funktionen des Untersuchungsbereiches wurden im Zuge eines Workshops eruiert und in sechs Hauptfunktionen mit zugehörigen Nebenfunktionen gegliedert. Anschließend wurden die 25 Funktionsträger des Untersuchungsbereiches auf die 24 Funktionen anteilmäßig umgelegt. Mittels ABC-Analyse wurden daraufhin jene 9 Funktionen eruiert, die für rund 88 % der Kosten verantwortlich sind, und somit die relevanten Funktionen für das weitere Vorgehen darstellten.

Mit Hilfe des Funktions-Erfüllungsgrads wurden die oben genannten 9 Funktionen hinsichtlich ihrer Über- oder Untererfüllung im Workshop bewertet und daraus die Detailziele abgeleitet. Anschließend wurden die entsprechenden Funktionsträger betrachtet, vereinfacht oder ggf. ganz entfernt.

Drei neue Varianten wurden durch Zuhilfenahme des morphologischen Kastens entwickelt. Die Kosten und Massen der so entstandenen Varianten wurden berechnet und einer Nutzwertanalyse unterzogen, wobei die Gewichtungen der dafür notwendigen Bewertungskriterien in einer Teamsitzung festgelegt wurden.

Die Nutzwertanalyse ergibt folgende Reihung der Varianten: Variante 2 ist zu favorisieren, gefolgt von der aktuellen Ausführung, Variante 1 und Variante 3.

Betrachtet man die Variante 2 im Vergleich zu der Ausführung des Prototypen, so sind eine Reduktion der Kosten um rund 11 % und eine Reduktion der Gesamtmasse um ca. 9 % zu erreichen. Aus diesem Grund wird die Variante 2 zu einem Lösungskonzept ausgearbeitet.

Mit der im Zuge dieser Diplomarbeit durchgeführten Wertanalyse, kann für den untersuchten Schüttgutcontainer eine Reduktion der Kosten und der Masse bei gleichzeitiger Wertverbesserung für die drei Interessengruppen erzielt werden. Aufgrund dieses zufriedenstellenden Ergebnisses, werden die erlernten Techniken und Vorgehensweisen auch zukünftig in Projekten zur Optimierung herangezogen werden. Eines der nächsten WA-Objekte, das in den kommenden Monaten bearbeitet wird, ist der PortRotator. Bei dem PortRotator handelt es sich um ein neuartiges Container-Drehentladesystem, mit dem es möglich ist, die Innofreight-Container mittels Reach-Stacker oder eines gewöhnlichen Hafenkran zu entladen.

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer-Aided Design – rechnerunterstützte Zeichnung
CSC	Container Safety Convention – Container Sicherheits-Übereinkommen
DN	Diameter Nominal – Nenndurchmesser [mm]
EBS	Ersatzbrennstoff
EVUs	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FA	Funktionsanalyse
Fa.	Firma
FK	Funktionskosten
FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse
ft	Foot bzw. Fuß, englische Maßeinheit: 1 ft = 0,3048 m
FT	Funktionsträger
FU	Funktion
FuKo	Funktionskosten
ggf.	gegebenen Falls
h	Stunde, Zeiteinheit
Hr.	Herr
inkl.	inklusive
kg	Kilogramm, Masseneinheit
kW	Kilo Watt, Einheit für Leistung
kN	Kilo Newton, Einheit für Kraft
l	Liter, Volumeneinheit
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter, Längeneinheit
min.	mindestens
Min.	Minuten, Zeiteinheit
NW	Nutzwert
RT	Raumtemperatur 20°C
o.V.	ohne VerfasserIn
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PN	Pressure Nominal – Nenndruck in [bar]
PU	Polyurethan
RAL	Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen
RCA	Rail Cargo Austria
RT	Raumtemperatur 20°C
Stk	Stück, Anzahl

SWOT	Strength Weakness Opportunities Threats-Analyse, Stärken Schwächen Chancen Gefahren-Analyse
SAVE	Society of American Value Engineers
U	Umdrehungen, Drehzahl
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDI-GSP	VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung
vgl.	vergleiche
VKM	Verbrennungskraftmaschine
WA	Wertanalyse
WT	WoodTainer
ZWA	Zentrum Wertanalyse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: 2-achsiger Güterwagen der Gattung „F“ - Firma railpro GmbH	3
Abbildung 1-2: Hebelmechanismus geschlossen (links) und Dosierung (rechts)	3
Abbildung 1-3: Nachschotterung - dosierte Entladung während der Fahrt	4
Abbildung 1-4: Bereiche für die Nachschotterung des Gleisoberbaus	4
Abbildung 1-5: Schotterausbringungsmaschine (Fa. Swietelsky).....	5
Abbildung 1-6: Hebelmechanismus inklusive Hydraulik (links) und Dosierung (rechts) ..	6
Abbildung 1-7: Schüttgutübergabewagen	6
Abbildung 1-8: 60 ft Containertragwagen mit zwei Stück RockTainer	7
Abbildung 1-9: 60 ft Containertragwagen mit zwei Stück RockTainer und Förderband...	8
Abbildung 1-10: Schüttgutübergabe zwischen zwei Wagen.....	8
Abbildung 1-11: Modulare Erweiterungen des RockTainer-Systems	9
Abbildung 1-12: Drehentladung (links) und Kippentladung (rechts)	9
Abbildung 1-13: Erstes Konzept des RockTainers	10
Abbildung 1-14: Zweites Konzept des RockTainers	11
Abbildung 1-15: Konstruktionsmodell des RockTainers	12
Abbildung 1-16: RockTainer Prototypenfertigung.....	13
Abbildung 1-17: RockTainer CSC-Zulassung - Hebe-Test.....	14
Abbildung 1-18: RockTainer - fertiggestellter Prototyp	14
Abbildung 2-1: Wert als Funktion von Bedürfnisbefriedigung und Ressourceneinsatz .	19
Abbildung 2-2: Frageliste für WA-Projekte aus dem Produktbereich	22
Abbildung 2-3: Beispiel einer Funktionskosten-Ermittlung	24
Abbildung 2-4: Beispiel einer Erfüllungsgrad-Ermittlung	24
Abbildung 2-5: Aufbau der SWOT- Analyse	27
Abbildung 2-6: Beispiel einer ABC-Analyse – grafische Auswertung	29
Abbildung 2-7: Beispiel eines Morphologischen Kastens: Kaffeemaschine	31
Abbildung 2-8: Nutzwertanalyse - Schema	32
Abbildung 2-9: Beispiel eines paarweisen Vergleichs	33
Abbildung 3-1: Untersuchungsbereich RockTainer – vier Baugruppen	42
Abbildung 3-2: Untersuchungsbereich RockTainer – Längsschnitt	42
Abbildung 3-3: Diesel-hydraulische Aggregat – Fa. Hainzl	48
Abbildung 3-4: CAD-Modell der Klappen.....	51
Abbildung 3-5: Ausschnitt Fertigungszeichnung – Klappenquerschnitt	52
Abbildung 3-6: CAD-Modell der Klappenaufhängung.....	53
Abbildung 3-7: CAD-Modell der Klappenaufhängung – Detail.....	53
Abbildung 3-8: CAD-Modell des Trichters	54
Abbildung 3-9: Ausschnitt aus Fertigungszeichnung – Details Kreuzwinkel.....	55
Abbildung 3-10: Ausschnitt Fertigungszeichnung – Versteifung der Auslassöffnung	55

