

Richard Rudolf Schlüsselberger

Wertanalytische Betrachtung der Rückholeinrichtung eines Schleudersitzsimulators

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung:

Maschinenbau-Wirtschaft

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

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

Graz, 2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zur Fertigstellung der vorliegenden Diplomarbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Fa. AMST-Systemtechnik bedanken, die das Projekt aktiv mitgestaltet, viele Ideen eingebracht und gute Lösungsvorschläge vorgebracht haben. Durch ihre motivierte Arbeitsweise konnte ein großartiges Ergebnis erzielt werden, welches ohne ihre intensive Mitarbeit nicht möglich gewesen wäre.

Meinem Universitätsbetreuer Dipl.-Ing. Dr.techn. Nikolaus Mitterer danke ich sehr herzlich für die ausgezeichnete Betreuung und die fachlichen Inputs, die er mir im Rahmen dieser Diplomarbeit gegeben hat.

Weiters danke ich meiner Familie aus ganzem Herzen für den Rückhalt und die Unterstützung, welche sie mir während meines gesamten Studiums und insbesondere während der intensiven Arbeit der Diplomarbeitserstellung gegeben hat.

Kurzfassung

Die Firma AMST-Systemtechnik GmbH hat sich im Bereich der Luft- und Raumfahrtmedizin sowie Flugsimulation spezialisiert und bietet sämtliche Geräte für die zivile und militärische Luftfahrtmedizin sei es zur Auswahl als auch für das Training von Piloten. Das Geschäftsfeld wird stetig erweitert und die Produktpalette vergrößert.

Im Jet-Zeitalter werden insbesondere im militärischen Bereich moderne Flugzeugmodelle geflogen, welche in der Strukturauslegung weit über die körperliche Belastungsgrenze der Piloten hinausgehen. Daher kommt es immer wieder zu Notsituationen, in welchen die letzte Möglichkeit die Betätigung des Schleudersitzes ist. Damit die Piloten diese gefährliche Ausstiegsprozedur und den Umgang mit dem Schleudersitzsystem am Boden und ohne Risiko trainieren können, hat die Firma AMST-Systemtechnik GmbH den Schleudersitzsimulator entwickelt.

Zur Kostenreduktion und Funktionenverbesserung der Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators beauftragte die Firma AMST-Systemtechnik GmbH diese Diplomarbeit zur wertanalytischen Betrachtung. Besonderes Augenmerk wurde auf eine Wertverbesserung dieses Systems gelegt. Hierfür wurden 10 Grund- bzw. Teilschritte der Wertanalyse laut WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973 durchgeführt. Als Bestandteil des Basismoduls im Grazer Modell für Industrielles Management wurde zur systematischen Bearbeitung und Lösungsfindung vorliegender Problemstellung mit Unterstützung des Steuerausschusses ein 6-köpfiges Arbeitsteam aus verschiedenen Abteilungen gebildet. Die vorbereitende SWOT-Analyse zeigte, dass die Rückholeinrichtung hohe Kosten verursacht, aus zwei unterschiedlichen Systemen aufgebaut ist, der Sicherheitsfaktor überdimensioniert ist und aus aufwendigen Baugruppen besteht. Laut Funktionsanalyse zählt die Rückholeinrichtung fünf Hauptfunktionen bzw. 38 Unterfunktionen. Anschliessend zeigte eine ABC-Analyse, dass zehn dieser Unterfunktionen 80 % der Herstellkosten verursachen. Die Recherche existierender und die Entwicklung neuer Ideen ergaben vier Lösungsvarianten. Die Gegenüberstellung der Herstellkosten und Nutzwerte zeigte, dass die Lösungsvariante 4 XXXXXXXXXX den größten Nutzwert bringt und gleichzeitig die geringsten Kosten verursacht. Diese Lösungsvariante führt zu einer Kostenminimierung von 87 %. Demnach hat die Wertanalyse zu einem zufriedenstellenden Ergebnis geführt.

Abstract

The company AMST-Systemtechnik GmbH is specialised in aviation, aerospace medicine and flight simulation, supplying a comprehensive range of civil and military aero-medical equipment for assistance in selection and training of pilots. The business field is expanding constantly and the range of products is growing.

In the jet age - in particular, in the military field - modern aircraft are flown, which in their structural design go far beyond the physical breaking point of the pilot. Therefore, emergency situations are continually envisaged in which the last resort is the operation of the ejection seat. In order to be able to achieve a risk-free training of pilots in this dangerous exit procedure and provide familiarity of the ejection seat system on the ground, AMST-Systemtechnik GmbH has developed an ejection seat simulator.

To reduce costs and improve the functionality of the retrieval device of the ejection seat simulator, AMST-Systemtechnik GmbH has commissioned this thesis to conduct a value analysis of the retrieval device, paying particular attention to improve the system.

To fulfil this remit, ten basic or partial value analysis steps were carried out according to the value analysis work plan and in accordance with ÖNORM EN 12973. As part of the basis module of the Grazer model for industrial management, a 6-man team was formed from various departments, with the support of the steering committee, with a view to systematically processing and solving the present problem. The preliminary SWOT-analysis showed that the retrieval device involves high costs, is made up of two different systems, has an excessively large safety factor and consists of elaborately complex assemblies. According to functional analysis, the retrieval device comprises five main functions and 38 sub-functions. Subsequently, an ABC analysis showed that it is ten of these sub-functions that determine 80 % of production costs. An examination of existing and recently developing ideas resulted in four possible solutions. A comparison of their production costs and utility values showed that Option 4, [REDACTED] [REDACTED] is the solution offering maximal utility while necessitating minimal costs. This option leads to a cost reduction of 87 %. Accordingly, the value analysis has obtained a satisfactory result.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Die Unternehmung AMST - Systemtechnik GmbH	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	4
1.3	Vorgehensweise	4
1.4	Auswahlkriterien zur Anwendung der Wertanalyse	5
2	Theorie/Literaturrecherche	6
2.1	Eingliederung der WA im Grazer Modell	6
2.2	Wertanalyse als Methode des Value Management	8
2.2.1	Entstehung der Wertanalyse	8
2.2.2	Definition der Wertanalyse	9
2.2.3	Wesentliche Merkmale der Wertanalyse	9
2.2.4	Funktion	12
2.2.5	Wert	15
2.3	Wertanalyse Arbeitsplan ÖNORM EN 12973	16
2.3.1	Tabelle ÖNORM EN 12973	16
2.3.2	Verantwortung und Mitwirkung	18
2.3.3	Beschreibung der Grund- und Teilschritte	19
2.3.4	Der WA Formularsatz	22
2.4	Organisatorische Eingliederung der WA	24
2.4.1	Der Wertanalyse-Steuerausschuss	26
2.4.2	Der Wertanalyse-Moderator	27
2.4.3	Der Wertanalyse-Manager	27
2.5	WA als interdisziplinäre Teamarbeit	27
2.5.1	Die Gruppe	28
2.5.2	Die Arbeitsgruppe	28
2.5.3	Das Team	28
2.5.4	Der Leistungsvorteil der Gruppe	29
2.5.5	Funktionen im Team	31
2.5.6	Widerstände gegen Teamarbeit	32
2.6	Arbeitsmethoden und Techniken in der Wertanalyse	33

2.6.1	SWOT-Analyse	33
2.6.2	Funktionenanalyse	34
2.6.3	Paarweiser Vergleich	36
2.6.4	Funktionskostenmatrix	38
2.6.5	Kreativitätstechniken	39
2.6.6	Nutzwertanalyse	43
3	Praxisbetrachtung	45
3.1	Vorbereitung des Projektes	45
3.1.1	Projektbeschreibung	46
3.1.2	Auswahl von Entscheidungsträgern und WA-Teamleiter	46
3.2	Projektdefinition	47
3.2.1	WA-Objekt	47
3.2.2	Rahmenbedingungen der Studie	56
3.2.3	Allgemeine Ziele (Grobziele)	56
3.2.4	Vorbereitende Risikoanalyse	57
3.3	Planung	58
3.3.1	Bildung eines Arbeitsteams	58
3.3.2	Ausarbeitung eines ersten Zeitplans	58
3.3.3	Festlegung des Arbeitsraumes	59
3.4	Umfassende Daten über die Studie sammeln	59
3.4.1	Informationssammlung	59
3.4.2	Detaillierte Marktforschung	60
3.5	Funktionen-, Kostenanalyse, Detailziele	60
3.5.1	Formulierung des Bedarfs und Funktionenanalyse	60
3.5.2	Kostenanalyse und Funktionenkosten	66
3.5.3	Festlegung der Detailziele und Bewertungskriterien	71
3.6	Sammeln und Finden von Lösungsideen	75
3.6.1	Sammeln existierender Ideen	75
3.6.2	Entwickeln neuer Ideen	77
3.7	Bewertung der Lösungsideen	78
3.7.1	Bewertung und Kombination der Ideen	78
3.7.2	Auswahl der Entwicklungsaufgaben	88
3.8	Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge	88
3.8.1	Studien und Tests	89
3.8.2	Bewertung der Lösungen	89
3.9	Präsentation der besten Lösung	91
4	Zusammenfassung und Ausblick	93

5	Literaturverzeichnis	95
6	Abbildungsverzeichnis	98
7	Tabellenverzeichnis	100
8	Anhang	i
A	Anhang Projektantrag AMST-Systemtechnik GmbH	ii
B	Anhang Projektplan	v
C	Anhang Funktionskostenmatrix	vii
D	Anhang Arbeitspaketbeschreibung	ix
E	Anhang Sicherheitsanalyse Rückholeinrichtung	xvi
F	Anhang Wertanalyse Formularsatz	xviii

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird die Firma AMST-Systemtechnik GmbH deren Geschichte und Produktpalette vorgestellt. Weiters wird die Aufgabenstellung und Zielsetzung erläutert und die prinzipielle Vorgehensweise der Wertanalyse beschrieben. Die Auswahlkriterien zur Anwendung der Wertanalyse bilden den letzten Punkt dieses Abschnitts.

1.1 Die Unternehmung AMST - Systemtechnik GmbH

Die Firma AMST-Systemtechnik GmbH (in Folge AMST genannt) wurde 1987 unter dem damaligen Namen „Austria Metall Systemtechnik Ges.m.b.H.“, kurz AMST, als eine eigenständige Tochtergesellschaft der Austria Metall AG (AMAG) gegründet. Der Firmensitz der AMST befindet sich in Ranshofen - Oberösterreich - an der Grenze zu Deutschland. Die Geschäftsfelder waren damals Automatisierungstechnik, Industrieanlagenbau und Luft- und Raumfahrtmedizinische Ausbildungsgeräte. Der Firmengründung war ein Auftrag der ehemaligen DDR im Jahr 1982 für eine Humanzentrifuge und eine Höhensimulationskammer im Auftragswert von 500 Millionen Schilling vorangegangen. Seit dem wurde das Know-how stetig erweitert, welches für die Auslegung und das Design von Luft- und Raumfahrtmedizinischen Ausbildungsgeräten notwendig ist. Im Jahr 1987 folgte die Unterzeichnung eines Auftrages für eine Humanzentrifuge in Russland im Auftragswert von 1,2 Milliarden Schilling. In den Jahren 1992 bis 1996 wurden alle Aktivitäten im Bereich der Luft und Raumfahrtmedizin eingestellt und die Firma auf zwölf Mitarbeiter reduziert. Im Zuge der Privatisierung der verstaatlichten Austria Metall AG erfolgte 1996 die Privatisierung der AMST mittels Management-Buy-out (MBO) durch den langjährigen Geschäftsführer Dipl.-Ing. Richard Schlüsselberger. Ab diesem Zeitpunkt erfolgte eine Fokussierung auf den Bereich der Luft- und Raumfahrtmedizin und Flugsimulation. Für die Erweiterung des Geschäftsfeldes und den Ausbau der Produktpalette wurden von 1997 bis 2010 ca. €40 Millionen für Neuentwicklungen und F&E aufgewendet. Durch diesen konstanten Know-How Aufbau etablierte sich die AMST als Marktführer im Design, Entwicklung und der Produktion von Simulationsanlagen für die zivile und militärische Luftfahrtmedizin und das Pilotentraining.¹

¹Vgl. Schlüsselberger, R. (2010), S. 1.

