



DIPLOMARBEIT

# Verbesserung einer Klimaanlage für Schienenfahrzeuge mit Hilfe einer Wertanalyse

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Kartnig**

Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik / E307

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

**Anton Siller**

**Matrikelnummer: 0426784**

Wien, am 8. Jänner 2013



## ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird Wertanalyse an einem Gehäuse für eine nachrüstbare Klimaanlage eines Personenzuges angewendet. Durch definieren der Hauptfunktionen und aufstellen der Funktionskostenmatrix konnten mit verschiedenen Analysemethoden (z.B. ABC-Analyse) die kostentreibenden Kosten ermittelt und weiter behandelt werden. Für diese Funktionen wurden mit der Galerie- und Brainstormingmethode neue Lösungen erarbeitet und in einem morphologischen Kasten zu neuen Lösungsvarianten verbunden. Im Zuge einer Nutzwertanalyse und einer wirtschaftlichen Betrachtung konnten schlussendlich für das Gehäuse kostengünstigere Lösungen aufgezeigt werden.

## ABSTRACT

In this thesis the value engineering is applied to the casing of an upgrading air-conditioning system of a passenger train. On the basis of the definition of the major functions and the setting of the function analysis it was possible to identify and analyse the main costs through various methods (e.g. ABC analysis). While applying the gallery method and the brainstorming method the thesis develops solutions for these functions. In the next step new solution variations were combined in a morphological box. Finally, in the course of a utility-analysis and an economical observation the thesis presents more cost-efficient solutions for the case of the air-conditioning system.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie zu Wertanalyse</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Historische Entwicklung der Wertanalyse</i>	3
2.2	<i>Begriffsdefinition Wertanalyse</i>	3
2.3	<i>Erfolgsfaktoren und -aussichten mit Wertanalyse</i>	6
2.4	<i>Einsatzgebiete der Wertanalyse</i>	7
2.5	<i>Analysemethoden</i>	8
2.5.1	Der Begriff Funktion	8
2.5.2	Funktionsanalyse	9
2.5.3	Funktionskostenmatrix	10
2.5.4	ABC-Analyse/Pareto-Analyse	11
2.5.5	Paarweiser Vergleich	12
2.5.6	Wertegraph/Funktionenpotentialanalyse	13
2.5.7	Funktionserfüllungsgrad und Detail-Zielsystem	15
2.5.8	Ideensammlung mit Kreativitätsmethoden	16
2.5.9	Bewertung der Lösungsideen mittels Nutzwertanalyse	19
2.6	<i>Ablauf einer Wertanalyse</i>	21
<b>3</b>	<b>Praktische Umsetzung eines Wertanalyseobjektes anhand eines nachrüstbaren Klimaanlagen-gehäuses für einen Personenzug</b>	<b>25</b>
3.1	<i>Arbeitsschritt 0: Vorbereitung des Projektes</i>	25
3.2	<i>Arbeitsschritt 1: Projektdefinition</i>	26
3.3	<i>Arbeitsschritt 2: Planung</i>	27
3.4	<i>Arbeitsschritt 3: Umfassende Daten über die Studie sammeln</i>	28
3.5	<i>Arbeitsschritt 4: Funktionen- und Kosten-analyse/Detailziele</i>	31
3.5.1	Formulierung des Bedarfs und der Funktionenanalyse	31
3.5.2	Kostenanalyse und Funktionskosten	34
3.5.3	Festlegung der Detailziele und der Bewertungskriterien	40
3.6	<i>Arbeitsschritt 5: Sammeln und Finden von Lösungsideen</i>	42
3.6.1	Sammeln existierender Ideen	42
3.6.2	Entwickeln neuer Ideen ganzheitlicher Lösungen	48
3.6.3	Kritische Analyse der 3 Lösungsvarianten	55
3.7	<i>Arbeitsschritt 6: Bewertung der Lösungsideen</i>	56
3.7.1	Bewertung und Kombination der Ideen	57
3.7.2	Auswahl der Entwicklungsaufgaben und Arbeitsprogramme für die Entwicklung	64
3.8	<i>Arbeitsschritt 7: Entwicklung ganzheitliche Vorschläge</i>	65
3.8.1	Studien und Tests, industrielle Entwicklung	65
3.8.2	Follow-up, Koordination	65
3.8.3	Bewerten der Lösungen: Qualitativ, wirtschaftlich, Risikoanalyse	68
3.9	<i>Entscheidung und Realisierung</i>	73
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>74</b>



*„Wertanalyse ist der beste Einfall seit dem Fließband.“*

Lawrence D. Miles



## **1 Einleitung**

Ein Phänomen der heutigen Zeit ist die schnellstmögliche, billigste und gleichzeitig qualitativ hochwertige Herstellung eines Produktes. Dabei scheuen UnternehmerInnen nicht davor zurück, eine kostengünstige Fertigung über den gesamten Planeten zu verstreuen. Beispielsweise wird China als die Werkbank der Welt bezeichnet, kann durch Billiglöhne sehr günstig fertigen und drückt dadurch die Preise. Die westliche Welt muss sich daher vor allem darum bemühen, mit Rohstoffen effizient umzugehen und diese bedacht einzusetzen.

Einen Lösungsansatz dazu bietet die Methode der Wertanalyse. Mit der Aussage *„Wertanalyse ist der beste Einfall seit dem Fließband“* ließ ihr Erfinder Lawrence D. Miles bereits kurz nach dem Ende des 2. Weltkrieges aufhorchen. Dass sie heute mehr denn je im Einsatz ist, unterstreicht eindrucksvoll diese verheißungsvolle Aussage. Dabei geht es aber nicht darum, die absolut kostengünstigste, sondern die gewinnträchtigste Lösung zu finden.

Kann man also bei gleichbleibender oder sogar verbesserter Qualität ein Produkt günstiger gestalten? Mit den zahlreichen Publikationen und erfolgreichen Projekten die sich mit dem Thema Wertanalyse beschäftigten, kann man durchaus ein positives Resümee ziehen. Durch das Lösen zahlreicher Wertanalyseprojekte und Erstellen eines genormten Ablaufes, konnte mit der Zeit ein roter Faden entwickelt werden. Durch einzelne Analyse-, Kurations- und Bewertungstechniken brachte man es soweit, dass Rationalisierungsprobleme effizient gelöst werden konnten.

Die folgende Arbeit behandelt die praktische Umsetzung eines Wertanalyseprojektes anhand eines nachrüstbaren Klimaanlagengehäuses (siehe Abbildung 1) der Firma Vossloh Kiepe für einen Personenzug. Dabei wurde wie folgt vorgegangen: nach der Vorbereitung des Projektes (Kapitel 3.1) und dessen Definition (Kapitel 3.2) konnte mit der Planung (Kapitel 3.3) begonnen werden. Daraufhin wurden mit den gesammelten Daten (Kapitel 3.4) Funktionskosten ermittelt und Detailziele abgeleitet (Kapitel 3.5). Ideen wurden darauf aufbauend entwickelt und bewertet (Kapitel 3.6 und 3.7) und abschließend die besten Ideen den Entscheidungsträgern präsentiert (Kapitel 3.8).

Da auch die Firma Vossloh Kiepe Wien ihre Produkte effizienter realisieren wollte, ist Herr DI(FH) Pichler ebenfalls auf diese Methode gestoßen und rief ein derartiges Projekt über die TU Wien ins Leben. Als führender Hersteller von Heizungs- und Klimageräten für leichte Schienenfahrzeuge legt Vossloh Kiepe in Wien seinen Schwerpunkt auf maßgeschneiderte und effiziente Lösungen, die höchste Qualitätsanforderungen erfüllen, wobei die Ausarbeitung und Umsetzung wirtschaftlicher und ökologisch nachhaltiger Konzepte hohe Priorität hat. Vossloh Kiepe Ges.m.b.H. in Wien erweitert die Produktpalette der Vossloh Kiepe Gruppe um die Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Heizungs-, Klima- und Lüftungssystemen. Marketing, Produktmanagement (Design und Beratung, Entwicklung sowie Typprüfung), Fertigung und Qualitätssicherung bis zum After Sales Service der innovativen Geräte gehören zum Leistungsspektrum des Standort Wiens. In ihrem Spektrum inkludiert sind integrierte Systemlösungen für Neufahrzeuge, Modernisierungen älterer Fahrzeuge und vielfältige technische Serviceleistungen.

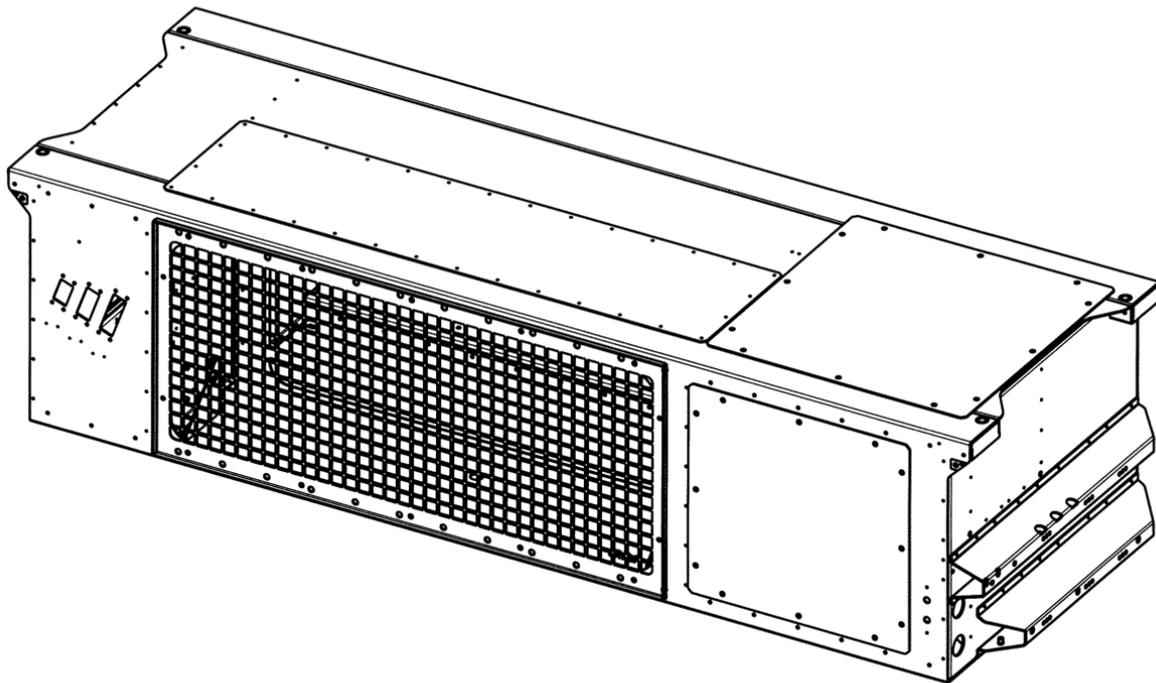


Abbildung 1: Klimaanlagegehäuse

## **2 Theorie zu Wertanalyse**

In diesem Kapitel soll ein Überblick über das Thema Wertanalyse in theoretischer Form erfolgen. Auf die Notwendigkeit ihrer Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg bis zum heutigen Forschungsstand wird hierbei eingegangen.

### **2.1 Historische Entwicklung der Wertanalyse**

Die Wertanalyse hat ihren Ursprung in der Zeit nach dem 2. Weltkrieg. Die amerikanische Firma General Electrics hatte Bedenken bezüglich der Rohstoffverfügbarkeit und beauftragte ihren Chefeinkäufer Lawrence D. Miles diese Situation zu untersuchen. Er entwickelte daraufhin ein Modell, das Produkte „gleicher Funktionalität mit einem günstigeren Nutzwert zu Grunde gelegt hatte“ ([1], S. 1). Diese von ihm entwickelte Wertanalyse kann also als eine „Rationalisierungsmethode“ ([2], S. 163) bezeichnet werden.

Auf den ersten Erfolg aufbauend wurde 1959 in den USA die SAVE (Society of American Value Engineering) gegründet, die sich seither mit der Weiterentwicklung der Wertanalyse beschäftigt. Diese sehr erfolgreiche Methode der Kostenoptimierung fand daraufhin weltweit in der Industrie eine sehr schnelle Verbreitung und wurde 1973 in Deutschland erstmals in der Norm DIN 69910 beschrieben.

### **2.2 Begriffsdefinition Wertanalyse**

Laut Euronorm EN 1325-1 [3] wird der Begriff „Wert“ mit folgenden Definitionen und Anmerkungen bestimmt:

*Wert = Beziehung zwischen dem Beitrag der Funktion (oder des WA-Objektes) zur Bedürfnisbefriedigung und den Kosten der Funktion (oder des WA-Objektes).*

*Anmerkung 1: Die Benennung Wert wird auch verwendet, wenn außer den Kosten auch noch andere Faktoren, wie z. B. Zuverlässigkeit, Gewicht, Verfügbarkeit von Ressourcen und Zeit betrachtet werden.*

*Anmerkung 2: In der ursprünglichen WA-Bedeutung war Wert lediglich die Beziehung zwischen Funktion und Kosten.*

*Anmerkung 3: Diese Definition bezieht Wert hauptsächlich auf einen bestimmten Nutzer (der Wert kann für unterschiedliche Nutzer unterschiedlich sein). Die Kosten der Funktion (oder des WA-Objektes) sind die Kosten (oder der Preis), die der Nutzer trägt. Wird der Wert für den Erzeuger betrachtet, dann werden die Produktionskosten zum Ansatz gebracht.*

Der Begriff „Wert“ hat also für Kunde und Hersteller eine völlig unterschiedliche Bedeutung. Aus Kundensicht ist der Wert eines Produktes der höchste Geldbetrag, den er bereit ist zu zahlen. Diese Zahlungsbereitschaft ist etwa von der Qualität oder der Zuverlässigkeit des betrachteten Erzeugnisses geprägt und wird von der Dringlichkeit seines Bedarfes und den Preisen der Mitbewerber stark beeinflusst. Nach DIN EN 12973 ([4], S. 13) bedeutet Wert aus Kundensicht das Ausmaß der erfüllten Erwartung im Verhältnis zu dem aufgewendeten Betrag, das für den Erwerb aufgebracht werden muss. Aus Sicht des Herstellers ist der Wert eines Produktes der niedrigste mögliche Kostenbeitrag, um eine Funktion in einer angestrebten Qualität und entsprechender Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Der Wert aus Herstellersicht ist nach DIN EN 12973 umso größer, je geringer der Ressourceneinsatz ist, um die Kundenzufriedenheit zu erfüllen.

Wert ist also allgemein nach ([4], S. 14) die „*Beziehung zwischen Befriedigung von Bedürfnissen und den Ressourcen, die für diese Befriedigung zum Einsatz kommen*“.

$$WERT \propto \frac{\text{Befriedigung von Bedürfnissen}}{\text{Einsatz von Ressourcen}}$$

*Abbildung 2: Definition des Wertes nach DIN EN 12973 2000*

In Abbildung 2 sollte hierbei  $\propto$  zeigen, dass es sich lediglich um eine Gegenüberstellung dieser beiden Größen handelt. Die Größen müssen dementsprechend gegeneinander abgewogen werden, um die Relation zu finden, die den größten Nutzen bringt (siehe Abbildung 3).

## Wertanalyse

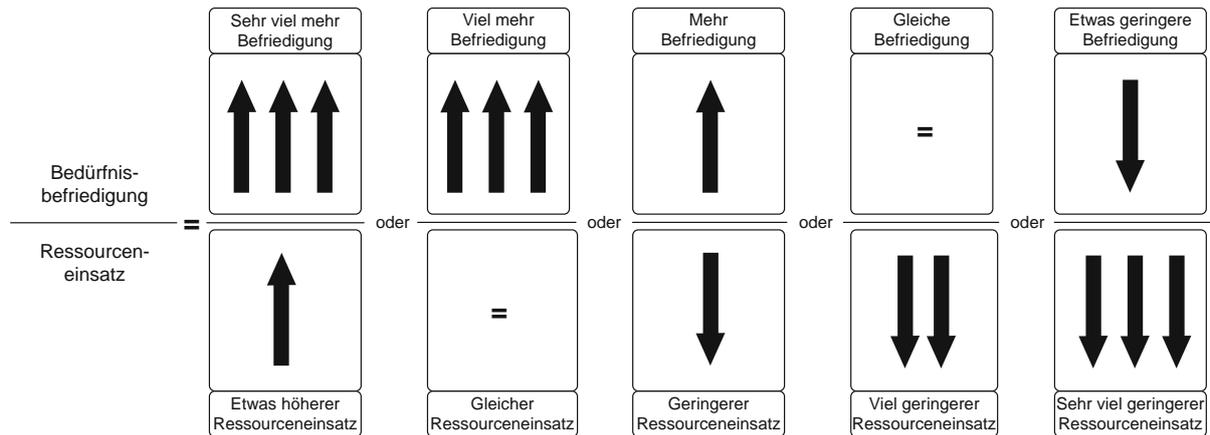


Abbildung 3: Unterschiedliche Möglichkeiten der Wertsteigerung (DIN EN 12973 2000) nach ([4], S. 16)

Ein Beispiel hierzu wäre nach ([1], S. 41) die Sicherheitserhöhung im Auto durch Airbags:

$$\text{Sicherheitserhöhung durch Airbags} \propto \frac{\text{sehr hohe Bedürfnisbefriedigung}}{\text{größerer Ressourceneinsatz}}$$

Wie nun der „Wert“ eines Produktes oder Prozesses für Kunden als auch für den Hersteller verbessert bzw. gesteigert werden kann, verrät bereits die Begriffsdefinition der Euronorm EN 1325-1 [3] für Wertanalyse:

*Wertanalyse, WA = organisierter und kreativer Ansatz, der einen funktionenorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess zur Anwendung bringt mit dem Ziel der Wertsteigerung eines WA Objekts.*

*Anmerkung 1: Das WA- Objekt kann sowohl ein bestehendes als auch ein neues, in Entwicklung befindliche Produkt sein.*

*Anmerkung 2: Der WA-Arbeitsprozess wird durch ein WA-Team durchgeführt und durch den WA-Arbeitsplan strukturiert.*

Die Wertanalyse ist also eine „Methode der Erfinderkunst (Heuristik)“ ([5], S. 5). Eine bestimmte systematische Vorgehensweise erlaubt es dabei, eine Lösung zu finden oder eine bestehende Lösung zu verbessern. Das Ziel ist also, die Gewinnchancen durch niedrigere Kosten (Material, Herstellung,..) oder durch Erhöhung des Nutzwertes des Produktes für den Kunden zu verbessern. Bei Letzterem ist der Kunde damit über seine

Nutzwertbeurteilung bei der Wertbestimmung indirekt mitentscheidend. Die Aufgabe einer Wertanalyse ist folglich die Erhöhung der Gewinnchance und nicht des Gewinnes, da etwa die Preisentscheidung hier nicht festgelegt wird.

### **2.3 Erfolgsfaktoren und –aussichten mit Wertanalyse**

In ([4], S. 3) werden für den Erfolg einer Wertanalyse folgende Eigenschaften genannt:

- *Interdisziplinäre Teamarbeit (bereichsübergreifendes Projektteam mit neutraler Moderation)*
- *Funktionenkonzept (Kunde will im Grunde genommen nicht das Objekt, sondern dessen Funktion, d.h. dessen Wirkung kaufen)*
- *Wertekonzept (in der Wertanalyse ist unter „Wert eines Objektes“ zu verstehen, wie wichtig und bedeutsam dieses für eine Person oder ein Unternehmen ist)*
- *Wertanalysearbeitsplan (methodischer roter Faden)*

Unter Einhaltung dieser Anforderungen kann auf Dauer gesehen die Wertanalyse in Unternehmen nach ([1], S. 8) nur erfolgreich sein, wenn die folgenden Voraussetzungen gegeben sind:

- *Wertanalyse muss im Unternehmen als Methode bekannt sein und qualifiziert unterstützt werden können*
- *Wertanalyse muss von den Chefs gewollt und sollte in Entwicklungsprozessen verpflichtend sein. Dies umfasst auch eine geeignete Verankerung in der Unternehmenspolitik.*
- *Jede Wertanalyse muss vorbereitet, geplant und ein Ziel definiert sein.*
- *Wertanalyse sollte langfristig angelegt sein und immer durch eine Kosten-Nutzen-Bewertung begründet sein*

Unter Beachtung dieser Faktoren ist bei einer erstmaligen Untersuchung mit einer durchschnittlichen Kostensenkung von 10-20% ([1], S. 9) bei einfachen und 20-25% ([1], S. 9, [4], S. 8) bei komplizierten Teilen zu rechnen. Der Gesamtaufwand für eine WA-Untersuchung (einschließlich Realisierung) liegt nach ([1], S. 9) bei etwa 10-25% der Kostensenkung, die im ersten Jahr erzielt wird und laut ([4], S. 8) sogar bei 25-50%. Ebenfalls erwähnenswert sind natürlich die Anpassung der Produktqualität an den Kundenwunsch (ob Erhöhung oder Verringerung der vorhandenen Qualität sei hier

dahingestellt), Erhöhung der Funktionalität und die, durch die interdisziplinäre Teamarbeit verbesserte Kommunikation im Unternehmen.

## 2.4 Einsatzgebiete der Wertanalyse

Zunächst muss eine Kenntnis von Markt und Kunden vorhanden sein. Nach ([4], S. 3) sollte man, um ein Projekt zielorientiert bearbeiten und das richtige Produkt in den Märkten platzieren zu können, ausreichende Antworten auf folgende Fragen haben:

- *In welchen Märkten bewege ich mich mit meinem Produkt?*
- *Will ich neue Märkte erschließen? Welche?*
- *Wer sind meine Kunden/Kundengruppen?*
- *Welche Anforderungen haben diese an mein Produkt?*
- *Welche Wettbewerber gibt es in den unterschiedlichen Märkten mit welchen Produkten?*
- *Welches Preisniveau muss mit welchem Aufwand erreicht werden?*

Wertanalyse hat sich in ihrer langen Geschichte in zahlreichen Anwendungsfeldern etabliert. Prinzipiell kann jede Art von Objekt wertanalytisch bearbeitet werden. Seine Hauptanwendungen findet die WA in

- bestehenden und neuen Produkten in einer Produkt-WA
- bestehenden und neuen Arbeitsabläufen in einer Gemeinkosten-WA

Eine, wie es in ([1], S. 11) genannt wird, „weitgehend vollständige Anwendungsumgrenzung“ wird in Tabelle 1 dargestellt.

<i>Produkt WA</i>	Industrielle Produkte Software Dienstleistungen
<i>Betriebsmittel WA</i>	Werkzeuge Vorrichtungen Teilmaschinen
<i>Gemeinkosten WA</i>	Arbeitsabläufe, Organisation
<i>Prozess WA</i>	Herstellprozesse Geschäftsprozesse Informationsprozesse Logistikprozesse
<i>Umweltschutz WA</i>	Stoffeinsatzprozesse Energieprozesse Recyclingprozesse

Tabelle 1: Gegenstände einer WA lt. ([1], S. 11)

Zu Tabelle 1 und der Aussage, dass prinzipiell jede Art von Objekt untersucht werden kann, soll noch folgender Hinweis gegeben werden: Bei der Auswahl des Projektes sollte darauf geachtet werden, dass Produkte bzw. Prozesse eine *„wirtschaftliche Dimension haben und für die wirtschaftliche Sicherung eines Unternehmens von Bedeutung sind“* ([1], S. 12) bzw. sollte es sich um ein *„interdisziplinär zu lösendes Problem handeln, das den Einsatz eines interdisziplinären Teams erfordert (...) und ein vernetztes Problem sein, zu dessen Lösung ein Kompromiss nötig ist“* ([4], S. 34). So wird also nicht nur die Wertanalyse abgearbeitet, sondern auch die Zusammenarbeit innerhalb eines Unternehmens gesteigert bzw. gefördert.

## **2.5 Analysemethoden**

### *2.5.1 Der Begriff Funktion*

Das Denken in Funktionen ist eine der Grundcharakteristika der Wertanalyse. Das Loslösen vom aktuellen Produkt ist ein sehr schwieriger aber notwendiger Schritt. Diese Vorgehensweise bezieht die Kosten eines Produktes ausschließlich auf dessen Funktionen. In ([6], S. 30) wird diese Aussage folgendermaßen untermauert:

*Das Material eines Produktes ist eine Funktion; das Gewicht eines Produktes ist eine Funktion; Toleranzen des Produktes sind Funktionen; das 'gute' Aussehen eines Produktes ist eine Funktion, und zwar eine sehr wichtige.*

Produkte oder Prozesse werden dazu erschaffen, um gewisse Aufgaben zu erfüllen. Damit diese funktionieren, müssen diese wortwörtlich gewisse Funktionen haben, um ihre Aufgabe zu erfüllen. Beim Suchen nach alternativen Lösungen zu den bestehenden bzw. neuen Produkten oder Prozessen müssen diese, um das Lösungsfeld voll erschließen zu können, in ihre Funktionen aufgeteilt respektive zerlegt werden.

Funktionen im Sinne der Wertanalyse sind laut ([7], S. 13) somit *„Zwecke, Aufgaben und Wirkungen von Objekten in einem abgegrenzten Wirkungsbereich“*. Nach ([6], S.30) hat sie Miles als *„Charakteristika, damit das Produkt funktioniert und man es verkaufen kann“* definiert.

### 2.5.2 Funktionsanalyse

Das Eruiere der Funktionen muss auf die Frage „Was tut es?“ aufbauen und durch Substantiv und Verb (Wirkungsträger + Wirkung) kurz und prägnant beschrieben werden. Als Beispiele seien hier „Flüssigkeit fördern“, „Bleche verbinden“ oder „Sicherheit bieten“ angeführt.

Weiters soll in Funktionsarten, wie Gebrauchs- oder Geltungsfunktion, und in Funktionsklassen wie Haupt-, Neben- und unnötige Funktion, gegliedert werden.

Bei den Funktionsarten werden die Gebrauchsfunktionen als jene verstanden, die zur technischen und wirtschaftlichen Nutzung eines WA-Objektes unbedingt erforderlich sind. Bei einer Lackierung wäre das beispielsweise „Korrosion verhindern“. Geltungsfunktionen sind jene, die die Gebrauchs- oder Nutzungsfunktionen eines Objektes nicht wesentlich beeinflussen. Sie erfüllen die Aufgabe, geschmacklichen oder prestigeorientierten Ansprüchen zu genügen. Beim Beispiel der Lackierung wäre dies „Aussehen verbessern“.

Bei den Funktionsklassen kennzeichnen die Hauptfunktionen die eigentlichen Hauptaufgaben oder den Verwendungszweck, also diejenigen Funktionen die als sehr wichtig erscheinen. Ihre Erfüllung ist unerlässlich. Nebenfunktionen sind weitere notwendige Aufgaben, die dazu beitragen, die Hauptfunktionen zu erfüllen. Sie sind aber weniger wichtig als die Hauptfunktionen. Unnötige Funktionen sollen überhaupt entfallen.

Eine Hilfestellung zur Klärung von Haupt-, Neben- und unnötigen Funktionen bietet Abbildung 4.

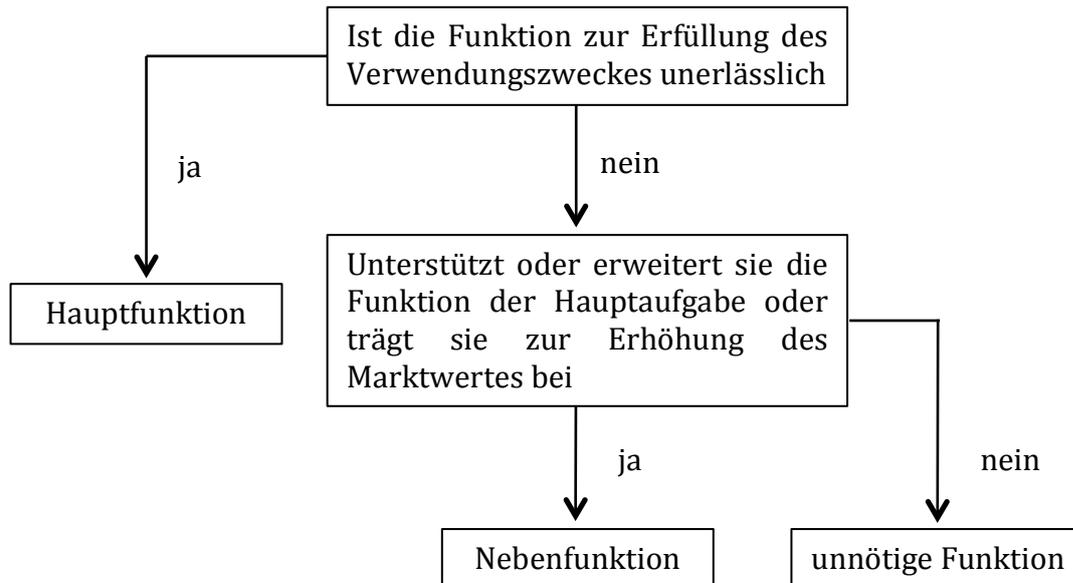


Abbildung 4: Bestimmung der Funktionen lt. ([6], S. 34)

### 2.5.3 Funktionskostenmatrix

Nachdem die Funktionen des Produktes oder Prozesses ermittelt wurden, folgt ein entscheidender Schritt einer Wertanalyse: die Kosten werden über eine Matrix in Beziehung zu den Funktionen gesetzt. Für die sich daraus ergebende sogenannte Funktionskostenmatrix müssen die Kosten der einzelnen Komponenten bekannt sein und die einzelnen Funktionen prozentuell den Komponenten zugeordnet werden. So werden zur Erläuterung an einem Probebeispiel in Tabelle 2 etwa 80% der Komponente 1 (Zelle D2), 70% der Komponente 2 (Zelle E2) und 60% der Komponente 3 (Zelle F2) auf die Funktion 1 zugeordnet. Die Quersumme der Komponenten muss hierbei natürlich immer 100% sein. Über die Komponentenkosten und die prozentuellen Zuteilung zu den einzelnen Funktionen können nun die Funktionskosten ermittelt werden. Von Komponente 1, die 50 Euro kostet (Zelle D8), werden 80% auf die Funktion 1 aufgeteilt, also 40 Euro. Die vertikale Summe der einzelnen Beträge der Funktionen ergeben die Funktionskosten. Bei Funktion 1 sind es beispielsweise die 40 Euro von Komponente 1 (Zelle D3), 14 Euro von Komponente 2 (Zelle E3) und 18 Euro von Komponente 3 (Zelle F3), also in Summe 72 Euro.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A</i>	<i>Komponenten</i>	<i>Funktionen</i>						<i>Kosten der Komponente</i>
<i>B</i>		<i>Funktion 1</i>		<i>Funktion 2</i>		<i>Funktion 3</i>		
<i>C</i>		%	€	%	€	%	€	€
<i>D</i>	<i>Komponente 1</i>	80	40	0	0	20	10	50
<i>E</i>	<i>Komponente 2</i>	70	14	30	6	0	0	20
<i>F</i>	<i>Komponente 3</i>	60	18	40	12	0	0	30
<i>G</i>	<i>Funktionskosten</i>	72	72	18	18	10	10	100

*Tabelle 2: Beispielhafte Funktionskostenmatrix*

Es werden folglich jeweils den zuvor definierten Funktionen die relevanten Kosten zugeordnet. Die Funktionskostenmatrix stellt damit die Grundlage für die ABC-Analyse, das Werteindexdiagramm und den Funktionserfüllungsgrad dar. Weiter unten soll näher auf diese Begriffe eingegangen werden.

#### 2.5.4 ABC-Analyse/Pareto-Analyse

Die Wertanalyse verlangt eine Schwerpunktsetzung auf „umsatzrelevante Systeme, kostenbestimmende Produkte sowie auf bearbeitungsintensive Teile“ ([1], S. 37). Um diese Schwerpunkte herausfiltern zu können, bietet sich die ABC-Analyse an. Aus empirischen Erhebungen kann man z.B. in Unternehmen sehen, dass ein großer Teil des Gesamtumsatzes von einem kleinen Teil wichtiger Erzeugnisse bestritten wird und ein kleiner Teil des Umsatzes auf eine größere Anzahl weniger wichtiger Erzeugnisse zurückzuführen ist. Schon Vilfredo Pareto erkannte Anfang des 19. Jahrhunderts die „80/20 Regel: Achtzig Prozent der Kosten werden von zwanzig Prozent unserer Kunden oder achtzig Prozent der Kosten werden von zwanzig Prozent der Teile hervorgerufen“ ([1], S. 38). Dies kann man auch auf Funktionen ummünzen. Beide Vorgehensweisen nach ABC- oder Pareto-Analyse führen jeweils zu identischen Aussagen. So wird nach ([7], S. 62) zwischen

- *A-Funktionen: wenige Funktionen verursachen 60-80% der Kosten*
- *B- Funktionen: weniger wichtige Funktionen verursachen etwa 15% der Kosten*
- *C- Funktionen: viele unwichtige Funktionen verursachen 5% der Kosten*

unterschieden.