Abbildung 3-11: Identifizierte Funktionen des Untersuchungsbereichs	61
Abbildung 3-12: Funktionskosten-Matrix	64
Abbildung 3-13: ABC-Analyse - Diagramm	69
Abbildung 3-14: Lösungskonzept „Middle-End“	92
Abbildung 3-15: Lösungskonzept – Untersuchungsbereich	92
Abbildung 3-16: Lösungskonzept – Detail Zahnblechanbindung.....	94
Abbildung 3-17: Klappen – Positionen der Zahnbleche.....	94
Abbildung 3-18: Klappen – Querschnitt.....	95
Abbildung 3-19: Alternative – Variante 3 „Low-End“	95
Abbildung 3-20: Alternative – Low-End-Variante Zylinderposition.....	96
Abbildung 3-21: Variante 3 – Detail Zahnbleche und Zylinderanbindung.....	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Wertanalyse-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973	21
Tabelle 3-1: SWOT-Analyse des RockTainers	40
Tabelle 3-2: Kostenauflistung – Basiswerte für Containerfertigung	57
Tabelle 3-3: Kostenauflistung RockTainer-Prototyp	57
Tabelle 3-4: Kostenauflistung im Vergleich: WoodTainer und RockTainer.....	58
Tabelle 3-5: Kostenkalkulation – Untersuchungsbereich RockTainer	59
Tabelle 3-6: Gliederung der Funktionen in Haupt- und Nebenfunktionen.....	62
Tabelle 3-7: Funktionskosten-Matrix – vollständig ausgefüllt	67
Tabelle 3-8: ABC-Analyse der Funktionen	68
Tabelle 3-9: Ziele nach FuKo-Matrix – mit Begründung	70
Tabelle 3-10: Aus der FuKo abgeleitete Detailziele	71
Tabelle 3-11: Morphologischer Kasten.....	72
Tabelle 3-12: Morphologischer Kasten – Lösungskonzepte.....	76
Tabelle 3-13: Auswahl der Lösungskonzepte.....	77
Tabelle 3-14: Kostenkalkulation der drei Varianten	80
Tabelle 3-15: Zielwertmatrix	81
Tabelle 3-16: Gewichtung der Hauptkriterien	82
Tabelle 3-17: Gewichtung der Mechanischen Eigenschaften.....	83
Tabelle 3-18: Gewichtung der Sicherheit	83
Tabelle 3-19: Gewichtung der Wartung	84
Tabelle 3-20: Gewichtung der Kosten	84
Tabelle 3-21: Nutzwertanalyse	85
Tabelle 3-22: Nutzwert bezogen auf die Kosten des Untersuchungsbereichs	86
Tabelle 3-23: Nutzwert bezogen auf die Gesamtkosten des RockTainers	87
Tabelle 3-24: Einsparung im Untersuchungsbereich.....	88
Tabelle 3-25: Einsparung bei Materialkosten – Stahlbau inkl. Hydraulik.....	89
Tabelle 3-26: Kosten-Einsparung RockTainer.....	90
Tabelle 3-27: Variante 2 – Auflistung der Bauteile inkl. Dimensionen	93

Literaturverzeichnis

Bronner, A.; Herr, S.: Vereinfachte Wertanalyse, 4. Auflage, Springer, Berlin 2006.

Hansen, H.F.H: Globalisierter Verkehr oder der Siegeszug des Containers, 1. Auflage, Eigenverlag Helmut F.H. Hansen, Hamburg 2000.

Hoffmann H.J.: Wertanalyse - Die Antwort auf Kaizen, überarbeitete Auflage, München 1993.

Hydro-Cardan, o.V.: Hydraulikzylinder Standard, Prospekt 02-06/04 01-01, <http://www.hydro-cardan.at/PDF/Standardzylinder.pdf>, Zugriffsdatum 2010.11.08.

Hydro-Cardan, o.V.: Handpumpen, Prospekt 02-06/04 03-19, <http://www.hydro-cardan.at/PDF/Handpumpen.pdf>, Zugriffsdatum 2010.11.08.

Innofreight, o.V.: Firmengeschichte, http://www.innofreight.com/innofreight/1_unternehmen/Firmengeschichte.php, Zugriffsdatum 2012.05.30.

IMO - International Maritime Organisation: International convention for Safe Containers, London 1996.

Miles L.D.: Techniques of Value Analysis and Engineering, Third Edition, United States of America 1989.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12973, Value Management, Ausgabe 2001-12-01, Wien 2000.

Pahl et al.: Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung, 7. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.

Pauwels, M.: Interkulturelle Produktentwicklung – Produktentwicklung mit Wertanalyse und Interkultureller Kompetenz, Shaker Verlag, Aachen 2001.

Schlicksupp, H.: Kreativ-Workshop – Ideenfindungs-, Problemlösungs- und Innovationskonferenzen planen und veranstalten, Würzburg 1993.

Schlicksupp, H.: Ideenfindung – Innovation, Kreativität und Ideenfindung, 3. Auflage, Würzburg 1989.

Teutschmann, Hp.: railpro - Güterwagen Typ Fccpps, <http://www.bahnbilder.de/name/einzelbild/number/331126/kategorie/schweiz~bls-bern-loetschberg-simplon-bahn~sonstiges.html>, Zugriffsdatum 2012.01.12.

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung: Wertanalyse – das Tool im Value Management, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 2011.

Wohinz J.W.: Industrielles Management – Das Grazer Modell, Wien/Graz 2003.

Wohinz J.W.: Industriebetriebslehre, 21. Auflage, Graz 2007.

ÖBB-Infrastruktur, Bau AG: Standardisierte Leistungsbeschreibung Eisenbahnbau - Leistungsgruppe 54 Bettung und Abraum, Version 05, Wien 01.2007.

Zangemeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methode zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 2. Auflage, München 1971.

Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung: Wertanalyse - Idee – Methode – System, 5. überarbeitete Auflage, Düsseldorf 1995.

Anhang

Fa. innofreight

**Hydraulic cylinders & pump
for**

RockTainer

simplified claculation

Lukas Zeni

Stand: 2011.11.08

Fa. innofreight

Index of Contents

1. Pump	3
2. Cylinder	3
3. Calculation	4
4. Pictures	5

Fa. innofreight

1. Pump

PAM-TDS 45

Volume / double stroke	$V_{\text{pump}} := 45\text{cm}^3$
max. pressure	$P_{\text{max_pump}} := 280\text{bar}$
Time for one double-stroke	$t_{\text{ds}} := 1.5\text{s}$

2. Cylinder

CO-70/40x400

Quantity of cylinders	$n_{\text{cylinder}} := 2$
Diameter - cylinder	$d_{\text{cylinder}} := 70\text{mm}$
Diameter - piston	$d_{\text{piston}} := 40\text{mm}$
total travel	$l_{\text{cylinder}} := 400\text{mm}$
max. pressure - cylinder	$P_{\text{max_cyl}} := 200\text{bar}$

Fa. innofreight

3. Calculation

Cylinder max. volume $V_{\text{cyl_max}} := \frac{d_{\text{cylinder}}^2 \cdot \pi}{4} \cdot l_{\text{cylinder}} \quad V_{\text{cyl_max}} = 1.539\text{L}$

Cylinder min. volume

$$V_{\text{cyl_min}} := \frac{(d_{\text{cylinder}}^2 - d_{\text{piston}}^2) \cdot \pi}{4} \cdot l_{\text{cylinder}} \quad V_{\text{cyl_min}} = 1.037\text{L}$$

Minimal Volume for the oil-container $V_{\text{oil_con}} := (V_{\text{cyl_max}} - V_{\text{cyl_min}}) \cdot n_{\text{cylinder}}$
 $V_{\text{oil_con}} = 1.005\text{L}$

Quantity of double strokes - for closing the RockTainer with 2 cylinders:

$$n_{\text{ds_close}} := \frac{V_{\text{cyl_min}}}{V_{\text{pump}}} \cdot n_{\text{cylinder}} \quad n_{\text{ds_close}} = 46$$

Quantity of double strokes - for opening the RockTainer with 2 cylinders:

$$n_{\text{ds_open}} := \frac{V_{\text{cyl_max}}}{V_{\text{pump}}} \cdot n_{\text{cylinder}} \quad n_{\text{ds_open}} = 68$$

Time for closing the 2 cylinder $t_{\text{cyl_close}} := n_{\text{ds_close}} \cdot t_{\text{ds}} \quad t_{\text{cyl_close}} = 1.2\text{-min}$

Time for opening the 2 cylinder $t_{\text{cyl_open}} := n_{\text{ds_open}} \cdot t_{\text{ds}} \quad t_{\text{cyl_open}} = 1.7\text{-min}$

max. force for closing the RockTainer with 2 cylinders:

$$F_{\text{max_close}} := \frac{(d_{\text{cylinder}}^2 - d_{\text{piston}}^2) \cdot \pi}{4} \cdot P_{\text{max_cyl}} \cdot n_{\text{cylinder}} \quad F_{\text{max_close}} = 104\text{-kN}$$

max. force for opening the RockTainer with 2 cylinders:

$$F_{\text{max_open}} := \frac{d_{\text{cylinder}}^2 \cdot \pi}{4} \cdot P_{\text{max_cyl}} \cdot n_{\text{cylinder}} \quad F_{\text{max_open}} = 154\text{-kN}$$

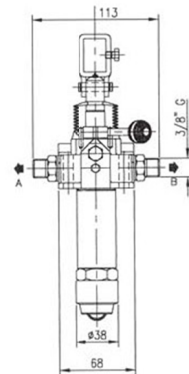
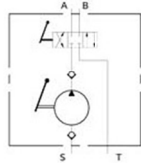
4. Pictures from HYDRO-CARDAN
<http://www.hydro-cardan.at/> (2011.11.08)

PAM-TDS

Handpumpe zum Tankeinbau mit 3/4-Wegeventil

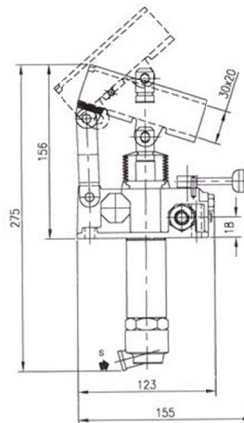
Zur Betätigung von doppelwirkenden Hydraulikzylindern