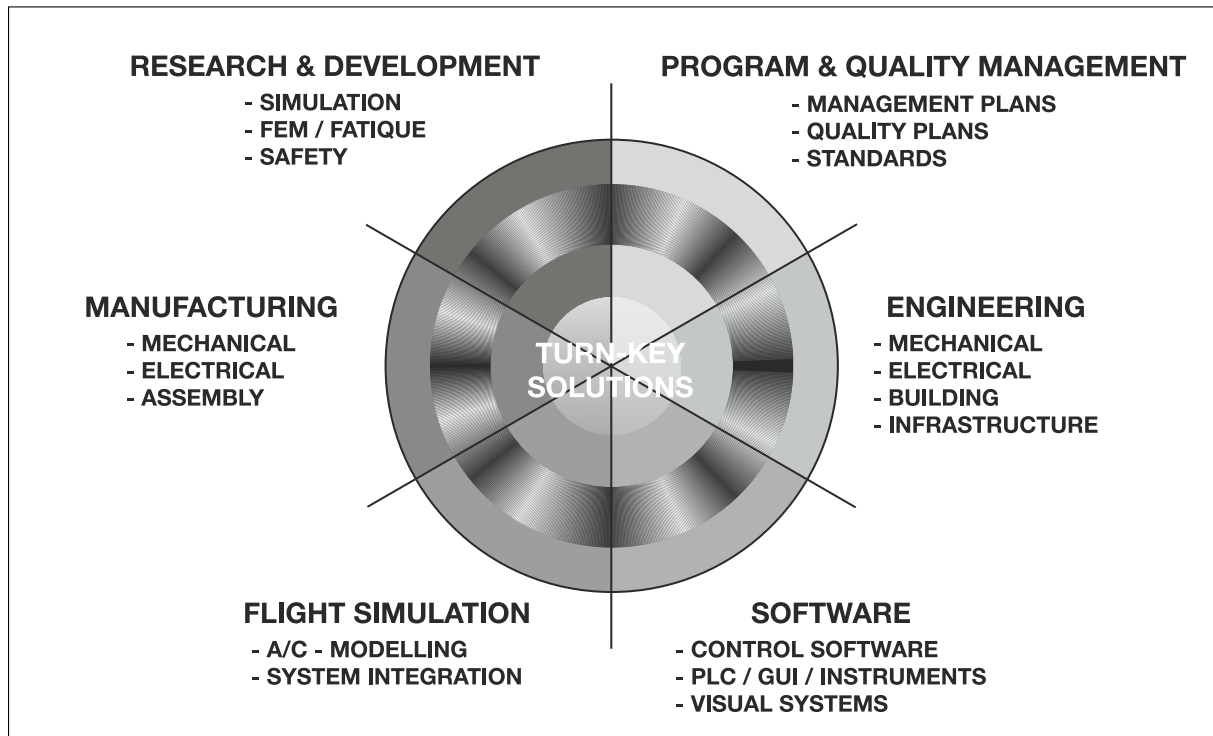


Abbildung 1: Mitarbeiterkompetenz der AMST²

Die Kernkompetenzen der Mitarbeiter der AMST (siehe Abbildung 1) ermöglichen es auf die speziellen Kundenwünsche einzugehen und die hohen Anforderungen der Kunden in den Bereichen Sicherheit, Qualität, Zuverlässigkeit, Bedienungsfreundlichkeit und Wartbarkeit zu erfüllen.

Die Produktpalette wird stetig erweitert und umfasst derzeit sämtliche Geräte, welche für die Auswahl und das Training von Piloten notwendig sind (siehe Abbildung 2). Dazu zählen folgende Produkte: HUMAN TRAINING CENTRIFUGE - DFS, DESDEMONA, DISORIENTATION TRAINER, HYPOBARIC CHAMBER, FLIGHT TRAINING DEVICE, AGSM TRAINING EQUIPMENT, NIGHT VISION (NV) TRAINING SYSTEM, INTEGRATED NV TRAINING SYSTEM, PILOT SPORTS EQUIPMENT, WATER SURVIVAL TRAINING SYSTEM, AEROMEDICAL CENTRE und ADVANCED EJECTION SEAT TRAINER (in Folge Schleudersitzsimulator genannt).³

²AMST Geschäftsführung (2010a), S. 7

³Vgl. Schlüsselberger, R. (2010), S. 2.

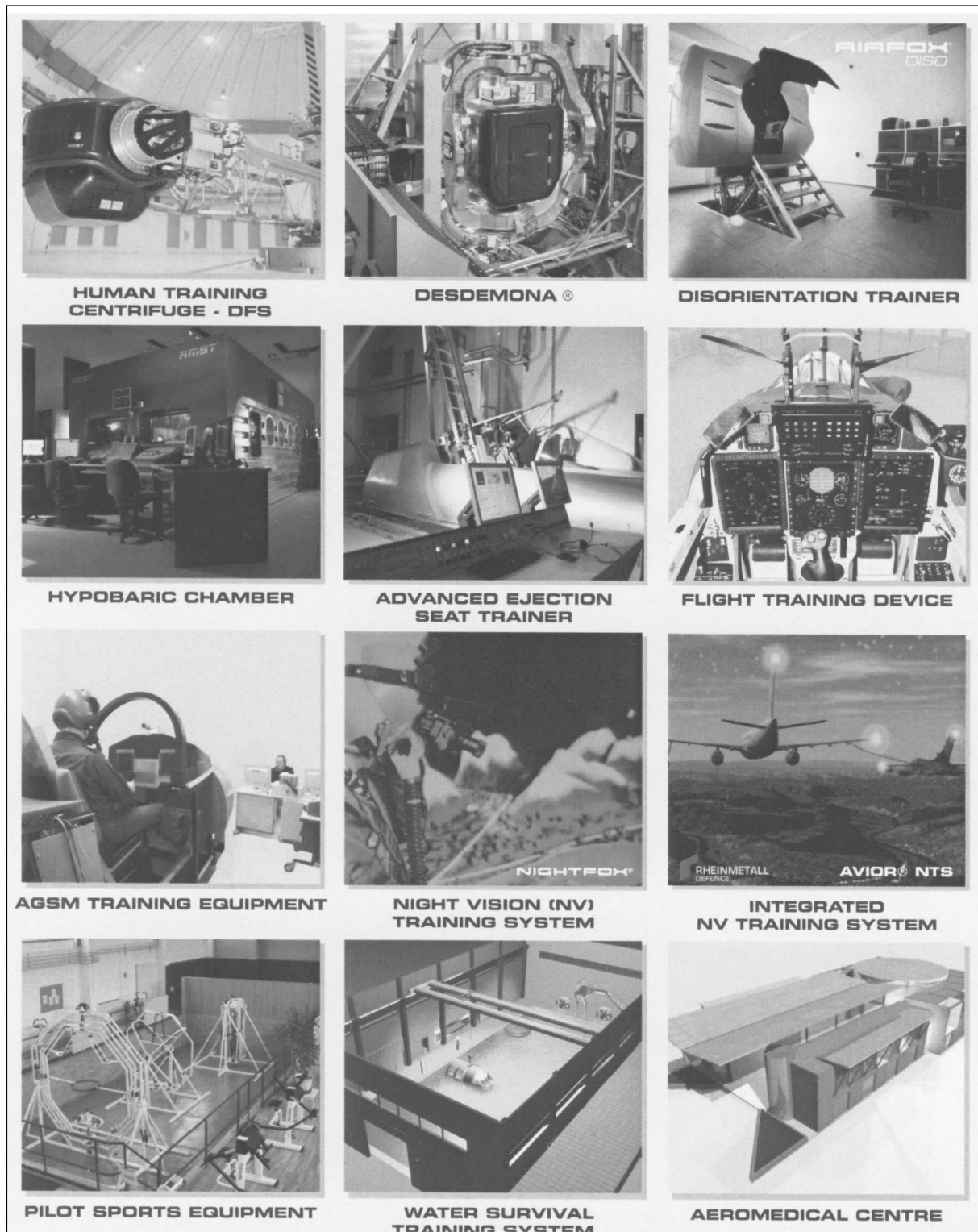


Abbildung 2: Produktübersicht der AMST⁴

⁴AMST Geschäftsführung (2010b), S. 1

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Jet-Zeitalter werden insbesondere im militärischen Bereich moderne Flugzeugmodelle geflogen, welche in der Strukturauslegung weit über der körperlichen Belastungsgrenze der Piloten liegen. Zudem ist die Arbeitsbelastung im Cockpit aufgrund der zahlreichen komplexen Systeme gestiegen.⁵ Das Fliegen verlangt vom Piloten unter anderem hohe Konzentration, schnelle Reaktions- und Stressbelastungsfähigkeit. Daher befinden sich Militärpiloten häufig im Grenzbereich ihrer physischen und psychischen Belastungsfähigkeit. Aufgrund räumlicher Desorientierung oder Systemausfällen, kommt es immer wieder zu Notsituationen in welchen die letzte Möglichkeit die Betätigung des Schleudersitzes ist. Laut Statistik eines der führenden Unternehmen, welches Schleudersitzsysteme herstellt, wurden bis jetzt 7345 Piloten durch den Schleudersitz gerettet.⁶ Der Ausstieg kann zwar Leben retten, er birgt aber auch ein hohes Verletzungsrisiko, da während des Ausstiegs extrem hohe Kräfte auf den Piloten wirken. Damit Piloten diese gefährliche Ausstiegsprozedur am Boden und den Umgang mit dem Schleudersitzsystem ohne Risiko trainieren können, hat die AMST den Schleudersitzsimulator entwickelt. Der Schleudersitzsimulator besteht aus mehreren Baugruppen und Untersystemen, auf welche im Kapitel 3.2.1 eingegangen wird. Nachdem der Entwicklungsprozess des Schleudersitzsimulators den Erwartungen des Kunden nicht entsprochen hat, wurden in einem zweiten Moment zusätzliche Sicherheitsmassnahmen entwickelt, welche allerdings die Herstellkosten übermäßig in die Höhe trieben. Insbesondere war die Rückholeinrichtung, welche nach erfolgtem Ausschuss für die sichere Rückführung des Schleudersitzes in die Ausgangsposition zuständig ist, sehr aufwendig konstruiert. Daher ist im Auftrag der AMST die zentrale Aufgabenstellung der Diplomarbeit die wertanalytische Betrachtung dieser Rückholeinrichtung mit besonderem Augenmerk auf die Wertverbesserung dieses Systems. Mit der Einführung der Wertanalyse in der AMST soll eine weitere Methode in der Firma implementiert werden, mit der es in der Zukunft möglich sein wird, bestehende Produkte auf Wertverbesserung zu untersuchen oder neue Geräte mithilfe der Wertgestaltung zu entwickeln.