Übertragen auf das obige Beispiel aus Tabelle 2 wäre Funktion 1 die A-Funktion, da sie 72% der Gesamtkosten ausmacht (siehe Abbildung 5). Es ist einleuchtend, dass gravierende Kostensenkungen nur erreichbar sind, wenn man sich bei einem Wertanalyseprojekt auf die A-Funktionen konzentriert.

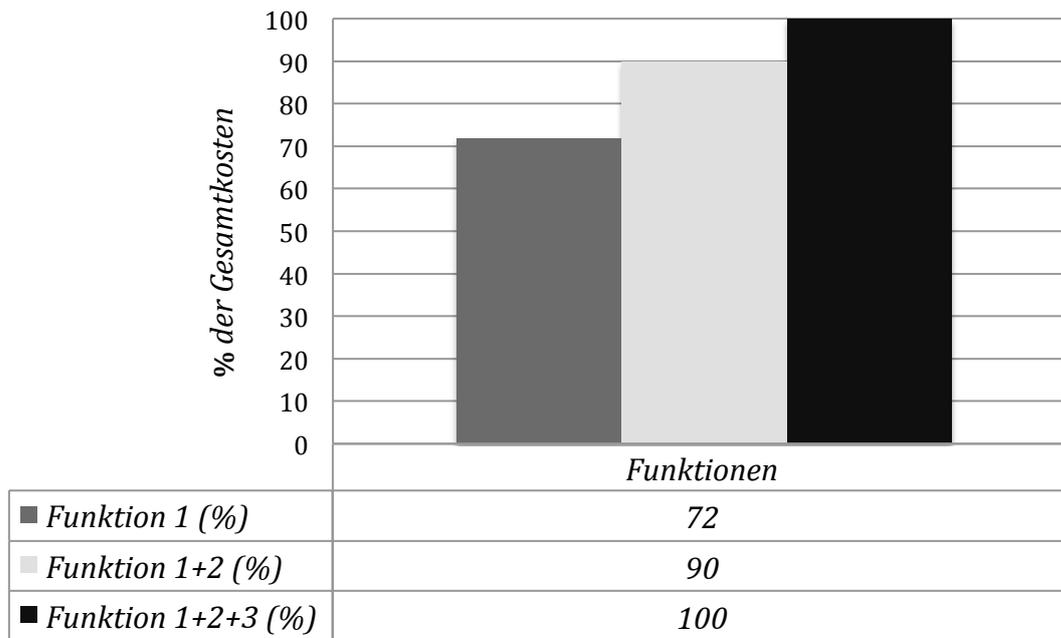


Abbildung 5: ABC-Analyse zu Funktionskostenmatrix aus Tabelle 2

### 2.5.5 Paarweiser Vergleich

Der paarweise Vergleich ermöglicht das Ermitteln von Wichtigkeiten der Funktionen, indem man sie miteinander vergleicht und gegeneinander gewichtet. Man bewertet die Bedeutsamkeit verschiedener Funktionen dadurch, dass man die zu vergleichenden Funktionen jeweils paarweise miteinander vergleicht. Dabei wird bei jedem Vergleich die Aussage getroffen, in welchem Verhältnis der Beitrag der ersten betrachteten Funktion zu dem der zweiten Funktion steht.

Es gibt folgende Gewichtung:

- 1: wichtigere Funktion
- 0,5: gleich wichtige Funktion
- 0: unwichtigere Funktion

Die bei den Paarvergleichen getroffenen Aussagen können anschließend verwendet werden, um zu Gewichtungsfaktoren für die Funktionen zu gelangen.

	1	2	3	4	5
A		Funktion 1	Funktion 2	Funktion 3	Quersumme
B	Funktion 1	x	0,5	0	
C	Funktion 2	0,5	x	0,5	
D	Funktion 3	1	0,5	x	
E	Summe	1,5	1	0,5	3
F	Anteil	50%	33%	17%	100%

Tabelle 3: Paarweiser Vergleich zu Funktionen aus Tabelle 2

In Tabelle 3 ist erkennbar, dass Funktion 1 und Funktion 2 mit dem Wert 0,5 (Zelle C2) als gleich wichtig bewertet wurden und Funktion 1 mit dem Wert 1 wichtiger als Funktion 3 ist (Zelle D2). In Summe ist Funktion 1 mit 1,5 (Zelle E2) von 3 Punkten bzw. mit 50% Anteil an der Gesamtwichtigkeit (Zelle F2) am bedeutendsten. In der Spalte Funktion 3 muss in Zelle B4 die Wichtigkeit der Funktion 3 zur Funktion 1 angegeben werden. Da Funktion 1 gegenüber Funktion 3 bereits in Zelle D2 als wichtiger (Wert 1) deklariert wurde, muss in Zelle B4 verständlicher Weise der Wert 0 stehen. In der diagonalen Spiegelung der Werte muss also immer das passende Pendant dazu eingesetzt werden.

Die Wichtigkeiten der Funktionen untereinander, wie sie in der ABC-Analyse ermittelt werden, sind beim Erstellen des Wertegraps im Folgenden auch noch von Bedeutung.

### 2.5.6 Wertegraps/Funktionenpotentialanalyse

Der Wertegraps dient der Identifikation von kostentreibenden und potentialbehaftenden Funktionen. Er hat zum Ziel, dass das Verhältnis zwischen dem Kostenanteil einer Funktion und ihrer Bedeutung veranschaulicht wird. Die Funktionskosten erhält man dabei aus der Funktionskostenmatrix und die Bedeutung der jeweiligen Funktion aus dem Wertegraps. Steht das Verhältnis von Kosten und Bedeutung der jeweiligen Funktion nicht im Einklang, so muss bei dieser Funktion nachgebessert werden. Es wird also veranschaulicht, bei welchen Funktionen man im Zuge der Wertanalyse ansetzen sollte.

Zunächst bildet man für jede Funktion das Kosten/Bedeutungsverhältnis. Dazu verwendet man die Funktionskosten der Gesamtkosten in Prozent (aus der Funktionskostenmatrix in Tabelle 2) und dividiert sie durch den Anteil ihrer Bedeutung in Prozent (aus dem Paarweisen Vergleich in Tabelle 3). Die Ergebnisse zum Probebeispiel sind in den Zellen D3 – D5 in Tabelle 4 angeführt. Ein Wert größer 1 steht für „kostentreibende Funktionen“ ([4], S. 72). Die Funktion ist dem Nutzer nicht so wichtig als es die Kosten rechtfertigen würden und es muss hier dringend an einer Kostensenkung gearbeitet werden. Ist der Wert des Kosten/Bedeutungsverhältnisses kleiner 1 handelt es sich um „potentialbehaftete Funktionen“ ([4], S. 72), die im Verhältnis zu ihrer Bedeutung akzeptable Kosten haben. Eine Optimierung dieser Funktionen ist hierbei eher bei Neuentwicklungen sinnvoll.

	1	2	3	4	5
A	aus „Funktionskostenmatrix“	Funktionen	Funktion 1	Funktion 2	Funktion 3
B		Funktionskosten	72 %	18 %	10 %
C	aus „Paarweiser Vergleich“	Bedeutung	50 %	33 %	17 %
D	<i>Kosten-/Bedeutungsverhältnis</i>		1,44	0,54	0,58
E	<i>Über-/Untererfüllung</i>		22 %	-15 %	-7 %

Tabelle 4: Ermittlung des Kosten/Bedeutungsverhältnisses

Aus Tabelle 4 und der grafischen Darstellung dazu als Wertegraph in Abbildung 6 kann man schnell die kostentreibenden Funktionen ermitteln. In Tabelle 4 ist Funktion 1 mit einem Kosten-/Bedeutungsverhältnis von 1,44 (Zelle D3) als kostentreibende Funktion zu identifizieren. In Abbildung 6 sind alle Funktionen, die rechts von der „Kostenanteil = Bedeutsamkeit“-Linie liegen, kostentreibende bzw. übererfüllte, alle links davon liegenden potentialbehaftete bzw. untererfüllte Funktionen. Je größer also der Abstand aller rechts von der „Kostenanteil = Bedeutsamkeit“ - Linie liegenden Funktionen ist, desto eher sollte man bei diesen kostentreibenden Funktionen auch ansetzen. In Tabelle 4 wurde durch Subtrahieren der Funktionskosten (in Prozent der Gesamtkosten) abzüglich der Bedeutung (in Prozent) die Über-/Untererfüllung einer Funktion auch noch berechnet. Dies entspricht dem horizontalen Abstand zur „Kostenanteil = Bedeutsamkeit“ -Linie.

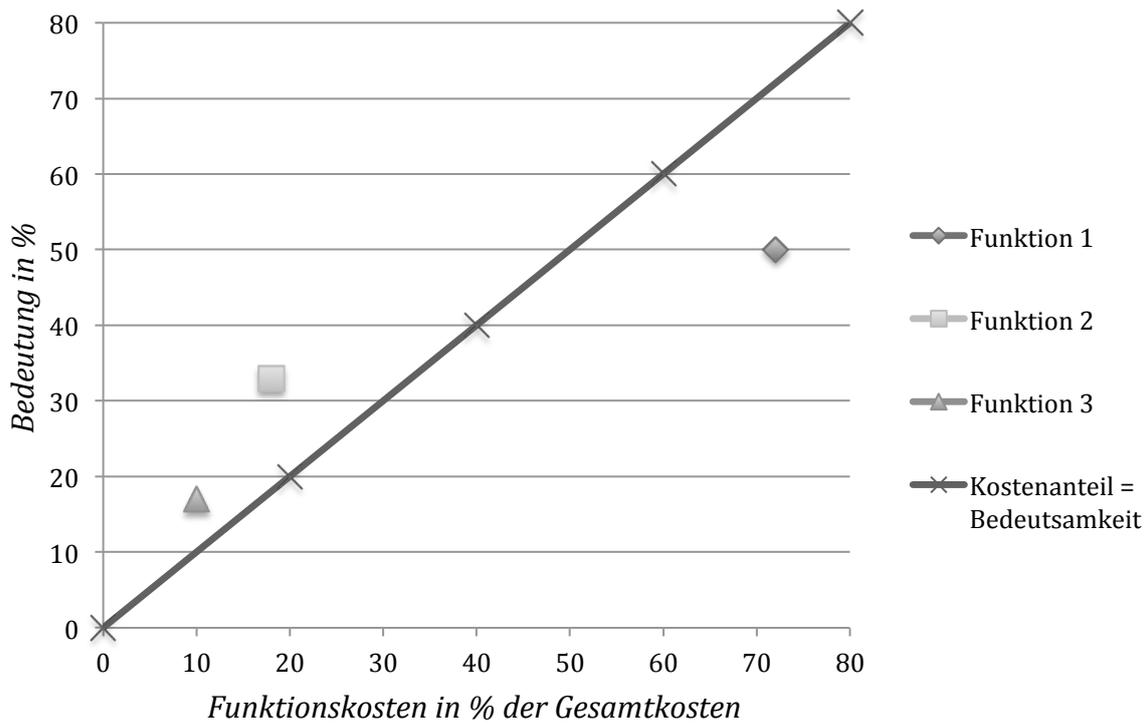


Abbildung 6: Wertegraph

### 2.5.7 Funktionserfüllungsgrad und Detail-Zielsystem

Der Funktionserfüllungsgrad gibt den Grad der Erfüllung einer Funktion an. Ist eine Funktion überfüllt, hat sie je nach Ausmaß der Übererfüllung mehr als 100% bzw. wenn sie untererfüllt ist, je nach Grad der Untererfüllung, weniger als 100%. Im Beispiel in Tabelle 5, das wieder auf das Probebeispiel aus Tabelle 2 aufbaut, wäre etwa Funktion 1 um 10% übererfüllt. Der Funktionserfüllungsgrad liegt also bei 110% (Zelle E2 & E3 in Tabelle 5).

	1	2	3	4	5	6	7
<b>A</b>	Funktionen						
<b>B</b>		Funktion 1		Funktion 2		Funktion 3	
<b>C</b>		%	€	%	€	%	€
<b>D</b>	Funktionskosten	72	72	18	18	10	10
<b>E</b>	Funktionserfüllungsgrad	110 %		100 %		95 %	

Tabelle 5: Festlegung des Funktionserfüllungsgrad

Der Funktionserfüllungsgrad bezieht sich demzufolge auf eine bestimmte Ideallösung. Aus ihnen lässt sich das Verbesserungspotential erkennen und somit das Detailzielsystem ableiten. Dieses bietet dann die Grundlage für die Ideensuche und Bewertung der Lösungen. Der ideale Erfüllungsgrad einer Funktion liegt bei 100% und die Abweichung bzw. Differenz von diesem Wert ergibt das Verbesserungspotential.

So ist etwa die Funktion 1 aus Tabelle 5, wie oben erwähnt, um 10% übererfüllt und die Funktionskosten von Funktion 1 betragen nach Tabelle 2 (Zelle G2) 72 Euro. 10% von 72 Euro ergeben 7,2 Euro Einsparungspotential der Funktion 1 (Zelle C6 in Tabelle 6). Die Unter- bzw. Übererfüllungen aller Funktionen ergeben addiert die Kosteneinsparungsziele (siehe Zelle F6 in Tabelle 6).

	1	2	3	4	5	6
A	Funktionen	Funktionskosten	Funktionserfüllung		Kosteneinsparungsziele auf Basis der Funktionskosten	
B		€	Ist %	Soll %	%	€
C	Funktion 1	72	110	100	10	7,2
D	Funktion 2	18	100	100	0	0,0
E	Funktion 3	10	95	100	-5	-0,5
F	gesamtes Kosteneinsparungsziel					6,7

Tabelle 6: Berechnung des Funktionserfüllungsgrades

### 2.5.8 Ideensammlung mit Kreativitätsmethoden

Um die kostenintensivsten Funktionen optimieren zu können müssen neue Lösungsideen entwickelt werden. Um mit Kreativitätsmethoden für die Ideensuche arbeiten zu können sollte nach ([4], S. 124) ein „abgegrenztes Suchfeld, das aus der vorgelagerten Problemanalyse resultiert, Ausgangssituation sein“.

Einen Überblick verschiedener Methoden um Ideen zu entwickeln zeigt Tabelle 7.

<i>systematisch</i>	<i>intuitiv</i>
Morphologischer Kasten Relevanzbaum Problemlösungsbaum Analyse bekannter Produkte	Brainstorming Brainwriting (Methode 635) Brainpool Trigger-Pool Analogietechnik Zufallswort-Methode Denkstil-Methode

*Tabelle 7: Kreativitätsmethoden*

Die Kreativverfahren sind dabei laut ([4], S. 137) in der *„wertanalytischen Projektarbeit nicht additiv anzuwenden, sondern sollten der jeweiligen in einem Team vorhandenen Ideenergiebigkeit situativ angepasst werden“*.

Die in dieser Arbeit verwendeten Konzepte zur Ideensammlung sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

#### *2.5.8.1 Brainstorming*

Brainstorming ist eine intuitive Methode, die nach ([1], S. 140) *„von der Erfahrungstatsache ausgeht, dass eine Gruppe über ein höheres Kreativitätspotenzial verfügt als einzelne Individuen und daher vielfach produktive Ideen hervorbringen kann.“* Es müssen dazu aber gewisse Verhaltensregeln eingehalten werden. So soll etwa bei der Lösungsfindung Kritik zurückgestellt werden, da die Beurteilung der Ideen erst später durchgeführt wird (vgl. [7], S.105). Da man für Innovationen seiner Phantasie freien Lauf lassen sollte, kann die Einbeziehung von fachfremden Personen besonders fördernd für die Ideensuche sein. Der Vorteil des Brainstormings liegt also darin, dass viele Vorschläge in kurzer Zeit und in hoher Qualität gesammelt werden können, ohne lange darüber diskutieren zu müssen (vgl. [1], S. 141).

In der Wertanalyse besteht eine Gruppe aus etwa vier bis sechs Personen, die nach Definition und Erklärung der Aufgabenstellung durch einen Moderator mit der Ideenfindung starten. Das Kombinieren von Vorschlägen oder Ideen ist hierbei erwünscht und soll in der Diskussion auch besprochen werden.

2.5.8.2 *Galeriemethode*

Die Galeriemethode baut wie auch Brainstorming auf die gegenseitige Inspiration der Teammitglieder auf. Dazu muss zunächst jedes Teammitglied auf z.B. Flipcharts eine Auswahl von intuitiven und vorurteilslosen Lösungen zu einem Problem erstellen. Die Galeriemethode eignet sich nach ([8], S. 131) *„besonders bei Gestaltungsproblemen, weil hierbei die Lösungsvorschläge in Form von Skizzen sehr gut präsentiert werden können.“* Nach der Ideenentwicklung werden diese Vorschläge von allen Teilnehmern in einer Art Galerie aufgehängt, besichtigt und die Ideen ausgewertet. Nach dieser *„Assoziationsphase“* ([8], S. 131) kann eine weitere Ideenfindung stattfinden und die gewonnenen Eindrücke oder weiteren Lösungsmöglichkeiten können festgehalten werden. Im Anschluss werden in der abschließenden *„Selektionsphase“* ([8], S. 131) alle Lösungsansätze nochmals gesichtet und erfolgsversprechende Lösungsansätze ausgewählt.

2.5.8.3 *Morphologischer Kasten*

Nach ([4], S. 137) werden zunächst *„tabellarisch die bestimmenden Merkmale, wie z.B. Parameter, Funktionen, Komponenten eines Problems gesammelt, definiert und zur Vorbereitung einer Tabelle untereinander geschrieben“*. Danach werden die für jeden Parameter durch die oben angeführten Kreativitätstechniken festgelegten Lösungen waagrecht zum jeweiligen Parameter notiert. Die zu jeder Funktion erarbeiteten Lösungen werden also in einer Matrix dargestellt (siehe Tabelle 8). Wenn die morphologische Matrix mit den erarbeiteten Ideen gefüllt ist, werden alternative Lösungswege durch Verbindung der einzelnen Ideen von Zeile zu Zeile gesucht.

Funktionen	Lösungen		
Funktion 1	Lösung 1 zu Funktion 1	Lösung 2 zu Funktion 1	
Funktion 2	Lösung 1 zu Funktion 2	Lösung 2 zu Funktion 2	Lösung 3 zu Funktion 2
Funktion 3	Lösung 1 zu Funktion 3	Lösung 2 zu Funktion 3	
<i>Gesamtlösung 1</i>		<i>Gesamtlösung 2</i>	

*Tabelle 8: Morphologischer Kasten*

Als Gesamtlösung 1 in Tabelle 8 wäre hier z.B. Lösung 1 zu Funktion 1, Lösung 2 zu Funktion 2 und Lösung 2 zu Funktion 3 definiert. Hierbei ist natürlich auf die Verträglichkeit der zusammengesetzten Lösung zu achten. Man kann also mit verschiedenen Einzellösungen über dieses Matrixprinzip zu mehreren unterschiedlichen Gesamtlösungen kommen.

### 2.5.9 Bewertung der Lösungsideen mittels Nutzwertanalyse

Auf die kreative Phase der Lösungsfindung folgt eine nüchterne Bewertung der Ideen. Eine direkte Kosten-/Nutzenbewertung ist nach ([1], S. 44) meist nicht sofort möglich, da „*der Erfüllungsgrad einer Lösung vom Zusammenwirken bzw. der Erfüllung vieler Teilziele abhängig ist*“. Hier bietet die Nutzwertanalyse als „*transparentes System zur objektiven Bewertung*“ ([1], S. 44) eine gute Möglichkeit zur Abwägung.

Nach ([7], S. 117) ist *Nutzwertanalyse* folgendermaßen definiert:

*Eine analytische Bewertungstechnik von Objekten aufgrund der subjektiven Nutzwerte der einzelnen Funktionen bzw. Eigenschaften und deren objektiv feststellbare Verwirklichung in bestimmten Lösungen.*

Es handelt sich hierbei also um eine „*relative (vergleichende) Bewertung (...) die einer qualitativen Beurteilung unterliegt*“ ([7], S.115). Mit Gewichtungsanteilen, die mit Nutzwertanteilen laut der Werteskala in Tabelle 9 multipliziert werden, erhält man einen Nutzwert für jede Funktion bzw. Eigenschaft und durch Aufsummierung den Nutzwert für jede Lösungsvariante. Dadurch lassen sich ganzheitliche Lösungen untereinander vergleichen und Schwachstellen oder Stärken lokalisieren.

Punkte	Bedeutung
0	Absolut unbrauchbare Lösung
1	Sehr mangelhafte Lösung
2	Schwache Lösung
3	Tragbare Lösung
4	Ausreichende Lösung
5	Befriedigende Lösung
6	Gute Lösung mit geringen Mängeln
7	Gute Lösung
8	Sehr gute Lösung
9	Über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung
10	Ideallösung

Tabelle 9: Werteskala für Nutzwertanalyse nach ([1], S. 47)

So wurde etwa in Tabelle 10 die Funktion 1 der Gesamtlösung 1 (Zelle B3) mit 5 („befriedigende Lösung“ lt. Tabelle 9) bewertet. Durch Multiplikation mit der Gewichtung der Funktion (Zelle B2), die beim paarweisen Vergleich aus Tabelle 3 mit 50 % festgelegt wurde, erhält man somit einen Nutzwert von 2,5. Durch das Aufsummieren der 3 Funktionsnutzwerte (Zelle B4 – D4) erhält man den Nutzwert der Gesamtlösung 1 (Zelle E4), den man schnell mit dem Nutzwert der Gesamtlösung 2 (Zelle E6) vergleichen kann. Dadurch ist ersichtlich, dass die Gesamtlösung 1 mit einem Wert von 7,17 um einiges besser abschneidet als Gesamtlösung 2, mit einem Nutzwert von lediglich 4,68.

	1	2	3	4	5	6
A	Funktion bzw. Eigenschaften	Gewichtung % (lt. Paarweiser Vergleich)	Bewertung Gesamtlsg. 1	Nutzwert	Bewertung Gesamtlsg. 2	Nutzwert
B	Funktion 1	50	5	2,5	6	3
C	Funktion 2	33	9	2,97	2	0,66
D	Funktion 3	17	9	1,7	6	1,02
E	Summe			7,17		4,68

Tabelle 10: Nutzwertanalyse

Gesamtlösung 1 wäre also der Gesamtlösung 2 vorzuziehen. Zur Beurteilung des Objektes sind alleine diese Nutzwerte nach ([7], S. 120) noch nicht geeignet, da „die Summe weder über das Ganzheitsbild des Objektes etwas aussagt noch sicherstellt, dass alle als erforderlich erachteten Eigenschaften überhaupt erfüllt sind“. Weiters wird angemerkt, dass zur Nutzwertbeurteilung nicht nur der Summenwert entscheidend ist sondern auch die Bewertung der einzelnen Eigenschaften.

Mit den Bewertungen jeder einzelnen Funktion in Tabelle 10 kann zur Veranschaulichung eine Schwachstellenanalyse durchgeführt werden, bei der die Umsetzungen der selben Funktionen in den verschiedenen Gesamtlösungen miteinander in einer Grafik verglichen werden (siehe Abbildung 7). Diese Analyse, hier zu Demonstrationszwecken Funktion 2 aus Tabelle 10, zeigt die grafische Aufbereitung der Gesamtlösung 1 (Zelle C4) mit einem Nutzwert von 2,97 und der Gesamtlösung 2 (Zelle C6) mit 0,66.

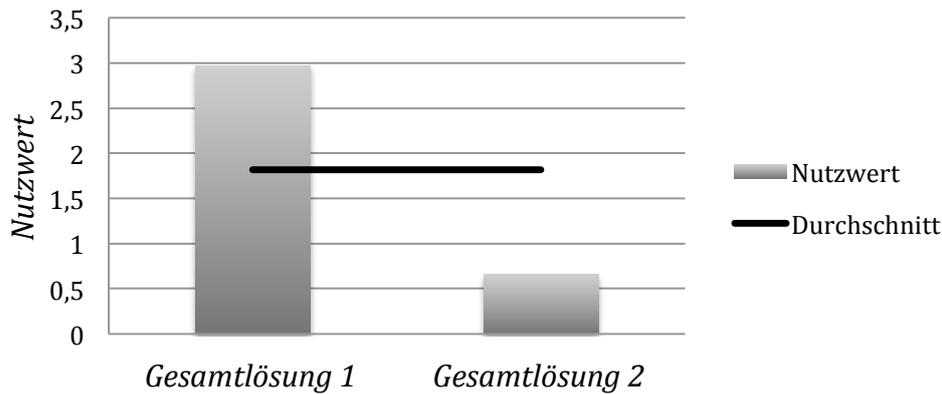


Abbildung 7: Schwachstellenanalyse aufbauend auf Nutzwertanalyse für Funktion 2

Es kann somit schnell visuell demonstriert werden, dass Funktion 2 in Gesamtlösung 1 besser umgesetzt wurde als in Gesamtlösung 2.

Nach ([4], S. 50) können zur Lösungsbewertung außerdem auch noch folgende „methodischen Instrumente“ angewendet werden:

- *Kosten-Nutzen-Analyse*
- *Machbarkeitsuntersuchungen*
- *Break-Even-Point-Analyse*
- *FMEA etc.*

## 2.6 Ablauf einer Wertanalyse

Das entscheidende an einer Wertanalyse ist das Loslösen von der bestehenden Lösung.

In ([7], S. 19) wird dazu die „*admiranda methodus*“ von Descartes (1637) dargelegt:

1. Regel: *Nichts für wahr annehmen, das nicht evident als wahr erkannt ist!*
2. Regel: *Jedes Problem in so viele Teilprobleme zerlegen, wie zur sicheren Lösung erforderlich ist!*
3. Regel: *Bei den untersten, leichtest zu lösenden Problemen beginnen, und erst, wenn sie sicher gelöst sind, stufenweise die nächst höheren daraus ableiten!*
4. Regel: *Vollständiges Erfassen und Überschauen des Problems, dass mit Sicherheit kein Gedanke vergessen ist!*

Darüber hinaus ist der Erfolg einer Wertanalyse laut ([1], S. 75) „mit der Abarbeitung des vollständigen Wertanalyse-Arbeitsplanes“ verbunden. Dieser Wertanalyse-Arbeitsplan stellt einen roten Faden zur Abarbeitung einer Wertanalyse dar, ist nach EN 12 973

festgelegt und in Tabelle 11 dargestellt. Er ist das „Herz des Systems Wertanalyse“ ([4], S. 39) und gliedert sich in zehn logisch aufeinander abgestimmte Arbeitsschritte, deren Einhaltung der Reihenfolge ein wesentliches Erfolgskriterium ist. Dies geht aus den Erfahrungen von den zahlreichen durchgeführten praktischen Anwendungen hervor. Dabei sollte kein Arbeitsschritt ausgelassen und die Sequenz der Arbeitsschritte eingehalten werden. Welche methodischen Instrumente jeweils gewählt werden obliegt dem Wertanalyse-Moderator und dessen Methodenerfahrung. Wie in Tabelle 11 in der rechten Spalte unter „Ablauf“ ersichtlich ist, kann dieser grob in die vier Phasen der „Vorbereitung und Planung“, „Analyse“, „Kreativphase und Bewertung“ und „Entscheidung und Realisierung“ eingeteilt werden. Hierbei ist die Entkoppelung von Analyse-, Kreativ- und Bewertungsphase bezeichnend für die Wertanalyse.

Grundschritte		Teilschritte	Einsatz von methodischen Instrumente	Ablauf
0	Vorbereitung des Projektes	0.1 Projektbeschreibung 0.2 Untersuchung der Durchführbarkeit des Projektes, Risikoanalyse 0.3 Rentabilitätsstudien / Um welche Interessen geht es 0.4 Auswahl der Entscheidungsträger und WA-Teamleiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiko-Analyse – FMEA</li> <li>• Quality Funktion Deployment (QFD)</li> <li>• Target Costing</li> </ul>	Vorbereitung & Planung
1	Projekt-Definition	1.1 WA-Objekt 1.2 Rahmenbedingungen der Studie 1.3 Prämissen der Daten über das Problem 1.4 Marketingziele 1.5 Allgemeine Ziele (Grobziele) 1.6 Um welche Interessen geht es? 1.7 Ressourcen 1.8 Mitwirkende 1.9 Vorbereitung Risikoanalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Life Cycle Costing (LCC) – Ziele setzen</li> <li>• Marktanalyse</li> <li>• Benchmarking</li> </ul>	
2	Planung	2.1 Bildung des Arbeitsteams 2.2 Ausarbeiten eines ersten Zeitplanes 2.3 Festlegung des Arbeitsraumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teambuilding</li> <li>• Projektmanagement</li> <li>• Netzplantechnik</li> </ul>	

3	<i>Umfassende Daten über die Studie sammeln</i>	<p>3.1 Informationssammlung intern/extern: technisch, Wirtschaft, Wettbewerb, Stand der Technik</p> <p>3.2 Detaillierte Marktforschung: Kundenanforderungen, Markt und Position des zu entwickelten Produkt</p> <p>3.3 Verschiedenes: Bibliographie, Patente, Gesetze und Vorschriften, Normen, Regeln, Handbücher, Normen und Organisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simultaneous Engineering – Pareto Analyse</li> <li>• Engpass-Analyse</li> <li>• Ursache-/Wirkungs-Analyse</li> </ul>	Analysephase
4	<i>Funktions-Kostenan., Detailziele</i>	<p>4.1 Formulierung des Bedarfs und Funktionenanalyse</p> <p>4.2 Kostenanalyse und Funktionenkosten</p> <p>4.3 Festlegung der Detailziele und der Bewertungskriterien</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionen-Kosten-Analyse</li> <li>• Funktionen-Erfüllungsgrad</li> <li>• FAST_Diagramm</li> </ul>	
5	<i>Sammeln und finden von Lösungsideen</i>	<p>5.1 Sammeln existierender Ideen</p> <p>5.2 Entwickeln neuer Ideen</p> <p>5.3 Kritische Analyse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brainstorming, Morphologie, Benchmark</li> <li>• Analogie-Verfahren / Bionik / Synektik</li> <li>• Querdenk-Management /Denkstilmethode</li> </ul>	Kreativphase & Bewertung
6	<i>Bewertung der Ideen</i>	<p>6.1 Bewertung und Kombination der Ideen</p> <p>6.2 Auswahl der Entwicklungsaufgaben</p> <p>6.3 Arbeitsprogramme für die Entwicklung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten-/Nutzen-Analyse, Nutzwert-Analyse</li> <li>• Machbarkeits-Untersuchung</li> <li>• Wirtschaftlichkeits-Analyse /ROI-Ermittlung</li> </ul>	
7	<i>Entwickl. ganzh. Vorschläge</i>	<p>7.1 Studien und Tests, industrielle Entwicklung</p> <p>7.2 Follow-up, Koordination</p> <p>7.3 Bewerten der Lösungen: Qualitativ, wirtschaftlich, Risikoanalyse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plausibilitäts-Studie – FMEA</li> <li>• Maßnahmen-Katalog</li> <li>• Mind Map</li> </ul>	
8	<i>Präsentation der Vorschläge</i>	<p>8.1 Auswahl der vorzuschlagenden Lösungen</p> <p>8.2 Ausarbeitung von Realisierungsprogrammen</p> <p>8.3 Sammlung umfassender Daten über die Vorschläge</p> <p>8.4 Erlangen einer Entscheidung durch den Entscheidungsträger</p> <p>8.5 Information der WA-Teams und Auflösung bzw. Warteposition des WA-Teams</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsentations-Technik</li> <li>• Moderations-Technik</li> <li>• Dokumentations-Konzept</li> </ul>	Entscheidung & Realisierung

9	Realisierung	<p>9.1 Unterstützung der Realisierung: Follow-up, Unterstützung zur Korrektur von Abweichungen oder Vornahme von Anpassungen</p> <p>9.2 In Ausnahmefällen: Organisation weiterer Sitzungen des WA-Teams , um unerwartete Probleme zu bewältigen (Reaktivierung)</p> <p>9.3 Einschätzung der aktuellen Ergebnisse der Realisierung. Vergleich mit den prognostizierten Ergebnissen</p> <p>9.4 Darstellung der erzielten, aktuellen Ergebnisse sowie der technischen und allgemeinen Informationen an die WA-Teammitgliedern, die betroffenen Fachleuten und einen breiten Adressatenkreis in der Organisation</p> <p>9.5 Gegebenenfalls Erstellung eines Systems zur Informationssammlung über Markterfahrung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektmanagement</li> <li>• Netzplantechnik</li> <li>• Projekt-Controlling</li> </ul>
---	--------------	--	---

*Tabelle 11: Wertanalyse-Arbeitsplan nach EN 12 973 mit grober Einteilung des Ablaufes*

Der Ablauf erfolgt so, dass beginnend mit der Projektplanung und -vorbereitung das Sammeln von Daten und Informationen folgt. Durch das Erstellen der Funktionskostenmatrix mit dem Zuordnen von Kosten auf Funktionen erfolgt ein wesentlicher Schritt der Wertanalyse: das Reduzieren des Produktes oder Prozesses auf seine Funktion. Diese Methode dient dem Aufzeigen von Schwachstellen aber auch Schwerpunkten und dem Loslösen von der gegenwärtigen Lösung. Durch Festlegung der Detailziele wird die Analysephase beendet und die Kreativphase mit dem Finden, Bewerten und Entwickeln der Ideen begonnen. Die erfolgversprechendsten Ideen werden dabei ausgewählt und Lösungskonzepte entwickelt und bewertet. Im Anschluss an eine umfassende Untersuchung werden die vielversprechendsten Lösungsideen dem Entscheidungsträger präsentiert und im Idealfall die Realisierungsphase eingeleitet.