Bsp: Fahrerhauskipfung

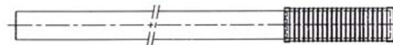


Bezeichnung	Verdrängungsvolumen / Doppelhub [cm ³]	max. Druck [bar]
PAM-TDS 12	12	380
PAM-TDS 25	25	350
PAM-TDS 45	45	280

einsetzbar für mineralbaserende Hydrauliköle nach ISO 2943



Handhebel PAM-H : 20x30x600

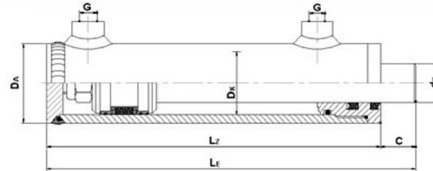


Tel.: 02266/67516 Fax.: 02266/67518-22
 e-mail: hydro-cardan@aon.at
 Internet: www.hydro-cardan.at

03- 23



Fa. innofreight



Artikel-Nr.	D_K / d_S	Hub [mm]	D_A [mm]	L_E [mm]	L_Z [mm]	C [mm]	G	kg
351110	70 / 40	200	80	360	360	23	3/8"	8,28
351115		250		410	410			9,26
351120		300		460	460			10,24
351125		350		510	510			11,2
351130		400		560	560			12,8
351135		450		610	610			13,11
351140		500		660	660			14,01
351145		550		710	710			15,1
351150		600		760	760			15,99
351170		800		960	960			19,73
351180	1000	1160	1160	23,51				
351210	80 / 40	200	92	380	355	25	1/2"	11,08
351215		250		430	405			12,22
351220		300		480	455			13,35
351230		400		580	555			15,56
351240		500		680	655			17,77
351250		600		780	755			19,98
351270		800		980	955			24,5
351280	1000	1180	1155	28,92				
351310	80 / 50	200	92	380	355	25	1/2"	12,35
351315		250		430	405			13,73
351320		300		480	455			15,15
351330		400		580	555			17,95
351340		500		680	655			20,71
351350		600		780	755			24
351370		800		980	955			29,5
351380		1000		1180	1155			35
351410	100 / 50	200	115	410	385	25	1/2"	19,5
351415		250		460	435			21,5
351420		300		510	485			23
351430		400		610	585			26,5
351440		500		710	685			30
351450		600		810	785			33,5
351470		800		1010	985			40,5
351480	1000	1210	1185	47,5				
351510	100 / 60		115	510	485	25	1/2"	25,5
351515				610	585			29,5
351520				710	685			33,5
351525				810	785			37,5
351535				1010	985			46
351545				1210	1185			54,5

Bestellbeispiel: CO - 60 / 40 x 400

Tel.: 02266/67516 Fax.: 02266/67518-22
 E-mail: hydro-cardan@aon.at
 Internet: www.hydro-cardan.at

01-04



FLAT-FACE STECKKUPPLUNG

FIRG-Serie bis PN 300

kompatibel zur A-Serie nach ISO 16028



Die Flat-Face Kupplung der FIRG-Serie gilt als das ORIGINAL. Sie ist die Grundauführung aller flachdichtenden Schnellverschlusskupplungen und seit 1983 im Markt weit verbreitet. Die heute existierende ISO 16028 Normierung hat sich an den Eigenschaften und Maßen unserer FIRG-Serie orientiert. Als meistverkaufte Kupplung in Europa hat sich die FIRG-Serie in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern etabliert.

Heute ist die FIRG-Serie das Einstiegsprodukt im Bereich flachdichtenden Schnellverschlusskupplungen und immer dann gefordert, wenn Druckverluste und Schmutzeintritte in Hydrauliksysteme minimiert werden müssen.

Technische Eigenschaften und Optionen:

- Konstruktionsmaterial: Carbonstahl
- Oberfläche: verzinkt
- Verdrehmöglichkeit im gekuppelten Zustand
- Optimale Anzahl der Verschlusskugeln (12-20) für gute Haltbarkeit
- Sicherheitssystem gegen ungewolltes Entkuppeln
- Federn aus C 72 bzw. AISI 302
- Dichtungen speziell geformt aus Teflon
- Nitrildichtungen 75 Shore, temperaturbeständig zwischen -20°C bis +100°C
- Anschlussgewinde in BSP - NPT - SAE - JIC
- Kupplungen mit Viton-Dichtungen vorrätig, Sonderdichtungen auf Anfrage

FLAT-FACE STECKKUPPLUNG

FIRG-Serie bis PN 300

Anwendungsgebiete

- Bergbau
- Fahrzeugbau
- Bau- und Landmaschinen
- Hebe- und Fördergeräte
- Werkzeugindustrie
- Chemieanlagen

Handhabung – Kuppeln

Besonders hervorzuheben ist die einfache Handhabung. Stecker und Muffe werden zusammengesteckt (Einhandbedienung). Ein leichtes Klicken beendet den Vorgang des Ankuppelns selbsttätig.

Die Kugeln in der Muffe rasten in die Umfangsnut des Steckers ein. Stecker und Muffe sind miteinander verbunden. Durch Verdrehen der äußeren Hülse der Muffe ist eine zusätzliche Abreißsicherung durch die Sicherungskugel gewährleistet. Auf Wunsch liefern wir die Kupplungsmuffe auch ohne Sicherungskugel.

Handhabung – Entkuppeln

Beim Entkuppeln einer Kupplung mit Sicherungskugel wird zuerst die Muffenhülse bis zur Überdeckung der Sicherungskugel mit den Kerben zurückgedreht und anschließend zurückgedrückt.

Entkuppeln ohne eine zusätzliche Sicherungskugel geschieht durch einfaches Zurückschieben der Muffenhülse.

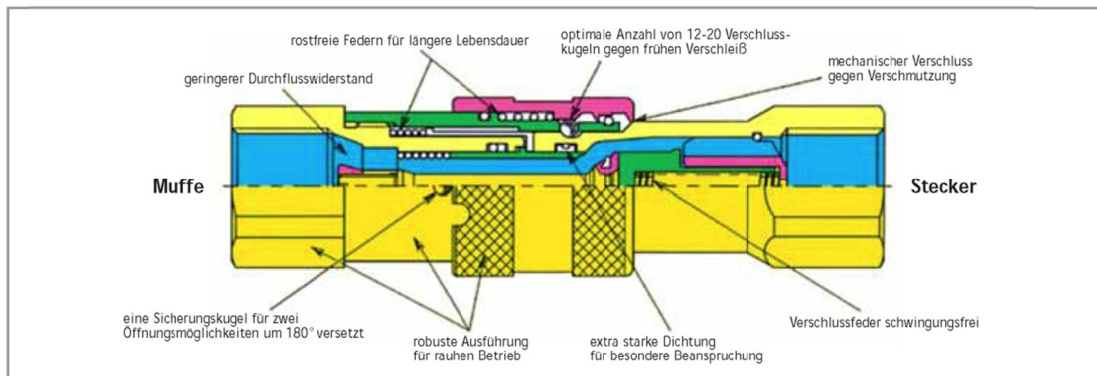
Vorteile

- Flat-Face Kupplungen werden einfach an der glatten Oberfläche saubergewischt, dies reduziert die Möglichkeit, dass Verschmutzungen ins Hydrauliksystem gelangen.
- Auch wo häufig an- und abgekuppelt wird, ist nur mit einem Minimum an Flüssigkeitsverlust zu rechnen (0-0,02 ml).
- Die einfache Handhabung stellt sicher, dass auch nur ein Minimum an Luft ins System gelangt. Kuppeln kann erfolgen, ohne die äußere Muffe zu bewegen. Dies ermöglicht ein Kuppeln mit nur einer Hand. Die Muffe kann auch nach dem Vorgang gegen den Stecker gedreht werden und bleibt sicher verschlossen.
- Durchfluss in 2 Richtungen möglich.
- Axiale Kräfte können durch die Konstruktion dieser Kupplung gut aufgenommen werden (Kugeln und Rasternut gehärtet). Dies ist ein Vorteil bei Verwendung flexibler Schlauchleitungen.
- FIRG 3/8" und 1/2" entsprechen der Norm H.T.M.A. (Hydraulic Tool Manufacturers Association = Verbindung für Hydraulische Werkzeughersteller).

Konstruktionsänderungen im Rahmen der Produktpflege behalten wir uns vor.