1.3 Vorgehensweise

Die Durchführung der Wertanalyse erfolgt nach einem vorgegebenen Arbeitsplan, welcher zu den wesentlichen Merkmalen der Wertanalyse zählt. Zur Auswahl hierfür stehen drei verschiedene Arbeitspläne, der WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973 „Value Management“, der WA-Arbeitsplan nach VDI 2800 und der WA-Projektplan nach

⁵Vgl. Pongratz, H. (2006), S. 234.

⁶Vgl. Martin Baker (Abfrage 20.3.2011).

ÖNORM A 6760. Je nach Normung umfasst der Arbeitsplan 6 bis 10 Grundschrirte, welche wiederum in Teilschritte untergliedert sind. Für dieses Wertanalyseprojekt wird der Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973 herangezogen. Der WA-Arbeitsplan baut auf einem IST-zustandsorientierten Ansatz auf und enthält folgende Hauptpunkte⁷:

- Vorbereitende Maßnahmen
- Ermitteln des IST-Zustandes
- Ermitteln von Lösungen
- Prüfen der Lösungen
- Vorschlag und Verwirklichung einer Lösung

Eine genauere Beschreibung des WA-Arbeitsplanes erfolgt im Kapitel 2.3. Weitere Merkmale der Wertanalyse sind die interdisziplinäre Teamarbeit mit einem WA-Team und die sequentielle Abfolge der Projektschritte nach dem WA-Arbeitsplan. Das Projektteam wird von einem WA-Projektmoderator geleitet um die Zielprioritäten wie Funktions- bzw. Kostenziele zu erreichen, welche im Wesentlichen auf die Reduktion der Herstellkosten abzielen.

1.4 Auswahlkriterien zur Anwendung der Wertanalyse

Die Wertanalyse eignet sich nur für bestimmte Arten von Aufgabenstellungen, wobei wirtschaftliche Gesichtspunkte zentral sind. Folgende Auswahlkriterien bedingen die Verwendung der Wertanalyse⁸:

- Es liegt eine komplexe Aufgabenstellung vor. Da zur Lösung der Aufgabe Informationen aus verschiedensten Quellen benötigt werden, ist interdisziplinäre Teamarbeit erforderlich.
- Es sollte eine Wertverbesserung von mindestens 15% möglich sein. Bei geringeren Zielsetzungen können die Rationalisierungsaufgaben wirtschaftlicher ohne Wertanalyse gelöst werden.
- Es ist kein Lösungskonzept vorhanden. Hier rechnet sich die aufwendige analytische Arbeit, da die Kreativität stark gefördert wird.
- Es ist keine speziellere Bearbeitungsmethode verfügbar.

⁷Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 47f.

⁸Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 48.

2 Theorie/Literaturrecherche

Im Kapitel „Theoretischer Teil“ werden die Rahmenbedingungen, die Vorgehensweise der Wertanalyse und die verwendeten Hilfsmittel, wie z.B.: die SWOT- Analyse bzw. die Funktionskostenmatrix wissenschaftlich betrachtet. Diese Abhandlung dient als theoretische Grundlage für die praktische Umsetzung des Projektes, erhebt jedoch nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

2.1 Eingliederung der WA im Grazer Modell

Die Wertanalyse ist eine Methode des Value Management oder Wertmanagement.⁹ Dieses ist ein Bestandteil des Basismoduls im Grazer Modell für Industrielles Management. Das Grazer Modell für Industrielles Management definiert und bietet eine Rahmenstruktur, welche die systematische Bearbeitung und Lösungsfindung für Problemstellungen der industriellen Praxis ermöglicht und unterstützt.¹⁰

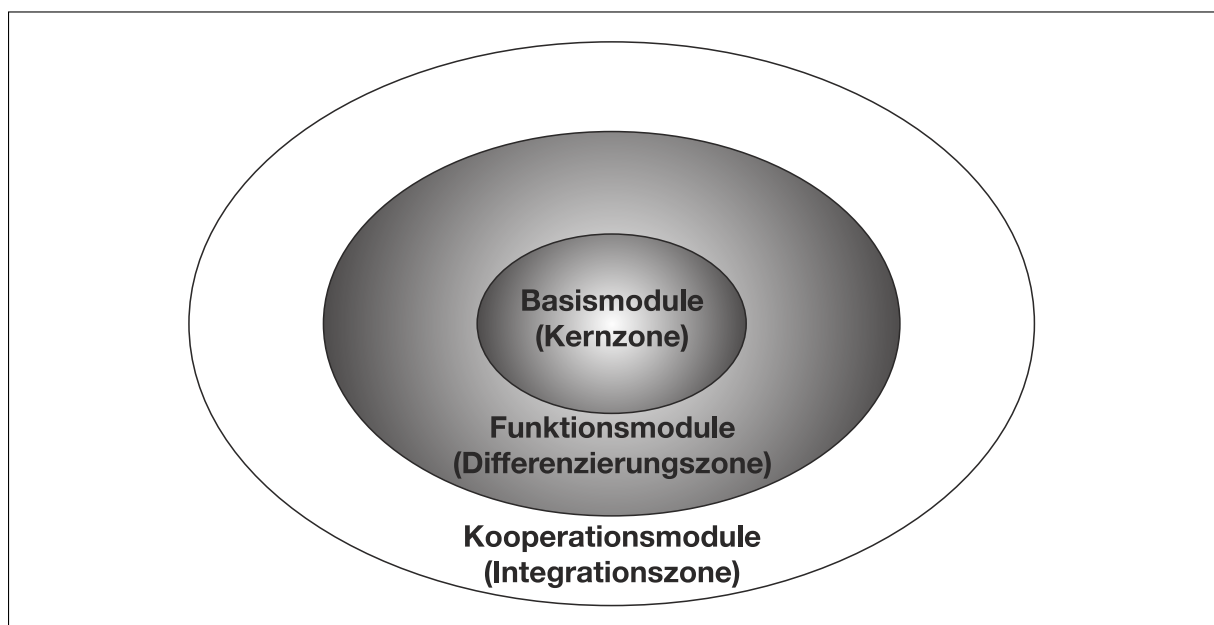


Abbildung 3: Der grundsätzliche Aufbau des Grazer Modells für Industrielles Management¹¹

⁹Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 27.

¹⁰Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 21.

¹¹Wohinz, J. W. (2003), S. 38

Wie Abbildung 3 zeigt, besteht das Grazer Modell aus drei Modulen:

- Die **Basismodule** bilden als Ausdruck der gedanklichen Grundlagen des industriellen Management die Kernzone des Grazer Modells.
- Die **Funktionsmodule** entsprechen als Ausdruck der unterschiedlichen funktionalen Schwerpunkte im industriellen Management der Differenzierungszone.
- Die **Kooperationsmodule** stellen als Ausdruck der funktionsübergreifenden Ansätze zur Zusammenarbeit im industriellen Management die Integrationszone dar.¹²

Das Wertmanagement umfasst als Bestandteil des Basismoduls ein Wertkonzept, welches auf der Beziehung zwischen der Bedürfnisbefriedigung und den dazu eingesetzten Ressourcen beruht. Je weniger Ressourcen eingesetzt werden oder je größer die Bedürfnisbefriedigung ist, desto höher ist der Wert. Abhängig von der Sichtweise der einzelnen Anspruchsgruppen, wie zum Beispiel interne oder externe Kunden, gibt es unterschiedliche Ansichten, was „Wert“ bedeutet. Das Ziel des Wertemanagement ist es, diese Unterschiede in Einklang zu bringen und einer Organisation die Möglichkeit zu bieten, größtmögliche Fortschritte zu machen indem festgelegte Ziele mit minimalem Ressourcen-Einsatz erreicht werden können.¹³

Wie Abbildung 4 zeigt, können dem Wertmanagement unterschiedliche Funktionsmodule des Grazer Modells zugeordnet werden. Das Innovationsmanagement als Funktion zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung von Produkten stellt ein zentrales Funktionsmodul im Wertmanagement dar. Andere Module wie das Effizienz-Management, Cost-Management und Qualitäts-Management spielen in Abhängigkeit der Art des Wertanalyseprojektes eine entsprechende Rolle. Das Projekt-Management als Kooperationsmodul umfasst all diese Funktionsmodule und soll die Zusammenarbeit dieser Bereiche sicherstellen.¹⁴

¹²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 21.

¹³Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 6.

¹⁴Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 22.

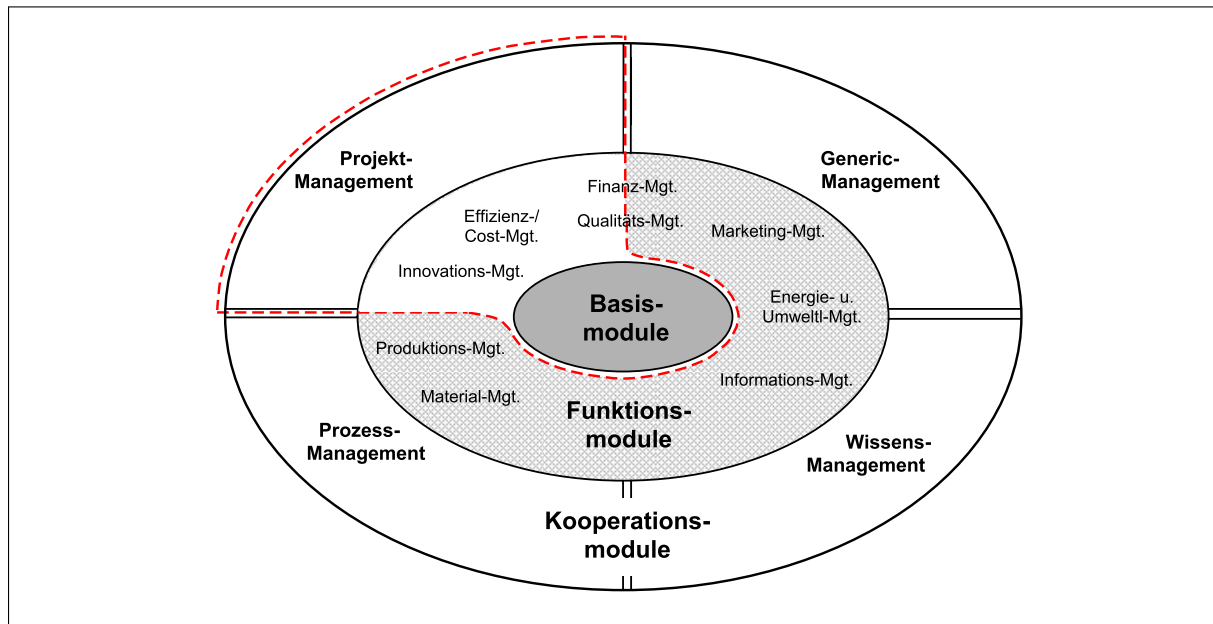


Abbildung 4: Einordnung des Wertmanagements im Grazer Modell¹⁵

2.2 Wertanalyse als Methode des Value Management

Zwei Problemfelder nehmen in einer Zeit des sich verstärkenden Verdrängungswettbewerbs an Bedeutung zu: Die schnelle und effektive Durchführung von Innovationen, d. h. das Finden neuer Produktideen und Entwickeln von marktfähigen Produkten, sowie die Sicherung einer wirtschaftlichen Leistungserstellung, also die Rationalisierung. Der Value Management-Ansatz stellt mit seiner Methode Wertanalyse ein System dar, das zur Bewältigung beider Problemfelder erfolgreich angewendet werden kann. Wurde die Wertanalyse anfänglich vor allem bei der Produktentwicklung und zur Senkung der Herstellkosten verwendet, so werden wertanalytische Überlegungen in zunehmendem Maße auch auf Prozesse und Dienstleistungen übertragen.¹⁶