Wie die einzelnen Grund- und Teilschritte aus Tabelle 11 genau umgesetzt werden, wird im Praxisteil in Abschnitt 3 gezeigt.

### ***3 Praktische Umsetzung eines Wertanalyseobjektes anhand eines nachrüstbaren Klimaanlagen-gehäuses für einen Personenzug***

Dieses Kapitel zeigt die praktische Umsetzung einer Wertanalyse wie sie im Kapitel 2.6 theoretisch dargestellt wurde. Der Ablauf der praktischen Umsetzung wird in der selben Weise vollzogen wie im Wertanalyse-Arbeitsplan nach EN 12 973 in Tabelle 11.

#### ***3.1 Arbeitsschritt 0: Vorbereitung des Projektes***

In diesem Arbeitsschritt ist vorrangig der Auftraggeber des WA-Projektes gefragt. Er soll daher in dieser Arbeit kurz dargelegt werden.

Da Rationalisierung Initiative benötigt, hat der Geschäftsleiter von Vossloh-Kiepe, Herr Pichler, ein Objekt für eine Wertstudie ausgewählt, das ein Auftragsvolumen von etwa 1000 Stück beinhaltet. Als WA-Objekt wurde das Gehäuse eines Klimagerätes ausgewählt, das in Südafrika zum Nachrüsten der dortigen Züge verwendet wird. Dieses wird unter den Waggon angebracht. Da Wettbewerber dieses Bauteil anders lösen, wurde ein WA-Projekt ins Leben gerufen, um die derzeitige Konstruktion und die aufgewendeten Kosten zu analysieren. Eine Amortisationsabschätzung wurde zur Klarstellung, ob sich ein solches Wertanalyseprojekt lohnt, in der Firma vollzogen und daraufhin ein solches Projekt über die TU Wien gestartet. Das Hauptinteresse der Firma lag hierbei auf einer möglichen Kostenreduktion und Qualitätsoptimierung.

Als WA-Moderator wurde aufgrund seiner Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz für das System Wertanalyse Herr Kartnig ernannt. Als WA-Teamleiter wurde Herr Palla von Seiten der Firma Vossloh-Kiepe ernannt.

### 3.2 Arbeitsschritt 1: Projektdefinition

Als Wertanalyse-Objekt wurde das Gehäuse (siehe Abbildung 8) einer nachrüstbaren Klimaanlage für Personenzüge in Südafrika, der Passenger Rail Agency of South Africa (PRASA), gewählt, das unterflur montiert wird. Dieses besteht aus mehreren gekanteten Blechstrukturen, die miteinander vernietet und verschweißt werden. Das Gehäuse kann grob in 3 Abschnitte eingeteilt werden:

1. Elektroraum (links hinten in Abbildung 8)
2. Kondensatorraum (in der Mitte in Abbildung 8)
3. Wärmetauscherraum (rechts in Abbildung 8)

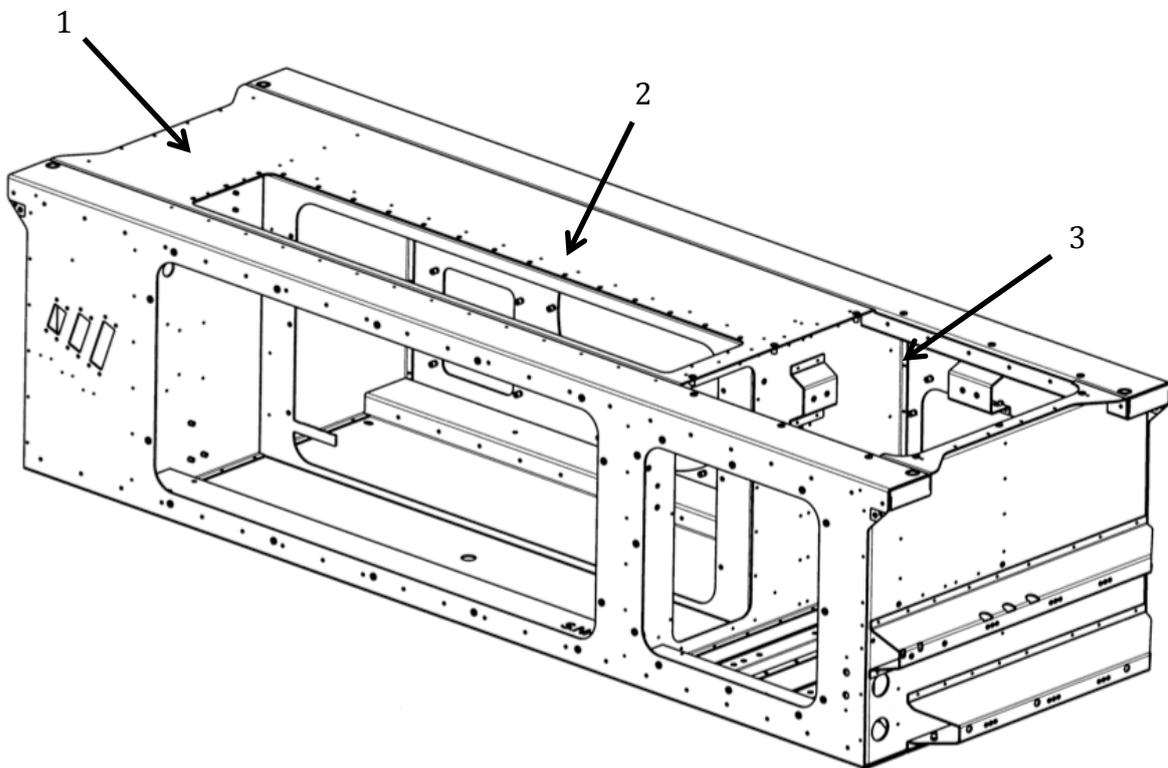


Abbildung 8: Gehäuse

Die bisherige Konstruktion konnte zwar durch Qualität überzeugen, war aber im Vergleich mit Produkten von Mitbewerbern zu teuer. Als Grobziel wurde eine Kostensenkung um 20% definiert.

### 3.3 Arbeitsschritt 2: Planung

Da wertanalytische Projekte thematisch sehr komplex sind, sollten die Teams immer interdisziplinär und mit fünf bis sieben Personen aus denjenigen Unternehmensabteilungen besetzt sein, die über Projekterfahrung und Fachkompetenz zum Projektthema verfügen. Die an dieser Wertanalyse teilnehmenden Personen können aus Tabelle 12 entnommen werden.

<i>Entscheidungsträger</i>	DI (FH) Peter Pichler							
<i>WA-Projektleiter</i>	DI Szilveszter Palla							
<i>WA-Moderator</i>	Dr. Georg Kartnig							
<i>WA-Arbeitsteam der Firma Vossloh Kiepe</i>	Einkauf		Vertrieb, Projektmanagement		Projektierung	Konstruktion	Konstruktion, PM, FE	Mechanik, FE
	Peter Penz	Dean Boskovic	Slavko Pantic	Milos Strecansky	Christian Schläger	Roman Loidl	Helmut Poiss	Szilveszter Palla

Tabelle 12: WA-Teamstruktur (PM...Produktmanagement, FE...Finite Elemente Analyse)

Darüber hinaus wurde am Anfang des Projektes ein grober Fahrplan erstellt, der in Tabelle 13 dargestellt ist. Als Arbeitsräume dienten Seminarräume der Firma Vossloh Kiepe in Wien.

<i>Datum</i>	<i>Phase</i>	<i>Aufgaben</i>
Juni 2012	Vorbereitung	Vorstellung der Methode Wertanalyse
Juli 2012	Ist-Zustandsanalyse	Funktionsanalyse, Funktionsgliederung, Funktionskostenmatrix, ABC-Analyse
August 2012	Soll-Zustandsanalyse	Funktionserfüllungsgrad (Ist/Soll), Zielsystem (Funktionsziel, Kostenziel) aus Grobzielen ableiten, Beurteilungskriterien festlegen
September 2012	Kreativphase	Ideenfindung mit Kreativmethode Entwicklung ganzheitlicher Lösungskonzepte
November 2012	Bewertung	Bewertung und Auswahl der Lösungsvorschläge
Dezember 2012	Präsentation	Präsentation des Entwickelten Konzepts, Empfehlung und Ausblick

*Tabelle 13: Erster Zeitplan*

### **3.4 Arbeitsschritt 3: Umfassende Daten über die Studie sammeln**

In diesem Arbeitsschritt beginnt die eigentliche Projektteamarbeit. Alle relevanten Daten wurden in einem ersten Treffen bei Vossloh Kiepe gesammelt, gesichtet und im Anschluss aufbereitet.

Die Pläne und die Gesamtkosten des Gehäuses wurden von Vossloh Kiepe zur Verfügung gestellt. Der Gesamtpreis des zugekauften Gehäuses beläuft sich auf etwa 1650 Euro und konnte über die Abmessungen der Einzelteile, dem Kilopreis des Materials und einem Bearbeitungsfaktor mit dem Wert 4 auf die einzelnen Komponenten umgerechnet werden (siehe Tabelle 14).

## Wertanalyse

Funktionsträger		Materialkosten (€)	Bearbeitungs-, Material- und Schweißkosten (€)	% der Gesamtkosten der Einzelteile	% an Gesamtkosten	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Abmaße (mm <sup>2</sup> )	Blechalte (mm)	
geschweißtes Gehäuse	1 Bodenblech	48,50	243,99	14,95		6375000	2125000	3	
	2 Deckblech	48,50	293,99	18,02		6375000	2125000	3	
	3 Seitenblech 1	37,09	148,35	9,09		4875000	1625000	3	
	4 Seitenblech 2	37,09	148,35	9,09		4875000	1625000	3	
	5 Stirnblech 1	16,81	104,75	6,42		2210000	552500	4	
	6 Stirnblech 2	12,61	87,94	5,39		1657500	552500	3	
	7 Trennwand KT	12,61	87,94	5,39		1657500	552500	3	
	8 Trennwand E-Raum	12,61	87,94	5,39		1657500	552500	3	
	9 Trennwand Kondensator	12,61	50,44	3,09	80,94	1657500	552500	3	
	10 Kompressorträger	9,04	36,15	2,22		1188000	396000	3	
	11 Verteilerträger oben	3,49	13,97	0,86		459000	153000	3	
	12 Verteilerträger unten	2,67	10,68	0,65		351000	117000	3	
	13 Versteifung TW Kälte	0,59	2,37	0,15		78000	26000	3	
	14 Versteifung Platten Wtre	0,30	1,19	0,07		39000	13000	3	
	15 Versteifung Platten Wt	0,30	1,19	0,07		39000	13000	3	
	24 Befestigungsrohr	0,07	0,29	0,02		9401,22			
	25 Schottblech	0,29	1,17	0,07		38400	19200	2	
	Wartungsdeckel	2 Deckel KT 1	7,16	28,63	1,75		940800	313600	3
		3 Deckel KT 3	11,18	44,73	2,74		1470000	490000	3
		4 Deckel KT 4	6,13	24,54	1,50	11,71	806400	268800	3
		5 Revisionsdeckel	1,37	5,48	0,34		180000	90000	2
		6 Deckel Wärmetauscher	12,78	51,12	3,13		1680000	560000	3
		10 Deckel E-Raum	9,13	36,52	2,24		1200000	400000	3
	7 Kondensatorgitter	19,17	76,68	4,70	4,70	2520000	840000	3	
	Träger & Stützen	15 Träger UW-Pumpe	2,28	9,13	0,56		300000	100000	3
18 Trafokonsole		0,82	3,29	0,20		108000	36000	3	
20 Stütze WT		0,13	0,51	0,03	1,43	16800	5600	3	
21 Stütze WT Abdeckung		0,11	0,44	0,03		14400	4800	3	
40 Halter f. Kabelbinder		10,00	10,00	0,61					
Dichtung	30 - 34 Dichtung	10,00	10,00	0,61	1,23				
	35 Kantenschutzdichtprofil	10,00	10,00	0,61					
<b>KOSTEN</b>		<b>355,44</b>	<b>1631,76</b>	<b>100,00</b>					

Tabelle 14: Kosten der Einzelkomponenten

In Tabelle 14 wurde der Abschnitt „Gehäuse geschweißt“ nochmals in dessen Einzelteile unterteilt. Die erste Reihe (Nummerierung von 1 – 35) in Tabelle 14 stellt die Einzelteile des gesamten Gehäuses, das in dieser Arbeit behandelt wird, dar.

Ein Teil der Zusammenstellungszeichnungen ist in Abbildung 9 dargestellt, der Rest ist in Anhang A beigefügt.



### ***3.5 Arbeitsschritt 4: Funktionen- und Kostenanalyse/Detailziele***

Im Rahmen dieser Arbeit fanden vier Workshops bei der Firma Vossloh Kiepe statt. Im ersten Workshop wurde der in diesem Kapitel behandelte Arbeitsschritt 4 erarbeitet. Aufbauend auf die detaillierte Kostenübersicht in Tabelle 14 erfolgte im Rahmen des ersten Workshops die wertanalytische Aufteilung in Markt- bzw. Nutzerfunktionen. Diese Strukturgebung hat das Ziel ein vollständiges und nutzergerechtes Anforderungsprofil wiederzugeben, das den Ausgangspunkt für alle weiteren Aktivitäten des Wertanalyseprojektes darstellt. Dieser Vorgang wird als Funktionsanalyse bezeichnet.

#### *3.5.1 Formulierung des Bedarfs und der Funktionenanalyse*

Zunächst mussten die Funktionsträger ermittelt werden. Man konnte sich darauf einigen, zur besseren und einfacheren Übersicht, einzelne Teile zu Produktgruppen zusammenzufassen.

Folgende sieben Funktionsträger wurden definiert:

- Hülle (Ummantelung der Klimaanlagekomponenten)
- Trennbleche (Bleche zwischen Elektro-, Kondensator- und Wärmetauscherraum um diese Bereiche einerseits voneinander zu trennen, aber auch um die Luft durch den Kondensatorraum zu führen)
- Füße (Montagepunkte zwischen Gehäuse und Zugwaggon)
- Wartungsdeckel (abnehmbare Deckel um Wartung, aber auch Einbau zu ermöglichen)
- Kondensatorgitter (abnehmbares Gitter zum Schutz des Kondensators)
- Träger & Stützen (Blechteile um Kühlkomponenten aufzunehmen und die Struktur der Blechhülle an spezifischen Stellen zu verstärken)
- Dichtungen (Abdichtungen der Außenhülle gegen Eindringen von Wasser)

Die Ermittlung der verschiedenen Funktionen des Gehäuses wurde anhand der Theorie, die in Kapitel 2.5.2 angeführt ist, ermittelt.

Elf Hauptfunktionen konnten dabei ermittelt werden:

- interne Komponenten aufnehmen (befestigen der Kühlkomponenten am Gehäuse)
- externe elektrische Anschlüsse bieten (Anschlussmöglichkeiten der elektrischen Stromversorgung am Gehäuse)
- externen Flüssigkeitsanschluss bieten (Anschlussmöglichkeit für Kühlflüssigkeit am Gehäuse)
- externen mechanischen Anschluss bieten (Verbindungsmöglichkeit zwischen Gehäuse und Waggon)
- Wartungszugang ermöglichen (Öffnung oder Deckel für die Wartung der Kühlkomponente)
- Luft führen (Leitbleche im Kondensatorraum zur effizienten Luftführung)
- Erdung sicherstellen (Stromableitung des gesamten Gehäuses sicherstellen)
- mechanische Belastungen aufnehmen (in Fahrtrichtung muss die fünffache Erdbeschleunigung, quer zur Fahrtrichtung und vertikal jeweils die dreifache Beschleunigung, aufgenommen werden)
- Resonanzen vermeiden (Schwingungen, die Schäden an den Kühlkomponenten verursachen können, vermeiden)
- Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen (Eindringen dieser Substanzen in den Gerätebereich verhindern)
- Design bieten (Produkt anschaulich gestalten)

Mit den Definitionen der Funktionsträger und Hauptfunktionen konnte die Funktionskostenmatrix für das Gehäuse (Tabelle 15) nach Kapitel 2.5.3 erstellt werden.

# Wertanalyse

Funktion	interne Komponenten aufnehmen		externe elektrische Anschlüsse bieten		externen Flüssigkeitsanschluss bieten		externen mechanischen Anschluss bieten		Wartungszugang ermöglichen		Luft führen		Erdung sicherstellen		mechanische Belastungen aufnehmen		Resonanzen vermeiden		Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen		Design bieten		Kosten (€)
	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	(%)	(€)	
1 Hülle	10	59,43	5	29,72	7	41,60	2	11,89	5	29,72	5	29,72	2	11,89	30	178,29	9	53,49	15	89,15	10	59,43	594,31
2 Trennbleche	20	118,86	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	20	118,86	10	59,43	15	89,15	10	59,43	25	148,58	0	0,00	594,31
3 Füße	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30	39,62	0	0,00	0	0,00	0	0,00	60	79,24	0	0,00	0	0,00	10	13,21	132,07
4 Wartungsdeckel	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	55	105,06	0	0,00	5	9,55	10	19,10	0	0,00	20	38,20	10	19,10	191,02
5 Kondensatorgitter	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	3,83	10	7,67	0	0,00	15	11,50	0	0,00	60	46,01	10	7,67	76,68
6 Träger & Stützen	70	16,36	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	20	4,67	10	2,34	0	0,00	0	0,00	23,37
7 Dichtungen	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	2,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	90	18,00	0	0,00	20,00
<b>FUNKTIONSKOSTEN</b>		<b>194,65</b>		<b>29,72</b>		<b>41,60</b>		<b>51,51</b>		<b>138,61</b>		<b>158,25</b>		<b>80,87</b>		<b>381,96</b>		<b>115,26</b>		<b>339,94</b>		<b>99,41</b>	<b>1631,76</b>
% an Gesamtkosten	11,93%		1,82%		2,55%		3,16%		8,49%	9,70%		23,41%	4,96%		20,83%		7,06%		20,83%		6,09%		

Tabelle 15: Funktionskostenmatrix

Anhand der Funktionskostenmatrix in Tabelle 15 und deren grafischen Aufbereitung in Abbildung 10 kann man die Kostenzuordnung auf die Funktionen sehr einfach erkennen.

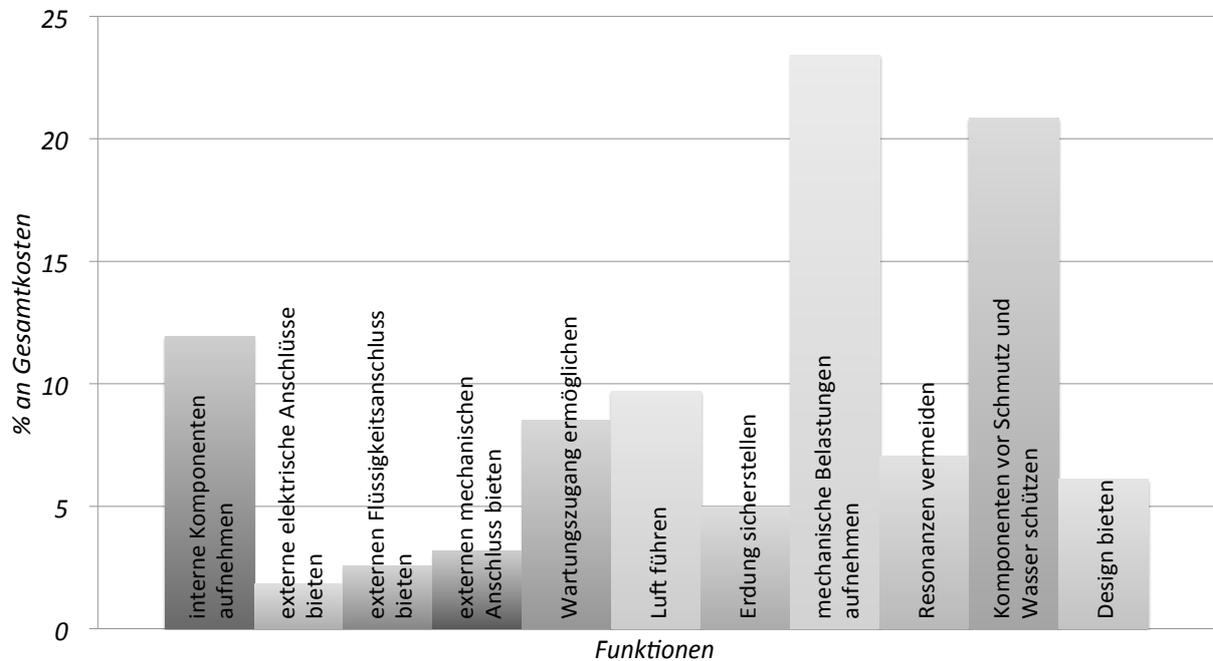


Abbildung 10: grafische Darstellung der einzelnen Funktionskosten in % der Gesamtkosten

Aus Abbildung 10 ist ersichtlich, dass die Funktion „mechanische Belastungen aufnehmen“ an beinahe einem Viertel der Gesamtkosten beteiligt ist.

### 3.5.2 Kostenanalyse und Funktionskosten

Aufbauend auf die Funktionskostenmatrix von Tabelle 15 können nun verschiedene Analysen vollzogen werden, um die kostentreibenden Funktionen zu lokalisieren und damit Anhaltspunkte für die Lösungssuche zu finden.

#### 3.5.2.1 ABC-Analyse/Pareto-Analyse

Um kostentreibende Funktionen zu ermitteln wurde zunächst nach Kapitel 2.5.4 eine Reihung der Kosten, von den höchsten bis zu den niedrigsten Beträgen, vorgenommen (Tabelle 16) und grafisch veranschaulicht (Abbildung 11).

<i>Funktionen sortiert nach Funktionskosten</i>	<i>Kosten</i>	<i>rel Anteil</i>	<i>Summe</i>
1 mechanische Belastungen aufnehmen	381,96 €	23,41 %	23,41 %
2 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	339,94 €	20,83 %	44,24 %
3 interne Komponenten aufnehmen	194,65 €	11,93 %	56,17 %
4 Luft führen	158,25 €	9,70 %	65,87 %
5 Wartungszugang ermöglichen	138,61 €	8,49 %	74,36 %
6 Resonanzen vermeiden	115,26 €	7,06 %	81,42 %
7 Design bieten	99,41 €	6,09 %	87,52 %
8 Erdung sicherstellen	80,87 €	4,96 %	92,47 %
9 externen mechanischen Anschluss bieten	51,51 €	3,16 %	95,63 %
10 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	41,60 €	2,55 %	98,18 %
11 externe elektrische Anschlüsse bieten	29,72 €	1,82 %	100,00 %
	<b>1631,76 €</b>		

Tabelle 16: Reihung der Funktionskosten

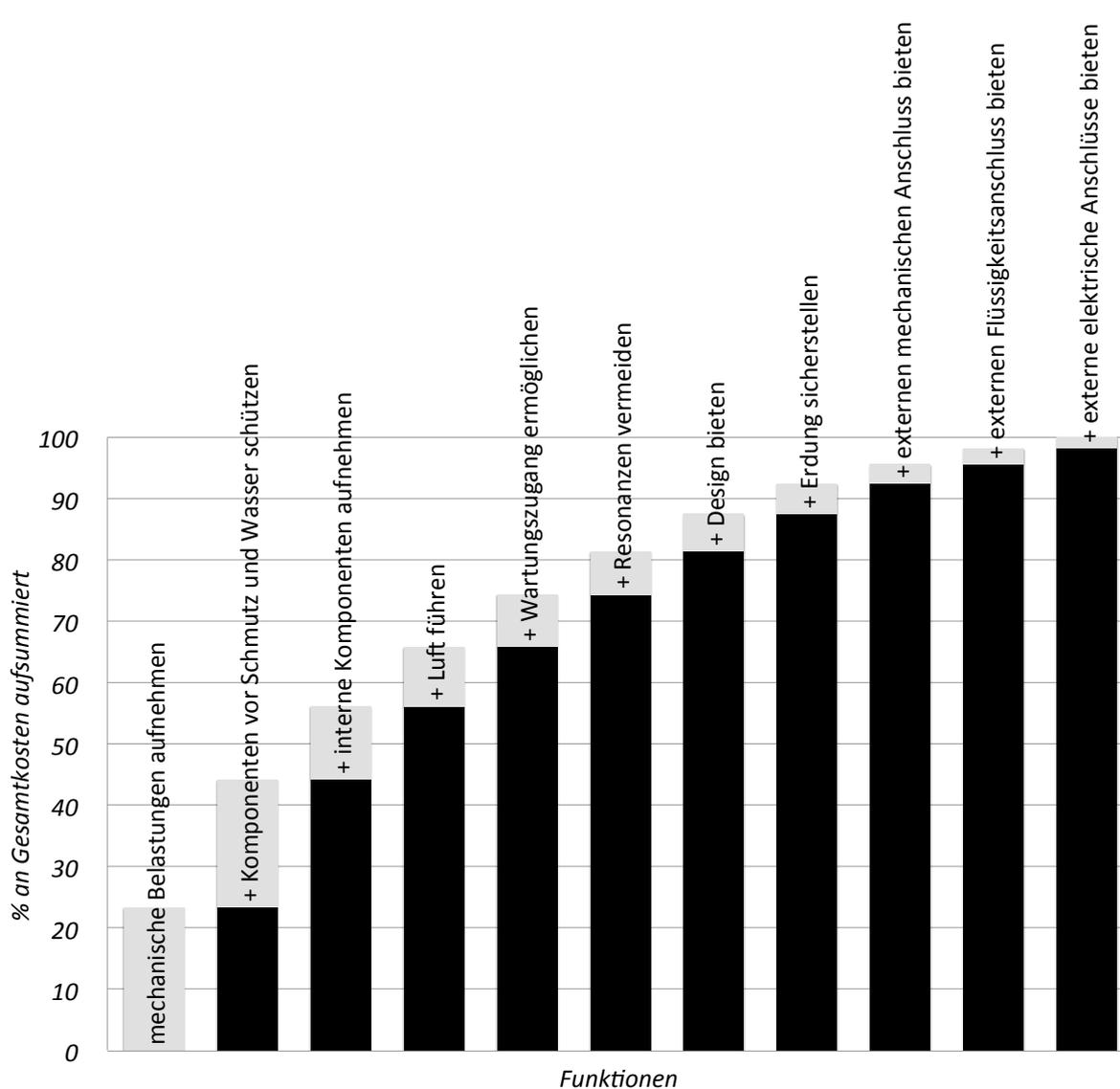


Abbildung 11: ABC-Analyse

Die A-Funktionen, die 60-80% der Gesamtkosten ausmachen, sind demnach:

- mechanische Belastungen aufnehmen (23,41% der Gesamtkosten)
- Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen (20,83% der Gesamtkosten)
- interne Komponenten aufnehmen (11,93% der Gesamtkosten)
- Luft führen (9,70% der Gesamtkosten)

### 3.5.2.2 Paarweiser Vergleich

Wie in Kapitel 2.5.5 beschrieben, wurden hier die 11 Funktionen miteinander verglichen. Nach der Auswertung dieser Analyse wurde ersichtlich, dass die Funktion „mechanische Belastungen aufnehmen“ mit 14,55% am wichtigsten und „Wartungszugang ermöglichen“ mit 1,82% bzw. „Design bieten“ mit sogar 0% am unwichtigsten sind (siehe Tabelle 17 und Abbildung 12).