FLAT-FACE STECKKUPPLUNG

FIRG-Serie bis PN 300



Gebrauchsmerkmale

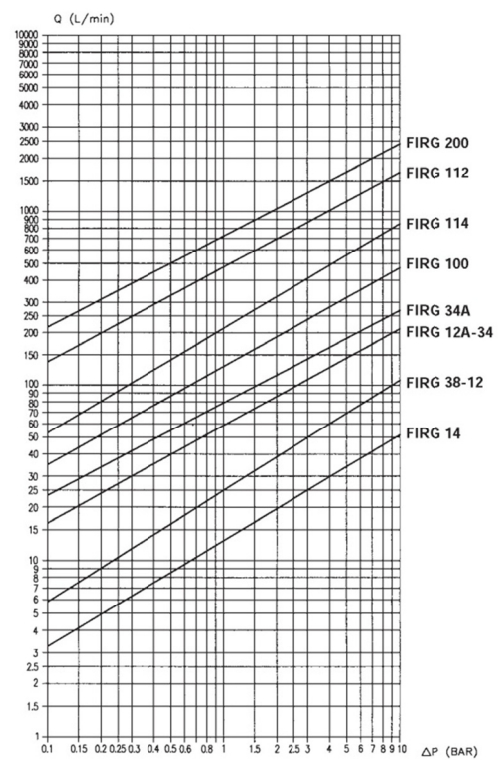
Die Verwendung dieser Kupplung empfiehlt sich vor allem dort, wo eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen häufige hydraulische Impulse nötig ist. Geringe Druckverluste vermeiden eine Überhitzung des Öls und tragen zur Energieeffizienz bei.

Warnhinweise

- Niemals die Muffe in ungekuppeltem Zustand mit Druckimpulsen beaufschlagen
- Nicht kuppeln/entkuppeln wenn Durchfluss im Kreislauf gegeben ist.
- Nicht kuppeln/entkuppeln wenn die Temperatur im Ölkreislauf höher als 80°C ist.
- Zum Schutz immer Staubschutzkappen verwenden

Prüfung nach ISO 7241-2
 Hydrauliköl: ISO VG 32
 Temperatur: 40° C
 Viskosität: 28.8-35.2 mm²/s

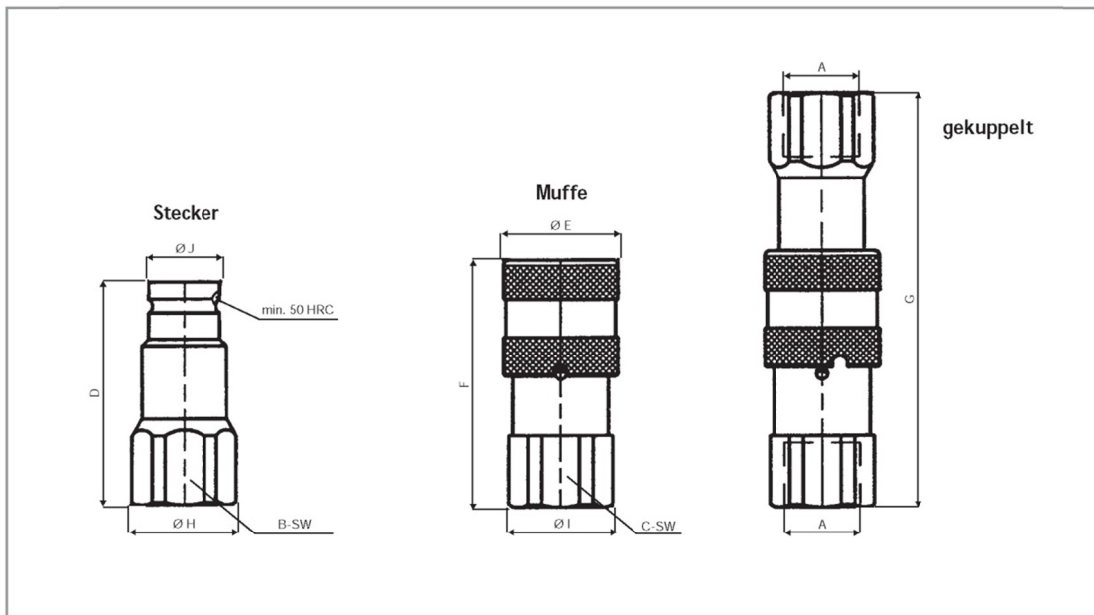
Durchflussdiagramm



FLAT-FACE STECKKUPPLUNG

FIRG-Serie bis PN 300

BSP - NPT Innengewinde



Stecker und Muffen mit SAE-Anschlüssen (UNF-Gewinde) können auch für JIC-Anschlüsse verwendet werden. Hierbei muss die Abdichtung über einen O-Ring und nicht über die JIC-übliche innenliegende Dichtform (37°) erfolgen.

Druck in bar	Baugröße 1 FIRG 1/4"	Baugröße 2 FIRG 3/8"-1/2"	Baugröße 3 FIRG 1/2"A-3/4"A	Baugröße 4 A FIRG 3/4"A	Baugröße 4 FIRG 1"	Baugröße 5 FIRG 1 1/4"	Baugröße 6 FIRG 1 1/2"	Baugröße 7 FIRG 2"
max. Betriebsdruck gekuppelt	300	300	250	250	250	250	200	200
Berstdruck gekuppelt	1260	1200	1000	1000	1000	1000	800	800
Berstdruck Stecker	1260	1200	1000	880	800	800	800	640
Berstdruck Muffe	480	480	400	400	400	400	320	320

FLAT-FACE STECKKUPPLUNG

FIRG-Serie bis PN 300

B3	DN	ISO DN	Typ	max. Betr.druck (bar) gekuppelt	Durchfluss- querschnitt, mm ²	A Gewinde	B SW	C SW	D	E ø	F	G	H ø	I ø	J ø	Gewicht in kg komplett	Bestell-Nr.	
																	Stecker	Muffe
1	7	6,3	FIRG 1/4"	300	38,5	G 1/4" BSP 1/4 NPT 9/16-18 UNF	22	22	47,3	28	48,1	85,2	23,8	23,8	16,1	0,226	141101-B 141101-N 141101-3/8SAE	141201-B 141201-N 141201-3/8SAE
2	9	10	FIRG 3/8"	300	63	G 3/8" BSP 3/8 NPT 3/4-16 UNF	24	27	60	32	64,2	108,7	26	29	19,7	0,356	381102-B 381102-N 381102-1/2SAE	381202-BE 381202-N 381202-1/2SAE
2	9	10	FIRG 1/2"	300	63	G 1/2" BSP 1/2 NPT 7/8-14 UNF	27	27	62,5	32	69,2	116,2	29	29	19,7	0,350	121102-B 121102-N 121102-5/8SAE	121202-B 121202-N 121202-5/8SAE
3	13	12,5	FIRG 1/2" A	250	133	G 1/2" BSP 1/2 NPT 7/8-14 UNF	32	32	68	38	73,8	124,6	33,8	33,8	24,5	0,608	121103-A-B 121103-A-N 121103-A-5/8SAE	121203-A-B 121203-A-N 121203-A-5/8SAE
3	13	12,5	FIRG 3/4"	250	133	G 3/4" BSP 3/4 NPT 1-1/16-12 UN	36	36	70,5	38	80,8	134,1	38,5	38,5	24,5	0,640	341103-B 341103-N 341103-SAE	341203-B 341203-N 341203-SAE
4 A	15	16	FIRG 3/4" A	250	176	G 3/4" BSP 3/4 NPT 1-1/16-12 UN	36	36	70,5	42	78,5	131,9	38,5	38,5	27	0,747	341104-A-B 341104-A-N 341104-A-SAE	341204-A-B 341204-A-N 341204-A-SAE
4	17	19	FIRG 1"	250	227	G 3/4" BSP G 1" BSP 1 NPT 1-5/16-12 UN	45	45	82,3	48	93,2	153,7	47,8	47,8	30	1,161	341104-B 1001104-B 1001104-N 1001104-SAE	341204-B 1001204-B 1001204-N 1001204-SAE
5	21	25	FIRG 1 1/4"	250	347	G 1 1/4" BSP 1 1/4 NPT 1-5/8-1 UN	55	55	89,8	55	106	172,8	59,8	59,8	36	1,956	1141105-B 11441105-N 1141105-SAE	1141205-B 1141205-N 1141205-SAE
6	30	31,5	FIRG 1 1/2"	200	706	G 1 1/2" BSP 1 1/2 NPT 1-7/8-12 UN	65	65	111,1	80	132,4	215,1	69,8	72	57	4,485	1121106-B 1121106-N 1121106-SAE	1121206-B 1121206-N 1121206-SAE
7	42	40	FIRG 2"	200	1385	G 2" BSP 2 NPT 2-1/2-12 UN	75	80	123,8	100	156,6	241,6	83,5	88,5	73	7,359	2001107-B 2001107-N 2001107-SAE	2001207-B 2001207-N 2001207-SAE

FIRG-Muffen haben alle serienmäßig eine Sicherungskugel.