2.2.1 Entstehung der Wertanalyse

Die Grundlagen der Wertanalyse wurden von Lawrence D. Miles, dem damaligen Chefeinkäufer des Unternehmens General-Electric (USA), unter dem Begriff „Value Analysis“ und später „Value Engineering“ im Jahre 1947 entwickelt.¹⁷ L.D. Miles hat die Ursachen des bekannten Phänomens untersucht, dass in Mangelzeiten bei der Suche nach Material- oder Handlungsalternativen häufig alternative Lösungen gefunden werden müssen. Diese sollten höheren Ansprüchen genügen und zudem zu

¹⁵Wohinz, J. W. (2008b), S. 22

¹⁶Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 1.

¹⁷Vgl. Miles, L. D. (1967), S. 18ff.

niedrigeren Kosten herstellbar sein als die gewohnten Lösungen. Dadurch entwickelte er eine Methode, mit der man diesen interessanten Effekt der Wertverbesserung gewollt und systematisch erreichen kann. Miles griff hierfür auf damals schon bekannte methodische Elemente wie Teamarbeit, Funktionenbegriffe, Analysetechniken und Ideenfindungskonzepte zurück. Diese fügte er zur Zielerreichung in den WA-Arbeitsplan ein, welche dem Ablauf der vorliegenden Wertanalyse entspricht.¹⁸

2.2.2 Definition der Wertanalyse

Das Österreichische Normierungsinstitut definiert „Wertanalyse“ wie folgt:

„Value Management ist ein Managementstil, der besonders geeignet ist, Menschen zu mobilisieren, Fähigkeiten zu entwickeln sowie Synergie und Innovation zu fördern, jeweils mit dem Ziel, die Gesamtleistung einer Organisation zu maximieren. Value Management stellt einen neuen Weg zur Nutzung vieler vorhandener Managementmethoden dar. Value Management steht in Einklang mit dem Qualitätsmanagement und hat sich in einem breiten Einsatzbereich erfolgreich bewährt.

Auf der Führungsebene angewendet, basiert Value Management auf einer wertorientierten Organisationskultur unter Berücksichtigung des Wertes für Anspruchsgruppen und Kunden. Auf der Ausführungsebene (projektorientierte Aktivitäten) bringt Value Management darüber hinaus geeignete Methoden und Werkzeuge zur Anwendung.“¹⁹

2.2.3 Wesentliche Merkmale der Wertanalyse

Die Wertanalyse stellt sich dar als *„... ein System zum Lösen komplexer Systeme, die nicht oder nicht vollständig algorithmierbar sind. Sie beinhaltet das Zusammenwirken der Systemelemente Methode, Verhaltensweisen, Management bei deren gleichzeitiger gegenseitiger Beeinflussung mit dem Ziel einer Optimierung des Ergebnisses.“²⁰*

¹⁸Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 10f.

¹⁹Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 6.

²⁰Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 84.

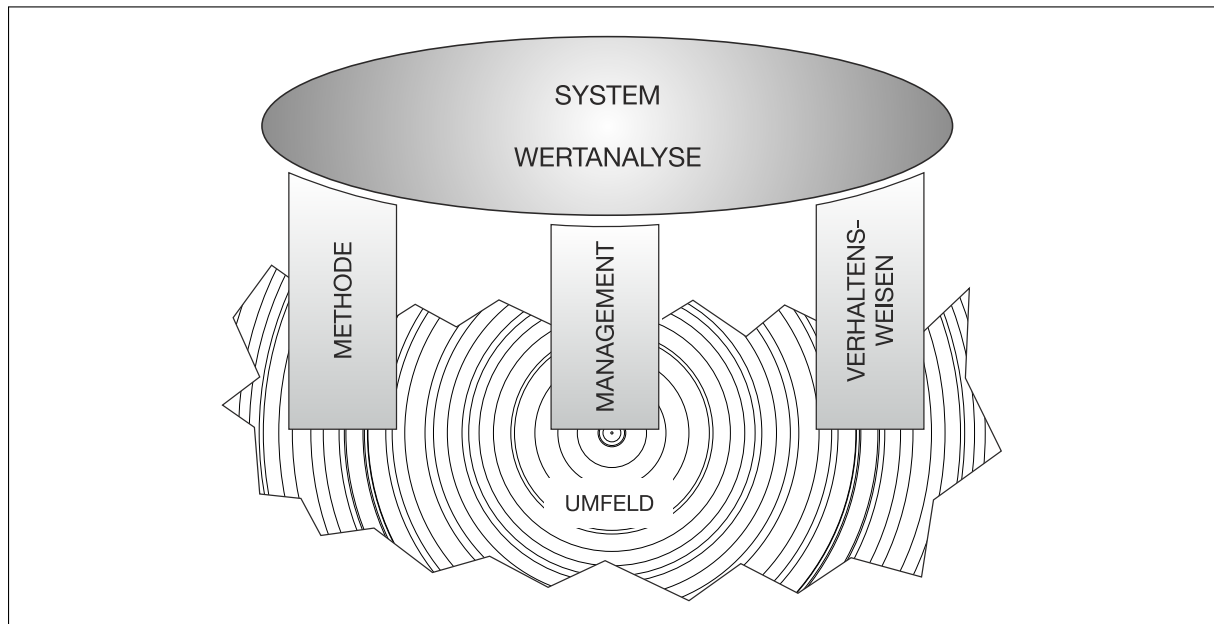


Abbildung 5: Die Systemelemente der Wertanalyse in ihrem Umfeld²¹

Wie in Abbildung 5 ersichtlich, stützt sich die Wertanalyse auf die drei Stützpfiler Methode, Verhaltensweisen und Management. Das System funktioniert nur dann, wenn alle für die Problemlösung relevanten Einflüsse bezüglich der drei Systemelemente vollständig berücksichtigt werden.²²

2.2.3.1 Management

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Einführung und den nachhaltigen Einsatz der Wertanalyse in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung ist, dass die höchsten Führungsebenen - bzw. die zuständigen Führungskräfte - das System Wertanalyse kennen, einsetzen wollen und die erforderlichen Aktivitäten ermöglichen und unterstützen. Folgende Aktivitäten sollten in Absprache zwischen Management und dem Wertanalyse-Moderator erfolgen:²³

- WA einführen
- WA-Aus- und -Weiterbildung sicherstellen
- Ziele setzen, welche nicht schon ohnehin vom Markt, Wettbewerb oder Technologiestand vorgegeben sind

²¹Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 85

²²Vgl. Pauwels, M. (2001), S. 23.

²³Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 88.

- Kompetenzen an die Mitglieder der Projektorganisation delegieren
- Arbeitsvoraussetzungen schaffen indem Kapazitäten und finanzielle Mittel während der Projektlaufzeit sichergestellt werden
- Arbeitsfortschritte kontrollieren und anerkennen
- Ergebnisse sicherstellen und realisieren

2.2.3.2 Verhaltensweisen

Der Einsatz der Wertanalyse kann nur dann erfolgreich sein, wenn die direkt oder indirekt damit befassten Personen eine positive Einstellung der Initiative gegenüber mitbringen und bereit sind, durch ihr Verhalten die Wertanalyse zu unterstützen. Hierbei ist es beispielsweise wichtig,²⁴

- Probleme zu erkennen und so darzustellen, dass deren Lösung gefördert bzw. überhaupt erst möglich ist
- sich kooperativ zu verhalten
- bereit zu sein Information zu geben und anzunehmen
- bisher ungewohnte Vorgehensweisen Problemlösungen zu akzeptieren
- bisherige Lösungen infrage stellen zu können, auch wenn diese früheren eigenen Ideen entstammen

2.2.3.3 Umfeld- und Umwelteinflüsse

Das Umfeld einer Unternehmung, wie die Organisation, Kunden und Lieferanten, Gesetze und die Ökologie, unterliegt einer stetigen Veränderung. Sei es dessen Wirkung als auch die Auswirkungen auf diese Bereiche sollten immer berücksichtigt werden. Anzeichen dieser stetig veränderten Umwelteinflüsse sieht man darin, dass die Produktlebenszyklen immer kürzer werden, der globale Wettbewerb stetig zunimmt, nationale Grenzen mehr und mehr überwunden werden und Verbraucher einen immer höher werdenden Kundennutzen verlangen. Die sich verändernden Faktoren werden folgenden Bereichen zugeordnet:

- Wirtschaftliche Faktoren
- Regulatorische Faktoren (Normen, technische Zulassungsbedingungen)

²⁴Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 87.

- Soziale Faktoren
- Globale Faktoren
- Technologische Faktoren

Diese Faktoren beeinflussen sich gegenseitig und können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden.²⁵

2.2.3.4 Methode

Der Systemteil Methode der Wertanalyse ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:²⁶

- Arbeiten in bereichsübergreifend zusammengesetzten Teams
- Orientierung an konkreten Zielen
- Denken in und Arbeiten mit Funktionen
- Trennen der schöpferischen von der bewertenden Phase
- Strikte Einhaltung der Grundschriftfolge des Wertanalyse-Arbeitsplan
- Anwendungsneutralität, die Methode ist auf jede Art von Objekten anwendbar.
- Universalität, sie gestattet die Bearbeitung bereits bestehender Objekte durch Wertverbesserung bzw. noch nicht bestehender Objekte durch Wertgestaltung.

2.2.4 Funktion

Bei der Wertanalyse wird die *Funktion* als jede einzelne Wirkung des Wertanalyse-Objektes definiert. Die Funktion wird durch ein nach Möglichkeit quantifizierbares Substantiv mit einem dazugehörigen Verb im Infinitiv beschrieben. Man gelangt mit Hilfe der Funktionen zu einer lösungsunabhängigen und abstrakten Definition des WA-Objektes. Es ergibt sich dann die Möglichkeit, daraus vielfältige konkrete Lösungsansätze für die Aufgabenstellung zu entwickeln.²⁷

²⁵Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 28.