	1 interne Komponenten aufnehmen	2 externe elektrische Anschlüsse bieten	3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	4 externen mechanischen Anschluss bieten	5 Wartungszugang ermöglichen	6 Luft führen	7 Erdung sicherstellen	8 mechanische Belastungen aufnehmen	9 Resonanzen vermeiden	10 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	11 Design bieten
1 interne Komponenten aufnehmen		0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0
2 externe elektrische Anschlüsse bieten	0,5		0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	0,5	0,5		0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0
4 externen mechanischen Anschluss bieten	0,5	0,5	0,5		0	0,5	0	0,5	0	0	0
5 Wartungszugang ermöglichen	1	1	1	1		1	1	1	1	1	0
6 Luft führen	0,5	0,5	0,5	0,5	0		0	1	0,5	0	0
7 Erdung sicherstellen	1	0,5	1	1	0	1		1	0	0	0
8 mechanische Belastungen aufnehmen	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0		0	0	0
9 Resonanzen vermeiden	1	1	1	1	0	0,5	1	1		0,5	0
10 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	1	1	1	1	0	1	1	1	0,5		0
11 Design bieten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Summe	7,5	7	7,5	7,5	1	6,5	4,5	8	3	2,5	0
Anteil	13,64	12,73	13,64	13,64	1,82	11,82	8,18	14,55	5,45	4,55	0,00
	55 ( )										
	100,00 (%)										

Tabelle 17: Paarweiser Vergleich

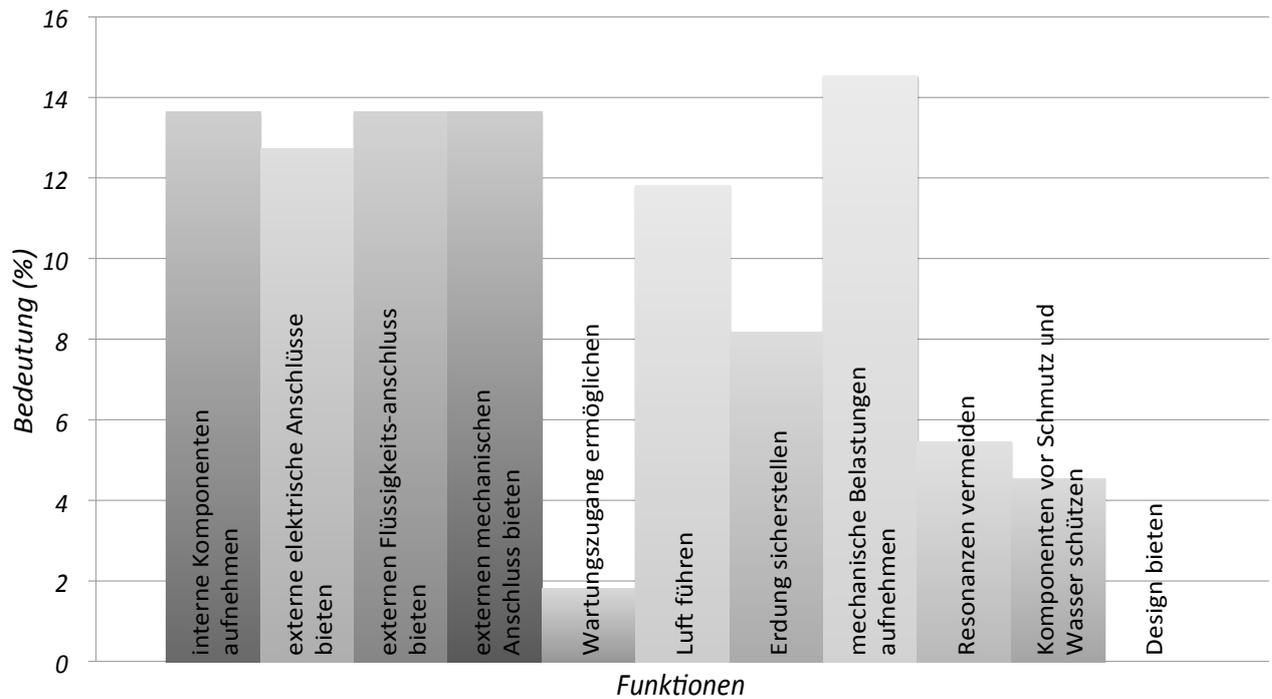


Abbildung 12: Grafische Aufbereitung des Paarweisen Vergleiches von Tabelle 17

In der grafischen Darstellung in Abbildung 12 sind die bedeutendsten Funktionen schnell zu erkennen:

- mechanische Belastungen aufnehmen (14,55% der Gesamtbedeutung)
- interne Komponenten aufnehmen (13,64% der Gesamtbedeutung)
- externen Flüssigkeitsanschluss bieten (13,64% der Gesamtbedeutung)
- externen mechanischen Anschluss bieten (13,64% der Gesamtbedeutung)

### 3.5.2.3 Wertegraph

Mit den Resultaten des Paarweisen Vergleiches konnte im Anschluss der Wertegraph aufbauend auf die Theorie aus Kapitel 2.5.6 erstellt werden. In Tabelle 18 wurde dazu der Wert von „Design bieten“ in der Reihe „Bedeutung der Funktion (von Paarweiser Vergleich)“, der laut Abbildung 12 eigentlich Null wäre, zur besseren Veranschaulichung auf 1% gesetzt, da ansonsten die Division durch Null nicht definiert wäre. Daher ist auch in dieser Reihe die Gesamtsumme 101%.

	interne Komponenten aufnehmen	externe elektrische Anschlüsse bieten	externen Flüssigkeitsanschluss bieten	externen mechanischen Anschluss bieten	Wartungszugang ermöglichen	Luft führen	Erdung sicherstellen	mechanische Belastungen aufnehmen	Resonanzen vermeiden	Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	Design bieten	Summe
Kosten der Funktion (%)	11,93	1,82	2,55	3,16	8,49	9,70	4,96	23,41	7,06	20,83	6,09	100 %
Bedeutung der Funktion (von Paarweiser Vergleich)	13,64	12,73	13,64	13,64	1,82	11,82	8,18	14,55	5,45	4,55	1,00	101 %
Kosten/Bedeutungsverhältnis	0,87	0,14	0,19	0,23	4,67	0,82	0,61	1,61	1,29	4,58	6,09	()
Unter- / Übererfüllung	-1,71	-10,91	-11,09	-10,48	6,68	-2,12	-3,23	8,86	1,61	16,29	5,09	%

Tabelle 18: Ermittlung des Kosten-/Bedeutungsverhältnisses bzw. der Unter-/Übererfüllung der Funktionen für den Wertegraph

Folgende kostentreibenden Funktionen können aufgrund des errechneten Kosten-/Bedeutungsverhältnisses bzw. der Unter-/Übererfüllung in Tabelle 18 und der Darstellung als Wertegraph in Abbildung 13 definiert werden:

- Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen (Übererfüllung: 16,29%, Kosten-/Bedeutungsverhältnis: 4,58)
- mechanische Belastungen aufnehmen (Übererfüllung: 8,86%, Kosten-/Bedeutungsverhältnis: 1,61)
- Wartungszugang ermöglichen (Übererfüllung: 6,68%, Kosten-/Bedeutungsverhältnis: 4,67)
- Design bieten (Übererfüllung: 6,08%, Kosten-/Bedeutungsverhältnis: 6,09 (würde aufgrund seiner Wertung im paarweisen Vergleich eigentlich gegen unendlich streben))

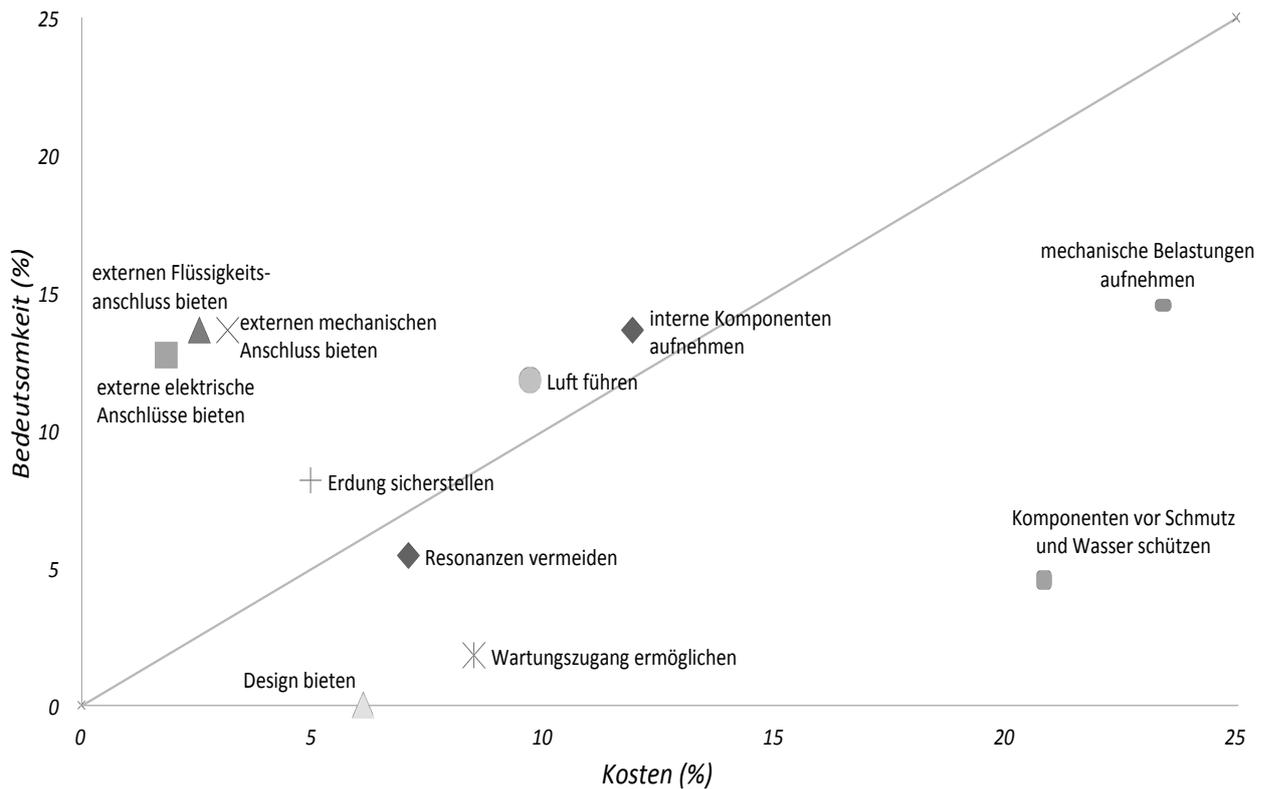


Abbildung 13: Wertegraph

Wie in Abbildung 13 ersichtlich ist, stehen alle restlichen Funktionen in einem akzeptablen Kosten-/Bedeutungsverhältnis.

### 3.5.2.4 Funktionserfüllungsgrad

Mit der Methode des Funktionserfüllungsgrades nach Kapitel 2.5.7 konnte eine mögliche Kosteneinsparung von nur etwa 5% (siehe Tabelle 19) ermittelt werden.

Die höchsten Kosteneinsparungsziele können demnach bei

- Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen (Kosteneinsparung: 33,99€)
- Design bieten (Kosteneinsparung: 19,88€)
- interne Komponenten aufnehmen (Kosteneinsparung: 19,46€)
- mechanische Belastungen aufnehmen (Kosteneinsparung: 19,10€)

erzielt werden.

## Wertanalyse

Funktionen	FUNKTIONSZIELE			KOSTENEINSPARUNGSZIELE		
	Funktionserfüllung			Kosteneinsparung auf Basis Funktionskosten		
	Ist	% Soll	%	%	€	% an Gesamtkosten
interne Komponenten aufnehmen	110 %	100 %		10 %	19,46 €	1,193 %
externe elektrische Anschlüsse bieten	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
externen Flüssigkeitsanschluss bieten	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
externen mechanischen Anschluss bieten	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
Wartungszugang ermöglichen	90 %	100 %		-10 %	-13,86 €	-0,849 %
Luft führen	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
Erdung sicherstellen	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
mechanische Belastungen aufnehmen	105 %	100 %		5 %	19,10 €	1,170 %
Resonanzen vermeiden	100 %	100 %		0 %	0,00 €	0,000 %
Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	110 %	100 %		10 %	33,99 €	2,083 %
Design bieten	120 %	100 %		20 %	19,88 €	1,22 %
<b>gesamtes Kosteneinsparungspotential</b>					<b>78,58 €</b>	<b>4,82 %</b>

Tabelle 19: Funktionserfüllungsgrad

### 3.5.3 Festlegung der Detailziele und der Bewertungskriterien

Mit den Ergebnissen des ersten Workshops konnte eine Gesamtübersicht der zu behandelnden Funktionen erstellt werden (siehe Tabelle 20).

		Funktionskosten in % der Gesamtkosten	Reihung lt. ABC Analyse	Über- / Untererfüllung der Funktion lt. Wertegraph	Reihung lt. Wertegraph	mögliche Kosteneinsparung lt. Funktionserfüllungsgrad in % der Gesamtkosten	Reihung lt. Funktionserfüllungsgrad	Durchschnittsreihung
1	Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	20,83 %	2	16,29 %	1	2,08 %	1	1,33
2	mechanische Belastungen aufnehmen	23,41 %	1	8,86 %	2	1,17 %	4	2,33
3	interne Komponenten aufnehmen	11,93 %	3	-1,71 %	6	1,19 %	3	4,00
4	Design bieten	6,09 %	7	6,09 %	4	1,22 %	2	4,33
5	Wartungszugang ermöglichen	8,49 %	5	6,68 %	3	-0,85 %	6	4,67
6	Luft führen	9,70 %	4	-2,12 %	7	0,00 %	5	5,33
6	Resonanzen vermeiden	7,06 %	6	1,61 %	5	0,00 %	5	5,33
8	Erdung sicherstellen	4,96 %	8	-3,23 %	8	0,00 %	5	7,00
9	externen mechanischen Anschluss bieten	3,16 %	9	-10,48 %	9	0,00 %	5	7,67
10	externe elektrische Anschlüsse bieten	1,82 %	11	-10,91 %	10	0,00 %	5	8,67
11	externen Flüssigkeitsanschluss bieten	2,55 %	10	-11,09 %	11	0,00 %	5	8,67
SUMME		100,00 %		0,00 %		4,82 %		

Tabelle 20: Zusammenfassung der analytischen Methoden

Mit dem Ermitteln einer Durchschnittsreihe aller durchgeführten Analysemethoden wurden folgende Funktionen festgelegt, die man weiterhin behandelte:

- Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen (Durchschnittsreihe: 1,33)
- mechanische Belastungen aufnehmen (Durchschnittsreihe: 2,33)
- interne Komponenten aufnehmen (Durchschnittsreihe: 4,00)
- Design bieten (Durchschnittsreihe: 4,33)
- Wartungszugang ermöglichen (Durchschnittsreihe: 4,67)
- Luft führen (Durchschnittsreihe: 5,33)

Eine Übersicht der analytischen Ergebnisse (Funktionskosten in Prozent der Gesamtkosten, Über-/Untererfüllung und mögliche Kosteneinsparung) der sechs wichtigsten Funktionen ist in Abbildung 14 dargestellt.

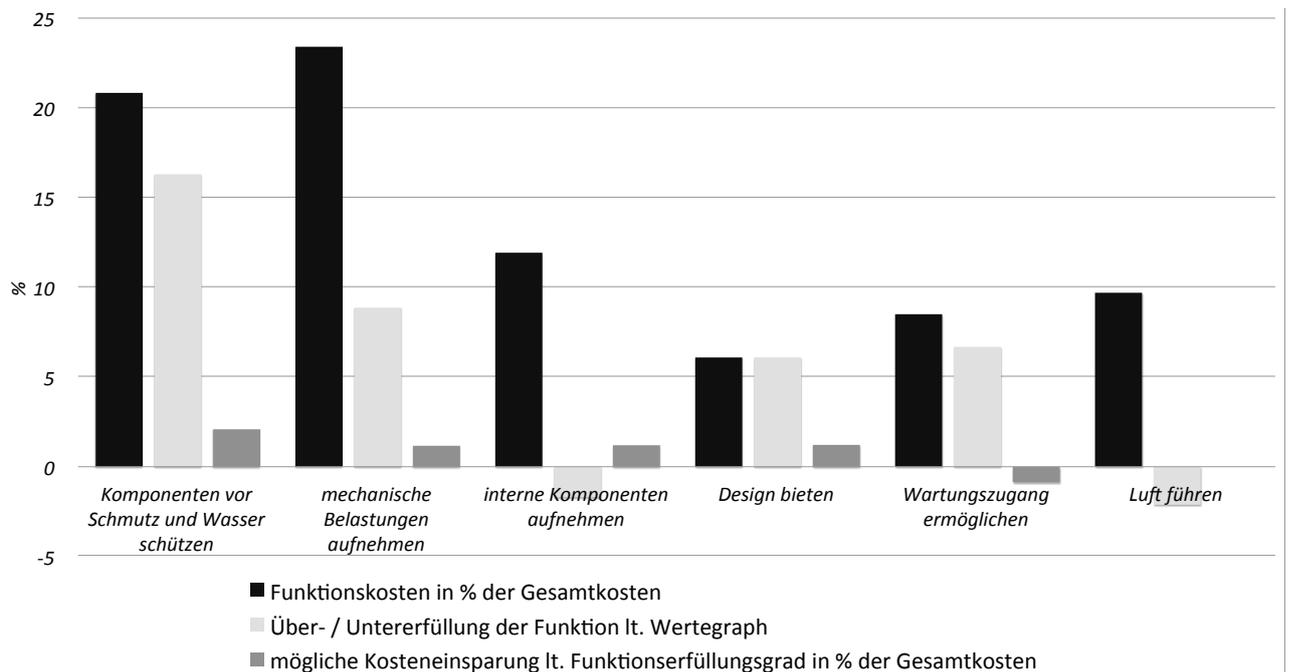


Abbildung 14: Übersicht der Einzelergebnisse

### ***3.6 Arbeitsschritt 5: Sammeln und Finden von Lösungsideen***

Mit der Reihung aus Tabelle 20 bzw. Abbildung 14 sind also sechs weiter zu behandelnde Funktionen festgelegt worden. Im zweiten Workshop wurde darauf aufbauend der Arbeitsschritt 5 „Sammeln und Finden von Lösungsideen“ aus dem Wertanalyse-Arbeitsplan aus Tabelle 11 vollzogen.

#### *3.6.1 Sammeln existierender Ideen*

Aufgrund der Tatsache, dass die Funktionen „mechanische Belastungen aufnehmen“ und „interne Komponenten aufnehmen“ eng miteinander verbunden sind, wurden diese beiden Funktionen gemeinsam behandelt. Für die Erarbeitung einer Lösung für diese Funktionen wurde die Galeriemethode, wie in Kapitel 2.5.8.2 beschrieben, angewendet.

Mögliche Lösungen für die restlichen Funktionen wurden mit der Brainstorming-Methode, wie in Kapitel 2.5.8.1 erläutert, ermittelt.

##### *3.6.1.1 Mechanische Belastungen aufnehmen & Interne Komponenten aufnehmen*

Als Beispiele für die erarbeiteten Lösungen seien Abbildung 15 und Abbildung 16 angeführt. Die restlichen Zeichnungen befinden sich im Anhang B.

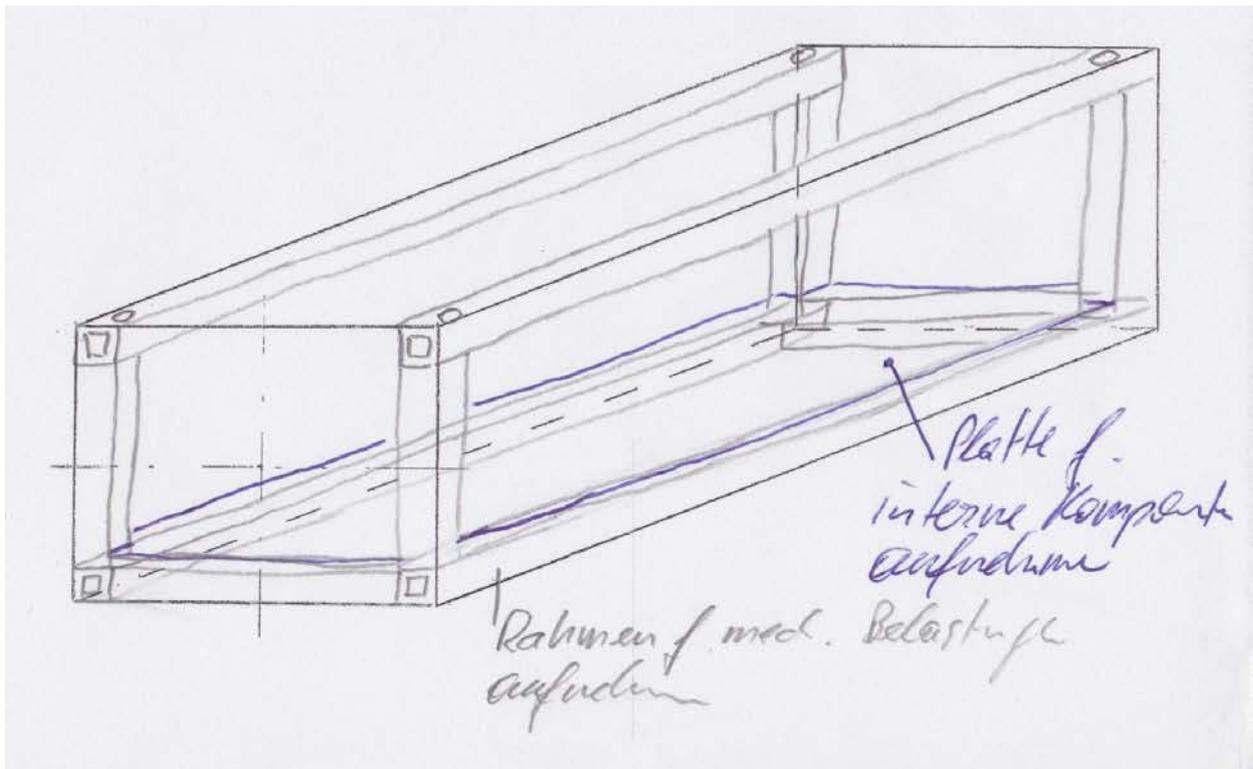


Abbildung 15: Profilrahmen

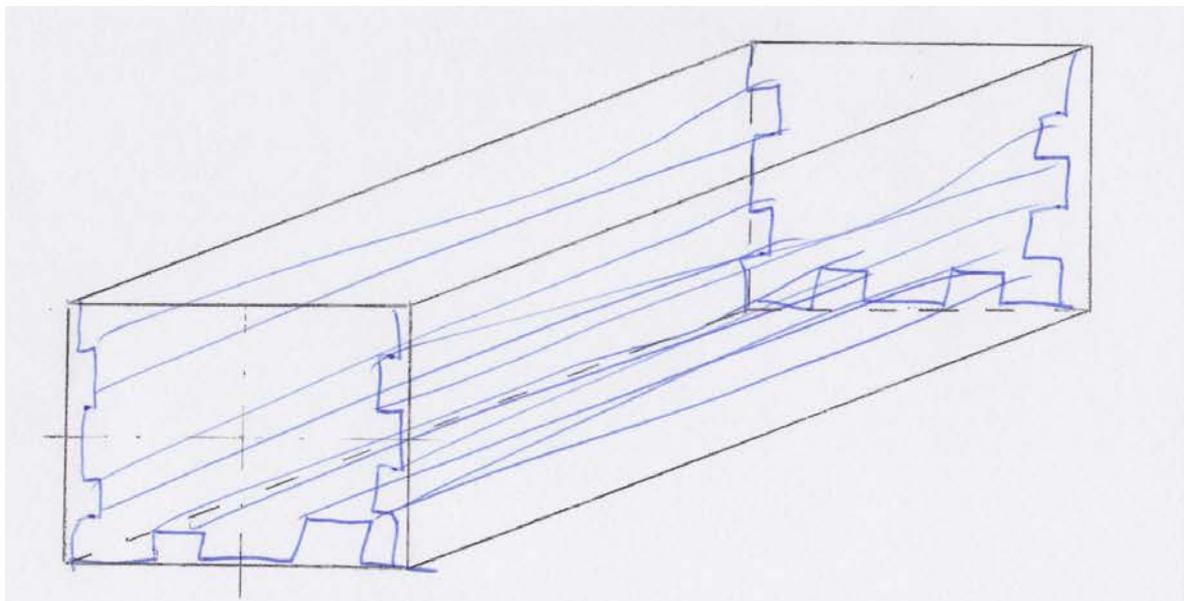


Abbildung 16: Gekantete Blechstruktur

Es stellte sich bei den vielen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten heraus, dass zwischen zwei grundlegenden Varianten unterschieden werden kann, die in Tabelle 21 dargestellt und erläutert werden.

Varianten	Anmerkungen
Gekantete Blechstruktur (Abbildung 15)	Hierbei handelt es sich um die Ist-Variante. Eine Weiterentwicklung der aktuellen Lösung wäre mit mehrfach gekanteten Blechteilen, die für zusätzliche Stabilität sorgen würden, erreichbar.
Profilrahmen (Abbildung 14)	Bei dieser Lösungsvariante handelt es sich um eine komplette Neuentwicklung mit Profilrohren, die die mechanischen Belastungen aufnehmen.

Tabelle 21: Lösungsvarianten zu „mechanische Belastungen aufnehmen“ und „interne Komponenten aufnehmen“

### 3.6.1.2 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen

Die Bilder der Flipcharts mit möglichen Lösungen zur Funktion „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“ sind in Abbildung 17 dargestellt.

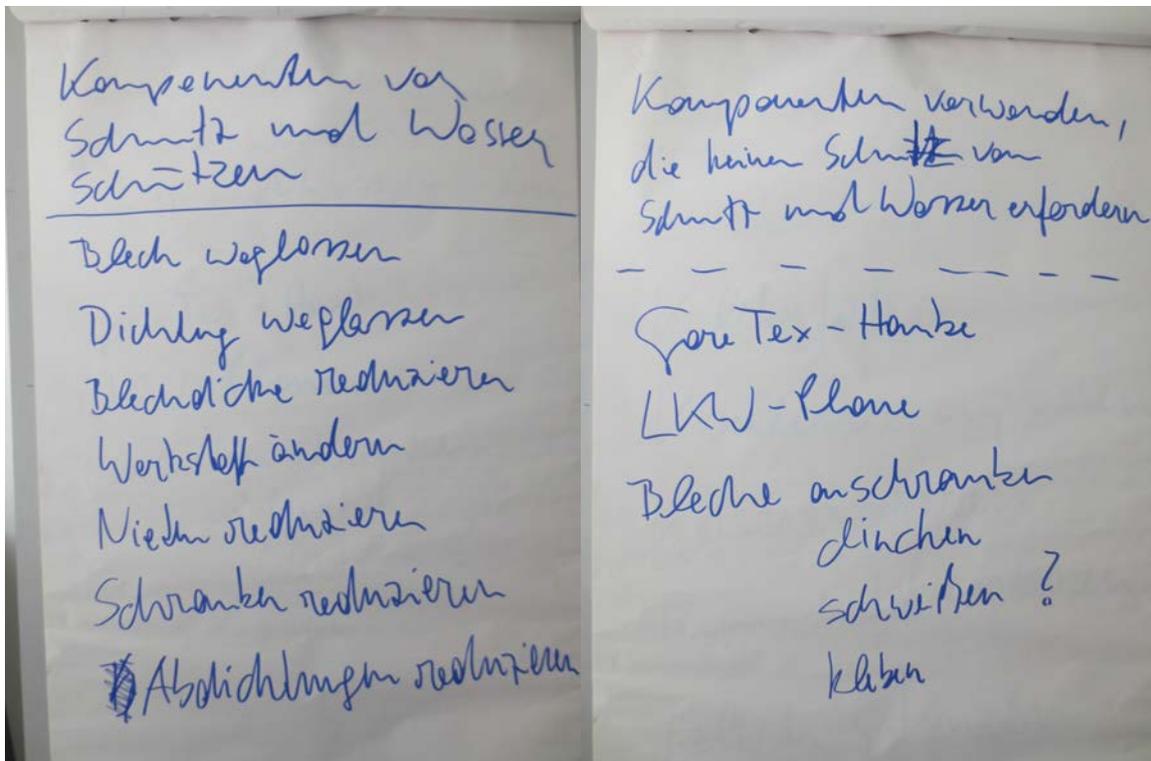


Abbildung 17: Flipchart „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“

Die erarbeiteten Lösungsmöglichkeiten zu dieser Funktion sind in Tabelle 22 aufgelistet und erläutert. Die Bilder der Flipcharts dazu befinden sich im Anhang C.

<i>Varianten</i>	<i>Anmerkungen</i>
Gekantete Blechstruktur	Hierbei handelt es sich um die Ist-Variante. Wie in Abbildung 15 abgebildet, handelt es sich um eine geschlossene Blechstruktur, die daher kein Wasser zu den Kühlkomponenten durchlassen würde.
Dichtung weglassen	Die Qualität der Dichtung der aktuellen Lösung kann als zu hoch angesehen werden. Es könnte also untersucht werden, wo Dichtungsmasse überflüssiger Weise angebracht wurde.
Blechdicke reduzieren	In der aktuellen Lösung wurde eine Blechdicke von 3mm verwendet. Bei einer mehrfach gekanteten Blechstruktur bzw. einem Profilrahmen, wie in 3.6.1.1 beschrieben, könnte man die Blechdicke reduzieren.
Werkstoff ändern	Die jetzige Lösung aus Aluminium ist sehr teuer. Hier könnte beispielsweise auch eine Kunststoffwand verwendet werden.
Nieten reduzieren	Die Distanz zwischen den einzelnen Nieten erhöhen, um so weniger Löcher bohren und auch Nieten verwenden zu müssen.
Abdichtungen reduzieren	Wie bei ‚Dichtung weglassen‘: Die Qualität der Dichtung der aktuellen Lösung kann als zu hoch angesehen werden. Es könnte also untersucht werden, wo zu viel Dichtungsmasse angebracht wurde und diese kann man dort reduzieren.
Schrauben reduzieren	Wie bei Nieten reduzieren: Distanz zwischen den einzelnen Schrauben erhöhen um so weniger Löcher bohren und auch Schrauben verwenden zu müssen.
Komponenten verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	Es könnten Materialien verwendet werden, die resistent gegenüber Verschmutzungen sind. Für solche Komponenten würde eine Hülle hinfällig werden.
GoreTex Haube	Eine GoreTex Haube über eine Rahmenkonstruktion könnte ebenfalls Schmutz und Wasser abweisen.
LKW Plane	Wie bei GoreTex Haube: Eine LKW Plane über eine Rahmenkonstruktion könnte ebenfalls Schmutz und Wasser abweisen.
Bleche (anschrauben, clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Dabei geht es um die Bleche, die an der Rahmenkonstruktion kostengünstig, aber zufriedenstellend befestigt werden sollen.
Bleche teilweise weglassen	Das Deckblech könnte z.B. ganz weggelassen werden, da die Wahrscheinlichkeit, dass Schmutz von oben eindringen kann, ziemlich gering ist.
Ritalschrank	Fa. Rital ist ein Unternehmen, das sich auf Schaltschränke spezialisiert hat und die elektronischen Komponenten ev. besser und günstiger schützen könnte, als ein selbst konstruierter Schaltschrank.

*Tabelle 22: Lösungsvarianten zu „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“*

### 3.6.1.3 Design bieten

Die erarbeiteten Lösungsmöglichkeiten zu dieser Funktion sind in Tabelle 23 aufgelistet und erläutert, die Bilder der Flipcharts dazu befinden sich im Anhang C.

<i>Varianten</i>	<i>Anmerkungen</i>
Lackierung	Hierbei handelt es sich um die Ist-Variante. Für die Farbgebung könnte allerdings eine billigere Lackierung verwendet, respektive nicht sichtbare Teile wie die Ober- bzw. Unterseite des Gehäuses gar nicht lackiert werden.
Klebefolie	Anstatt einer Lackierung könnte eine Klebefolie verwendet werden, wie sie etwa auf Straßenbahnen oder LKWs jetzt bereits eingesetzt werden.
Kontur anpassen	Hierbei ist vor allem die Kontur des gesamten Gehäuses gemeint, die zur Zeit ein rechteckiger Kasten ist. Bei Oberflurgeräten sind Konturen realisiert worden, die sich mehr dem Design des Zuges anpassen.
Lasergravieren	Zum Anbringen wichtiger Informationen wie Firmenname oder Typenschild sollte einfach auf den Seitenblechen eine Lasergravur angebracht werden. Da Löcher für Nieten oder Schrauben jetzt bereits gelasert werden, könnten diese Informationen im selben Arbeitsgang angebracht werden.
Typenschild weglassen	Das Weglassen eines Typenschildes würde die Funktion ‚Design bieten‘ ebenfalls verbilligen.
Lackierung weglassen	Das wäre die billigste Lösung, aber auch die unästhetischste.

*Tabelle 23: Lösungsvarianten zu „Design bieten“*

### 3.6.1.4 Wartungszugang ermöglichen

Die erarbeiteten Lösungsmöglichkeiten zu dieser Funktion sind in Tabelle 24 aufgelistet und erläutert. Die Bilder der Flipcharts dazu befinden sich im Anhang C.

<i>Varianten</i>	<i>Anmerkungen</i>
Wartungsdeckel und Gitter	Hierbei handelt es sich um die vorhandene Variante. Für Wartung bzw. auch zum Einbau der Kühlkomponenten sind demontierbare Deckel auf den Seitenblechen vorgesehen.
Abnehmbare Seitenwände	Zum Einbau und zur Wartung der Kühlkomponenten könnten bei der Variante mit dem Profilrahmen die gesamten Seitenwände demontierbar gestaltet werden.
Wartungsöffnung	Um eine Wartungszugang zu gewährleisten, könnten so große Öffnungen in den Seitenbleche angebracht werden, dass ein Arbeiter mit seinen Händen hindurchgreifen kann.
Gitter in Seitenwand integriert	Um das Kondensatorgitter nicht als extra Teil fertigen zu müssen, könnte in die Seitenwand gleich ein derartiges Gitter integriert werden.

*Tabelle 24: Lösungsvarianten zu „Wartungszugang ermöglichen“*

### 3.6.1.5 Luft führen

Die erarbeiteten Lösungsmöglichkeiten zu dieser Funktion sind in Tabelle 25 aufgelistet und erläutert, die Bilder der Flipcharts dazu befinden sich im Anhang C.

<i>Varianten</i>	<i>Anmerkungen</i>
Ansauggitter & Trennwände	Hierbei handelt es sich um die vorhandene Variante. Zum Luft führen werden die Trennwände zwischen E-Raum und Kondensatorraum bzw. Wärmetauscherraum und Kondensatorraum genutzt.
Saugstutzen	Zur besseren respektive effizienteren Nutzung der Luft, könnte diese durch einen Trichter zwischen Kondensator und Ventilator angesaugt werden.
Gestanzte Löcher	Durch größere, in die Seitenwand gestanzte Löcher, könnte das Kondensatorgitter weggelassen werden und diese Funktion billiger realisiert werden.
Dünnere Trennwände	Momentan sind die Trennwände 3mm dick, da sie auch Belastungen aufnehmen müssen. Durch o.a. Lösungen für „mechanische Belastungen aufnehmen“ wären dünnere Trennwände realisierbar.

*Tabelle 25: Lösungsvarianten zu „Luft führen“*

3.6.2 Entwickeln neuer Ideen ganzheitlicher Lösungen

Zunächst wurde mit den unter Kapitel 3.6.1 erarbeiteten Lösungsvorschlägen ein morphologischer Kasten erstellt (siehe Tabelle 26).