PANOLIN AG
CH-8322 Madetswil
Telefon 044 956 65 65
Telefax 044 956 65 75
www.panolin.com
info@panolin.com

ECOFUID Handels GmbH
Col-di-Lana-Str. 10-12
A-6020 Innsbruck
Telefon 0512 57 06 88-0
Telefax 0512 57 06 88-88
www.ecofuid.at
office@ecofuid.at



PANOLIN HLP SYNTH

Bio-Hydraulikflüssigkeit – gesättigte synthetische Ester, umweltschonend

PANOLIN HLP SYNTH:

- vollsynthetische, zinkfreie umweltschonende Hochleistungs-Hydraulikflüssigkeit auf Basis gesättigter Ester kombiniert mit speziellen Additiven
- verhindert auch bei hohen Betriebstemperaturen und langem Einsatz weitgehend Ablagerungen und Verharzungen
- stark verlängerte Standzeiten bis hin zur «Lebenszeitfüllung»
- reduziert CO₂-Emissionen
- grosse Leistungsreserven gegenüber mineralölbasischen Hydraulikölen
- hervorragende Hochdruckeigenschaften
- ausgeprägtes Kältefließverhalten (sehr tiefer Stockpunkt)
- ausgezeichnete Hochtemperatur-Oxidationsstabilität

Einsatz/Umstellung (Herstellervorschriften beachten)

- Hydrauliksysteme der Bau- und Forstwirtschaft sowie der Maschinenindustrie, des Stahl- und Wasserbaus
- Kompressoren, Lagerschmierung und Umlaufschmierung
- vor der Umölung fordern Sie bitte unsere Umstellungsrichtlinien an

Hinweis: Ablagerungen im System können sich mit PANOLIN HLP SYNTH ablösen

Umweltverträglichkeit (Mittelwerte – biologische Werte unterliegen natürlichen Schwankungen)

Wird von im Wasser und/oder Boden befindlichen Mikroorganismen weitgehend rückstandsfrei abgebaut.

- ASTM D-6046-98a: P_w1, T_w1, T_s1
- CO₂-Reduktion dank verlängertem Einsatz
- Bioabbaubarkeit nach OECD 301 B: ≈ 70 %
- Umweltlabels aus: Deutschland, Japan, Korea, Kroatien, Schweden, Tschechien
- Wassergefährdungsklasse/VVwS; nwg [35020 – 35040], WGK:1 [35050 – 35070]



Spezifikationen

ASTM D 943 (Trockener TOST Test) >3'000 h
ASTM D 2070 (mod. 1'680 h)
FZG Test A/8.3/90 12. Laststufe
ISO 15'380/HEES
ÖNORM C 2'027, Teil 5
VDMA 24'568 HEES
Vickers 35 VQ-25, V104 C



High bio-sustainability

Freigaben

Von zahlreichen Maschinen- und Komponentenherstellern liegen Freigaben vor.



Technische Daten (Mittelwerte; es gelten die üblichen Toleranzen)

PANOLIN HLP SYNTH	Prod. Nr.	Dichte g/cm ³ 15 °C	Viskosität in mm ² /s 40 °C	Viskosität in mm ² /s 100 °C	Flammpunkt i.o.T. in °C	Pourpoint in °C	Viskositäts- index	Jod- zahl
15	35020	0.922	16.4	4.0	220	- 60	146	<6
22	35030	0.920	21.8	4.7	220	- 58	141	<6
32	35040	0.918	30.6	5.9	240	- 58	140	<7
46	35050	0.918	47.0	8.1	240	- 57	146	<10
68	35060	0.918	70.6	11.3	240	- 55	153	<12
100	35070	0.918	105.0	15.5	240	- 53	156	<15

Sicherheitsrelevante Hinweise

entnehmen Sie bitte der Gebindeetikette oder im Detail dem Sicherheitsdatenblatt (kann bei PANOLIN angefordert werden)

PANOLIN AG
CH-8322 MADETSWIL / SWITZERLAND
Telefon ++41 44 956 65 65
Telefax ++41 44 956 65 75



SICHERHEITSDATENBLATT

PANOLIN HLP SYNTH

1. STOFF-/ZUBEREITUNGS- UND FIRMENBEZEICHNUNG

Verwendung des Stoffes/der Zubereitung	Schmiermittel
Chemische Charakterisierung	Gesättigte, synthetische Ester mit Additiven Mineralölfrei.
Lieferant	ECOFLUID Handels GmbH Col-di-Lana-Str. 10-12 AT-6020 Innsbruck Österreich
Notrufnummer	+43 512 57 06 88-0
Überarbeitet am Nummer	14.04.2008 6

2. MÖGLICHE GEFAHREN

Keine.

3. ZUSAMMENSETZUNG/ANGABEN ZU BESTANDTEILEN

Gefährliche Inhaltsstoffe	Das Produkt enthält keine Stoffe die in den vorliegenden Konzentrationen als gesundheitsgefährdend zu betrachten sind. CAS-Nr: entfällt bei Gemischen EINECS-Nr.: entfällt bei Gemischen.
----------------------------------	---

4. ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN

Allgemeine Hinweise	Beschmutzte Kleidung vor Wiedergebrauch waschen.
Einatmen	Nach Einatmen der Dämpfe im Unglücksfall an die frische Luft bringen.
Hautkontakt	Vorsorglich mit Wasser und Seife waschen. Hochdruckanwendungen: Einspritzung des Produktes unter die Haut kann bei Einsatz in Hochdruck-Anwendungen vorkommen. Sofern eine solche Verletzung eintritt, muss der Verletzte umgehend in ein Spital gebracht werden. Es sind keine Anzeichen von Symptomen abzuwarten.
Augenkontakt	Sofort mit viel Wasser, auch unter dem Augenlid, für mindestens 15 Minuten ausspülen.
Verschlucken	Kein Erbrechen herbeiführen. Vorsorglich Wasser trinken. Arzt aufsuchen.

5. MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG

Geeignete Löschmittel	Schaum. Trockenlöschmittel. Kohlendioxid (CO ₂).
Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel	Wasservollstrahl.
Besondere Gefährdungen	Im Brandfall kann der Rauch neben dem Ausgangsprodukt möglicherweise giftige und/oder reizende Verbindungen enthalten.
Besondere Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung	Im Brandfall umluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.
Besondere Löschhinweise	Keinen Wasservollstrahl verwenden um eine Zerstreuung und Ausbreitung des Feuers zu unterdrücken.

6. MASSNAHMEN BEI UNBEABSICHTIGTER FREISETZUNG

Personenbezogene Vorsichtsmassnahmen	Wegen Rutschgefahr aufkehren.
Umweltschutzmassnahmen	Nicht in Oberflächenwasser oder Kanalisation gelangen lassen. Bei Eindringen ins Erdreich, Grundwasser, in natürliche Gewässer oder in die Kanalisation die Wasserbehörde verständigen.
Verfahren zur Reinigung	Eindämmen. Mit Ölbindemittel aufnehmen. Aufschaukeln und in geeignete Behälter zur Entsorgung bringen.

7. HANDHABUNG UND LAGERUNG

Handhabung	Durch Verschmutzung mit dem Produkt wird die Behälteraussenwand glitschig. Das Produkt ist brennbar aber nicht leicht zu entzünden.
Lagerung	Die Verpackung trocken und gut geschlossen halten, um Verunreinigung und Absorption von Feuchtigkeit zu vermeiden. Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. CEA-Klassierung F4 I Fu Y3.

8. EXPOSITIONSBEGRENZUNG UND PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG

Technische Schutzmassnahmen	Allgemein übliche Hygienemassnahmen.
Persönliche Schutzausrüstung	
Atemschutz	Normalerweise kein persönlicher Atemschutz notwendig.
Handschutz	Gummi- oder Plastikhandschuhe.
Augenschutz	Schutzbrille mit Seitenschutz.
Körperschutz	Beschmutzte Kleidung entfernen und vor Wiederverwendung waschen.

9. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Form	Flüssig.
Farbe	Gelborange.
Geruch	Mild.

Physikalische und Chemische Eigenschaften

Siedepunkt/Siedebereich	> 250 °C
Flammpunkt (COC):	> 210 °C.
Relative Dichte	0.92 g/ml.
Viskosität:	gemäß Produkteblatt.
Pourpoint	< - 35 °C.
Wasserlöslichkeit:	unlöslich.

10. STABILITÄT UND REAKTIVITÄT

Stabilität	Keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Lagerung und Anwendung.
Zu vermeidende Bedingungen	Feuer oder starke Hitze kann heftiges Zerplatzen der Verpackung verursachen.
Zu vermeidende Stoffe	Starke Oxidationsmittel.
Gefährliche Zersetzungsprodukte	Keine bei bestimmungsgemäsem Umgang. Thermische Zersetzung kann zur Freisetzung von reizenden Gasen und Dämpfen führen.