²⁶Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 85f.

²⁷Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 17.

2.2.4.1 Funktionsgliederung und Gliederungskriterien

Funktionen werden nach vier Hauptkriterien untergliedert, und zwar nach den Funktionenarten, den Funktionenklassen, den Soll- und Ist-Funktionen und den unerwünschten Funktionen. Die Gliederungskriterien sind in Abbildung 6 ersichtlich.

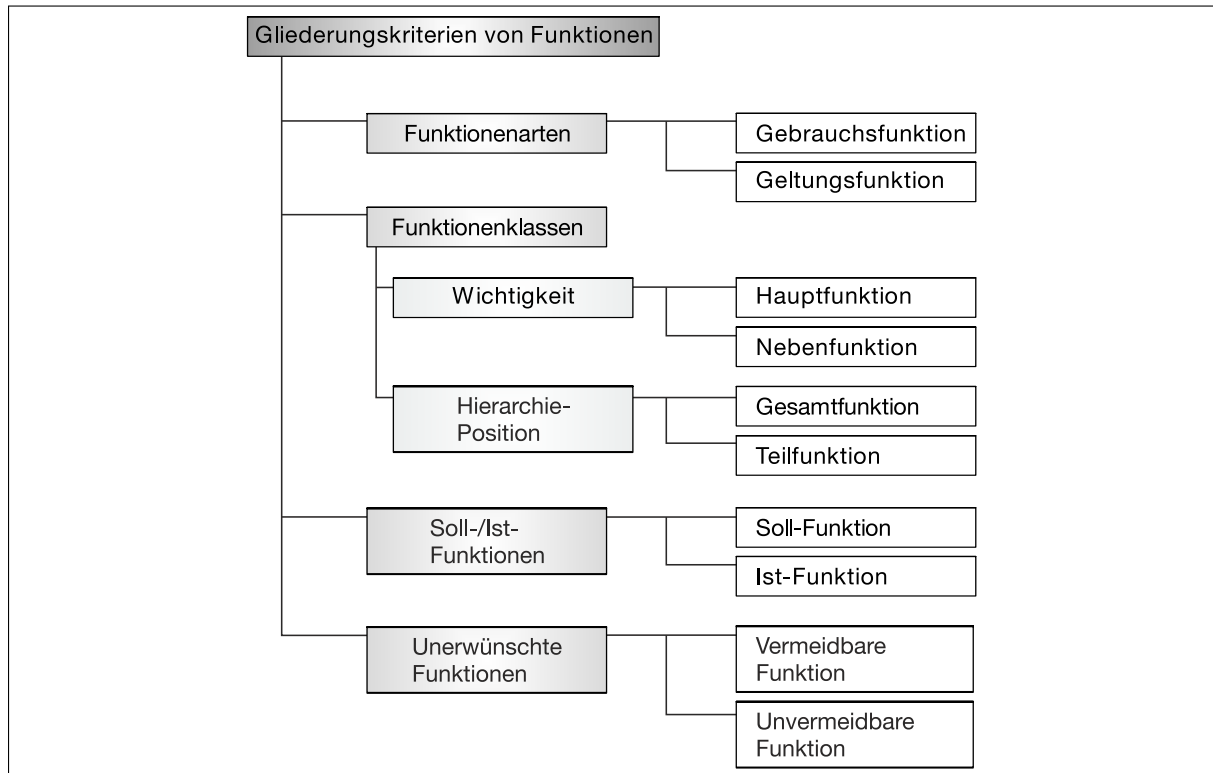


Abbildung 6: Gliederungskriterien von Funktionen²⁸

Zwei **Funktionsarten** sind zu unterscheiden:²⁹

- Die Gebrauchsfunktion als Funktion eines Objektes dient der technischen und/oder wirtschaftlichen Nutzung.
- Die Geltungsfunktion als Funktion eines Objektes geht über die Gebrauchsfunktion hinaus (z. B. Prestige, Ästhetik).

Bei den **Funktionsklassen** gibt es folgende Unterscheidung:

- Die Hauptfunktionen kennzeichnen die Hauptaufgaben oder den Verwendungszweck eines Objektes.
- Die Nebenfunktionen beschreiben weitere notwendige Aufgaben, welche zur Erfüllung der Hauptfunktion beitragen.

²⁸Wohinz, J. W. (2008b), S. 30

²⁹Vgl. Wohinz, J. W. (1983), S. 33.

Je nachdem, in welchem Stadium der Wertanalyse eine Funktion beschrieben wird, entspricht sie einer **Soll- oder einer Ist-Funktion**:

- Die Ist-Funktion wird zu Beginn der Wertanalyse am Wertanalyse-Objekt festgestellt und demnach vom Ist-Zustand abgeleitet.
- Die Soll-funktion wird von der Zielsetzung des Wertanalyse-Objektes abgeleitet.

Unerwünschte Funktionen sind jene Funktionen, die für den Nutzer eine nachteilige Wirkung besitzen und einen negativen Beitrag zum Wert eines Objektes leisten. Sie hängen direkt mit den Ist-Funktionen zusammen, da sie bei der Analyse des Objektes als vermeidbar oder unvermeidbar definiert werden.³⁰

- Vermeidbare Funktionen können zwar bei der Analyse des Ist-Zustandes vorkommen, aber nicht bei der Definition des Soll-Zustandes.
- Unvermeidbare Funktionen dagegen können sowohl im Ist-Zustand als auch im Soll-Zustand gefunden werden.

Die Funktionsgliederung erfolgt durch die Zuordnung von Neben- und Hauptfunktionen mit dem Ergebnis einer Funktionsstruktur, welche nach Funktionsklassen gegliedert ist.³¹ Die Funktionsgliederung erfolgt im Zuge der Funktionsanalyse, welche im Kapitel 2.6.2 näher beschrieben wird.

2.2.4.2 Lösungsbedingte Vorgaben

Lösungsbedingte Vorgaben definieren die K.O.- Kriterien des zukünftigen WA-Objektes. Sie beinhalten Anforderungen, welche durch das Lasten- oder Pflichtenheft, Gesetze, Vorschriften oder auch durch quantifizierbare Größen festgelegt sind. Da alle zukünftigen Lösungsvarianten diese Vorgaben erfüllen müssen, werden diese nicht in die Soll-Funktionen bzw. in die Sollfunktionsgliederung aufgenommen.³²

2.2.4.3 Funktionskosten

Die zur Erfüllung einer Funktion erforderlichen Kosten werden Funktionskosten genannt. Hierzu zählen alle Kosten des Materials, der Fertigung und Montage sowie alle Planungs-, Investitions- und Dispositionskosten, welche zur Herstellung der Funktionsträger aufgewandt werden. Funktionsträger sind jene Elemente, die die Funktion ausführen und aus denen das WA-Objekt besteht.³³

³⁰Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 32.

³¹Vgl. Wohinz, J. W. (1983), S. 33.

³²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 33.

³³Vgl. Bronner, A. (1985), S. 11.

2.2.4.4 Funktionserfüllungsgrad

Mit dem Funktionserfüllungsgrad (FEG) wird definiert, inwieweit eine Funktion durch eine bestimmte Lösung erfüllt wird. Der Funktionserfüllungsgrad wird in Prozent angegeben und ergibt sich durch den Vergleich mehrerer Lösungen und Lösungsmöglichkeiten. Vergleichsmöglichkeiten wie der IST/SOLL- Vergleich, IST/IDEAL- Vergleich und IST/IST- Vergleich mit dem besten Konkurrenzprodukt erleichtern die Ermittlung des Funktionserfüllungsgrades.³⁴

2.2.5 Wert

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird unter „Wert eines materiellen oder immateriellen Objektes“ die Wichtigkeit verstanden, die dieses für „jemanden“ hat. Das kann eine Person bzw. eine Personengruppe, eine Institution oder ein Unternehmen sein. Daher wird der „Wert“ eines Objektes nur aus der subjektiven Sicht eines der vorgenannten Einsatzgebiete definiert. Bei der Wertanalyse soll der „Wert“ quantifizierbar sein.³⁵ In der ÖNORM EN 12973 wird der Wert als die „Beziehung zwischen der Befriedigung von Bedürfnissen und den Ressourcen, die für diese Befriedigung zum Einsatz kommen“ definiert.³⁶

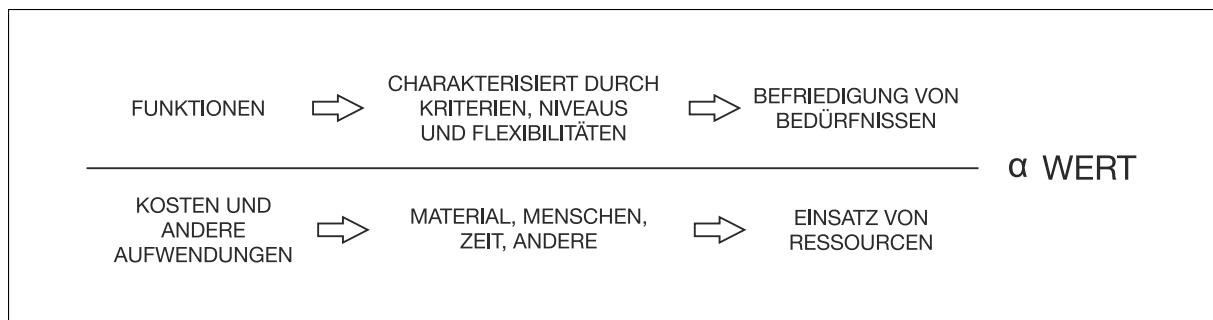


Abbildung 7: Beziehung zwischen Bedürfnis, Funktionen und Kriterien sowie Ressourcen³⁷

Wie in Abbildung 7 ersichtlich, wird zur Optimierung des Wertes der für die Bedürfnisbefriedigung notwendige Betrag den zu ihrer Realisierung erforderlichen Ressourcen gegenüber abgewogen. Eine Wertverbesserung kann aber auch durch eine Erhöhung der Bedürfnisbefriedigung bei gleichzeitiger Erhöhung des Ressourceneinsatzes erreicht werden. Daher sollte das Value Management alle Aspekte der Bedürfnisse für die Organisation sowie für den Kunden und Eigentümer berücksichtigen, da diese Bedürfnisse vollständig durch die Funktionen, welche das jeweilige Produkt oder die jeweilige Dienstleistung erfüllt, befriedigt werden.

³⁴Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 33.

³⁵Vgl. Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP) (1995), S. 60.

³⁶Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 13f.

³⁷Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 16

Auf der anderen Seite umfassen Ressourcen all jene Dinge, die benötigt werden um Bedürfnisse zu befriedigen. Ressourcen beinhalten sowohl lang-als auch kurzfristige Kosten, Zeit, Material und andere Eingangsgrößen wie Werkstoffe oder geistiges Eigentum. Allgemeinen kann man alle Ressourcen auf Kosten beziehen. Die Verhältniszahl stellt dann ein Wertmaß dar, wenn der Ressourcenverbrauch und die Bedürfnisbefriedigung entweder in absoluten oder relativen Zahlen quantifiziert worden sind. Dieses Wertmaß kann man verwenden um zwei Lösungen miteinander zu vergleichen.