Funktionen	bestehende Lösung	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4	Lösung 5	Lösung 6	Lösung 7	Lösung 8	Lösung 9	Lösung 10	Lösung 11	Lösung 12
1 mechanische Belastungen aufnehmen	gekanntete Blechstruktur	Profilrahmen und Hülle											
2 interne Komponenten aufnehmen													
3 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	gekanntete Blechstruktur	Dichtung weglassen	Blechdicke reduzieren	Werkstoff ändern	Nieten reduzieren	Abdichtung reduzieren	Schrauben reduzieren	Komponenten verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	GoreTex Haube	LKW Plane	Bleche (anschr., clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Bleche teilweise weglassen	Ritalschrank
4 Design bieten	Lackierung	Klebefolie	Kontur anpassen	Lasergravieren	Typenschild weglassen	Lackierung weglassen							
5 Wartungszugang ermöglichen	Wartungsdeckel & Gitter	abnehmbare Seitenwände	Wartungsöffnung	Gitter in Seitenwand integriert									
6 Luft führen	Ansauggitter & Trennwände	Saugstutzen	gestanzte Löcher	dünnere Trennwände									

Tabelle 26: Morphologischer Kasten

Mit Hilfe dieses morphologischen Kastens wurden, wie in Kapitel 2.5.8.3 erläutert, drei verschiedene Lösungsvarianten erstellt, die nun erläutert werden. Hierbei sollte noch angemerkt werden, dass nicht verwendete Lösungen (wie etwa „Werkstoff ändern“,

„GoreTex Haube“ oder „LKW Plane“) deshalb in den Lösungsvarianten keinen Einsatz fanden, da sie von Seiten der Firma als zwar mögliche, aber über die Lebensdauer gesehen als nicht taugliche Lösungen angesehen wurden.

3.6.2.1 Variante 1 (innovative Variante)

	bestehende Lösung	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4	Lösung 5	Lösung 6	Lösung 7	Lösung 8	Lösung 9	Lösung 10	Lösung 11	Lösung 12
1	mechanische Belastungen aufnehmen	Profilrahmen und Hülle											
2	interne Komponenten aufnehmen												
3	Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	Dichtung weglassen	Blechdicke reduzieren	Werkstoff ändern	Nieten reduzieren	Abdichtung reduzieren	Schrauben reduzieren	Komponenten verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	GoreTex Haube	LKW Plane	Bleche (anschrauben, Clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Bleche teilweise weglassen	Ritalschrank
4	Design bieten	Klebefolie	Kontur anpassen	Lasergravieren	Typenschild weglassen	Lackierung weglassen							
5	Wartungszugang ermöglichen	abnehmbare Seitenwände	Wartungsöffnung	Gitter in Seitenwand integriert									
6	Luft führen	Saugstutzen	gestanzte Löcher	dünnere Trennwände									

Tabelle 27: Morphologischer Kasten für Variante 1

Variante 1 aus Tabelle 27 ist die innovativste der drei erstellten Lösungen. Sie sieht einen Profilrahmen mit einer Hülle aus dünnen Blechen vor, die fix am Rahmen befestigt sind. Der Wartungszugang erfolgt über große Löcher in den Seitenwänden, die so dimensioniert sein sollen, dass man mit einer Hand hindurchgreifen und Wartungsarbeiten vollziehen kann. Die elektrischen Komponenten werden in dieser Variante durch einen zugekauften Schaltschrank der Firma Rital geschützt. Die Luft soll durch einen Saugstutzen geleitet werden, um Verluste durch Verwirbelungen der Luft zu verhindern.

Eine Skizze dieser Lösungsvariante ist in Abbildung 18 dargestellt.

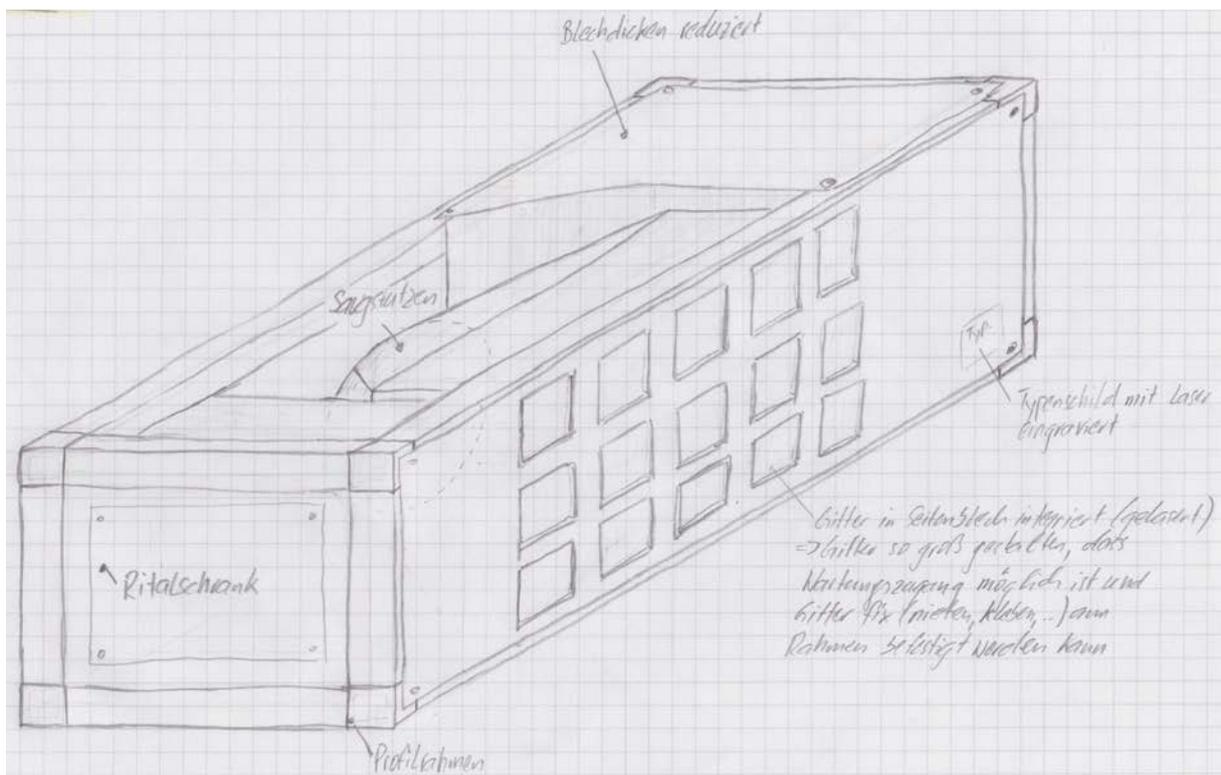


Abbildung 18: Skizze zu Variante 1

3.6.2.2 Variante 2 (evolutionäre Variante)

Funktionen	bestehende Lösung	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4	Lösung 5	Lösung 6	Lösung 7	Lösung 8	Lösung 9	Lösung 10	Lösung 11	Lösung 12
1 mechanische Belastungen aufnehmen	gekantete Blechstruktur	Profiframen und Hülle											
2 interne Komponenten aufnehmen													
3 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	gekantete Blechstruktur	Dichtung weglassen	Blechdicke reduzieren	Werkstoff ändern	Nieten reduzieren	Abdichtung reduzieren	Schrauben reduzieren	Komponenten verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	GoreTex Haube	LKW Plane	Bleche (anschrauben, Clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Bleche teilweise weglassen	Ritalschrank
4 Design bieten	Lackierung	Klebefolie	Kontur anpassen	Lasergravieren	Typenschild weglassen	Lackierung weglassen							
5 Wartungszugang ermöglichen	Wartungsdeckel & Gitter	abnehmbare Seitenwände	Wartungsöffnung	Gitter in Seitenwand integriert									
6 Luft führen	Ansauggitter & Trennwände	Saugstutzen	gestanzte Löcher	dünnere Trennwände									

Tabelle 28: Morphologischer Kasten für Variante 2

Variante 2 aus Tabelle 28 stellt eine Weiterentwicklung der aktuellen Lösung dar. Mechanische Belastungen werden hierbei zwar wie in Variante 1 durch einen Profilrahmen aufgenommen, das Innenleben mit den Leitblechen bzw. Trennwänden ist allerdings stark an der aktuellen Lösung angelehnt. Für die elektrischen Komponenten ist wieder ein Ritalschrank vorgesehen, für die Wartung abnehmbare Seitenwände mit kleinen gestanzten Löchern für die Luftzufuhr.

Eine Skizze dieser Lösungsvariante ist in Abbildung 19 dargestellt.

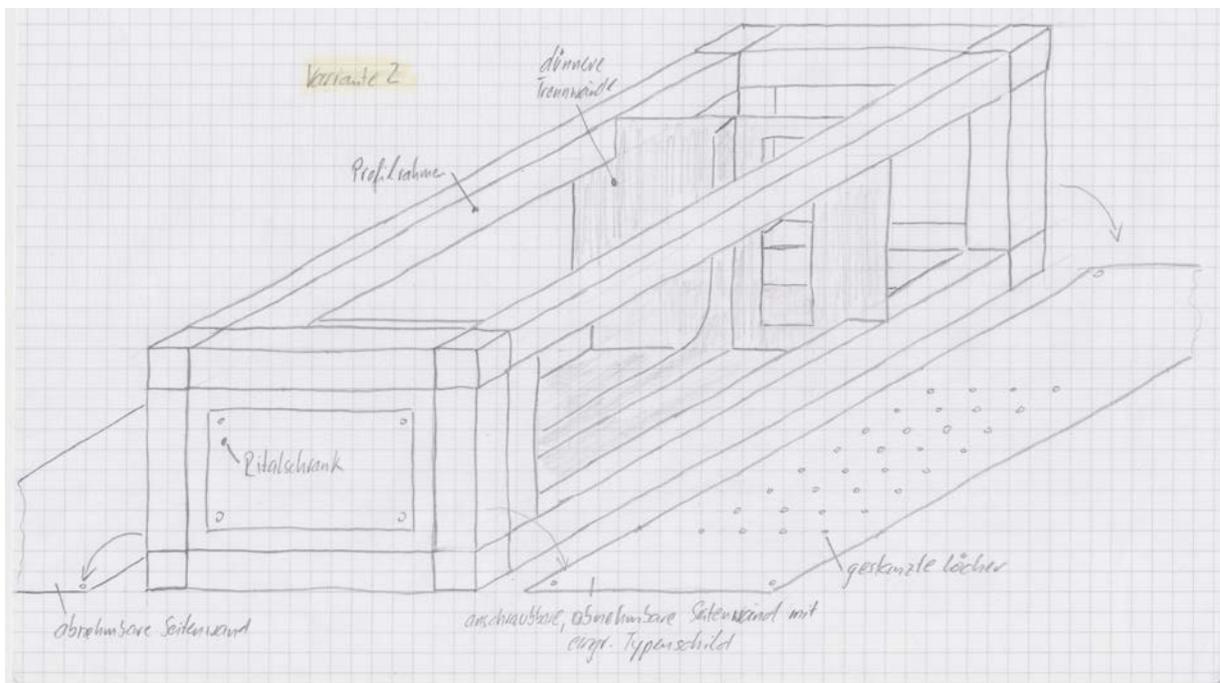


Abbildung 19: Skizze zu Variante 2

3.6.2.3 Variante 3 (konservative Variante)

Funktionen	bestehende Lösung	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4	Lösung 5	Lösung 6	Lösung 7	Lösung 8	Lösung 9	Lösung 10	Lösung 11	Lösung 12
1 mechanische Belastungen aufnehmen	gekantete Blechstruktur	Profiltrahmen und Hülle											
2 interne Komponenten aufnehmen													
3 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	gekantete Blechstruktur	Dichtung weglassen	Blechdicke reduzieren	Werkstoff ändern	Nieten reduzieren	Abdichtung reduzieren	Schrauben reduzieren	Komponenteneth verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	Gore Tex Haube	LKW Plane	Bleche (anschrauben, Clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Bleche teilweise weglassen	Ritalschrank
4 Design bieten	Lackierung	Klebefolie	Kontur anpassen	Lasergravieren	Typenschild weglassen	Lackierung weglassen							
5 Wartungszugang ermöglichen	Wartungsdeckel (E-Raum)	abnehmbare Seitenwände	Wartungsöffnung	Gitter in Seitenwand integriert									
6 Luft führen	Ansauggitter & Trennwände	Saugstützen	gestanzte Löcher	dünnere Trennwände									

Tabelle 29: Morphologischer Kasten für Variante 3

Die konservativste Lösung stellt Variante 3 aus Tabelle 29 dar. Hierbei wird wie im aktuellen Gehäuse eine gekantete Blechstruktur zum Aufnehmen der mechanischen Belastungen und der internen Komponenten verwendet. Zur effizienteren Luftführung sollte jedoch wieder der Saugstutzen verwendet werden und zur Wartung größere Wartungsöffnungen, die in der Seitenwand integriert sind. Um Kosten im Design einzusparen sollte, gänzlich auf die Lackierung verzichtet werden.

Eine Skizze der Variante 3 stellt Abbildung 20 dar.

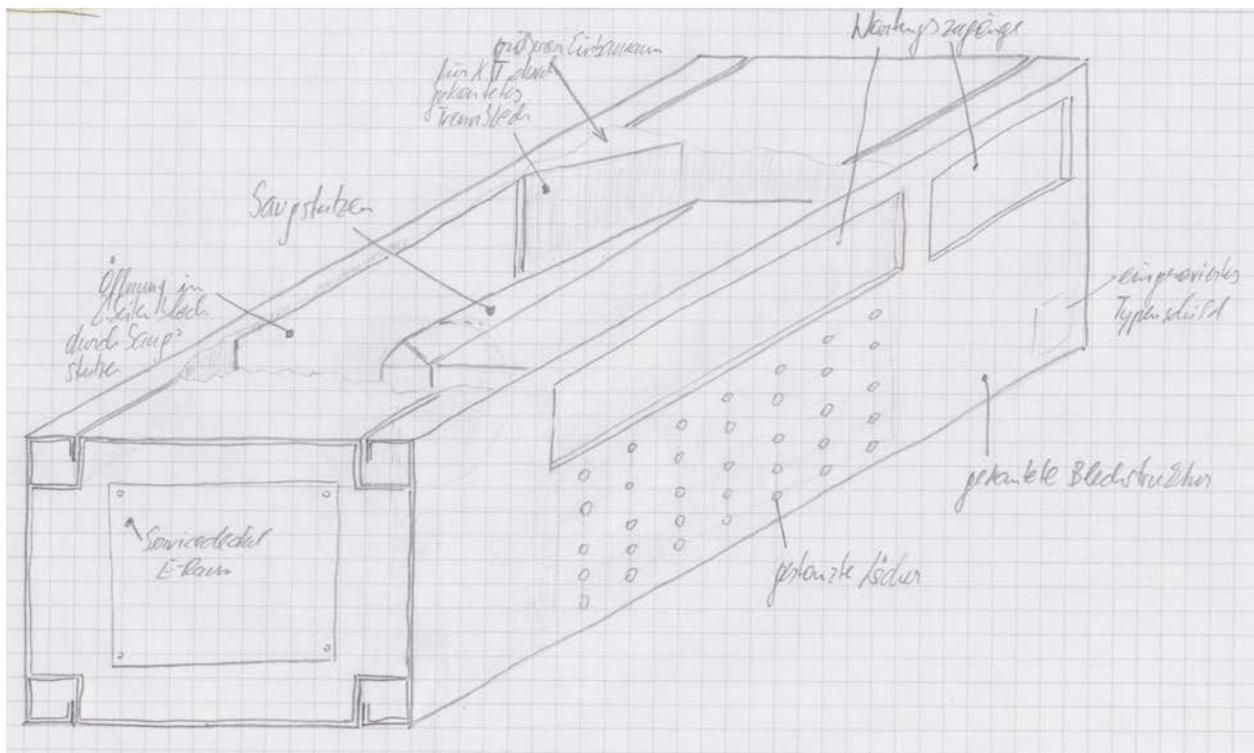


Abbildung 20: Skizze zu Variante 3

### 3.6.3 Kritische Analyse der 3 Lösungsvarianten

#### *Profilrahmen:*

Für Variante 1 und Variante 2 musste zunächst abgeklärt werden, ob mechanische Belastungen durch einen Profilrahmen aufnehmbar wären, der geringere Kosten als die gegenwärtige Lösung verursacht. Dazu war eine Finite-Elemente-Berechnung seitens der Firma notwendig. Es musste außerdem abgeklärt werden, auf welche Blechdicke man die Seitenbleche reduzieren kann, wenn diese durch den Profilrahmen keine Belastung mehr zu tragen haben und wo man Bleche gänzlich weglassen kann.

Erste Gespräche und Tests ergaben, dass eine Umsetzung durch einen Profilrahmen definitiv möglich ist. Die Blechdicke der Seitenwände kann auf 1,5mm reduziert werden.

#### *Saugstutzen:*

Weiters ist für Variante 1 und Variante 3 abzuklären, wie der Saugstutzen ausgeführt werden könnte und ob die Luftführung dadurch überhaupt effizienter gestaltet werden kann.

Als Ergebnis konnte ein aus 4 Blechteilen zusammengebauter Saugstutzen vorgewiesen werden.

#### *Seitenbleche:*

Bei den fix angeschraubten Seitenblechen in Variante 2 musste überprüft werden, ob man durch die vergrößerten Löchern in der Seitenwand einerseits Wartungsarbeiten durchführen werden können bzw. andererseits noch ein ausreichender Schutz der dahinterliegenden Komponenten gewährleistet werden kann. Es stellte sich die Frage, wie man die Seitenbleche in Variante 1 befestigen sollte (clinchen, schweißen oder kleben). Bei Variante 2 war noch abzuklären, wie man die Seitenbleche am besten demontierbar gestalten kann und wie groß die gestanzten Löcher für eine ausreichende Luftversorgung der dahinterliegenden Komponenten auszuführen sind.

Durch interne Diskussionen konnte man sich auf eine Lochgröße von 30x30mm einigen, durch die sowohl Wartungen als auch der Schutz der Komponenten gewährleistet sind. Seitenbleche der Variante 1 sollten genietet und bei Variante 2 geschraubt werden. Für ausreichende Luftversorgung sollten die Löcher minimal 10x10mm groß sein.

### **3.7 Arbeitsschritt 6: Bewertung der Lösungsideen**

Dieser Arbeitsschritt wurde im Zuge des 3. Workshops umgesetzt. Um einen besseren Einstieg und in Folge auch bessere Ergebnisse zu erhalten, wurde vor dem Workshop eine Checkliste ausgegeben, zu der sich jeder Teilnehmer für die spätere Bewertung vorab seine Gedanken machen sollte:

Checkliste zu Variante 1:

- Mechanische Belastungen durch Profilrahmen aufnehmbar?
- Wo kann man Dichtungen weglassen?
- Welche Blechdicke kann reduziert werden?
- Sollen Seitenbleche zur Befestigung geclincht, geschweißt, geklebt oder genietet werden?
- Welche Bleche können weggelassen werden?
- Welcher Schaltschrank von Rittal kann verwendet werden?
- Ist eine Lasergravierung möglich um damit die Lackierung weglassen zu können?
- Ist es sinnvoll das Typenschild ein zu gravieren?
- Wie groß müsste das Gitter in der Seitenwand sein, damit man – ohne die Seitenwand zu demontieren – trotzdem eine Wartung vollziehen kann?
- Wie kann der Saugstutzen ausgeführt werden?

Checkliste zu Variante 2:

- Seitenbleche zur lösbaren Befestigung schrauben? Wie viele Schrauben wären notwendig?
- Wie kann man die Seitenwände am besten demontieren (Griff)?
- Welche Blechdicke sollen die Trennwände minimal haben?
- Wie groß müssen die gestanzten Löcher ausgeführt werden um die Luftführung zu gewährleisten?

Checkliste zu Variante 3:

- Mechanische Belastungen durch gekantete Blechstruktur aufnehmbar?
- Wo können Dichtungen, Nieten, Abdichtungen und Schrauben reduziert werden?
- Wo können Wartungsöffnungen sinnvoll angebracht werden?

3.7.1 Bewertung und Kombination der Ideen

3.7.1.1 Nutzwertanalyse

Zum Bewerten der drei neuen und der aktuellen vorherrschenden Variante wurde die Nutzwertanalyse (Kapitel 2.5.9) verwendet, die Gewichtung der einzelnen Funktionen stammen vom paarweisen Vergleich (Kapitel 3.5.2.2). Die im dritten Workshop ausgearbeiteten Ergebnisse sind in Tabelle 30 dargestellt. Hier wurden zunächst alle Funktionen bewertet.

	Gew.	IST - Variante		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW
1 mechanische Belastungen aufnehmen	14,55	7	1,02	6	0,87	6	0,87	6	0,87
2 interne Komponenten aufnehmen	13,64	7	0,95	6	0,82	6	0,82	7	0,95
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	13,64	7	0,95	6	0,82	6	0,82	7	0,95
4 externen mechanischen Anschluss bieten	13,64	8	1,09	8	1,09	8	1,09	8	1,09
5 externe elektrische Anschlüsse bieten	12,73	8	1,02	8	1,02	8	1,02	8	1,02
6 Luft führen	11,82	5	0,59	8	0,95	5	0,59	8	0,95
7 Erdung sicherstellen	8,18	8	0,65	2	0,16	2	0,16	8	0,65
8 Resonanzen vermeiden	5,45	6	0,33	8	0,44	7	0,38	7	0,38
9 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	4,55	9	0,41	8	0,36	9	0,41	8	0,36
10 Wartungszugang ermöglichen	1,82	7	0,13	7	0,13	9	0,16	6	0,11
11 Design bieten	0,00	8	0,00	5	0,00	8	0,00	6	0,00
	<b>Σ 100,00</b>	<b>Σ</b>	<b>7,15</b>	<b>Σ</b>	<b>6,65</b>	<b>Σ</b>	<b>6,33</b>	<b>Σ</b>	<b>7,35</b>
		<b>∅</b>	<b>0,65</b>	<b>∅</b>	<b>0,60</b>	<b>∅</b>	<b>0,58</b>	<b>∅</b>	<b>0,67</b>

Tabelle 30: Nutzwertanalyse (Gew...Gewichtung lt. Paarweiser Vergleich in %, Bew...Bewertung nach Workshop 3, NW...Nutzwert)

Damit kann folgende Reihenfolge festgelegt werden:

- 1) Variante 3 (Nutzwert = 7,35)
- 2) Ist-Variante (Nutzwert = 7,15)
- 3) Variante 1 (Nutzwert = 6,65)
- 4) Variante 2 (Nutzwert = 6,33)

Die 4 Nutzwerte liegen also relativ knapp zusammen. In Abbildung 21 wurden daher aufbauend auf Tabelle 30 die Nutzwerte der 4 Varianten für jede einzelne Funktion dargestellt. Dabei kann man schnell erkennen, dass „Luft führen“ mit dem Saugstutzen

in den Varianten 1 und 3 und „Erdung sicherstellen“ in den Ausführungen mit den gekanteten Blechen in der Ist-Variante und in Variante 3 sehr viel besser abschneiden als in den anderen Ausführungen. Bei allen anderen Funktionen herrschen beim Vergleichen der Nutzwerte geringere Unterschiede.

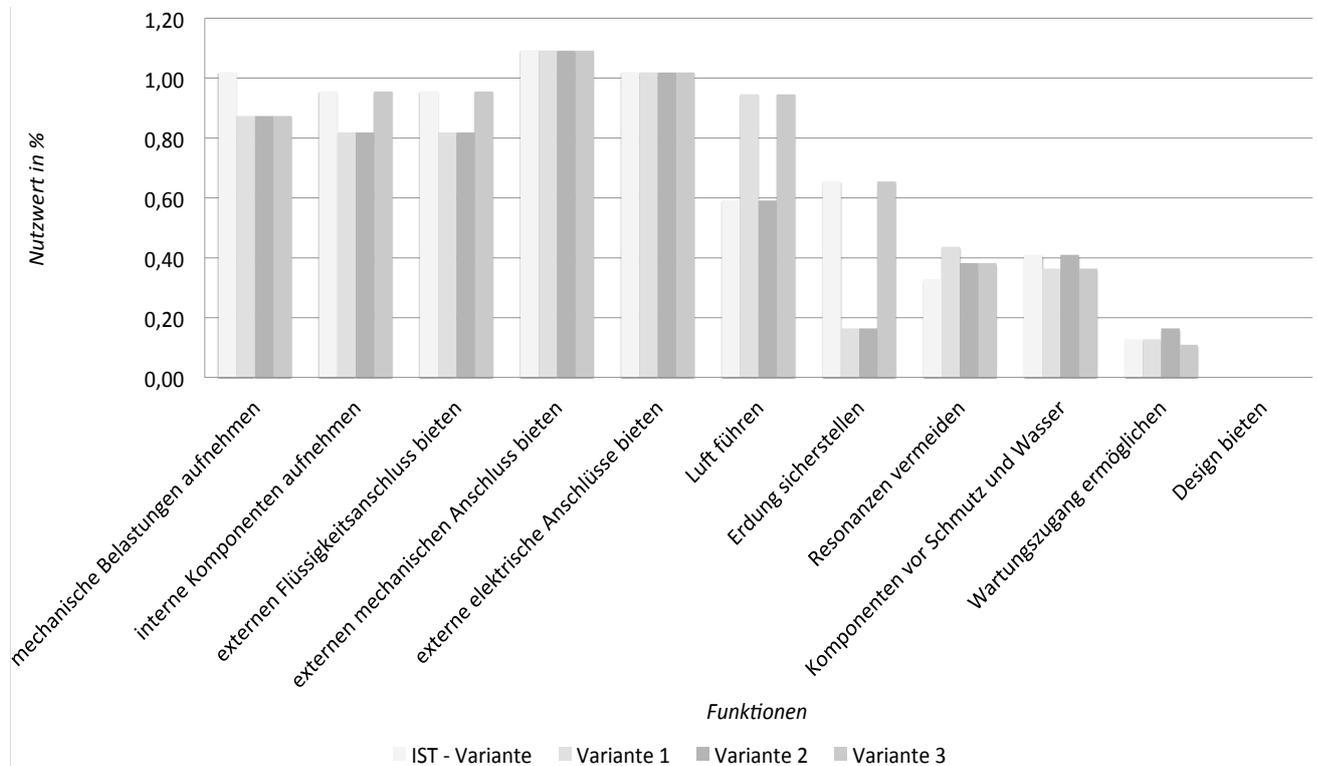


Abbildung 21: Grafik zu Nutzwertanalyse

Man sollte allerdings beachten, dass für die Nutzwertbeurteilung nicht nur die Summe des Gesamtnutzwertes entscheidend ist, sondern auch eine geringe Abweichung vom Durchschnittswert der jeweiligen Variante von Bedeutung ist. Tabelle 31 bezieht sich dabei auf die Durchschnittswerte der Varianten, die in Tabelle 30 in der letzten Zeile berechnet wurden.

	Ist-Variante $\bar{\phi}=0,65$		Variante 1 $\bar{\phi}=0,60$		Variante 2 $\bar{\phi}=0,58$		Variante 3 $\bar{\phi}=0,67$	
	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.
1 mechanische Belastungen aufnehmen	1,02	0,37	0,87	0,27	0,87	0,29	0,87	0,20
2 interne Komponenten aufnehmen	0,95	0,30	0,82	0,22	0,82	0,24	0,95	0,28
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	0,95	0,30	0,82	0,22	0,82	0,24	0,95	0,28
4 externen mechanischen Anschluss bieten	1,09	0,44	1,09	0,49	1,09	0,51	1,09	0,42
5 externe elektrische Anschlüsse bieten	1,02	0,37	1,02	0,42	1,02	0,44	1,02	0,35
6 Luft führen	0,59	-0,06	0,95	0,35	0,59	0,01	0,95	0,28
7 Erdung sicherstellen	0,65	0,00	0,16	-0,44	0,16	-0,42	0,65	-0,02
8 Resonanzen vermeiden	0,33	-0,32	0,44	-0,16	0,38	-0,20	0,38	-0,29
9 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	0,41	-0,24	0,36	-0,24	0,41	-0,17	0,36	-0,31
10 Wartungszugang ermöglichen	0,13	-0,52	0,13	-0,47	0,16	-0,42	0,11	-0,56
11 Design bieten	0,00	-0,65	0,00	-0,60	0,00	-0,58	0,00	-0,67
Summe		3,58		3,87		3,52		3,66

Tabelle 31: Abweichung der jeweiligen Funktion vom Durchschnitt der jeweiligen Variante

Die geringste Abweichung vom Durchschnitt hat lt. Tabelle 31 also Variante 2. Da die Werte der Gesamtabweichung aber ebenfalls sehr eng zusammenliegen, ist noch eine Schwachstellenanalyse durchgeführt worden.

### 3.7.1.2 Schwachstellenanalyse

Um die Qualität der verschiedenen Lösungsvarianten besser herauszustreichen, wurde im Zuge einer Schwachstellenanalyse (nach Kapitel 2.5.9) noch jede Funktion einzeln behandelt. In Tabelle 32 wurden dazu die Durchschnittswerte der Funktionen (Unterschied zu Tabelle 31: dort wurden die Durchschnittswerte der Varianten berechnet) errechnet. Aufbauend auf diese Werte konnte im Anschluss die Abweichung der verschiedenen Varianten bestimmt werden.

	Ø der Funktion	Ist-Variante		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.
1 mechanische Belastungen aufnehmen	0,91	1,02	0,11	0,87	-0,04	0,87	-0,04	0,87	-0,04
2 interne Komponenten aufnehmen	0,89	0,95	0,07	0,82	-0,07	0,82	-0,07	0,95	0,07
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	0,89	0,95	0,07	0,82	-0,07	0,82	-0,07	0,95	0,07
4 externen mechanischen Anschluss bieten	1,09	1,09	0,00	1,09	0,00	1,09	0,00	1,09	0,00
5 externe elektrische Anschlüsse bieten	1,02	1,02	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00	1,02	0,00
6 Luft führen	0,77	0,59	-0,18	0,95	0,18	0,59	-0,18	0,95	0,18
7 Erdung sicherstellen	0,41	0,65	0,25	0,16	-0,25	0,16	-0,25	0,65	0,25
8 Resonanzen vermeiden	0,38	0,33	-0,05	0,44	0,05	0,38	0,00	0,38	0,00
9 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	0,39	0,41	0,02	0,36	-0,02	0,41	0,02	0,36	-0,02
10 Wartungszugang ermöglichen	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,16	0,03	0,11	-0,02
11 Design bieten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 32: Abweichung der jeweiligen Variante vom Durchschnitt der Funktion (Abw....Abweichung)

Die berechneten Abweichungen der Varianten vom Durchschnitt jeder einzelnen Funktion sind in Abbildung 22 dargestellt.

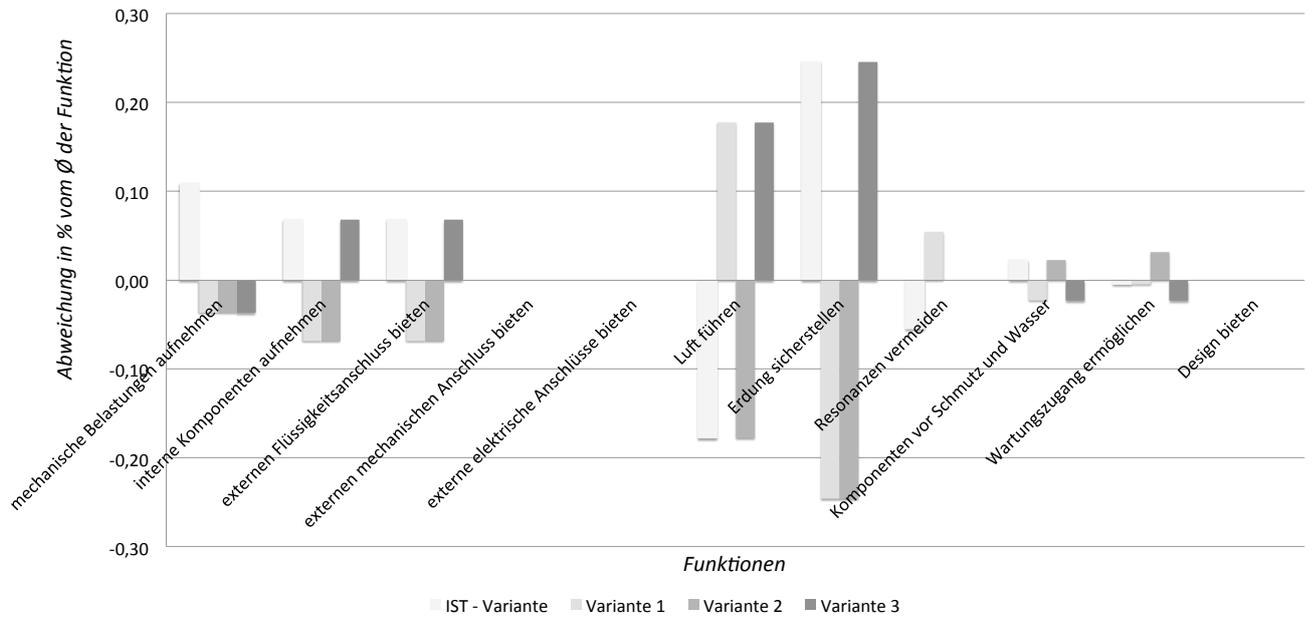


Abbildung 22: Abweichung der Varianten vom Durchschnitt der Funktion

Abbildung 22 verschafft einen schnellen Überblick über die Stärken und Schwächen der verschiedenen Lösungen für die einzelnen Funktionen:

- die Schwachstelle der Ist-Variante ist die Art wie Luft geführt, das Auftreten von Resonanzen und der Wartungszugang gelöst sind
- bei den Lösungen mit einem Profilrahmen besteht die Gefahr, dass interne Komponenten und der externe Flüssigkeitsanschluss schlecht befestigt werden könnten. Eine zufriedenstellende Erdung zu gewährleisten dürfte bei den Profilrahmenlösungen ebenfalls schwieriger umzusetzen sein.
- das Führen von Luft wird bei der neuen Lösung mit dem Saugstutzen stark verbessert
- als eine Stärke gilt bei Variante 2 der einfache Wartungszugang, der wiederum in der Variante 3 mit den Wartungszugängen und den gestanzten Löchern geringer bewertet wird

## 3.7.1.3 Neukombination der Ideen

Mit den Informationen der Nutzwert- und der Schwachstellenanalyse wurde eine neue Variante mit Profilrahmen entwickelt. Die Stärke von Variante 1 ist die Lösung zur Funktion „Luft führen“ mit dem Saugstutzen. Variante 2 zeichnet sich durch die Funktionen „Wartungszugang ermöglichen“ und „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“ aus. Letztere Funktion sticht deshalb hervor, da der Wartungszugang durch abnehmbare Seitenteile ermöglicht wird und daher auch kleinere Löcher im Seitenblech angebracht werden können, die wiederum weniger Schmutz zu den Komponenten lassen.