11. ANGABEN ZUR TOXIKOLOGIE

Akute Toxizität	LD ₅₀ /oral/Ratte = > 2'000 mg/kg.
Lokale Effekte	Vernachlässigbar. Erfahrungsgemäss sind bei normalen Gebrauch keine ungewöhnlichen Hautrisiken zu erwarten.
Langzeittoxizität	Vernachlässigbar.
Sensibilisierung	Vernachlässigbar.
Spezifische Effekte	Für das Produkt selber sind keine Daten vorhanden.
Erfahrung am Menschen	Für das Produkt selber sind keine Daten vorhanden.
Weitere Informationen	Das Produkt enthält keine Stoffe die in den vorliegenden Konzentrationen als gesundheitsgefährdend zu betrachten sind. Bei bestimmungsgemäsem Umgang sind keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen bekannt und zu erwarten. Es wurden keine andauernden oder kumulativen Effekte beobachtet.

12. ANGABEN ZUR ÖKOLOGIE

Ökotoxische Wirkungen	Bei bestimmungsgemäsem Umgang sind keine Umweltbeeinträchtigungen bekannt und zu erwarten.
Persistenz und Abbaubarkeit	Nach den Ergebnissen der Bioabbaubarkeitstests ist dieses Produkt als leicht abbaubar einzustufen. Nach den Kriterien der OECD biologisch leicht abbaubar. Verhalten in Abwasseranlagen: das Produkt ist nach OECD 301 B biologisch abbaubar. Kompressorenkondensate fallen nicht unter den Abfallschlüssel 54405. Nach Rückfrage bei der zuständigen Betreiberin für Abwasseranlagen kann das mit PANOLIN HLP SYNTH kontaminierte Kompressorenkondensat einer kommunalen Kläranlage mit biologischer Behandlungsstufe zugeführt werden.

13. HINWEISE ZUR ENTSORGUNG

Ungebrauchtes Produkt	Kann unter Beachtung der örtlichen behördlichen Vorschriften verbrannt werden. Die Wiederverwertung (Recycling) ist der Entsorgung vorzuziehen. In Übereinstimmung mit den örtlichen und nationalen gesetzlichen Bestimmungen. Abfall-Code (VVS): 1440. Europäischer Abfallkatalog Code (EAK-Code): 13 01 12 biologisch leicht abbaubare Hydrauliköle Abfallschlüssel Nr. (A) 54'102
Ungereinigte Verpackungen	Behälter zwischenlagern und nach örtlichen behördlichen Vorschriften zur Wiederverwertung abgeben.

14. ANGABEN ZUM TRANSPORT

Weitere Angaben	Kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften.
------------------------	--

15. VORSCHRIFTEN

Vorschriften	Das Produkt ist nach EU-Richtlinie 1999/45/EG nicht kennzeichnungspflichtig. Schweizer Giftklasse: frei. BAG T Nr: 611'500 Wassergefährdungsklasse WGK (D) (Selbsteinstufung).
---------------------	---

HLP SYNTH	WGK (D)	
	VCI Konzept	VwVwS
15, 22, 32	0	nwg*)
46, 68, 100	0	1

*) nwg: nicht wassergefährdend.

Symbol(e)	keine.
R-Sätze	keine.
S-Sätze	keine.

16. SONSTIGE ANGABEN**Empfohlener Anwendungsbereich** Gemäß Produkteblatt.**Weitere Information**

Änderungen seit der letzten Version in folgenden Kapiteln:

Datum	Kapitel
10.06.2002	13; EAK Code
24.01.2003	15; 1999/45/EG
12.05.2004	1
24.01.2007	09: Siedepunkt/bereich
14.04.2008	04: Hautkontakt

Anwendungsbereich

Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt entsprechen nach bestem Wissen unseren Erkenntnissen bei Drucklegung. Sie sollen Ihnen Anhaltspunkte für den sicheren Umgang mit dem in diesem Sicherheitsdatenblatt genannten Produkt bei Lagerung, Verarbeitung, Transport und Entsorgung geben. Soweit das in diesem Sicherheitsdatenblatt genannte Produkt mit anderen Materialien vermengt, vermischt oder verarbeitet wird, oder einer Bearbeitung unterzogen wird, können die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt, soweit sich hieraus nicht ausdrücklich etwas anderes ergibt, nicht auf das so gefertigte neue Material übertragen werden.

Überarbeitet am

14.04.2008

Nummer

6

Produktinformation



TECHNISCHES DATENBLATT

0445156.

Produktbezeichnung: **EP INDUSTRIEGRUND HS
CONTAINER**

Mischungsverhältnis: gew. 12 : 1 mit EP Härter 450 / Art.Nr. 8441070.

Eigenschaften: Zinkphosphathältige 2-Komp. High-Solid-Grundbeschichtung auf Basis Epoxi-Polyamidaddukt, mit ausgezeichnetem Korrosionsschutz und besonders rascher Trocknung.

Anwendungsgebiet: Korrosionsschutz-Grundbeschichtung für Eisen und Stahlbauteile bzw. Konstruktionen. Z.B. Stahlträger, Hallenkonstruktionen usw.

Farbton: beige

Technische Daten

Bindemittel: Epoxidharz-Polyamidaddukt

Pigmente: Zinkphosphat, Eisenoxidpigmente, Titandioxid

Topfzeit: mind. 8 Std. / 20° C

Lieferviskosität:
thixotrop

Dichte: 1,60 – 1,70

Festkörper: Gew. % 80 ± 3
Vol. % 60 ± 3

Theoret. Ergiebigkeit:
5,30 m² / kg bei 60 µm TSD

Prakt. Verbrauch:
ca. 280 g/m² bei 60 µm TSD

Verdünnung: 493 / Art.Nr. 9000107.

Reinigung: Verdünnung 493

Flammpunkt: Stammlack: + 23° C
Härter: + 26° C
Verdünnung: + 26° C

Gefahrenklasse: Stammlack: entfällt
Härter: entfällt
Verdünnung: A II

Seite 1 von 2

Produktinformation



Verarbeitung

Untergrund-Vorbehandlung:

Strahlentrostung SA 2 ½ oder Phosphatierung. Der Untergrund muß trocken, fett- und staubfrei sein.

Aufbringung:

Streichen, rollen und airless-spritzen

Verarbeitungsviskosität:

Streichen, rollen - mit max. 3 %
Verdünnungszugabe
Airless-spritzen - mit ca. 60-80 sec.

Verarbeitungstemperatur:

Nicht unter + 10° C verarbeiten. Die Eigentemperatur der zu bearbeitenden Fläche muß zweifelsfrei über dem Taupunkt der umgebenden Luft liegen (siehe EN ISO 12944).

Trocknung:

staubtrocken - nach ca. 1 Std./20° C
durchgetrocknet - nach ca. 8Std./20° C
bei 80° C Objekttemperatur durchgetrocknet
nach ca. 30 Min.

Temperaturbeständig:

bis + 150° C (trocken)

Lagerfähigkeit: 12 Monate bei einer

Lagertemperatur zwischen + 5° C und + 30° C in original verschlossenen Gebinden.

Die in Produktbeschreibung und Verarbeitungsvorschriften gegebenen Informationen basieren auf Daten und Erfahrungen, die für den Fachmann unter normalen Arbeitsbedingungen und in Verbindung mit der einschlägigen Praxis als betriebssicher gelten.

Für die Verarbeitung übernimmt der Fachmann das Risiko.

Jegliche Veränderung des Verarbeitungsablaufes, der Umweltbedingungen oder die Nichtbeachtung von Hinweisen, kann das Ergebnis ungünstig beeinflussen. Da wir auf die jeweiligen Betriebsbedingungen keinen Einfluß haben, übernehmen wir ausdrücklich keine Verantwortung für das mit dem Produkt erzielte Ergebnis und für Folge- und Nebenergebnisse, gleich welcher Art.

Linz, Januar 2010

Produktinformation



TECHNISCHES DATENBLATT

794

4363...

Produktbezeichnung: EBEPHEN AC DECK VOC

Eigenschaften: Festkörperreiche (high solid) 2-Komponenten Deckbeschichtung auf Basis Acrylharz-Isocyanat mit ausgezeichneter Wetterbeständigkeit, Kratzfestigkeit, Farbtonhaltung und sehr guter Beständigkeit gegen aggressive Atmosphäre. VOC Gehalt unter 420 g/l.

Anwendungsgebiet: Korrosionsschutz-Deckbeschichtung im Stahlbau, sowie als Deck- bzw. Einschichtbeschichtung in der Industrie- und Maschinenlackierung.