2.3 Wertanalyse Arbeitsplan ÖNORM EN 12973

Im Kapitel 2.2.3.4 wird als ein Merkmal der Methodik das Vorgehen nach einem WA-Arbeitsplan dargestellt. Der WA-Arbeitsplan, welche die Synthese einer praxiserprobten Vorgehensweise darstellt, beschreibt einen Prozess von einem Vorbereitungsschritt und neun Grundschritten. Die Grundschritte wiederum sind in Teilschritte untergliedert. Auf die Einhaltung der Grund- und Teilschritte muss bei der Durchführung des WA-Projektes besonders geachtet werden, wobei aber bei der Anwendung eine Iteration gewisser Teilschritte erfolgen kann. Diese Überlappungen zwischen den einzelnen Schritten können deshalb auch wünschenswert sein, falls eine quantifizierte Zielvorgabe nicht erreicht wird. Die Bearbeitungstiefe der Teilschritte ist projektabhängig und kann daher variieren.³⁸

2.3.1 Tabelle ÖNORM EN 12973

In untenstehender Tabelle 1 ist die genaue und übersichtliche Beschreibung der Grund- und Teilschritte des WA-Arbeitsplans nach ÖNORM EN 12973 ersichtlich.

³⁸Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 32.

Grundschritt	Teilschritt
0. Vorbereitung des Projektes	0.1 Projektbeschreibung 0.2 Untersuchung der Durchführbarkeit des Projektes, Risikoanalyse 0.3 Rentabilitätsstudie, um welche Interessen geht es? 0.4 Auswahl von Entscheidungsträgern und WA-Teamleiter
1. Projektdefinition	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 Vorbereitende Risikoanalyse
2. Planung	2.1 Bildung eines Arbeitsteams 2.2 Ausarbeitung eines ersten Zeitplans 2.3 Festlegung des Arbeitsraumes
3. Umfassende Daten über die Studie sammeln	3.1 Informationssammlung (intern u. extern): technische Information (über das Produkt), Wirtschaft, Wettbewerb, Stand d. Technologie 3.2 Detaillierte Marktforschung: Kundenanforderungen, der Markt, Position des zu entwickelnden Produktes 3.3 Verschiedenes: Bibliografie, Patente, Gesetze und Vorschriften, Normen, Regeln, Handbücher, Normen der Organisation
4. Funktionen-, Kostenanalyse, Detailziele	4.1 Formulierung des Bedarfs und Funktionenanalyse 4.2 Kostenanalyse und Funktionenkosten 4.3 Festlegung der Detailziele und Bewertungskriterien
5. Sammeln und Finden von Lösungsideen	5.1 Sammeln existierender Ideen 5.2 Entwickeln neuer Ideen 5.3 Kritische Analyse
6. Bewertung der Lösungsideen	6.1 Bewertung und Kombination der Ideen 6.2 Auswahl der Entwicklungsaufgaben 6.3 Arbeitsprogramme für die Entwicklung
7. Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge	7.1 Studien und Tests, industrielle Entwicklung 7.2 Follow-up, Koordination 7.3 Bewertung der Lösungen: qualitativ, wirtschaftlich, Risikoanalyse
8. Präsentation der Vorschläge	8.1 Auswahl der vorzuschlagenden Lösungen 8.2 Ausarbeitung von Realisierungsprogrammen 8.3 Sammlung umfassender Daten über die Vorschläge 8.4 Erlangung einer Entscheidung durch den Entscheidungsträger 8.5 Information der WA-Teams und Auflösung oder Warte-Position der WA-Teams
9. Realisierung	9.1 Unterstützung der Realisierung: Follow-up, Unterstützung zur Korrektur von Abweichungen oder Vornahme von Anpassungen 9.2 In Ausnahmefällen: Organisation weiterer Sitzungen des WA-Teams, um unerwartete Probleme zu bewältigen (Reaktivierung) 9.3 Einschätzung der aktuellen Ergebnisse der Realisierung, Vergleich mit den prognostizierten Ergebnissen 9.4 Darstellung der erzielten, aktuellen Ergebnisse sowie der techn. u. allg. Informationen: an die WA-Teammitglieder, die betroffenen Fachleute u. einen breiteren Adressatenkreis in der Organisation 9.5 Gegebenenfalls Erstellung eines Systems zur Informationssammlung über Markterfahrungen

Tabelle 1: WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973³⁹

Die Hauptschritte des WA-Arbeitsplans erfolgen nacheinander. Dabei wird dieser Prozess mit der (0) Vorbereitung des Projektes begonnen. Nachdem erfolgt die (1) Projektdefinition, welche das Objekt, sowie Rahmenbedingungen, Prämissen, Marketing-

³⁹Wohinz, J. W. (2008b), S. 36

ziele uns allgemeine Ziele festhält. Anschließend erfolgt die (2) Planungsphase, welche den Fahrplan für das WA-Arbeitsteam darstellt. Der Schritt (3) umfassende Daten über die Studie sammeln kann je nach Bedarf eine Informationssammlung, Marktforschung oder sonstige Analysen vorliegender Dokumente und Daten verlangen. Nach dem Schritt (4) Funktionen-, Kostenanalyse und Detailziele, folgt (5) das Sammeln und Finden von Lösungsideen meist anhand von Kreativitätstechniken. Anschließend werden diese (6) Lösungsideen bewertet und Arbeitsprogramme für die Entwicklung erstellt. Im folgenden Schritt werden (7) ganzheitliche Vorschläge entwickelt, wobei Studien und Tests, sowie qualitative und wirtschaftliche Risikoanalysen durchgeführt werden können. Im Schritt (8) werden die Vorschläge präsentiert; d.h. nach einer Auswahl die Realisierungsprogramme erstellt und die Entscheidungsträger fällen eine Entscheidung. Als letzter Schritt folgt die Realisierung (9), welche die konkrete Umsetzung des Lösungsvorschlages vorsieht.

2.3.2 Verantwortung und Mitwirkung

Die folgende Matrix (siehe Tabelle 2) beschreibt die Aufteilung von Verantwortung und Mitwirkung des WA-Projektteams und der verschiedenen betrieblichen Stellen in jedem einzelnen Grundschrift des WA-Arbeitsplans.

Beteiligte Stellen	Grundschrift Nr.	Entscheidungsträger	Team-Moderator oder WA-Projektleiter	Arbeitsgruppe	Ausführende Abteilung
WA-Arbeitsplan					
Vorbereitungsphase	0	●			○
Projektdefinition	1	●	○		○
Planung	2		●		
Datensammlung	3		●	○	○
Funktionsanalyse	4		●	●	○
Ideensammlung	5		●	●	○
Bewertung von Lösungen	6		○	○	●
Entwickeln von Vorschlägen	7		●	●	○
Präsentation der Vorschläge	8	●	●	●	○
Realisierung	9	●	○		●
Verantwortung (●) und Mitwirkung (○) variieren von Projekt zu Projekt und von Organisation zu Organisation					

Tabelle 2: Verantwortung und Mitwirkung in den Grundschriften des WA-Arbeitsplanes⁴⁰

⁴⁰Wohinz, J. W. (2008b), S. 37

Diese Aufteilung bildet die Grundlage für die ablauforganisatorischen Maßnahmen während der Durchführung des WA-Projektes. Während die Entscheidungsträger in den ersten beiden und letzten beiden Schritten miteinbezogen werden, ist der Team-Moderator als verantwortlicher in allen Schritten beteiligt. Das WA-Team bestehend aus Experten unterschiedlicher Bereiche wirkt in den Kernphasen (Funktionsanalyse, Ideensammlung, Bewertung der Lösungen, Entwickeln von Lösungsvorschlägen und Präsentation dieser) mit. Die ausführenden Abteilungen sind bis auf die Planung meistens in allen Schritten mitwirkend.

2.3.3 Beschreibung der Grund- und Teilschritte

In den folgenden Kapiteln werden die Teilschritte und die dafür notwendigen Arbeitsmethoden des WA-Arbeitsplans nach ÖNORM EN 12973 beschrieben. Die genauere Beschreibung, der in dieser Diplomarbeit tatsächlich verwendeten Arbeitsmethoden, erfolgt später im Kapitel 2.6.

2.3.3.1 Vorbereitung des Projektes

Für eine erfolgreiche Durchführung eines WA-Projektes ist die sorgfältige Vorbereitung der Arbeit eine wesentliche Voraussetzung. In diesem Vorbereitungsschritt erfolgt die Projektbeschreibung sowie die Erarbeitung von kurzen Studien auf hohem Niveau. Zu diesen Studien gehören die Untersuchung der Durchführbarkeit des Projektes mithilfe der Risikoanalyse und einer Rentabilitätsstudie zur Erörterung der Interessen. Weiters werden die Entscheidungsträger und der WA-Projektleiter ausgewählt und die Anforderungen an diesen definiert.

2.3.3.2 Projektdefinition

Hier erfolgt eine genaue Beschreibung des WA-Objektes. Weiters werden die Rahmenbedingungen der Studie festgelegt indem die Übereinstimmung mit der Strategie der Organisation, gesetzliche und regulative Beschränkungen und der Bereich und die Grenzen der Studie definiert werden. Mit der Festlegung der Marketingziele wird die relative Position, unter Beachtung von Preis, erreichte Leistung und Vorteile zu den Wettbewerbern beschrieben.

Einen wichtigen Punkt stellt die Definition der allgemeinen Ziele bzw. der Grobziele dar. Gemeinsam mit der Unternehmensleitung oder dem Steering Committee werden die Grobziele der WA-Arbeit geklärt, weiters die Bedingungen, unter denen das Ziel erreicht werden soll. Mögliche Grobziele sind die Kostensenkung in Entwicklung und Produktion, die Verbesserung der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit eines Produktes und Regeln bezüglich des Return on Investment für Entscheidungen.

2.3.3.3 Planung

Im nächsten Schritt wird das WA-Arbeitsteam zusammengestellt. Die Teammitglieder sollten fachlich kompetent und teamfähig sein, und im erforderlichen Ausmaß für die gesamte Durchführung der WA-Aufgabe zur Verfügung stehen. Die WA-Arbeitsgruppe umfasst fünf bis sieben Personen, welche aus dem Unternehmensbereich kommen in dem das WA-Objekt schwerpunktmäßig angesiedelt ist. Ein erster Zeitplan wird ausgearbeitet, hierbei wird der Ablauf des WA-Projektes geplant, um Schwerpunkte der Arbeit und Engpässe im Voraus erkennen zu können. Zur Planung werden Werkzeuge wie Balkendiagramme und Netzpläne verwendet, da sich diese für die Einteilung hinsichtlich Personal, Mitteln und Terminen sehr gut eignen.

2.3.3.4 Umfassende Daten über die Studie sammeln

Die Informationssammlung erfolgt im internen und externen Bereich. Dabei werden alle technischen Informationen über das Produkt, die Wirtschaft, den Wettbewerb und den aktuellen Stand der Technologie gesammelt. Hier kann man auf typische Quellen wie etwa den Kundendienst, technische Handbücher oder Informationen über Markterfahrungen zurückgreifen. Weiters erfolgt eine detaillierte Marktforschung wobei Kundenanforderungen, der Markt an sich und die Position des zu entwickelnden Produktes bestimmt werden. Diese kann im Vergleich zum internen und externen Wettbewerb erfolgen.