Eine Skizze dieser Lösungsvariante ist in Abbildung 23 dargestellt.

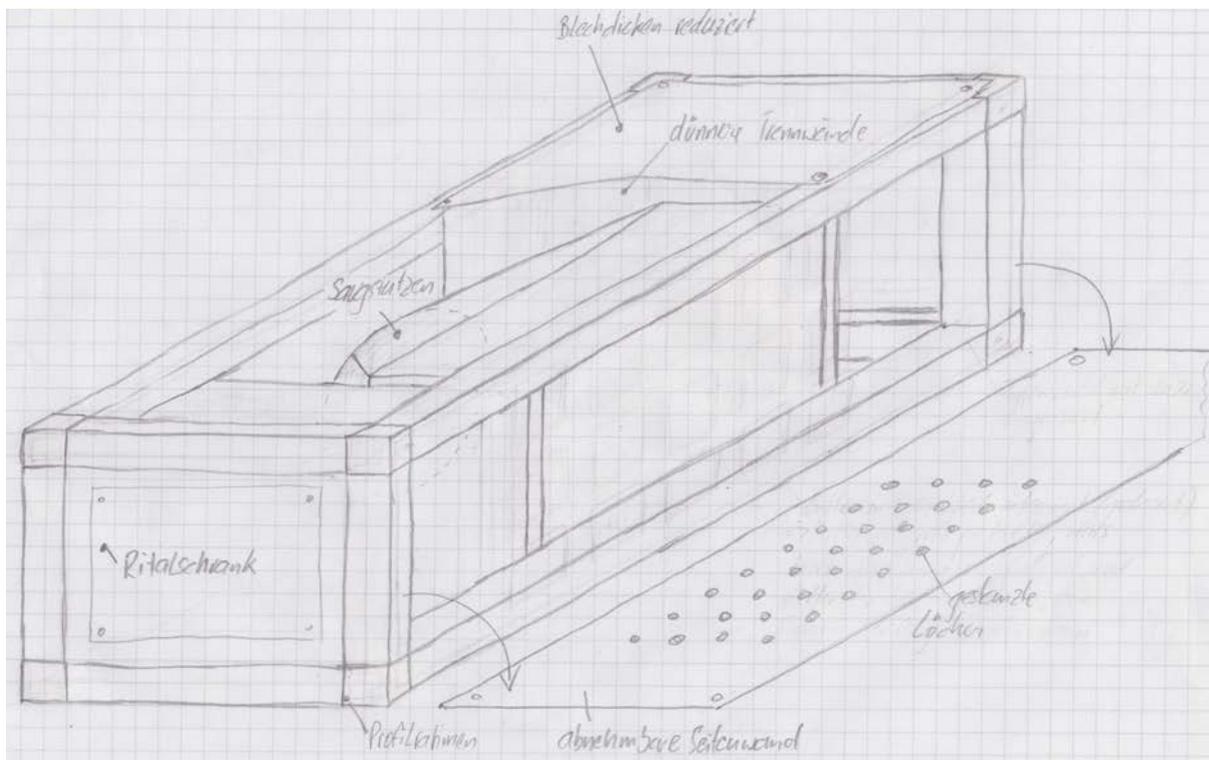


Abbildung 23: Skizze zu Variante 4

Aus Variante 1 und Variante 2 wurde also eine neue Variante entwickelt. Die Lösungen zu den jeweiligen Funktionen, aus der die neu entwickelte Variante 4 besteht, sind im Morphologischen Kasten in Tabelle 33 dargestellt.

Funktionen	bestehende Lösung	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4	Lösung 5	Lösung 6	Lösung 7	Lösung 8	Lösung 9	Lösung 10	Lösung 11	Lösung 12
1 mechanische Belastungen aufnehmen	gekanntete Blechstruktur	Profilrahmen und Hülle											
2 interne Komponenten aufnehmen													
3 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	gekanntete Blechstruktur	Dichtung weglassen	Blechedicke reduzieren	Werkstoff ändern	Nieten reduzieren	Abdichtung reduzieren	Schrauben reduzieren	Komponenten verwenden, die keinen Schutz vor Schmutz und Wasser erfordern	GoreTex Haube	LKW Plane	Bleche (anschrauben, Clinchen, schweißen, kleben, nieten)	Bleche teilweise weglassen	Ritalschrank
4 Design bieten	Lackierung	Klebefolie	Kontur anpassen	Lasergravieren	Typenschild weglassen	Lackierung weglassen							
5 Wartungszugang ermöglichen	Wartungsdeckel (E-Raum)	abnehmbare Seitenwände	Wartungsöffnung	Gitter in Seitenwand integriert									
6 Luft führen	Ansauggitter & Trennwände	Saugstutzen	gestanzte Löcher	dünnere Trennwände									

Tabelle 33: Morphologischer Kasten zu Variante 4

Der Vorteil dieser Lösung ist in Tabelle 34 und Abbildung 24 leicht zu erkennen: die neu entwickelte Lösung aus Variante 1 und 2 hat durch diese Kombination einen höheren Nutzwert als die beiden Einzelvarianten.

	Gew.	IST - Variante		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
		Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW	Bew.	NW
1 mechanische Belastungen aufnehmen	14,55	7	1,02	6	0,87	6	0,87	6	0,87	6	0,87
2 interne Komponenten aufnehmen	13,64	7	0,95	6	0,82	6	0,82	7	0,95	6	0,82
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	13,64	7	0,95	6	0,82	6	0,82	7	0,95	6	0,82
4 externen mechanischen Anschluss bieten	13,64	8	1,09	8	1,09	8	1,09	8	1,09	8	1,09
5 externe elektrische Anschlüsse bieten	12,73	8	1,02	8	1,02	8	1,02	8	1,02	8	1,02
6 Luft führen	11,82	5	0,59	8	0,95	5	0,59	8	0,95	8	0,95
7 Erdung sicherstellen	8,18	8	0,65	2	0,16	2	0,16	8	0,65	2	0,16
8 Resonanzen vermeiden	5,45	6	0,33	8	0,44	7	0,38	7	0,38	8	0,44
9 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	4,55	9	0,41	8	0,36	9	0,41	8	0,36	9	0,41
10 Wartungszugang ermöglichen	1,82	7	0,13	7	0,13	9	0,16	6	0,11	9	0,16
11 Design bieten	0,00	8	0,00	5	0,00	8	0,00	6	0,00	5	0,00
<b>Summe</b>	<b>100,00</b>	<b>Σ</b>	<b>7,15</b>	<b>Σ</b>	<b>6,65</b>	<b>Σ</b>	<b>6,33</b>	<b>Σ</b>	<b>7,35</b>	<b>Σ</b>	<b>6,74</b>
		<b>∅</b>	<b>0,65</b>	<b>∅</b>	<b>0,60</b>	<b>∅</b>	<b>0,58</b>	<b>∅</b>	<b>0,67</b>	<b>∅</b>	<b>0,61</b>

Tabelle 34: Nutzwertanalyse Variante 4

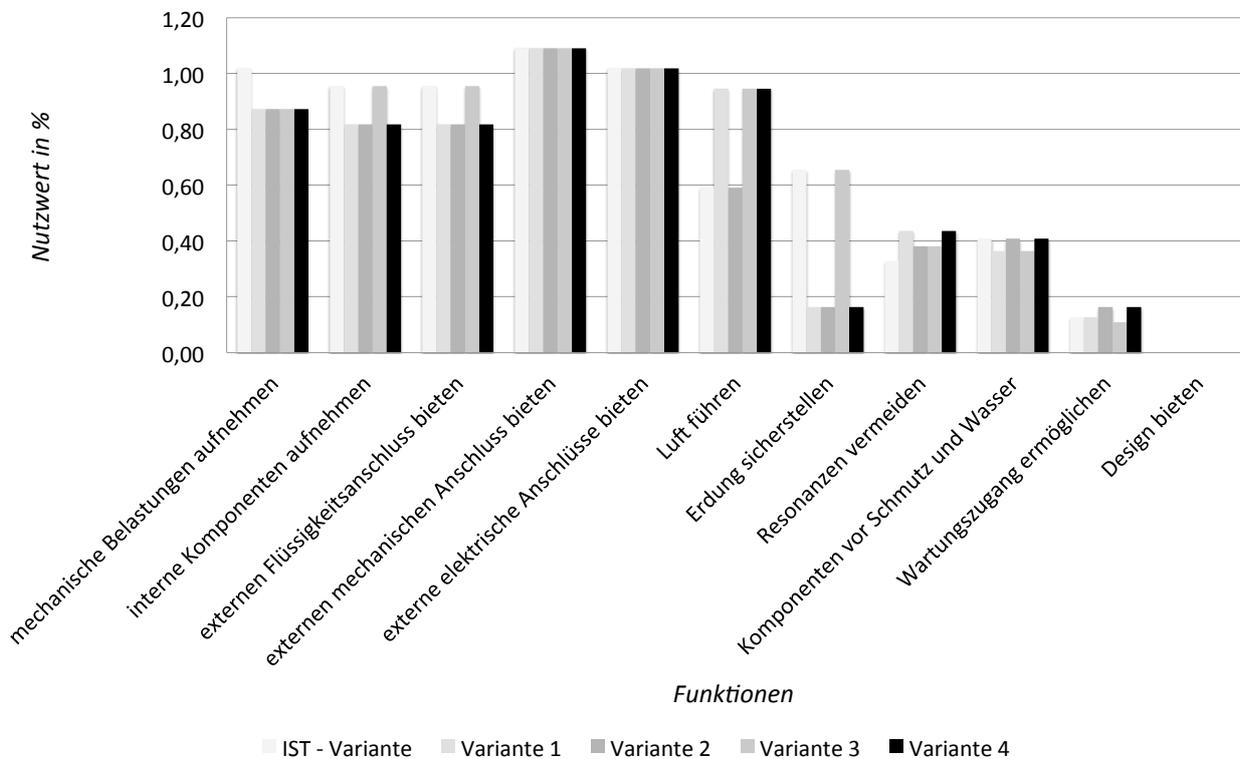


Abbildung 24: Grafik zu Nutzwertanalyse inkl. Variante 4

Die Abweichung vom Mittelwert der Variante 4 liegt zwischen den Werten der Varianten aus denen sie kombiniert wurde (siehe Tabelle 35).

	Ist-Variante $\bar{\phi}=0,65$		Variante 1 $\bar{\phi}=0,60$		Variante 2 $\bar{\phi}=0,58$		Variante 3 $\bar{\phi}=0,67$		Variante 4 $\bar{\phi}=0,61$	
	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.	NW	Abw.
1 mechanische Belastungen aufnehmen	1,02	0,37	0,87	0,27	0,87	0,29	0,87	0,20	0,87	0,26
2 interne Komponenten aufnehmen	0,95	0,30	0,82	0,22	0,82	0,24	0,95	0,28	0,82	0,21
3 externen Flüssigkeitsanschluss bieten	0,95	0,30	0,82	0,22	0,82	0,24	0,95	0,28	0,82	0,21
4 externen mechanischen Anschluss bieten	1,09	0,44	1,09	0,49	1,09	0,51	1,09	0,42	1,09	0,48
5 externe elektrische Anschlüsse bieten	1,02	0,37	1,02	0,42	1,02	0,44	1,02	0,35	1,02	0,41
6 Luft führen	0,59	-0,06	0,95	0,35	0,59	0,01	0,95	0,28	0,95	0,34
7 Erdung sicherstellen	0,65	0,00	0,16	-0,44	0,16	-0,42	0,65	-0,02	0,16	-0,45
8 Resonanzen vermeiden	0,33	-0,32	0,44	-0,16	0,38	-0,20	0,38	-0,29	0,44	-0,17
9 Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen	0,41	-0,24	0,36	-0,24	0,41	-0,17	0,36	-0,31	0,41	-0,20
10 Wartungszugang ermöglichen	0,13	-0,52	0,13	-0,47	0,16	-0,42	0,11	-0,56	0,16	-0,45
11 Design bieten	0,00	-0,65	0,00	-0,60	0,00	-0,58	0,00	-0,67	0,00	-0,61
Summe	3,58		3,87		3,52		3,66		3,78	

Tabelle 35: Nutzwertanalyse Variante 4

Somit wäre Variante 4 bei der Nutzwertreihung lt. Tabelle 34 auf Platz 3 (vor Variante 1 und Variante 2) und bei der Gesamtabweichung lt. Tabelle 35 auf Platz 4 (nach Variante 3 aber noch vor Variante 1).

Wobei hier auch noch angemerkt werden soll, dass sowohl die Nutzwerte aller Varianten als auch die Abweichungen sehr eng zusammenliegen.

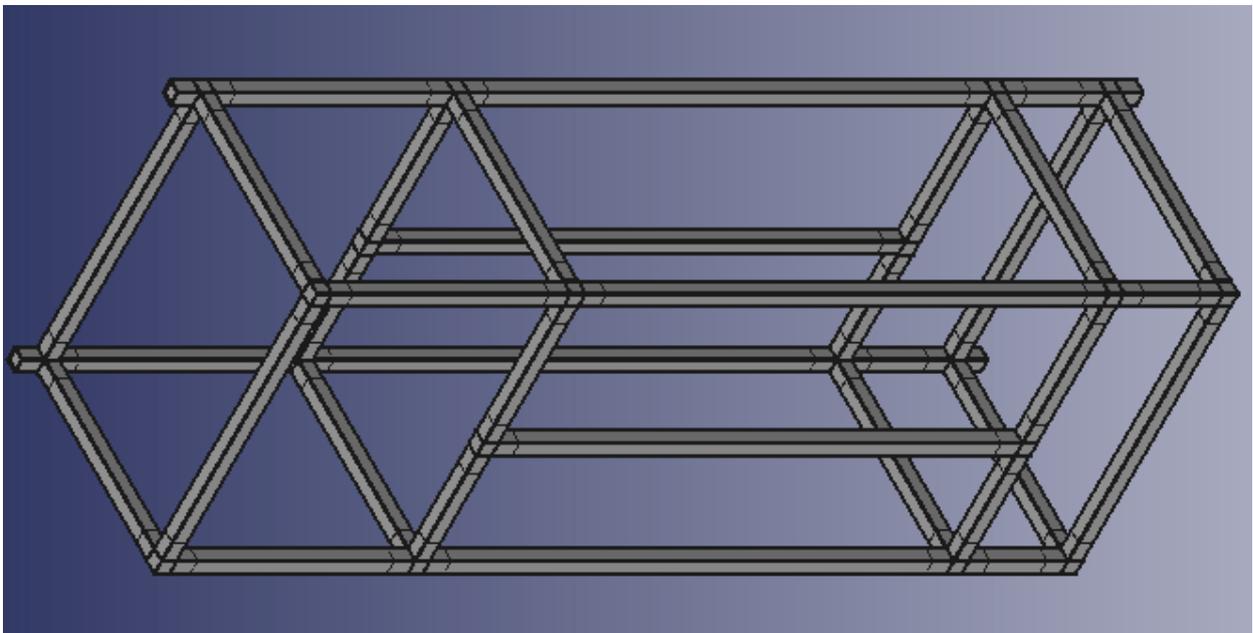
### 3.7.2 Auswahl der Entwicklungsaufgaben und Arbeitsprogramme für die Entwicklung

Zunächst musste mit einer Finite-Elemente-Analyse abgeklärt werden, ob die mechanischen Belastungen durch den auf Seite 55 bereits erwähnten Profilrahmen mit 40x40x3mm verlässlich aufgenommen werden können und wie hoch die Kosten für einen solchen Rahmen wären. Auch die Realisierbarkeit einer zufriedenstellenden Erdung bei einer Rahmenkonstruktion musste eruiert werden.

### **3.8 Arbeitsschritt 7: Entwicklung ganzheitliche Vorschläge**

#### *3.8.1 Studien und Tests, industrielle Entwicklung*

Im Zuge dieser Finite-Elemente-Analyse des Rahmens (Abbildung 25) bei der Firma Vossloh Kiepe, konnte mit den geforderten Belastungen (in Fahrtrichtung muss die fünffache Erdbeschleunigung, quer zur Fahrtrichtung und vertikal jeweils die dreifache Beschleunigung aufgenommen werden können) ein passender Profilquerschnitt von 40mm x 40mm x 3mm ermittelt werden.



*Abbildung 25: Rahmen für Finite-Elemente-Analyse*

#### *3.8.2 Follow-up, Koordination*

Aufbauend auf den ermittelten Profilquerschnitt konnten im Anschluss Angebote eingeholt werden. Den günstigsten Preis hatte die Firma Filli Stahl, die ab 250 Stück 95,90 Euro für die zugeschnittenen Gehäuseteile für ein Gehäuse verlangt. Die Angebote der Firmen befinden sich im Anhang D und sind zusammengefasst in Tabelle 36 dargestellt.

Satzanzahl	Fa. Tubecut	Fa. Reichhardt Metallverarbeitung	Filli Stahl
5 Stk.	190,25 €	210,10 €	
10 Stk.	176,40 €		
15 Stk.	163,90 €		
25 Stk.	157,85 €		103,50 €
50 Stk.	148,07 €	183,10 €	
100 Stk.	142,58 €	148,00 €	
250 Stk.	137,42 €		95,90 €
500 Stk.	133,59 €	141,70 €	
Rüstkosten		40,00 €	
Programmkosten je Zeichnung		10,00 €	

*Tabelle 36: Angebote zu Profilrahmen*

Ein weiteres wesentliches Problem bei der Lösung mit Profilrohren ist die Verbindung der Rohre. Von Seiten der Firma ist Schweißen aufgrund des Verzuges der Rohre keine Option. Rohrverbinder von z.B. der Firma Lutec oder Berges (siehe Abbildung 26) kosten ca. 10,44 Euro pro Stück (je nach Form) und würden, da 20 Stück pro Gehäuse davon gebraucht würden, einen großen Teil der Kosten verursachen. Die Kostenvoranschläge dieser Firmen sind im Anhang E zu finden.

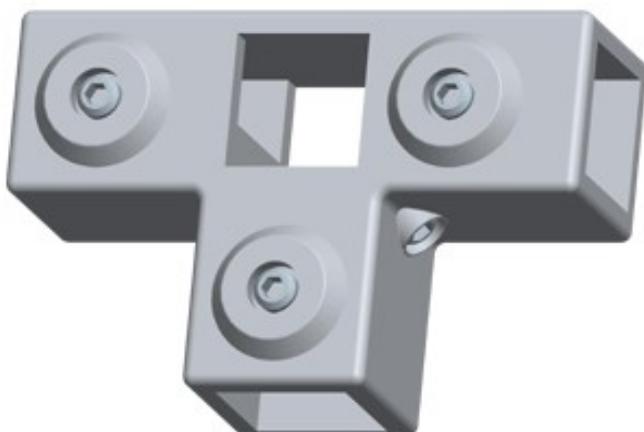


Abbildung 26: Verbindungsstück der Firma Berges Rohrverbinder

Eine weitere Möglichkeit ist eine eigene Gestaltung einer solchen Verbindung (siehe Tabelle 37).

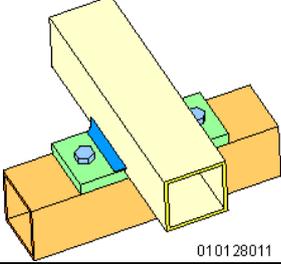
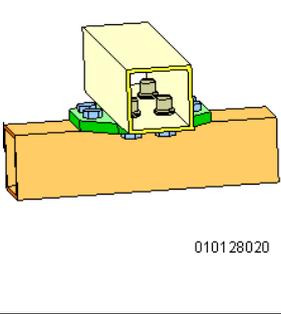
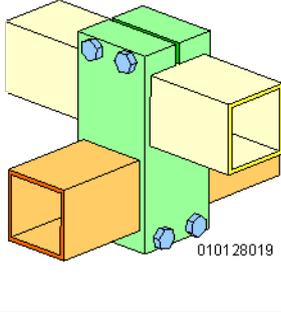
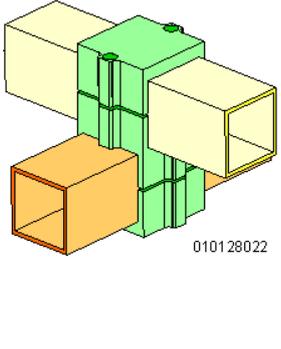
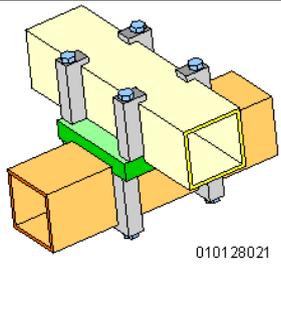
Verbindung	Skizze	Kommentar
Schrauben	 <p>010128011</p>	<p>Eine Lasche wird an ein Vierkantrohr geschweißt und dieses mit dem anderen Vierkantrohr verschraubt. Gewindeträger (z.B. Nietmuttern) bieten den Schrauben bei dünnen Rohren besseren Halt.</p>
	 <p>010128020</p>	<p>Eine Zwischenplatte wird mit beiden Vierkantrohren verschraubt. Gewindeträger (z.B. Nietmuttern) bieten den Schrauben bei dünnen Rohren besseren Halt. Der gewünschte Winkel, nicht unbedingt 90 Grad, der Bauteile zueinander wird weitgehend eingehalten.</p>
Klemmen	 <p>010128019</p>	<p>In einem Klotz mit Ausschnitten die dem Querschnitt der Vierkantrohre entsprechen werden diese geklemmt. Die Winkeligkeit der Vierkantrohre ist gewährleistet. Die Position der beiden Vierkantrohre ist gegenüber dem anderen verschiebbar. Es muss kein Rohr angebohrt werden.</p>
	 <p>010128022</p>	<p>In einem dreiteiligem Klotz mit Ausschnitten, die dem Querschnitt der Vierkantrohre entsprechen, werden diese geklemmt. Die Winkeligkeit der Vierkantrohre ist gewährleistet. Die Position der beiden Vierkantrohre ist gegenüber dem anderen verschiebbar. Es muss kein Rohr angebohrt werden.</p>
	 <p>010128021</p>	<p>Klemmelemente halten die Vierkantrohre auf einer Zwischenplatte. Nuten in der Platte richten die Vierkantrohre exakt zueinander im Winkel aus. Die Position der beiden Vierkantrohre ist gegenüber dem anderen verschiebbar. Es muss kein Rohr angebohrt werden.</p>

Tabelle 37: Verbindungsmöglichkeiten nach [9]

Solche Verbindungen könnten aufgrund der sehr einfachen Ausführungen und des geringen Materialpreises im Vergleich zu den zugekauften Verbindungsstücken sicherlich kostengünstiger hergestellt werden. Außerdem könnten bei selbstgestalteten Verbindungen auch gleich die nötigen Erdungsverbindungen berücksichtigt werden.

### *3.8.3 Bewerten der Lösungen: Qualitativ, wirtschaftlich, Risikoanalyse*

In den nächsten Schritten wird mit selbst gestalteten Rohrverbindern gerechnet, die aus einem Aluminiumklotz mit 50mm x 50mm x 100mm gefertigt werden. Damit ließen sich etwa die in Tabelle 37 aufgezeigten ersten beiden Klemmmethoden verwirklichen.

#### *3.8.3.1 Kosten der vier Varianten*

Da Variante 1 und 4 aus den selben Komponenten bestehen, wurden sie hier gemeinsam behandelt.

Die Blechdicken wurden bei diesen Lösungsvarianten mit 1,5 mm angenommen und die neuen Abmaße der Bleche (z.B. beim Deckblech) natürlich berücksichtigt und miteingerechnet. Der Kilopreis für AlMg3 wurde wie in der Funktionskostenmatrix mit 2,86 €/kg gewählt und der Bearbeitungsfaktor für die Bleche vom Wert 4 auf den Wert 3 reduziert, da diese nicht mehr die umfassenden Bearbeitungen wie in der Ist-Variante benötigen (das Schweißen und das Abkanten der Bleche entfällt). Der Bearbeitungsfaktor für die Rohrverbinder ist bei 4 geblieben. Mit den obigen Abmaßen und dem Kilopreis wäre der Materialpreis 1,90 Euro bzw. die 20 Stück Rohrverbinder incl. Bearbeitungskosten würden so 152,15 Euro verursachen.

Die Kosten für diese Varianten würden sich in Summe auf 1037,56 Euro belaufen (siehe Tabelle 38), was einer Ersparnis von 36,41 % im Vergleich zur Ist-Variante entspricht.

	Materialkosten pro Stück	Bearbeitungs- und Materialkosten
<i>Funktionsträger</i>	(€)	(€)
<i>Deckblech</i>	6,79	20,37
<i>Seitenbleche</i>	25,96	77,88
<i>Stirnblech</i>	6,30	18,91
<i>Saugstutzen</i>	21,91	65,73
<i>Trennwand Kondensator</i>	6,30	18,91
<i>Rahmen</i>	95,90	383,60
<i>Rohrverbinder 20Stk.</i>	38,04	152,15
<i>Rittalschrank</i>		300,00
	<b><u>201,21</u></b>	<b><u>1037,56 €</u></b>
	<b>bzw.</b>	<b>594,20 € Kosteneinsparnis</b>
		<b>36,41 % Kosteneinsparnis</b>

Tabelle 38: Kosten für Variante 1 und Variante 4

Für Variante 2 wurden, da es sich auch um eine neue Variante mit Profilrahmen handelt, Blechdicken und Bearbeitungsfaktoren wie in Variante 1 bzw. 4 angenommen. Variante 2 würde sich somit auf 1095,42 Euro belaufen (siehe Tabelle 39), was einer Ersparnis von 32,87 % im Vergleich zur Ist-Variante entspricht.

	Materialkosten	Bearbeitungs- und Materialkosten
<i>Funktionsträger</i>	(€)	(€)
<i>Bodenblech</i>	24,25	72,75
<i>Seitenblech 1</i>	18,54	55,63
<i>Seitenblech 2</i>	18,54	55,63
<i>Stirnblech 1</i>	6,30	18,91
<i>Trennwand KT</i>	6,30	18,91
<i>Trennwand E-Raum</i>	6,30	18,91
<i>Trennwand Kondensator</i>	6,30	18,91
<i>Rahmen</i>	95,90	383,60
<i>Rohrverbinder 20Stk.</i>	38,04	152,15
<i>Rittalschrank</i>		300,00
	<b><u>220,49</u></b>	<b><u>1095,42 €</u></b>
	<b>bzw.</b>	<b>536,34 € Kosteneinsparnis</b>
		<b>32,87 % Kosteneinsparnis</b>

Tabelle 39: Kosten für Variante 2

In Variante 3 wurden die Blechdicken bei 3mm belassen, nur beim Saugstutzen wurden 1,5mm gewählt. Als Bearbeitungsfaktor wurde wie bei der Ist-Variante der Wert 4 gewählt und Schweiß- und Nietkosten wurden ebenfalls wie in der Ist-Variante eingerechnet. Variante 3 würde somit 1472,01 Euro kosten (siehe Tabelle 40), was einer Ersparnis von 9,79 Prozent im Vergleich zur Ist-Variante entspricht.

	Materialkosten	Bearbeitungs-, Material- und Schweißkosten
	(€)	(€)
<i>Funktionsträger</i>		
<i>Bodenblech</i>	48,50	243,99
<i>Deckblech</i>	48,50	293,99
<i>Seitenblech mit Wartungszugängen</i>	37,09	148,35
<i>Seitenblech</i>	37,09	148,35
<i>Stirnblech 1</i>	16,81	104,75
<i>Stirnblech 2</i>	12,61	87,94
<i>Trennwand KT</i>	12,61	87,94
<i>Trennwand E-Raum</i>	12,61	87,94
<i>Trennwand Kondensator</i>	12,61	50,44
<i>Kompressorträger</i>	9,04	36,15
<i>Verteilerträger oben</i>	3,49	13,97
<i>Verteilerträger unten</i>	2,67	10,68
<i>Saugstutzen</i>	21,91	87,64
<i>Träger UW-Pumpe</i>	2,28	9,13
<i>Trafokonsole</i>	0,82	3,29
<i>Stütze WT</i>	0,13	0,51
<i>Stütze WT Abdeckung</i>	0,11	0,44
<i>Servicedeckel E-Raum</i>	9,13	36,52
<i>Dichtungen</i>		20
	<b><u>278,87</u></b>	<b><u>1472,01</u></b>
	<i>bzw.</i>	<b>159,74 € Kosteneinsparnis</b>
		<b>9,79 % Kosteneinsparnis</b>

Tabelle 40: Kosten für Variante 3

### 3.8.3.2 Übersichtsdiagramm

Zum besseren Verständnis und zur besseren Übersicht wurde aufbauend auf den Kosten der Varianten ein Wertegrph erstellt. Zunächst sind die Ergebnisse nochmals in Tabelle 41 zusammengefasst worden. Die technische Wertigkeit ergibt sich dabei aus der Division des Nutzwertes mit dem idealen Nutzwert.

## Wertanalyse

	Nutzwert	Nutzwert ideal	technische Wertigkeit	Herstellkosten (€)	Ersparnis (%)
IST - Variante	7,15	10	0,71	1631,76	0,00
Variante 1	6,65	10	0,67	1037,56	36,41
Variante 2	6,33	10	0,63	1095,42	32,87
Variante 3	7,35	10	0,73	1472,01	9,79
Variante 4	6,74	10	0,67	1037,56	36,41

Tabelle 41: technische Wertigkeit und Ersparnis (%)

Abbildung 27 ist die grafische Aufbereitung von Tabelle 41. Bei den Lösungsvarianten mit Rahmenprofil hat sich hier Variante 4 sowohl in Bezug auf Kosten als auch technischer Wertigkeit durchgesetzt, bei den gekanteten Blechprofilen stellt Variante 3 eine Verbesserung in Bezug auf Kosten als auch technischer Wertigkeit zur Ist-Variante dar.

Sollte bei Variante 4 auch noch eine der Ist-Variante adäquate Lösung zur Erdung gefunden werden, würde sich dort der Nutzwert auf 7,23 und die technische Wertigkeit somit auf über 0,72 erhöhen (siehe Abbildung 32: Variante 4\*). Dies wäre im Bezug auf die Kosten als auch auf die technische Wertigkeit eine unschlagbare Variante und somit eine eklatante Verbesserung der Ist-Variante.