Farbton: auf Anfrage

Gebinde: 20 kg EW-Gebinde

Technische Daten

Bindemittel: Acrylharz, Isocyanat

Festkörper: Gew. % >75
VOC < 420 g/l

Pigment: Buntpigmente

Ergiebigkeit - theoret. Mittelwert:
5,0 m² / kg bei 70 µm TSD

Mischungsverhältnis:
gew. 8 : 1
vol. 5 : 1

Praktischer Verbrauch:
ca. 280 g / m² bei 70 µm TSD
bei gelben und roten Farbtonen:
ca. 320 g / m² bei 70 µm TSD

Härter: Ebephen Härter 40001
Art.Nr. 8354013. oder
Ebephen Härter 40002
Art.Nr. 8354014.
(Sommerqualität)

Verdünnung: Acryl Verdünnung 841
Art.Nr. 9000839.

Topfzeit: ca. 2 Std./20° C

Reinigung: Nitroreiniger 550

Lieferviskosität:
80 – 100 sec. 4 mm DIN Becher

Trocknung:
staubtrocken - n. ca. 0,5 Std./20° C
griffest - n. ca. 1 Std./20° C
durchgetrocknet - n. ca. 4 Std./20° C
ausbesserungsfähig - n. ca. 4 Std./20° C

Dichte: 1,60 – 1,70

Glanz: glänzend, seidenglänzend

Temperaturbeständigkeit:
bis + 150° C (trocken)

Seite 1 von 2

Produktinformation



Verarbeitung:

Untergrund-Vorbehandlung:

Eisen: Strahlentrostung SA 2 1/2 nach ISO EN 12944 oder geeignete, chemische Vorbehandlung.

Verzinktes Eisen:

Entfetten, Schmutz und Weißrost entfernen

Aufbringung:

Luft-, airless-, airmix-spritzen,

Verarbeitungsviskosität:

unverdünnt verarbeitbar, fallweise kann bis zu max. 5 % Acryl Verd. 841 zugegeben werden.

Verarbeitungstemperatur:

Nicht unter + 5° C verarbeiten. Die Eigentemperatur der zu bearbeitenden Fläche

muß zweifelsfrei über dem Taupunkt der umgebenden Luft liegen.

Aufbauvorschläge:

Z.B.:

- 1x EP Industriegrund HS
50-60 µm TSD
- 1x Ebephen AC
Deck VOC
60-80 µm TSD

Lagerfähigkeit:

12 Monate bei einer Lagertemperatur zwischen + 5° C und + 30° C in original verschlossenen Gebinden.

Die in Produktbeschreibung und Verarbeitungsvorschriften gegebenen Informationen basieren auf Daten und Erfahrungen, die für den Fachmann unter normalen Arbeitsbedingungen und in Verbindung mit der einschlägigen Praxis als betriebssicher gelten.

Für die Verarbeitung übernimmt der Fachmann das Risiko.

Jegliche Veränderung des Verarbeitungsablaufes, der Umweltbedingungen oder die Nichtbeachtung von Hinweisen, kann das Ergebnis ungünstig beeinflussen. Da wir auf die jeweiligen Betriebsbedingungen keinen Einfluß haben, übernehmen wir ausdrücklich keine Verantwortung für das mit dem Produkt erzielte Ergebnis und für Folge- und Nebenergebnisse, gleich welcher Art.

Linz, Januar 2010

Produktinformation



TECHNISCHES DATENBLATT

Produktbezeichnung: **EBECCLEAN PUR ANTI-EIS SCHUTZLACK**

Art.Nr.: **VERSUCHSPRODUKT**

Eigenschaften: Hochwertige 2-Komponenten-Deckbeschichtung auf Basis Acrylharz-Isocyanat mit sehr guter Kratzfestigkeit, Wetter- und Chemikalienbeständigkeit, optimaler Farbton- und Glanzhaltung und stark eis- und schmutzabweisender Wirkung.

Anwendungsbereich: Anti-Eis Beschichtung zur Verhinderung der Eishaftung, bzw. leichteren Reinigung von beanspruchten Flächen z.B. Schienen- und Straßenfahrzeuge, Container.

Farbton: RAL 7038 achatgrau und auf Anfrage

Technische Daten

Bindemittel: Acrylharz, Isocyanat

Festkörper: Gew. %: 66 ± 3
Vol. %: 56 ± 3

Pigment:
Titandioxid, Buntpigmente

Ergiebigkeit - theoret. Mittelwert:
12,2 m²/kg bei 40 µm TSD

Mischungsverhältnis:
gew. 5:1
vol. 5:1

Praktischer Verbrauch:
ca. 125 g/m² bei 40 µm TSD

Härter: Ebeclean Härter 704
Art.Nr. 018381010.
Mat.Nr. 40236732

Verdünnung: 665/Art.Nr. 9000503.

Reinigung: Verdünnung 665

Topfzeit: mind. 8 Std. bei 20° C

Flammpunkt: Stammlack: + 25° C
Härter: + 25° C
Verdünnung: + 23° C

Lieferviskosität:
mind. 100 sec./4 mm-DIN-Becher/20° C

Gefahrenklasse: Stammlack: entfällt
Härter: entfällt
Verdünnung: A II

Dichte: 1,00 - 1,20

Seite 1 von 2

Christ Lacke GmbH & Co KG
mit Sitz in 4030 Linz / Austria
Moosfelderstrasse 41
Tel.: +43 (0)720 010 220
Fax: +43 (0)720 010 220 - 925
Mail: office@christ-lacke.at

Produktinformation



Verarbeitung

Untergrund-Vorbehandlung:

Reinigen und ausbessern der Grundbeschichtung. Der Untergrund muß trocken, fett- und staubfrei sein.

Aufbringung:

Streichen, rollen, luft- und airless-spritzen

Verarbeitungsviskosität:

Streichen und rollen - unverdünnt (bei Bedarf bis max. 5 % Verdünnungszugabe)
Airless-spritzen - mit ca. 30 sec.
(Verdünnungszugabe ca. 10 %)

Verarbeitungstemperatur:

Nicht unter + 5° C verarbeiten. Die Eigentemperatur der zu bearbeitenden Fläche muß zweifelsfrei über dem Taupunkt der umgebenden Luft liegen (siehe EN ISO 12944).

Trocknung:

staubtrocken - n. ca. 1 Std./20° C
griffest - n.
ca. 4 Std./20° C
durchgetrocknet - n. ca. 8 Std./20° C

Temperaturbeständigkeit:

bis + 120° C (trocken)

Lagerfähigkeit:

12 Monate bei einer Lagertemperatur zwischen + 5° C und + 30° C in original verschlossenen Gebinden.

Bemerkungen:

Überarbeitbar und ausbesserungsfähig nur nach Anschleifen und Aktivieren mit Verdünnung 665.
Reinigung: die ev. anhaftenden Vereisungen können mit einem Besen entfernt werden.

Die in Produktbeschreibung und Verarbeitungsvorschriften gegebenen Informationen basieren auf Daten und Erfahrungen, die für den Fachmann unter normalen Arbeitsbedingungen und in Verbindung mit der einschlägigen Praxis als betriebssicher gelten.

Für die Verarbeitung übernimmt der Fachmann das Risiko.

Jegliche Veränderung des Verarbeitungsablaufes, der Umweltbedingungen oder die Nichtbeachtung von Hinweisen, kann das Ergebnis ungünstig beeinflussen. Da wir auf die jeweiligen Betriebsbedingungen keinen Einfluss haben, übernehmen wir ausdrücklich keine Verantwortung für das mit dem Produkt erzielte Ergebnis und für Folge- und Nebenergebnisse, gleich welcher Art.

Linz, April 2011

Seite 2 von 2

Christ Lacke GmbH & Co KG
mit Sitz in 4030 Linz / Austria
Moosfelderstrasse 41
Tel.: +43 (0)720 010 220
Fax: +43 (0)720 010 220 - 925
Mail: office@christ-lacke.at

HARDOX®

WEAR PLATE

DATA SHEET: Version 2012-04-02

Hardox 450

Page.1 (2)

ABRASION RESISTANT PLATE

Hardox 450 is an abrasion resistant plate with a hardness of 450 HBW, intended for applications where demands are imposed on abrasion resistance in combination with good cold bending properties. Hardox 450 offers very good weldability.

Applications Dumper bodies, containers, crushers, sievers, feeders, measuring pockets, skips, cutting edges, conveyors, buckets, knives, gears, sprockets, etc.