2.3.3.5 Funktionen-, Kostenanalyse, Detailziele

Als erster Teilschritt wird die Funktionsanalyse durchgeführt. Diese umfasst die Strukturierung und hierarchische Ordnung der Funktionen und die Erstellung einer Funktionsgliederung. Weiters erfolgt eine Funktionenbeschreibung wobei Schlüsselfunktionen im Vergleich zum Wettbewerb gesondert markiert werden. Im nächsten Schritt werden die Funktionsträger des WA-Objektes eruiert. Funktionsträger sind Bauteile und Baugruppen, die eine bestimmte Funktion innerhalb des WA-Objektes zu erfüllen haben. Die zugehörigen Kosten nennt man Funktionsträgerkosten. Danach erfolgt die Zuordnung von Funktionen und Funktionsträgern in der Funktionskostenmatrix, woraus die Funktionskosten resultieren. Abschließend werden die, innerhalb der von Management vorgegebenen Globalziele, Detailziele und Bewertungskriterien festgelegt und im Zielsystem dargestellt. Das Zielsystem enthält Funktionsziele und Kostenziele.

2.3.3.6 Sammeln und Finden von Lösungsideen

Durch die Auswertung vorhandener Daten werden bereits existierende Ideen gesammelt. Hierbei sollte man Anregungen, Verbesserungs- und Änderungsvorschläge von Mitarbeitern, Kunden und Lieferanten heranziehen. Durch die Nutzung von Markt- und Wettbewerbsinformationen, Datenbanken, Normen und Patentschriften bekommt man oft umfangreiche Informationen über bereits existierende Lösungen.

Das Entwickeln neuer Ideen beschreibt eine Kreativphase in der mithilfe von Ideenfindungstechniken neue Lösungsmöglichkeiten für die bestehende Problematik gefunden werden. Die aufeinanderfolgende Erarbeitung umfasst eine ganzheitliche Struktur der Lösungsvorschläge mit darauf folgender detaillierterer Ausarbeitung der Lösungen für die in Betracht gezogenen Konzepte.

2.3.3.7 Bewertung der Lösungsideen

Hierbei werden die neu gefundenen Ideen bewertet und kombiniert. Zur Bewertung werden Kostenschätzungs-Modelle herangezogen. Weiters erfolgt die Auswahl der Entwicklungsaufgaben und die Erstellung von Arbeitsprogrammen für die Entwicklung.

2.3.3.8 Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge

Zur Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge werden Studien, Prüfungen und industrielle Entwicklungen durchgeführt, welche im Bereich der normalen Aktivitäten der Organisation liegen. Diese ganzheitlichen Vorschläge werden dann qualitativ und wirtschaftlich bewertet. Bei der Bewertung werden die Funktionen und deren erreichtes Niveau mit jenen Bewertungskriterien verglichen, welche als Detailziele festgelegt wurden.

2.3.3.9 Präsentation der Vorschläge

Hier wird eine erste Auswahl an Lösungen getroffen, für die zugehörige Realisierungsprogramme ausgearbeitet werden sollen. Anschließend müssen die Entscheidungsträger jene Lösung auswählen, welche realisiert werden soll. Daraufhin wird das WA-Team über die Entscheidung informiert und aufgelöst, bzw. befindet sich in Warteposition und steht eventuell für weitere iterative Durchgänge zur Verfügung.

2.3.3.10 Realisierung

Normalerweise sind die ausführenden Abteilungen des Unternehmens mit der Realisierung beauftragt. Die Wertanalyse bzw. das WA-Team kann die Realisierung bei der Korrektur von Abweichungen oder der Vornahme von Anpassungen unterstützen. In

Ausnahmefällen können weitere Sitzungen des WA-Teams organisiert und dieses reaktiviert werden, um bei unerwarteten Problemen Hilfestellungen leisten zu können. Technische und allgemeine Informationen der erzielten, aktuellen Ergebnisse werden dann an die WA-Teammitglieder, die betroffenen Fachleute oder an andere Adressatenkreise in der Organisation verteilt. Damit sind alle am WA-Projekt Beteiligten über den aktuellen Stand informiert. Dies dient der Motivation aller Beteiligten und definiert zudem den Abschluss des WA-Projektes.⁴¹

2.3.4 Der WA Formularsatz

Zur Dokumentation eines WA-Projektes verfügt man über den WA-Formularsatz. Seine normgerechte Struktur, sein Aufbau und die einheitliche Anwendung erleichtern den Umgang mit dem WA-Projekt. Mit dem Formularsatz hat der WA-Koordinator eine gute Übersicht über die Planung, Steuerung und Kontrolle des WA-Arbeitsablaufes und hilft den WA-Gruppenmitgliedern bei der Orientierung des Projektablaufes. Er liefert dem Steering Committee und anderen Beteiligten Informationen über wichtige Punkte und über den Fortschritt des WA-Projektes. Verantwortliche können mit dem Formularsatz Erfolgskontrollen und Abweichungsanalysen durchführen. Der Formularsatz erleichtert auch das Auffinden von Informationen in aktuellen oder bereits abgeschlossenen Projekten. Im Formularsatz kann man alle relevanten Daten eintragen, welche für die Durchführung des Projektes von Bedeutung sind. Diese Daten umfassen stets das WA-Objekt, das untersuchte Detail, das Grobziel, Name des Ausstellers, das Datum der Formularerstellung, die laufende Seite und den Projektnamen. Der Formularsatz besteht aus dem Inhaltsverzeichnis und der Formulare A bis E. Folgende Details sind charakteristisch für die einzelnen Formulare:

- **Inhaltsverzeichnis:** Das Inhaltsverzeichnis wird am Ende der Berichtserstellung verfasst. Es enthält die Beschreibung des vorliegenden Berichtes, in dem die Formulare, die aktuellen Seiten und allfällige Bemerkungen notiert sind.
- **A Ergebnis:** Dieses Formular beinhaltet Informationen über das WA-Objekt in Kurzform. Hier werden die WA-Aufgabe, Ziele und das Ergebnis beschrieben. Zusätzlich zu diesen Informationen enthält es den Bearbeitungszeitraum sowie die Namen des WA-Moderators und der Teammitglieder. Das Ergebnis der WA-Arbeit wird anhand der Funktionen, Kosten, Veränderungen, Termine und Kennzahlen beschrieben. Das Formular A wird am Ende des Projektes fertig gestellt.
- **B Auftrag:** Dieses Formular enthält den Auftrag der Steuergruppe an die WA-Gruppe. Der Auftrag legt den zulässigen Aufwand und die angestrebten Lösun-

⁴¹Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 34ff.

gen fest. Er enthält auch die Begründung der WA-Aufgabe und legt die Verantwortungs- und Kompetenzsituation fest. Das Formular B wird zu Beginn des WA-Projektes erstellt.

- **C Struktur:** Dieses Formular hilft bei der Planung, Steuerung und Kontrolle des WA-Arbeitsablaufes. Zusätzlich sind noch der Bearbeitungszeitraum des WA-Projektes und der Name des WA-Moderators enthalten. Die vorhandene Teilschritt-Matrix erleichtert die Planung der einzusetzenden WA-Module, die Dokumentation derer und die Kontrolle auf Vollständigkeit. Dieses Formular wird während jeder Sitzung erstellt.
- **D Maßnahmen:** Dieses Formular hält die Ergebnisse einer WA-Sitzung und die daraus folgenden Maßnahmen fest. Es enthält die Angaben über die Sitzungsteilnehmer und wird am Ende jeder Sitzung erstellt.
- **E Arbeitsinhalte:** Dieses Formular hält die bewältigten Arbeitsinhalte jeder Sitzung fest. Es werden der augenblickliche Zustand im Arbeitsplan und die verwendeten Module eingetragen. Das Formular wird während oder nach jeder Sitzung erstellt.

Durch den strukturierten Aufbau des Formularsatzes ergibt sich am Ende des WA-Projektes ein vollständiger Bericht, der alle relevanten Daten des WA-Projektes beinhaltet (siehe Anhang F). Der Aufbau und die Verwendung des WA-Formularsatzes sind in Abbildung 8 ersichtlich.⁴²

⁴²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 140ff.