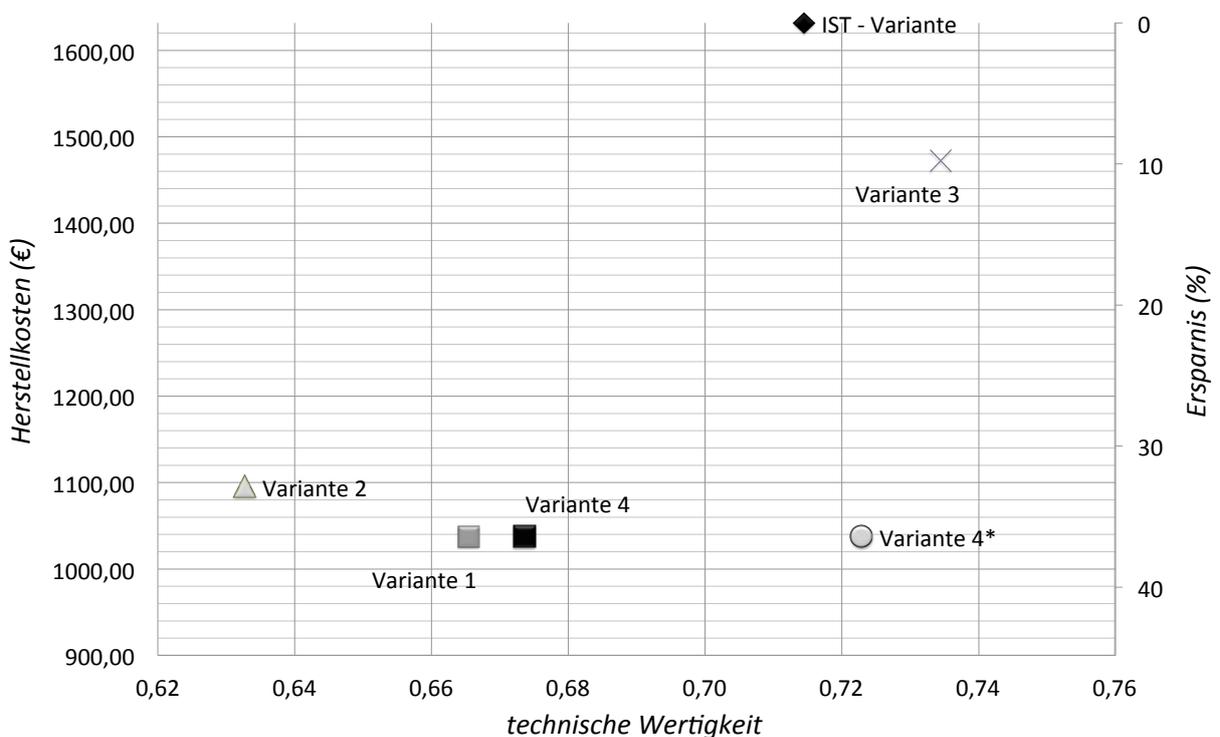


Abbildung 27: technische Wertigkeit/Ersparnis (%)

3.8.3.3 Risikoabschätzung

Zum Bewerten der Risiken wurde eine Grafik mit dem Bewertungsschema entsprechend Tabelle 42 erstellt.

0	Kleines Risiko bzw. schwere Umsetzbarkeit
5	Mittleres Risiko bzw. mittlere Umsetzbarkeit
10	Großes Risiko bzw. leichte Umsetzbarkeit

Tabelle 42: Bewertungsschema

	Technisches Risiko	Wirtschaftliches Risiko	Umsetzbarkeit
Ist-Variante	1	0	5
Variante 1,2 & 4	7	7	5
Variante 3	4	3	5

Tabelle 43: Bewertungen

Mit den Bewertungen der Risiken in Tabelle 43, die ebenfalls im 3. Workshop festgelegt wurden, konnte die Risikoabschätzung grafisch dargestellt werden (siehe Abbildung 28). Dabei ist die Schwere der Umsetzbarkeit als Durchmesser der Kreise dargestellt.

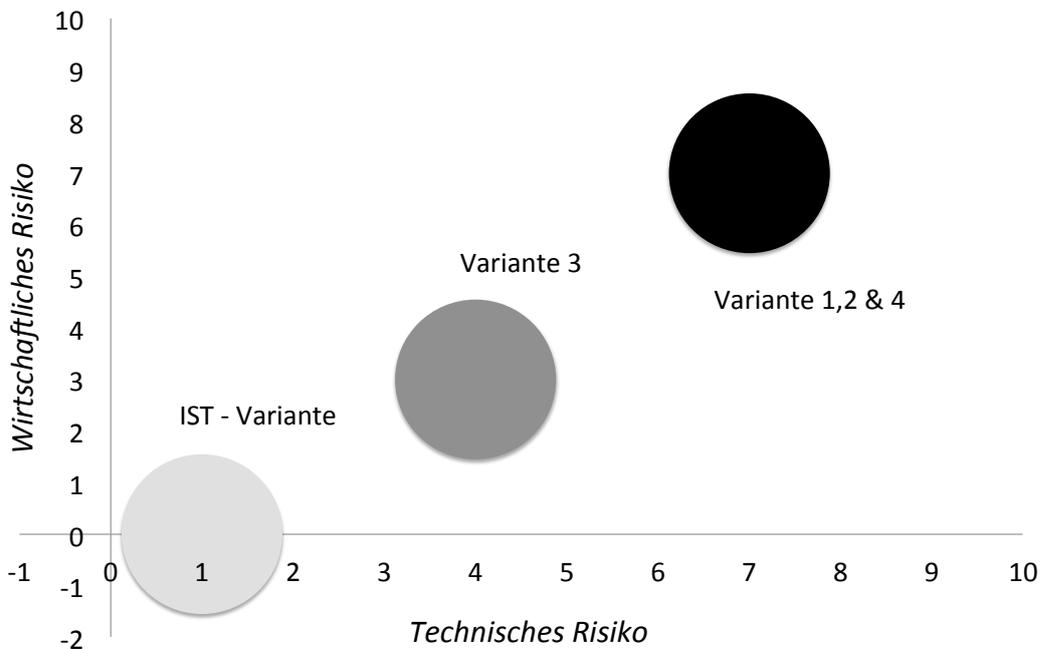


Abbildung 28: Risikoabschätzung

Es ist ersichtlich, dass die Änderung auf einen Profilrahmen ein relativ großes wirtschaftliches als auch technisches Risiko darstellt, da man hier Neuland betritt. Dennoch wird nicht an der Umsetzbarkeit gezweifelt, da diese gleich hoch wie die Ist-Variante bewertet wurde. Selbst bei Variante 3, die evolutionäre Entwicklung der Ist-Variante, wurden technische als auch wirtschaftliche Risiken befürchtet, obwohl die Änderungen zur Ist-Variante als marginal bezeichnet werden können.

Aus Sicht der TU Wien kann aufgrund der aufgezeigten Vorteile an dieser Stelle zur Umsetzung der Variante 4 geraten werden.

### ***3.9 Entscheidung und Realisierung***

Arbeitsschritt 8 „Präsentation der Vorschläge“ und Arbeitsschritt 9 „Realisierung“ aus Tabelle 11 wurden nach Abschluss dieser Arbeit im 4. Workshop umgesetzt und konnten daher an dieser Stelle nicht mehr beschrieben werden.

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Gestützt auf den Theorieteil wurde nach dem Festlegen eines Gehäuses als Wertanalyseobjekt und einer groben Planung des Ablaufes, mit dem Sammeln aller für das Projekt relevanten Daten begonnen. Mit diesen Informationen wurden die Hauptfunktionen festgelegt, denen die Funktionskostenmatrix erstellt werden konnte.

Mit den daraus gewonnen Funktionskosten startete die Analysephase. Mit der ABC-Analyse, dem Paarweisen Vergleich mit dem darauf aufbauenden Wertegraphen und dem Funktionserfüllungsgrad konnten sechs kostentreibende Funktionen definiert werden: „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“, „mechanische Belastungen aufnehmen“, „interne Komponenten aufnehmen“, „Design bieten“, Wartungszugang ermöglichen“ und „Luft führen“.

Mit den Methoden der Ideenfindung, wie der Galerie- und der Brainstormingmethode, wurden für diese Funktionen neue Lösungen gesucht, die in einem morphologischen Kasten zu neuen Lösungsvarianten verknüpft wurden. Die so gefundenen Lösungen wurden wiederum im Zuge einer Nutzwertanalyse mit der Ist-Variante verglichen und bewertet und deren Schwachstellen aufgezeigt. Infolge dieser Analysen konnte durch Kombinieren zweier Ideen (Variante 1 und 2) eine vierte Variante mit höherem Nutzwert bei gleichen Produktionskosten entwickelt werden.

Durch Studien und Tests von Seiten der Firma wurde die Realisierbarkeit der Varianten 1 bis 3 überprüft und Gestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt. Durch eine wirtschaftliche Bewertung der entwickelten Varianten konnten Kosteneinsparnisse von bis zu 36 Prozent aufgezeigt werden, die mit geringen und akzeptablen Nutzwertverlusten realisierbar sind.

Die vier Lösungsvarianten sind nach Kenntnisstand beim Abschluss dieser Arbeit um einiges kostengünstiger und von der technischen Wertigkeit etwa gleichwertig mit der aktuellen Lösung. Um auch bei der technischen Wertigkeit noch adäquate Werte zu erlangen sollte insbesondere bei den Rahmenkonstruktionen die Sicherstellung einer tadellosen Erdung erarbeitet werden. Hier herrschte große Skepsis und Unsicherheit

bezüglich einer kostengünstigen Realisierung und diese wirkte sich nicht zuletzt negativ auf die Risikobewertung aus.

Ansonsten kann aufgrund der hohen möglichen Kostenreduktion bei relativ gleichbleibender technischer Wertigkeit zu einer Realisierung von Variante 4 geraten werden.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klimaanlagengehäuse .....	2
Abbildung 2: Definition des Wertes nach DIN EN 12793 2000.....	4
Abbildung 3: Unterschiedliche Möglichkeiten der Wertsteigerung (DIN EN 12973 2000) nach ([4], S. 16).....	5
Abbildung 4: Bestimmung der Funktionen lt. ([6], S. 34) .....	10
Abbildung 5: ABC-Analyse zu Funktionskostenmatrix aus Tabelle 2.....	12
Abbildung 6: Wertegraph.....	15
Abbildung 7: Schwachstellenanalyse aufbauend auf Nutzwertanalyse für Funktion 2....	21
Abbildung 8: Gehäuse .....	26
Abbildung 9: Zusammenstellungszeichnung des geschweißten Gehäuses.....	30
Abbildung 10: grafische Darstellung der einzelnen Funktionskosten in % der Gesamtkosten .....	34
Abbildung 11: ABC-Analyse .....	35
Abbildung 12: Grafische Aufbereitung des Paarweisen Vergleiches von Tabelle 17 .....	37
Abbildung 13: Wertegraph.....	39
Abbildung 14: Übersicht der Einzelergebnisse .....	41
Abbildung 15: Profilrahmen .....	43
Abbildung 16: Gekantete Blechstruktur .....	43
Abbildung 17: Flipchart „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“ .....	44
Abbildung 18: Skizze zu Variante 1 .....	50
Abbildung 19: Skizze zu Variante 2 .....	52
Abbildung 20: Skizze zu Variante 3 .....	54
Abbildung 21: Grafik zu Nutzwertanalyse.....	58
Abbildung 22: Abweichung der Varianten vom Durchschnitt der Funktion.....	60
Abbildung 23: Skizze zu Variante 4 .....	61
Abbildung 24: Grafik zu Nutzwertanalyse inkl. Variante 4 .....	63
Abbildung 25: Rahmen für Finite-Elemente-Analyse .....	65
Abbildung 26: Verbindungsstück der Firma Berges Rohrverbinder .....	66
Abbildung 27: technische Wertigkeit/Ersparnis (%).....	71
Abbildung 28: Risikoabschätzung.....	72

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenstände einer WA lt. ([1], S. 11).....	7
Tabelle 2: Beispielhafte Funktionskostenmatrix.....	11
Tabelle 3: Paarweiser Vergleich zu Funktionen aus Tabelle 2 .....	13
Tabelle 4: Ermittlung des Kosten/Bedeutungsverhältnisses.....	14
Tabelle 5: Festlegung des Funktionserfüllungsgrad .....	15
Tabelle 6: Berechnung des Funktionserfüllungsgrades .....	16
Tabelle 7: Kreativitätsmethoden .....	17
Tabelle 8: Morphologischer Kasten .....	18
Tabelle 9: Werteskala für Nutzwertanalyse nach ([1], S. 47).....	19
Tabelle 10: Nutzwertanalyse.....	20
Tabelle 11: Wertanalyse-Arbeitsplan nach EN 12 973 mit grober Einteilung des Ablaufes .....	24

Tabelle 12: WA-Teamstruktur (PM...Produktmanagement, FE...Finite Elemente Analyse .....)	27
Tabelle 13: Erster Zeitplan .....	28
Tabelle 14: Kosten der Einzelkomponenten.....	29
Tabelle 15: Funktionskostenmatrix .....	33
Tabelle 16: Reihung der Funktionskosten.....	35
Tabelle 17: Paarweiser Vergleich .....	36
Tabelle 18: Ermittlung des Kosten-/Bedeutungsverhältnisses bzw. der Unter-/Über- erfüllung der Funktionen für den Wertegraph .....	38
Tabelle 19: Funktionserfüllungsgrad.....	40
Tabelle 20: Zusammenfassung der analytischen Methoden.....	40
Tabelle 21: Lösungsvarianten zu „mechanische Belastungen aufnehmen“ und „interne Komponenten aufnehmen“ .....	44
Tabelle 22: Lösungsvarianten zu „Komponenten vor Schmutz und Wasser schützen“ ...	45
Tabelle 23: Lösungsvarianten zu „Design bieten“ .....	46
Tabelle 24: Lösungsvarianten zu „Wartungszugang ermöglichen“ .....	47
Tabelle 25: Lösungsvarianten zu „Luft führen“ .....	47
Tabelle 26: Morphologischer Kasten .....	48
Tabelle 27: Morphologischer Kasten zu Variante 1.....	49
Tabelle 28: Morphologischer Kasten zu Variante 2.....	51
Tabelle 29: Morphologischer Kasten zu Variante 3.....	53
Tabelle 30: Nutzwertanalyse (Gew...Gewichtung lt. Paarweiser Vergleich in %, Bew....Bewertung nach Workshop 3, NW...Nutzwert) .....	57
Tabelle 31: Abweichung der jeweiligen Funktion vom Durchschnitt der jeweiligen Variante.....	58
Tabelle 32: Abweichung der jeweiligen Variante vom Durchschnitt der Funktion (Abw...Abweichung).....	59
Tabelle 33: Morphologischer Kasten zu Variante 4.....	62
Tabelle 34: Nutzwertanalyse Variante 4 .....	63
Tabelle 35: Angebote zu Profilrahmen.....	66
Tabelle 36: Verbindungsmöglichkeiten nach [9].....	67
Tabelle 37: Kosten für Variante 1 und Variante 4.....	69
Tabelle 38: Kosten für Variante 2 .....	69
Tabelle 39: Kosten für Variante 3.....	70
Tabelle 40: Übersicht für Wertegraph.....	71
Tabelle 41: Bewertungsschema .....	72
Tabelle 42: Bewertungen .....	72

## Abkürzungsverzeichnis

WA	Wertanalyse
TU Wien	Technische Universität Wien

## Literaturverzeichnis

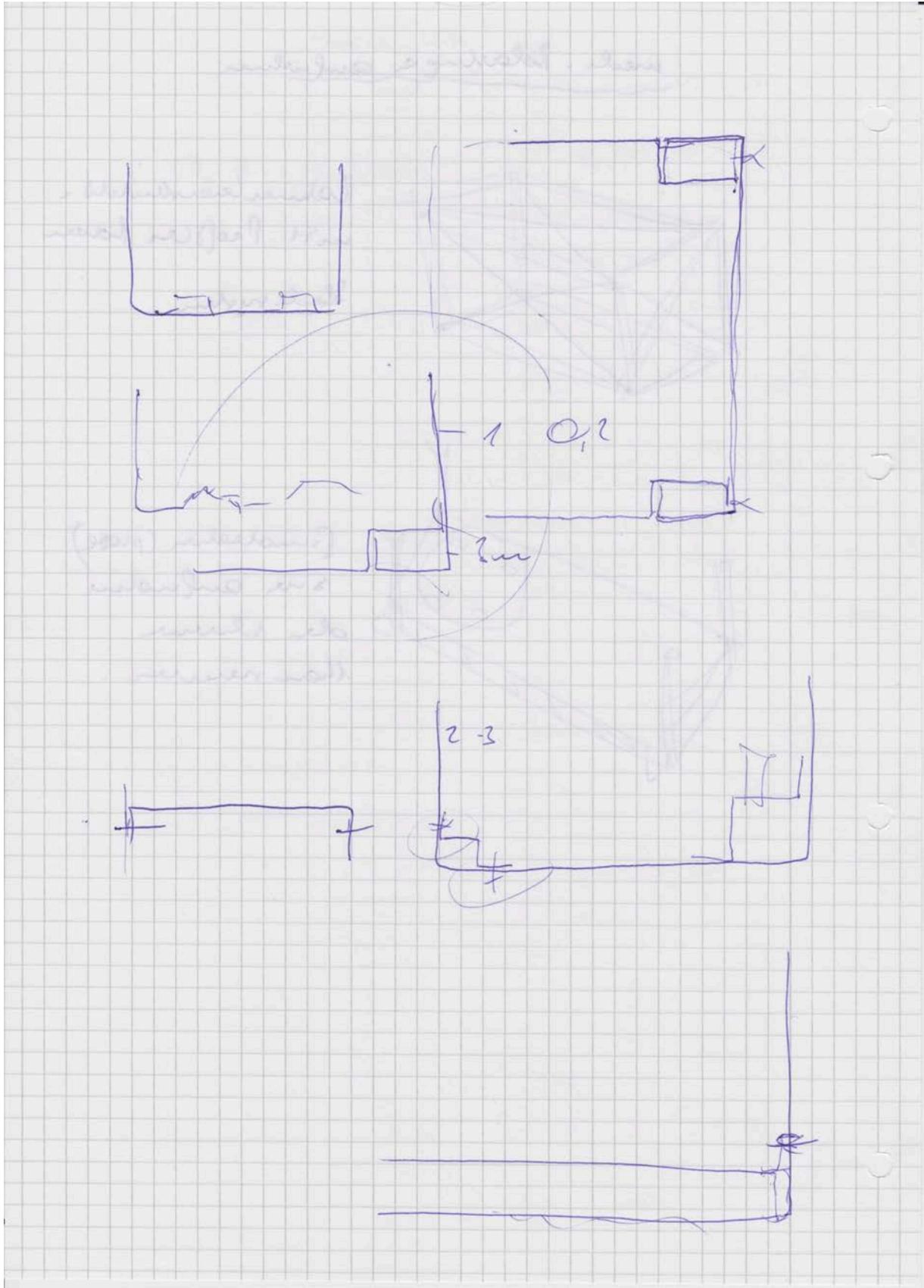
- [1] Bernd Klein, *Wertanalyse-Praxis für Konstrukteure: Ein effizientes Werkzeug für die Produktentwicklung*: Expert-Verlag, 2010, 978-3816930303
- [2] Hans Arnolds, *Materialwirtschaft und Einkauf - praxisorientiertes Lehrbuch*, Wiesbaden: Gabler Verlag, 1990, 3-409-35157-4
- [3] Ausschuss Wertanalyse im DNA: EN 1325-1, *Wertanalyse*, Berlin, Köln, Frankfurt: Beuth-Verlag, 1996
- [4] VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.), *Wertanalyse-das Tool im Value Management*, Heidelberg: Springer Verlag, 978-3-540-79516-2
- [5] Verein Deutscher Ingenieure, *Wertanalyse: Idee-Methode-System*, Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1981, 3-18-400513-5
- [6] Heinz Hoffmann, *Wertanalyse: Ein Weg zur Erschließung neuer Rationalisierungsquellen*, Berlin, Bielefeld, München: Erich Schmidt Verlag, 3-503-02334-8
- [7] Albert Bronner & Stephan Herr, *Vereinfachte Wertanalyse*, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2006, 978-3-540-33136-0
- [8] Pahl/Beitz, *Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung*, Berlin Heidelberg NewYork: Springer Verlag, 3-540-22048-8
- [9] Koerbitz Uwe. "Gliederung der Verbindungen Vierkantrohr zu Vierkantrohr," 15.Dezember, 2012; <http://www.konstruktionsatlas.de>.



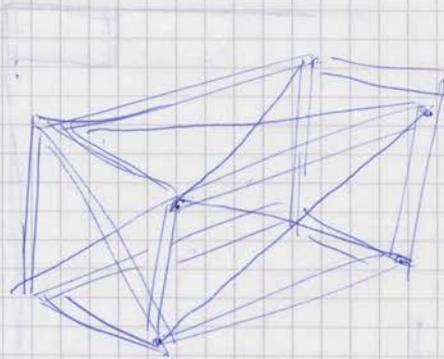




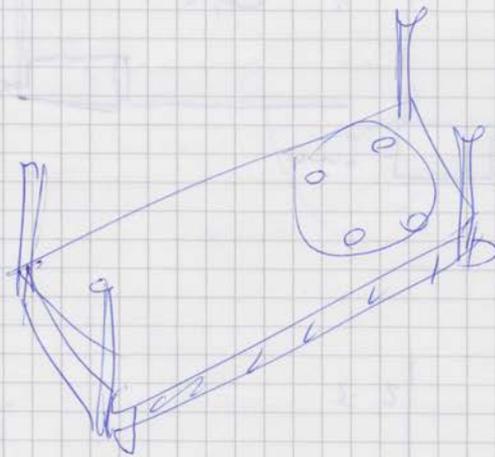
B. weitere Ergebnisse der Galeriemethode zu den Funktionen „Mechanische Belastungen aufnehmen“ und „Interne Komponenten aufnehmen“



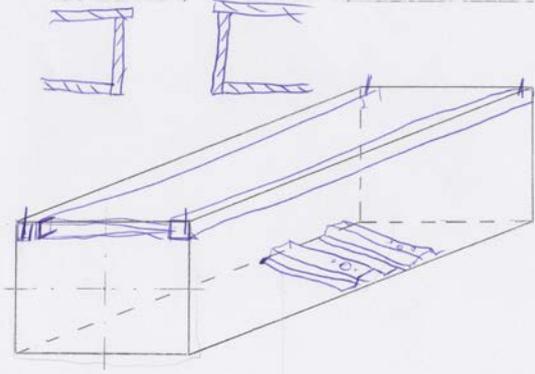
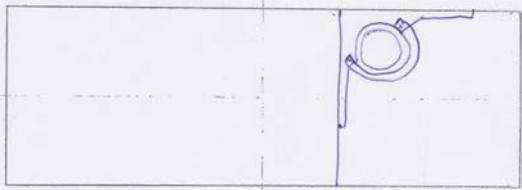
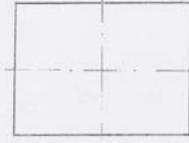
med. Belastung aufnehmen



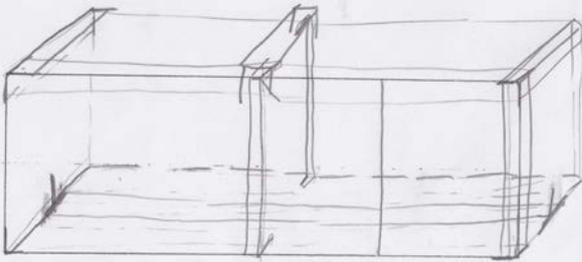
Kammerkranzmodell  
mit Pfeilerknoten  
Stellsystem



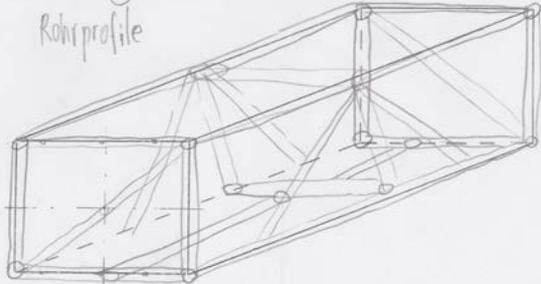
Grundriss (Platte)  
zur Aufnahme  
der Stützen  
Kranzrahmen.

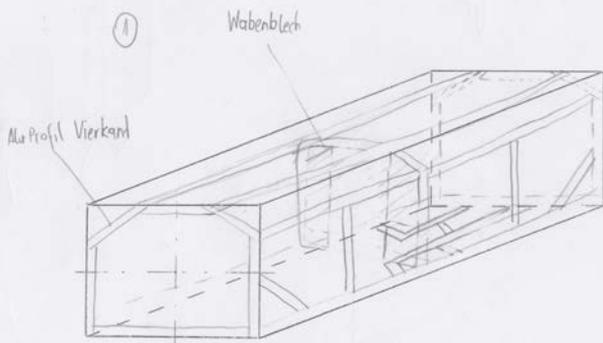
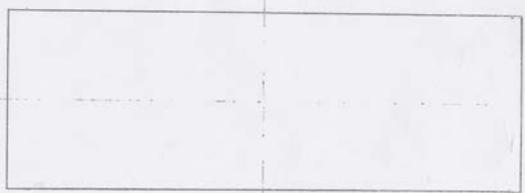
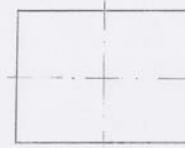


T, L, und U-Profile

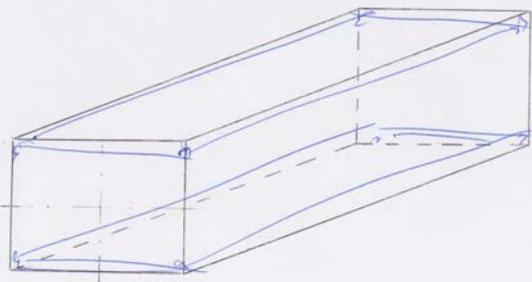
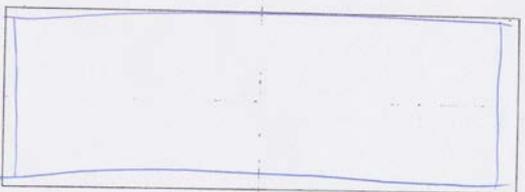
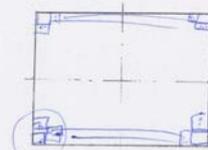
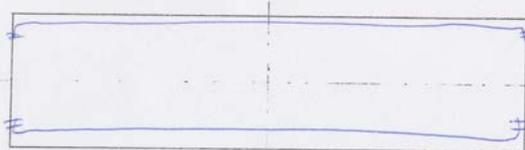


② Rohrprofile

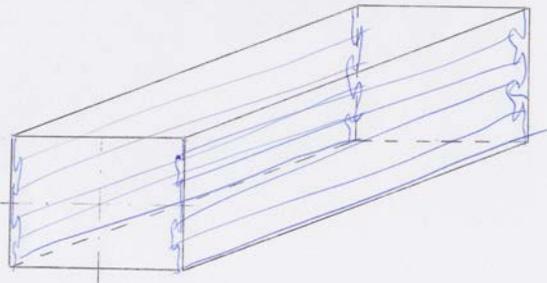
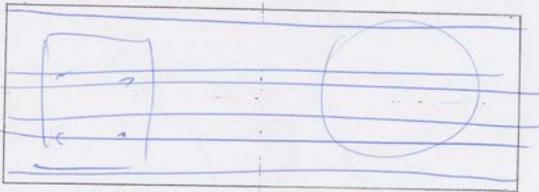
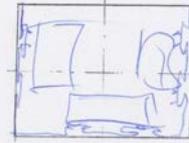
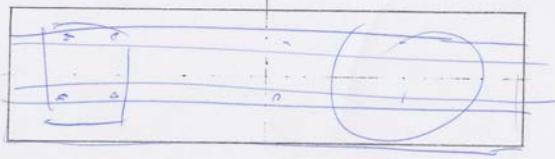




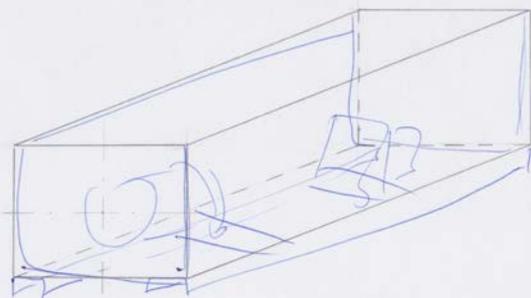
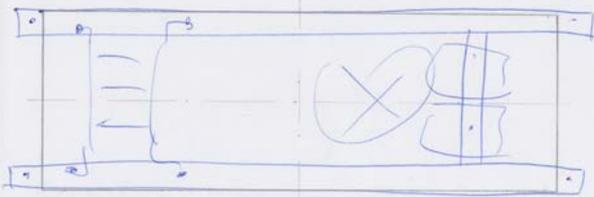
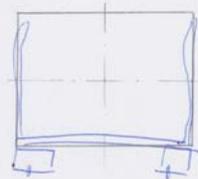
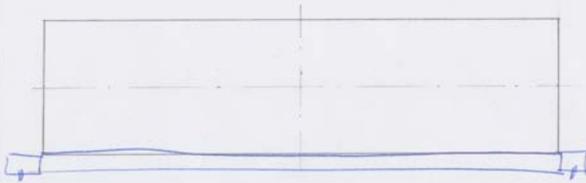
### 6., Verstärkungen



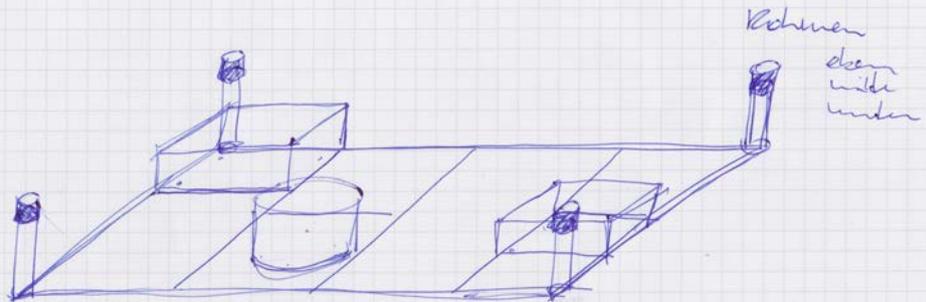
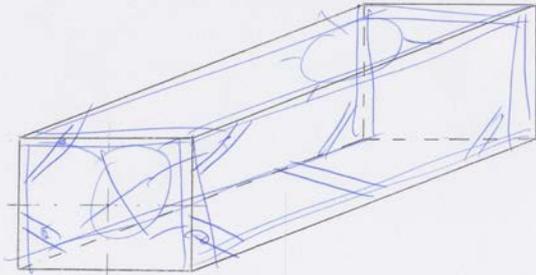
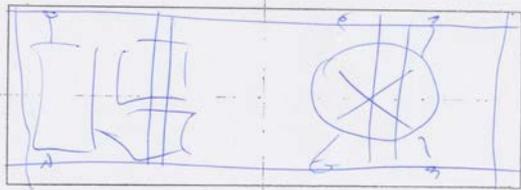
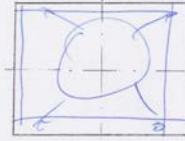
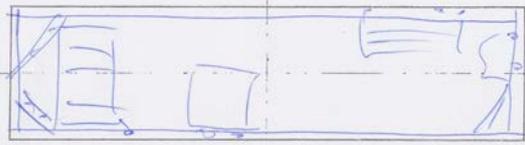
3., Folien



2., U-Profil als Verstärkung

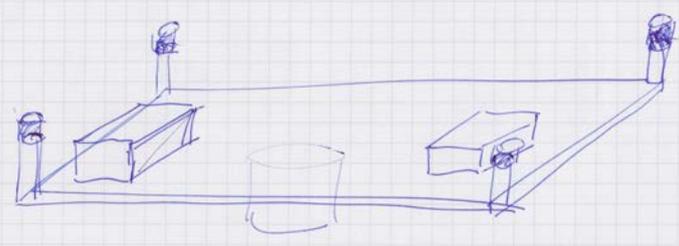


2.) Rahmenstruktur (Profilg)