Chemical Composition (ladle analysis)	Plate thickness mm	C max %	Si max %	Mn max %	P max %	S max %	Cr max %	Ni max %	Mo max %	B max %	CEV typv.	CET typv.
Width±1600 mm	3 - 6	0,21	0,70	1,60	0,025	0,010	0,50	0,25	0,25	0,004	0,45	0,32
	3 - (8)	0,21	0,70	1,60	0,025	0,010	0,25	0,25	0,25	0,004	0,41	0,30
	8 - 20	0,21	0,70	1,60	0,025	0,010	0,50	0,25	0,25	0,004	0,47	0,34
	(20) - 40	0,23	0,70	1,60	0,025	0,010	1,00	0,25	0,25	0,004	0,57	0,37
	(40) - 50	0,23	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,25	0,60	0,004	0,59	0,36
	(50) - 80	0,26	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,00	0,60	0,004	0,72	0,41

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

The steel is grain refined.

Hardness HBW
425-475

Mechanical Properties	Yield strength	Tensile strength	Elongation
Typical values for	R _e MPa	R _m MPa	A ₅ %
20 mm plate thickness transverse	1200	1400	10
Width±1600 and thickness 3 - 6 mm longitudinal	1250	1450	8

Impact Properties	Test temperature °C	Impact energy Charpy-V, longitudinal J	Impact energy halfsize test specimen Charpy-V, Transverse J
Typical value for			
20 mm plate thickness	-40 (-40° F)	40	-
Width±1600 and thickness 3 - 6 mm	-40	-	25

Testing Brinell hardness, HBW according to EN ISO 6506-1, on a milled surface 0.5-3 mm below surface per heat and 40 tons or three times on each coil. The nominal thickness will not deviate more than ±15 mm from that of the tested plate.
The impact test shall be carried out in accordance with EN ISO 148-1 on V-notch specimen using 2 mm striker. Impact test shall not be required for nominal thickness < 6 mm.

www.hardox.com



HARDOX®

WEAR PLATE

DATA SHEET: Version 2012-04-02

Hardox 450

Page. 2 (2)

Delivery Conditions	Q.
Surface Conditions	Hardox 450 can be delivered in shot blasted and primer coated condition.
Dimensions	Hardox 450 is supplied in thicknesses of 3 -80 mm. For dimensions with width \pm 1600 mm and thickness 3-6 mm preferred widths are 1500 or 1600 mm, delivered as cut-to-length in as rolled surface condition with mill edge as standard. Cut edges is on option. Widths up to 3300 mm are available. More detailed information on dimensions is provided in the dimension program. (www.hardox.com)
Tolerances	Thickness tolerances according to SSAB thickness precision guarantee AccuRollTech™. - AccuRollTech™ meets the requirements of EN 10 029, Class A, but offers more narrow tolerances. For shape, length, width and flatness the tolerances conform to EN10 029 (Flatness, Class N). Width \pm 1600 mm and thickness 3-6 mm the shape, length, width and flatness conform to EN 10 051, tighter tolerances on request. More detailed information can be found at www.accurolltech.com .
Surface Properties	According to EN 10 163-2 - Requirements according to Class A. - Repair conditions according to Subclass 1. (Repair welding is allowed).
General Technical Delivery Requirement	You find further information on the website www.hardox.com
Heat Treatment and Fabrication	Hardox 450 has obtained its mechanical properties by quenching and when necessary by means of subsequent tempering. The properties of the delivery condition can not be retained after exposure to service or preheating temperatures in excess of 250°C (480 F). Hardox 450 is not intended for further heat treatment For information concerning welding and fabrication, see our brochures on www.hardox.com or consult our TechSupport. Appropriate health and safety precautions must be taken when welding, cutting, grinding or otherwise working on the product. Grinding, especially of primer coated plates, may produce dust with high particle concentration. Our Technical Customer Service Department will provide further information on request.

168-UK, Hardox is a registered trademark of SSAB Technology AB, Sweden.
The UK English version of this document shall prevail in case of discrepancy.
Download the latest version of this document on internet: www.ssab.com
SSAB EMEA AB, 613 80 Oxelösund, Sweden, +46 155 25 40 00, www.ssab.com

www.hardox.com



Pumpen

Motoren

Ventile

Speicher

Kühler

Tanks

Tank-
zubehör

Filter

Zubehör

Messen

700 bar

Zylinder

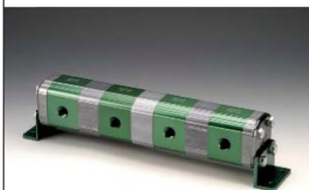
Aggregate



HK 9D 02 41



HK 9V 02 43 02



HK 9D 04 41



HK 9V 04 47 02

Hydraulik-Zahnradmengenteiler Größe 2

- diese Mengenteiler dienen zur Speisung von zwei oder mehr unabhängigen Hydraulikkreisläufen mit nur einer Pumpe
- sie teilen den Ölstrom zu den Verbrauchern und sammeln ihn zurück zum Tank
- bei Einhaltung der technischen Parameter ist der Teilungsfehler deutlich geringer als bei Kolbenmengenteilern
- um die Summierung von Teilungsfehlern zu vermeiden, gibt es Mengenteiler mit Phasenausgleichsventilen für einen Endlagenabgleich
- für die Anwendung in Verbindung mit Plungerzylindern, kann man diese Mengenteiler mit einer Motorsektion kombinieren
- Teilungsfehler ca. 3 %

2-fach Mengenteiler mit und ohne Phasenausgleichsventilen

Code ohne Ausgleich	Code mit Ausgleich	cm ³ /U je Sektion	Durchfluss pro Element l/min			Druck bar			Gewinde E/A	Gewicht kg ohne A	Gewicht kg mit A
			mindest.	empfohl.	maximal	p1	p2	Δp			
HK 9D 02 41	HK 9V 02 41 02	4,20	4,80	7,60	10,00	210	260	50	1/2" - 1/2"	4,50	4,80
HK 9D 02 43	HK 9V 02 43 02	6,00	7,20	10,80	15,00	210	260	50	1/2" - 1/2"	4,60	4,90
HK 9D 02 45	HK 9V 02 45 02	8,40	10,80	15,10	22,50	210	260	50	3/4" - 1/2"	4,70	5,00
HK 9D 02 47	HK 9V 02 47 02	10,80	13,20	19,40	27,50	210	260	50	3/4" - 1/2"	4,80	5,10
HK 9D 02 49	HK 9V 02 49 02	14,40	16,80	25,90	35,00	210	260	50	3/4" - 1/2"	5,00	5,30

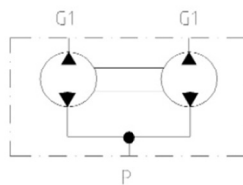


Abb. ohne Ventile

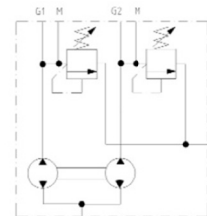


Abb. mit Ventilen

4-fach Mengenteiler mit und ohne Phasenausgleichsventilen

Code ohne Ausgleich	Code mit Ausgleich	cm ³ /U je Sektion	Durchfluss pro Element l/min			Druck bar			Gewinde E/A	Gewicht kg ohne A	Gewicht kg mit A
			mindest.	empfohl.	maximal	p1	p2	Δp			
HK 9D 04 41	HK 9V 04 41 02	4,20	4,80	7,60	10,00	210	260	50	3/4" - 1/2"	9,40	9,90
HK 9D 04 43	HK 9V 04 43 02	6,00	7,20	10,80	15,00	210	260	50	3/4" - 1/2"	9,50	10,00
HK 9D 04 45	HK 9V 04 45 02	8,40	10,80	15,10	22,50	210	260	50	3/4" - 1/2"	9,60	10,10
HK 9D 04 47	HK 9V 04 47 02	10,80	13,20	19,40	27,50	210	260	50	3/4" - 1/2"	9,70	10,20
HK 9D 04 49	HK 9V 04 49 02	14,40	16,80	25,90	35,00	210	260	50	3/4" - 1/2"	9,90	10,40

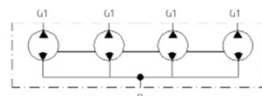


Abb. ohne Ventile

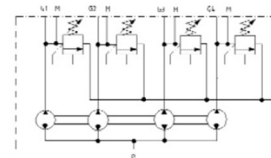


Abb. mit Ventilen

Gilt für 2-fach Mengenteiler und 4-fach Mengenteiler:

- Ventile einstellbar von 70-210 bar, andere Einstellbereiche auf Anfrage
- p₁ - max. Betriebsdruck, p₂ - max. Spitzendruck, Δp - max. Druckunterschied zwischen den Sektionen
- Berechnung des Mengenteilers
 ➔ Eingangsvolumen : Anzahl der Sektionen : 1,9 = cm³/U je Sektion
- Drehzahl U/min. - mind. 1200, max. 2500, empfohlen 1800-2000

weitere Größen und Versionen auf Anfrage lieferbar