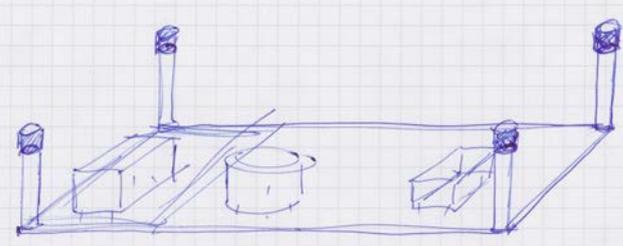


Kehnen  
oben  
mitte  
unten

people  
wide



people  
under



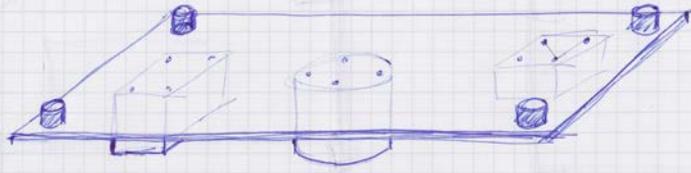
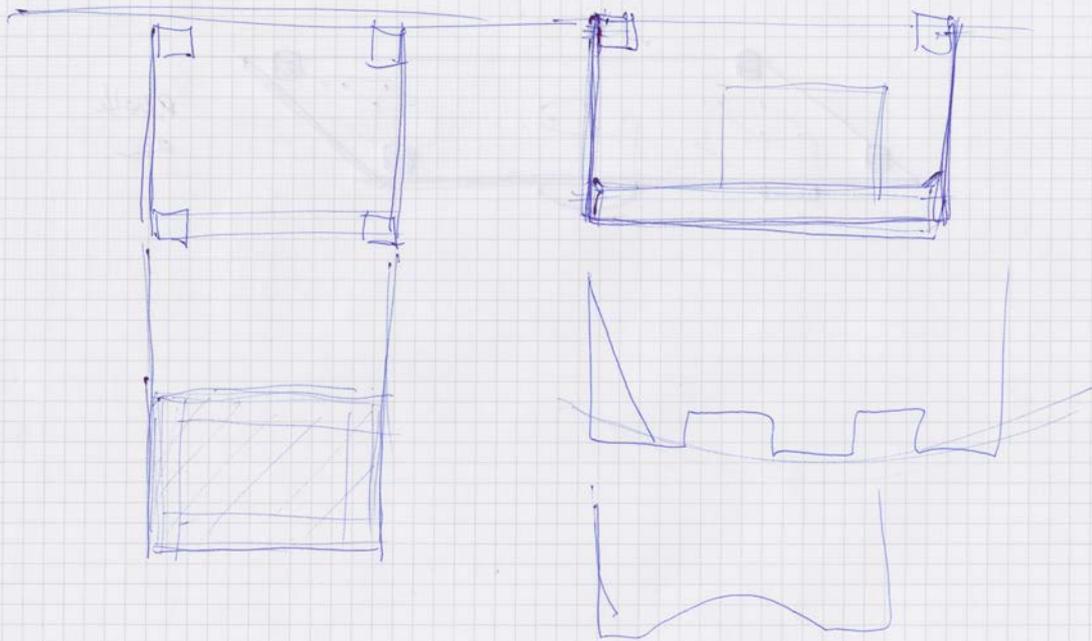
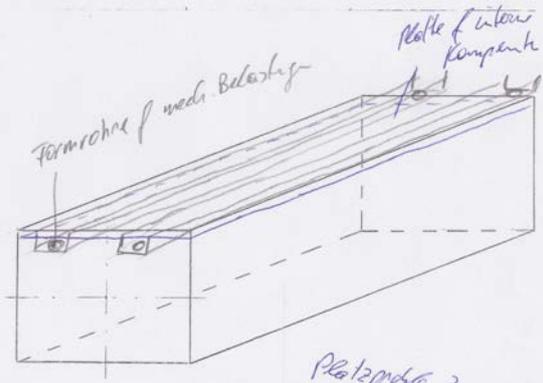
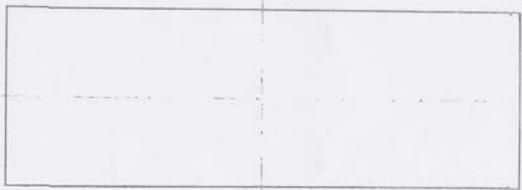
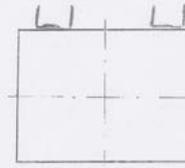


Photo  
des





Platzproblem?  
Komponenten, die nicht  
häufig montiert werden

C. weitere Bilder der Flipcharts zur Brainstormingmethode

Wortkugelsprung  
ermöglichen

Wortkugeldeckel

Filter

abnehmbare Seiten-  
wände

Wortkugelformen

Filter in Seitenwand integriert

Luft führen

Aussonngitter + Trennwände

Sonngschutten

gestanzte Löcher

dünnere Trennwände

Design bieten

Lackierung / Weglassen

Klebefolie

Kontour anpassen

Lasergroßieren

Typenschild weglassen

Blech stanzen

## D. Angebote zur Rahmenkonstruktion

Filli Stahl  
Smonjak Nico  
Schrödingerstraße 5  
A-9020 Klagenfurt

Tel: (0463) 37970-3368  
Fax: (0463) 37970-3366  
laser@fillistahl.at



Fa. Vossloh Kiepe Ges.m.b.H  
z.Hd. Hr. Dean Boskovic  
Ignaz-Köck-Strasse 23  
A-1210 Wien

Dienstag, 04. Dezember 2012

### **Betreff: Angebot Rohrlaserzuschnitte**

Wir danken für Ihre geschätzte Anfrage und erlauben uns freibleibend folgendes Angebot lt. unseren Verkaufs- und Lieferbedingungen zu unterbreiten:

Preise inkl. Material :

<i>Teil</i>	<i>Material</i>	<i>Länge</i>	<i>Stückzahl</i>	<i>Preis</i>
Gehäuse- Rahmenstruktur	FR 40x40x3mm AlMgSi0,5 mit gerundeten Kanten (3mm)	div. Längen	25 Stk. <sup>1)</sup>	<b>103,50 €/Stk.</b>
			250 Stk. <sup>2)</sup>	<b>95,90 €/Stk.</b>

**\*\*\* 1) 1 Stk. Bestehend aus 34 Teilen \*\*\***

**\*\*\* 25 Stk. Mindestbestellmenge, Sonderwalzung (Mat.)\*\*\***

**\*\*\* 2) Bei Rahmenbestellung in 10 Abrufen zu 25 Stk. / innerhalb eines Jahres\*\*\***

**\*\*\* Lieferzeit nicht unter 6 Wochen ab Bestellung \*\*\***

**\*\*\* Zahlung nach Vereinbarung \*\*\***

Wir möchten auf diesen Weg noch mal höflichst darauf hinweisen, dass wir **3 Rohrlasermaschinen** in Betrieb haben und dadurch eine sehr hohe Redundanz und Liefertreue in der Produktion vorweisen können.

**Des Weiteren können wir ab sofort Rohre und Profile bis Hüllkreis 250mm bearbeiten.**

**Angebot erstellt, ohne Kenntnis des Verwendungszweckes!**

Wir sind nach ISO 9002 zertifiziert. Toleranzen lt. DIN 2310 II L u. ISO 9013 II A

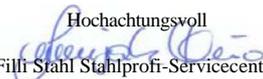
**Preise netto, ab Werk Klagenfurt +20% Mwst.**

+ Rüstkosten je Material ..... 40,- €  
+ Programmkosten je Zeichnung ..... 10,- €

**Verpackung:** auf Europaletten ( 6,20 €/EP ) + ggf. großer Karton ( 9,- €/Stk. ) bzw. mittlerer Karton ( 5,- €/Stk. )

**Liefertermine:** nach Vereinbarung; u.V. (Vorbehaltlich Walzverschiebung und Lieferverzögerung vom Werk.)  
Zwischenverkauf vorbehalten. Preisgültigkeit, wenn nicht anders angegeben, max. eine Woche.

**Lieferung:** Mit der Übergabe an den Spediteur oder Frachtführer, spätestens jedoch mit dem Verlassen des Werkes, geht die Gefahr auf den Käufer über.

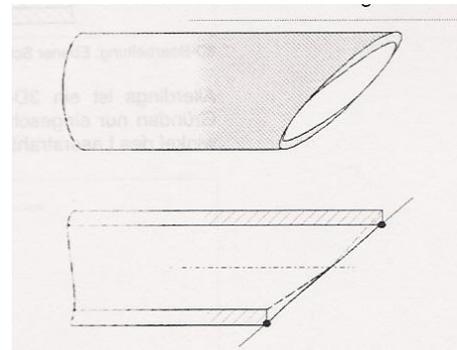
Hochachtungsvoll  
  
Filli Stahl Stahlprofi-Servicecenter  
Smonjak Nico

## Möglichkeiten und Grenzen beim Rohrlaserschneiden:



Beim Rohrlaserschneiden bleibt der Laserstrahl senkrecht zum Rohrmittelpunkt während sich das Rohr um seine Längsachse dreht.

Für eine saubere Verbindungsnaht ist es bei schrägen Schnitten ausreichend, wenn einmal die Außenhaut des Rohres und einmal die Innenhaut aufliegt. Allerdings nur dann, wenn die Verbindungsnaht über konventionelles Schweißverfahren mit Zusatzdraht hergestellt wird.



### Zeichnungen:

Die Bemaßung der von uns benötigten Zeichnungen hat immer von den Mittellinien aus zu erfolgen. Bei diffizileren Verschneidungen mehrerer Rohre, berechnet sich unser Programmiersystem die genauen Schneidkonturen für unsere spezielle Maschine.

### Kratzer:

Durch die automatische Beladung gelangen die Rohre von einer Bündelmulde über eine Beladestrecke in die Maschine. Weiters fallen die geschnittenen Teile über eine schräge Ebene aus der Maschine heraus. Dabei werden an den Werkstücken leichte Kratzer verursacht. Wir können die Kratzer etwas reduzieren, indem wir auf **ausdrücklichen Kundenwunsch** das Material manuell beladen, was aber zusätzliche Kosten verursacht. Dies muss vor Anbotserstellung bekannt gegeben werden

### Schlackenspritzer:

Im Normalfall sind im Rohrrinneren Schlackenspritzer vom Schneiden vorhanden. Diese haften abhängig von der Materialstärke und vom Durchmesser mehr oder weniger stark am Material.

Ist eine sehr saubere Rohrrinnenwand erforderlich, so ist dies bei der Anfrage oder Bestellung **AUSDRÜCKLICH** anzugeben.

Die Schlackenbildung und -haftung kann durch entsprechende Schneidtechnologie (reduzierte Laserleistung) verringert bzw. fast vermieden werden.

### Materialbeistellungen des Kunden:

Sollte in Ausnahmefällen das Rohmaterial vom Kunden beigestellt werden - wenn sich z.B. es um sehr seltene Qualitäten oder Abmessungen handelt – sind ist auf folgendes zu achten:

Das Rohmaterial ist üblicherweise in Stangenware 6,0 bis 6,5m beizustellen. Es darf vorher nicht auf Fixlänge zugeschnitten werden, da die Maschine die Werkstücke selbst genauest ablängt. Das Stangenmaterial muss min. 150-300mm länger als die Werkstücke sein, da dieser Bereich zum Einspannen gebraucht wird (Dieser Rest kann nicht mehr bearbeitet werden.) Für die genaue Materialbedarfermittlung ersuchen wir die Kunden mit unserer Technik vorher zu sprechen, damit die richtige Materialmenge - inkl. Verschnitt - beigestellt wird.

Sämtliche Reststücke (Randabschnitte und Zwischenstücke) gehen ins Eigentum der Fa. Filli Stahl über und werden von ohne Anspruch auf Retourlieferung bzw. Gutschrift verschrottet.

Bei beigestelltem Material haften wir bei einer Reklamation oder Maschinenschneidfehlern lediglich für die in Rechnung gestellte Lohnarbeit – nicht aber fürs Material.

## ALLGEMEINE VERKAUFS- UND LIEFERBEDINGUNGEN der Firma Filli-Stahl

### I. ABSCHLUSS

1. Soweit nichts anderes vereinbart ist erfolgen unsere Lieferungen ausschließlich auf Grund der nachstehenden Bedingungen, auch wenn sie bei mündlichen oder fernmündlichen Verhandlungen nicht besonders erwähnt werden. Abweichungen von diesen Bedingungen bedürfen zu ihrer Gültigkeit unserer ausdrücklichen schriftlichen Bestätigung.
2. Sämtliche Angebote sind freibleibend und verpflichten uns nicht zur Lieferung. Abbildungen Zeichnungen und Markenangaben sind unverbindlich. Alle Abschlüsse und Vereinbarungen, auch wenn sie durch unsere Außendienstmitarbeiter getätigt bzw. getroffen werden, sind für uns erst durch schriftliche Bestätigung verbindlich. Das gleiche gilt für mündliche Nebenabreden sowie nachträgliche Vertragsänderungen. Liefern wir dennoch auf Grund mündlicher oder fernmündlicher Bestellungen, so kann sich der Käufer nicht darauf berufen, daß alle Abschlüsse, Vereinbarungen etc. für uns durch unsere schriftliche Bestätigung verbindlich werden. Bei Lieferung auf Grund fernmündlicher Bestellungen gehen die Folgen etwaiger durch Hörfehler und Mißverständnisse verursachter unrichtige Lieferungen nicht zu unseren Lasten.
3. Etwaigen Einkaufsbedingungen des Käufers wird hiermit ausdrücklich widersprochen. Sie verpflichten uns auch dann nicht, wenn wir nicht nochmals bei Vertragsabschluß widersprechen. Spätestens mit der Entgegennahme unserer Ware gelten unsere Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen als angenommen.

### II. PREISE

1. Die Preise verstehen sich netto ohne jeden Abzug.
  2. Für Aufträge ohne ausdrückliche Preisvereinbarung gelten die Preise des Liefertages, bei Lieferung ab Werk der veröffentlichte Werkspreis; bei Lagerlieferungen der vom Verkäufer veröffentlichte Lagerpreis netto.
  3. Alle Nebengebühren, öffentliche Abgaben, etwaige neu hinzukommende Steuern, Frachten sowie deren Erhöhungen, durch welche die Lieferung mittelbar oder unmittelbar betroffen und verteuert wird, sind vom Käufer zu tragen.
  4. Falls wir dem Käufer auf Grund besonderer Vereinbarungen ein Rückgaberecht für bereits ausgelieferte Ware einräumen und der Käufer dieses Recht ausübt, erheben wir 10 % vom Rechnungsnettobetrag der zurückgegebenen Ware zur Abgeltung unserer Unkosten.
- Geschnittenes oder anderweitig verarbeitetes Material wird nicht zurückgenommen.

### III. LIEFERUNG

1. Die Wahl des Werkes oder Lagers das mit der Lieferung der bestellten Ware betraut werden soll, steht uns frei.
2. Mit der Übergabe an den Spediteur oder Frachtführer, spätestens jedoch mit dem Verlassen des Werkes oder Lagers, geht die Gefahr auf den Käufer über. Dies gilt auch im Falle der Lieferung durch uns, frei Bestimmungsort, mit eigenem oder fremden Fahrzeug.
3. Frachtfrei gestellte Preise bedingen offenen, unbehinderten Verkehr auf den jeweiligen Verkehrswegen. Fehlfrachten gehen zu Lasten des Käufers. Lieferfahrzeuge müssen unbehindert und verkehrssicher an die Entladestelle herangefahren werden können und ohne Verzögerung entladen werden. Verletzt der Käufer diese Verkehrssicherungspflichten, so ist er für alle daraus entstehenden Schäden am Lieferfahrzeug und etwaiger Ansprüche Dritter ersatzpflichtig.
4. Versandweg, Beförderungs- und Schutzmittel, die ebenso wie gedeckte Wagen und Kranwagen besonders verrechnet werden, sind unserer Wahl, unter Ausschluß jeder Haftung, überlassen. Der Verkäufer haftet nicht für die rechtzeitige Beförderung und nicht für Flugrost, Verbiegen, Verdrehen und Witterungseinflüsse.
5. Für die Lieferung gelten die technischen Normen des Herstellungslandes. Auch für Auslandsgeschäfte sind die österreichischen Handelsbräuche maßgebend.
6. Ila-Material sowie Sonderposten zu Ausnahmepreisen sind vor Versand zu besichtigen. Material in Handelsgüter wird nur auf äußere Beschaffenheit geprüft.
7. Sofern nichts anderes verkehrsüblich oder vereinbart ist, wird die Ware unverpackt geliefert.

### IV. LIEFERZEIT

1. Die Lieferzeiten sind für den Verkäufer **freibleibend**. Sie sind bedingt durch die Liefermöglichkeiten aller Lieferanten.
2. Die Lieferzeit beginnt mit dem Tage der Annahme der Bestellung durch uns, jedoch vor völliger Klärung aller Einzelheiten der Ausführung. Hat der Käufer Unterlagen, Angaben, Genehmigungen, Freigaben zu beschaffen oder eine Anzahlung zu erbringen, so beginnt die Lieferfrist nicht vor Beibringung sämtlicher Dokumente.
3. Die Lieferung gilt mit der rechtzeitigen Meldung der Versandbereitschaft als erfolgt.
4. Die Ziffer 2 gilt auch, wenn ausdrücklich Lieferfristen oder Liefertermine fest vereinbart wurden.
5. Versandbereit gemeldete, aber nicht sofort abgerufene Ware kann der Verkäufer auf Kosten und Gefahr des Käufers nach eigenem Ermessen lagern und als ab Werk oder ab Lager bei Versandbereitschaft berechnen.

### V. ZAHLUNG

1. Die Zahlung des Kaufpreises hat
  - a) bei Werkslieferung bis 15. des Monats in bar ohne Abzug zu erfolgen.
  - b) bei Lieferung ab Lager sofort nach Rechnungserhalt netto.
2. Diskontfähige Schecks nehmen wir unter Vorbehalt vorhergehender Vereinbarung zahlungshalber an. Gutschriften hierüber erfolgen vorbehaltlich des Einganges abzüglich der Auslagen und Wertstellung des Tages, an dem wir über den Gegenwert verfügen können.
3. Stempelmarken, Diskont, Einzugsbesen und Zinsen sind stets sofort fällig.
4. Bei Zahlungsverzug sind uns Zinsen in der Höhe von 2 % über den jeweils von den österreichischen Großbanken für Betriebsmittelkredite geforderten Zinsen zu vergüten. Nichteinhaltung der Zahlungsbedingungen oder Umstände, welche die Kreditwürdigkeit des Käufers zu mindern geeignet sind, haben die Fälligkeit unserer sämtlichen Forderungen zur Folge. Sie berechtigen uns außerdem, ausständige Lieferungen nur gegen Vorauszahlung auszuführen oder vom Vertrag zurückzutreten bzw. Schadenersatz wegen Nichterfüllung zu verlangen. Bei Zahlungsverzug ist der Käufer verpflichtet, sämtliche offenen Forderungen durch Zession oder durch Einräumung von Pfandrechten an anderen Vermögensgegenständen zugunsten des Verkäufers zu sichern.
5. Der Käufer ermächtigt den Verkäufer zur Aufrechnung seiner Forderungen, gleich aus welchem Rechtsgrund gegen Forderungen des Käufers gegenüber der Firma „Filli“-Stahlgroßhandelsgesellschaft mit beschränkter Haftung.

## **VI. EIGENTUM**

1. Unsere Lieferungen bleiben unser Eigentum bis zur Zahlung sämtlicher, auch künftiger Forderungen, insbesondere auch der Saldoforderungen bei laufender Rechnung, die uns, gleich aus welchem Rechtsgrund zustehen. Das gilt auch, wenn Zahlungen auf besonders bezeichnete Forderungen geleistet werden. Bei Verarbeitung, Vermischung oder Verbindung mit anderen, uns nicht gehörenden Waren, durch den Käufer, überträgt uns bereits der Käufer das ihm zustehende Eigentumsrecht an dem neuen Bestand oder der Sache im Umfang des Rechnungswertes der im Eigentumsvorbehalt stehenden Ware. Den neuen Bestand oder die Sache verwahrt der Käufer unentgeltlich für uns.
2. Der Käufer ist zum Weiterverkauf der Vorbehaltsware nur mit der Maßgabe berechtigt, daß die Forderung(en) des Käufers aus dem Weiterverkauf in der Höhe des Wertes der Vorbehaltsware ohne oder nach Verarbeitung, Vermischung oder Verbindung an uns abgetreten wird (werden).
3. Der Käufer ist verpflichtet, die Forderungsabtretung in seinen Büchern offenzulegen und über unser Verlangen den Drittabnehmer anzuzeigen.  
Über Wunsch ist uns der Abnehmer der Vorbehaltsware jederzeit bekanntzugeben.
4. Zu anderen Verfügungen über die Vorbehaltsware, insbesondere Sicherungsübereignung und Verpfändung ist der Käufer nicht berechtigt. Der Käufer ist berechtigt, Forderungen aus der Weiterveräußerung bis zu unserem jederzeitigen Widerruf einzuziehen.
5. Dem Verkäufer ist der Zutritt der im Eigentumsvorbehalt befindlichen Ware jederzeit zu ermöglichen.
6. Kommt es im Zuge der Geltendmachung unseres Eigentumsvorbehaltes zu einer Rückabwicklung, ist folgendermaßen vorzugehen.
  - a) Der Rechnungsbetrag ist zu erhöhen um Zinsen, Kosten sowie Aufwendungen und für die Rückholung der Vorbehaltsware. Der so ermittelte Betrag ist zu kürzen um geleistete Anzahlungen und den Wert der rückgeholten Ware.
  - b) Ergibt dieser Vorgang ein Guthaben unseres Kunden, ist dies auszuzahlen oder mit anderen Forderungen zu verrechnen. Bleibt hingegen eine Zahllast des Käufers offen, ist dieser zur Kostenberichtigung verpflichtet, wobei wir berechtigt sind, Verzugszinsen zu berechnen.

## **VII. HÖHERE GEWALT**

Ereignisse höherer Gewalt, zu welchen u. a. auch Streiks, größere Betriebsstörungen, Anfall von Ausschuß bei Liefergegenständen sowie alle Umstände gehören, die uns die Lieferung wesentlich erschweren oder unmöglich machen, und zwar einerlei, ob sie bei uns oder einem unserer Vorlieferanten eintreten, berechtigen uns, die Lieferung für die Dauer der Behinderung und einer angemessenen Anlaufzeit auszusetzen oder vom Vertrag hinsichtlich des noch nicht erfüllten Teiles zurückzutreten. Der Käufer kann von uns die Erklärung verlangen, ob wir zurücktreten oder innerhalb angemessener Frist liefern wollen. Erklären wir uns nicht, kann der Käufer zurücktreten.

## **VIII. ERFÜLLUNGORT UND GERICHTSSTAND**

Bei allen Vertragsabschlüssen gilt als Erfüllungsort, auch wenn frachtfrei Empfangsstation oder Werk vereinbart, für die Erfüllung der Ort des Lieferwerkes oder Lagers und für die Zahlung der Ort der vertragsschließenden Niederlassung.

Gerichtsstand

für alle Streitigkeiten ist ausschließlich Klagenfurt, doch können wir nach unserer Wahl auch ein für den Käufer sonst zuständiges Gericht anrufen.

## **IX. TEILUNWIRKSAMKEIT**

Sollten einzelne Bestimmungen dieser Verkaufsbedingungen ganz oder teilweise unwirksam sein, so bleiben alle übrigen Bestimmungen dieser Verkaufsbedingungen wirksam.

## **X. BESONDERE VERKAUFS- UND LIEFERBEDINGUNGEN FÜR DAS STRECKENGESCHÄFT IN WALZWARE**

Für Walzware-Streckenlieferungen gelten neben vorseitig angeführten Bedingungen, insbesondere auch die „Besonderen Bestimmungen zu den Allgemeinen Verkaufsbedingungen für Walzware, im Hinblick auf das Abkommen zwischen der Republik Österreich einerseits und den Mitgliedsstaaten der EGKS andererseits“, der VÖST-Alpine, in der jeweils gültigen Fassung, mit allen Ergänzungen.

## **XI. GEWÄHRLEISTUNG UND SCHADENERSATZ**

Wird ein Material- oder Herstellungsfehler nachgewiesen, so nehmen wir die mangelhafte Ware zurück und ersetzen sie durch mangelfreie. Ausschließlich wir haben aber das Wahlrecht, Gewährleistungsansprüche auch durch Verbesserung oder Preis Minderung zu erfüllen. Dem Käufer steht ein Rücktrittsrecht vom Vertrag (Wandlung) nicht zu. Unsere Gewährleistungspflicht erstreckt sich jedoch höchstens auf den Rahmen der von unseren Lieferanten für die einzelnen Lieferungen übernommenen Gewähr und auch nur soweit, als diese den Gewährleistungsanspruch anerkennen. Stellt uns der Käufer über unser Verlangen nicht Proben des beanstandeten Materials unverzüglich zur Verfügung, entfällt der Gewährleistungsanspruch. Ein solcher Verjährung in jedem Fall nach Ablauf eines Monats nach schriftlicher Zurückweisung durch uns. Bei Material 2.Wahl, gebrauchtem Material und bei sogenannten Gelegenheitsposten, d. h. Waren, die unter dem eigentlichen Tagespreis verkauft werden, gilt die Ware, ob angenommen oder nicht, mit Abgang vom Lager oder Werk als bedingungsgemäß geliefert und übernommen. Irgendwelche Reklamationen hinsichtlich Qualität und Beschaffenheit sind bei derartigem Material ausgeschlossen. Der Käufer ist verpflichtet, die Ware unverzüglich nach deren Einlangen in sorgfältigster Weise, allenfalls auch unter Beiziehung eines Sachverständigen, zu überprüfen. Allfällige Mängel muß der Käufer binnen 8 Tagen nach Eingang der Ware mit eingeschriebenem Brief rügen. Mängel, die bei einer solchen Überprüfung nicht entdeckt werden können, sind unverzüglich nach ihrem Auftreten unter sofortiger Einstellung einer etwaigen Be- und Verarbeitung zu rügen. Die Gewährleistungspflicht endet aber auch bei versteckten Mängeln mit der Ver- bzw. Bearbeitung, ferner mit dem Einbau oder der Verlegung, spätestens jedoch drei Monate nach dem Empfang der Ware. Schadenersatzansprüche aller Art gegen uns sind ausgeschlossen, sofern uns nicht ein grobes Verschulden nachgewiesen wird. Schadenersatzpflichtig sind wir in jedem Fall nur bis zur Höhe des Betrages, der für die Ware in Rechnung gestellt wurde. Für Dritt- sowie Folgeschäden haften wir nicht. Wenn wir Nebenleistungen, wie z. B. Beistellung von Plänen, Werkzeugnissen, einer Statik, Stücklisten, Materialauszügen, erbringen, so ist der Käufer verpflichtet, diese unverzüglich zu überprüfen. Wenn der Käufer nicht binnen 8 Tagen nach Erhalt solcher Unterlagen ihnen widerspricht, so gelten sie als genehmigt. Wenn Unterlagen dieser Art nicht von uns selbst, sondern vom Produzenten oder von einem Sachverständigen oder sonstigen Dritten stammen, so haften wir nicht für deren Verschulden, sondern nur für Verschulden bei der Auswahl dieses Dritten (Culpa in eligendo).

Vossloh Kiepe GmbH  
Ignaz-Köck-Straße 23  
A1210 Wien

Sachbearb. Daniel Penner  
Seite 1  
Anfrage vom 27.11.12  
Datum 04.12.2012

Angebots-Nr. 217714  
Kundennummer 11462

Pos	Artikel	Bezeichnung	Menge	ME	E-Preis	Gesamt €
-----	---------	-------------	-------	----	---------	----------

Ansprechpartner/in: Dean Boskovic  
Wir danken für Ihre Anfrage und bieten freibleibend an:

1	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	5	Satz	190,25	951,25
	alternativ					
2	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	10	Satz	176,40	1.764,00
	alternativ					
3	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	15	Satz	163,90	2.458,50
	alternativ					
4	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	25	Satz	157,85	3.946,25
	alternativ					

-----  
Übertrag 9.120,00

Vossloh Kiepe GmbH  
Ignaz-Köck-Straße 23  
A1210 Wien

Sachbearb. Daniel Penner  
Seite 2  
Anfrage vom 27.11.12  
Datum 04.12.2012

Angebots-Nr. 217714  
Kundennummer 11462

Pos	Artikel	Bezeichnung	Menge ME	E-Preis	Gesamt €
Übertrag					9.120,00
5	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	50 Satz	148,07	7.403,50
		alternativ			
6	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	100 Satz	142,58	14.258,00
		alternativ			
7	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	250 Satz	137,42	34.355,00
		alternativ			
8	TCA016535	Rahmen aus 40x40x3 mm, diverse Längen Wst. AlMgSi0,5 Lasern nach 3D Modell Preis inkl. Material	500 Satz	133,59	66.795,00

Achtung, bitte unsere Artikelnummern auf  
neuer Bestellung mit angeben !!!

Achtung, Preise können sich durch  
steigende Vormaterialkosten ändern.

-----  
Übertrag 131.931,50

Vossloh Kiepe GmbH  
Ignaz-Köck-Straße 23  
A1210 Wien

Sachbearb. Daniel Penner  
Seite 3  
Anfrage vom 27.11.12  
Datum 04.12.2012

Angebots-Nr. 217714  
Kundennummer 11462

Pos	Artikel	Bezeichnung	Menge	ME	E-Preis	Gesamt €
		Übertrag				131.931,50

Achtung, Materialspritzer auf der Innenseite des Rohres.  
Schnitt immer 90° zur Materialoberfläche.  
Lasergerechte Bearbeitung.  
Liefertermin:  
2-3 Wochen nach AE bzw. nach Absprache  
Preis ab Werk  
Diesem Vorgang liegen unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen zugrunde, die auch für alle zukünftigen Verträge mit Ihnen gelten und die wir Ihnen auf Wunsch zur Verfügung stellen.

*I. A. Daniel Penner*

Netto- Gesamt € 131.931,50

USt. 19 % € 25.066,99

Brutto- Gesamt € 156.998,49

Zahlungsbedingungen

Vossloh Kiepe Ges. m. b. H.  
Ignaz-Köck-Strasse 23  
A 1210 Wien  
Österreich  
Fax: 0043133127-306

## Angebot

Belegnummer / Datum / Seite  
4120347 / 05.12.12 / Seite 1  
Projekt **20121361**

Ihre Bestellung / Datum  
E-Mail Hr. Boskovic / 27.11.12  
Ihre UStIDNr ATU14707502  
Ihr Ansprechpartner / DW  
Tatjana Werner / 06782 / 9474  
0043133127-306

### Bauvorhaben: Profilsatz

Vielen Dank für Ihre Anfrage. Nachfolgend bieten wir Ihnen an:

Pos	Artikel / Bezeichnung	Menge	Einzelpr.	Gesamt EUR
1	Profilsatz Lasern, incl. Material 40x40x3 AlMg, ab Werk. Los 5 Satz	1,00Sat	210,10	210,10
2	Profilsatz Lasern, incl. Material 40x40x3 AlMg, ab Werk. Los 50 Satz	1,00Sat	183,10	183,10
3	Profilsatz Lasern, incl. Material 40x40x3 AlMg, ab Werk. Los 100 Satz	1,00Sat	148,00	148,00
4	Profilsatz Lasern, incl. Material 40x40x3 AlMg, ab Werk. Los 500 Satz	1,00Sat	141,70	141,70

Für weitere Auskünfte stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung. Es gelten ausschließlich unseren AGB's, die wir Ihnen in der Anlage beifügen.

Zwischensumme	Endsumme netto	Mwst. 0 %	Bruttosumme EUR
682,90	682,90	0,00	682,90

Angebot 4120347  
Projekt-Nr. 20121361

Datum: 05.12.12  
Übertrag:

Seite: 2

EUR

Wir würden uns freuen, wenn aus diesem Angebot ein Auftrag werden würde, und sichern Ihnen schon heute zu, diesen mit der für uns typischen Sorgfalt durchzuführen.

Mit freundlichen Grüßen

E. **Angebote zur Rohrverbinder**  
AW: Angebot Anfrage

---

Guten Tag Herr Siller,

für die Angefragten Verbinder können wir Ihnen folgendes Angebot machen

RC05-25	6,75€/Stk.
RC05-40	10,44€/Stk.

Dieser Preis gilt ab einer Abnahmemenge von mind.200 Stück pro Bestellung.

Die Lieferzeit beträgt dann ca. 1-2 Wochen.

Mit freundlichen Grüßen  
Michael Manke-Hütten

LUTEC-System-Clamps GmbH  
Barbarastr. 50a  
D-46282 Dorsten  
Tel: 0049 (2362) 201811-30  
Fax: 0049 (2362) 201811-39  
Mail: [michael.manke-huetten@rohrverbinder.de](mailto:michael.manke-huetten@rohrverbinder.de)  
http: [www.rohrverbinder.de](http://www.rohrverbinder.de)  
Geschäftsführer: Sylvia Haase, Michael Weska  
AG Gelsenkirchen HRB 3333

AW: Angebot Anfrage

---

Sehr geehrter Herr Siller,

den angefragten Verbinder können wir Ihnen zum Preis von 13,05€/Stk. anbieten.

Die Lieferzeit beträgt ca. 2 Wochen.

Mit freundlichen Grüßen  
Berges Rohrverbinder