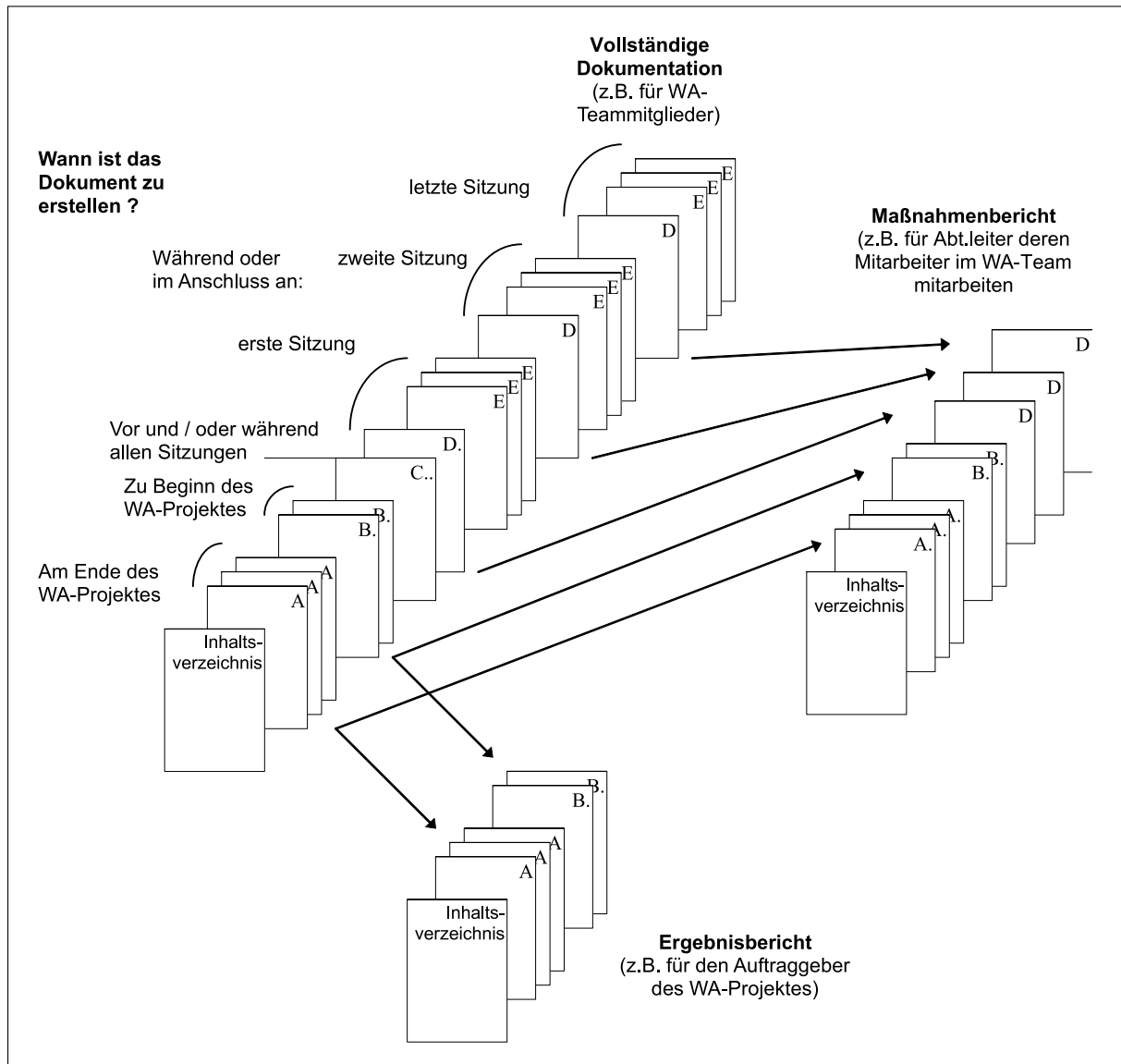


Abbildung 8: Verwendung des WA-Formularsatzes⁴³

2.4 Organisatorische Eingliederung der WA

Die WA-Arbeit wird als ein Projekt angesehen, welches Merkmale aufweist, die für ein Projekt charakteristisch sind. Die Wertanalyse ist ein außergewöhnliches Vorhaben mit einem definierten Anfangs- und Endtermin und erfordert eine besondere Organisationsform. Weitere Merkmale, die das Projekt von herkömmlichen Arbeiten unterscheiden, sind der Umfang eines Projektes, die Besonderheit der Aufgabenstellung, die Komplexität und der Schwierigkeitsgrad der durchzuführenden Arbeit sowie die Bedeutung und das Risiko, welche das Projekt mit sich bringt. Alle diese Merkmale treffen

⁴³Wohinz, J. W. (2008b), S. 142

auch auf die WA-Arbeit im Bereich der Wertverbesserung und der Wertgestaltung zu.⁴⁴ Daher benötigt man als spezifische Form der Organisation eine Projektorganisation. Hierfür erfolgt eine problemorientierte Bildung von Arbeitsgruppen, deren Mitarbeiter teilweise oder völlig aus der bestehenden Stammorganisation herausgelöst werden.

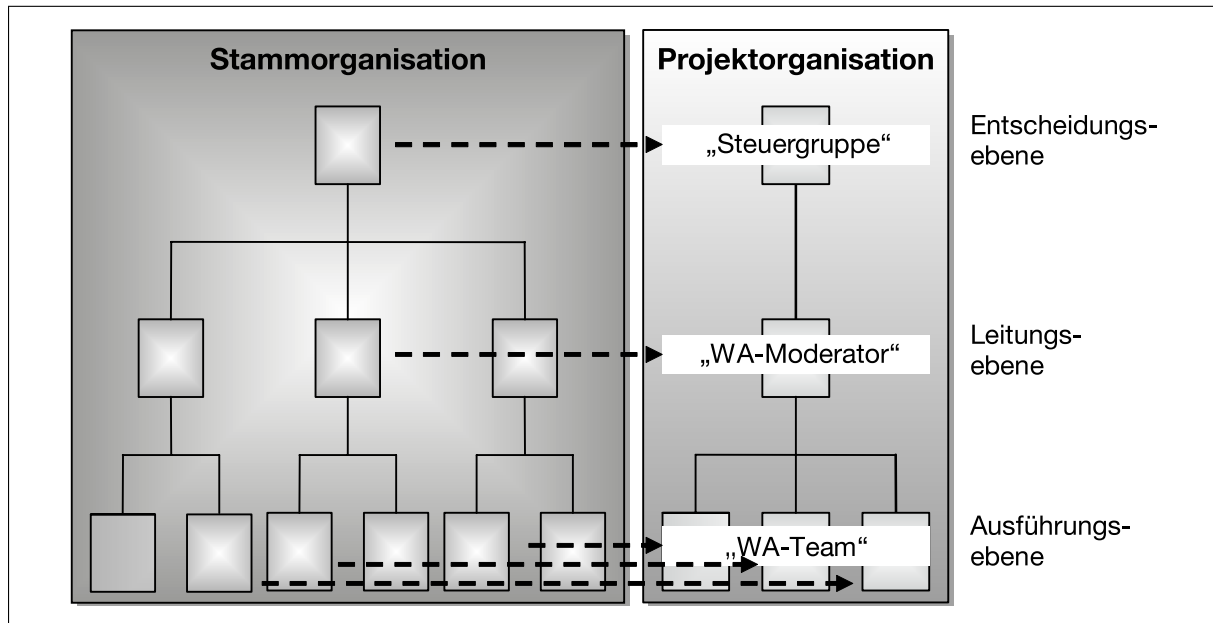


Abbildung 9: Der Zusammenhang zwischen Stamm- und Projektorganisation⁴⁵

Bei der Projektorganisation unterscheidet man zwischen drei typischen Organisationsformen: der Einflussprojektorganisation, der reinen Projektorganisation (Task Force) und der Matrix-Projektorganisation.

- Bei der **Einflussprojektorganisation** bleibt innerhalb der Unternehmung die funktionale Hierarchie unverändert weiter bestehen. Der Projektkoordinator verfügt zwar über keine Weisungsbefugnis, aber verfolgt den Projektablauf und macht Vorschläge in sachlicher, terminlicher und kostenmäßiger Hinsicht. Da er über keine Weisungsbefugnis verfügt kann er auch nicht für das Nichterreichen von Projektzielen verantwortlich gemacht werden. Der Vorteil dieser Organisationsform liegt in der hohen Flexibilität in Hinblick auf den Personaleinsatz ohne große organisatorische Veränderungen.
- Die **Reine Projektorganisation** kennzeichnet sich durch eine straffe Zusammenfassung der beteiligten Projektmitarbeiter unter einem Projektleiter. Der Projektleiter hat die Verfügungsgewalt über sachliche, terminliche und kostenmäßige Belange und trägt auch die Verantwortung für das Erreichen der Projektziele. Durch die Autorität des Projektleiters können Störungen im Projektablauf rasch und effizient beseitigt werden.

⁴⁴Vgl. Schröder, H. J. (1973), S. 17f.

⁴⁵Wohinz, J. W. (1983), S. 124

- Die **Matrix-Projektorganisation** versucht die Vorteile der zwei vorausgehenden Modelle zu kombinieren, indem für bestimmte Belange die Projektleitung und für andere die Linienstellen zuständig sind. Die Projektleitung hat größeren Einfluss auf die Aktivitäten und trifft terminliche sowie örtliche Entscheidungen im Projektablauf. Die Linieninstanzen leiten den Personaleinsatz und die fachtechnische Seite der Projektbearbeitung. Bei dieser Organisationsstruktur bleibt die funktionale Verknüpfung der Mitarbeiter zur Stammorganisation bestehen.⁴⁶

Bei der Wertanalyse muss man bei ihrer Organisationsform zwei Merkmale berücksichtigen. Zum einen besitzt die Wertanalyse einen Projektcharakter und zum anderen sollte man sie im Hinblick auf die wiederholte Durchführung als eine Dauereinrichtung ansehen. Für die Verbindung dieser zwei Merkmale gibt es das Task Force-Konzept bzw. die Installation eines Steuerausschusses welche sowohl für die organisatorische Eingliederung als auch für die Akzeptanz einer Problemlösung geeignet sind. Die WA-Arbeitsgruppe verkörpert dabei die Task Force. Der Steuerausschuss als Entscheidungsebene setzt sich aus Vertretern der Unternehmensleitung zusammen.⁴⁷

2.4.1 Der Wertanalyse-Steuerausschuss

In der Regel besteht der WA-Steuerausschuss aus 3 bis 6 Personen aus der Unternehmensleitung. Die Frequenz der Zusammenkünfte des Steuerausschusses ist projektabhängig. Falls WA-Projekte laufend durchgeführt sollte sich das Steering Committee ein- bis zweimal pro Quartal treffen. Der WA-Steuerausschuss hat folgende Aufgaben:

- **Diskussion** der Problemstellungen, welche wertanalytisch bearbeitet werden
- **Koordination** des WA-Programms
- **Entscheidung** bei der Auswahl von WA-Projekten und Formulierung der Aufgabenstellung
- **Auswahl der Teammitglieder** und des Projektleiters
- **Festlegen von Terminen und Daten** der WA-Arbeit. Der eventuelle Abbruch eines Projektes unterliegt ebenso der Entscheidung des Ausschusses.
- **Unterstützung** des WA-Teams durch die Bereitstellung von Informationen und Personal.⁴⁸

⁴⁶Vgl. Daenzer, W. F. und Huber, F. (1999), S. 255f.

⁴⁷Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 118f.

⁴⁸Vgl. Hoffmann, H. J. (1983), S. 97f.

2.4.2 Der Wertanalyse-Moderator

Der WA-Moderator fungiert als Projektleiter des WA-Projektes. Hierbei ist er für die Steuerung und Förderung des Projektes verantwortlich. Dazu muss er die richtigen Methoden und Verhaltensweisen einhalten. Zu seinen Aktivitäten gehört das Planen, Koordinieren, Steuern, Kontrollieren und Dokumentieren der projektabhängigen Gruppenarbeit. Zum Einsatz kommen dabei arbeitstrukturfördernde Methoden, welche sicherstellen sollen, dass die Gruppenarbeit rasch und effizient abläuft. Weiters ist er für die Entwicklung von Verhaltensweisen verantwortlich, mit denen die Erreichung der WA-Ziele unterstützt werden.

2.4.3 Der Wertanalyse-Manager

Der WA-Manager ist für die Planung, Einführung, Koordination, Kontrolle und Förderung der WA-Aktivitäten in Unternehmungen, Körperschaften, Behörden und Vereinigungen zuständig. Dazu bedarf es der Einbindung der relevanten Führungsebenen. Unter bestimmten Umständen muss der WA-Manager die Aufgaben des WA-Moderators übernehmen und auch die WA-Aktivitäten durchführen. Zu seinen Aufgaben gehören Aktivitäten wie:

- das Erstellen von Richtlinien für den Ablauf der Projektarbeit
- die laufende Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern
- die Dokumentation der Erfolge als Information für die oberste Unternehmungsleitung
- die Ausarbeitung von Zielsetzungen und Prioritätenfestlegungen für die Zukunft⁴⁹

2.5 WA als interdisziplinäre Teamarbeit

Bei der Durchführung der Wertanalyse wird bei gewissen Teilschritten im Team gearbeitet, da sich auf der einen Seite die Stärken der Teammitglieder vereinen und andererseits die Schwächen ausgeglichen werden. Somit ist die Summe der Teamleistung höher als die Summe der Einzelleistungen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sich leistungssteigernde bzw. motivationsbedingte Effekte ergeben, welche auf die Teammitglieder wirken. Auch können Konkurrenzsituationen innerhalb des Teams zu individuellen Leistungssteigerungen führen. Daher ist es sinnvoll Projekte mit komplexen Aufgabenstellungen nicht von Einzelpersonen bearbeiten zu lassen, sondern

⁴⁹Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 123.

diese im Team zu lösen.

Eine positive Gruppendynamik erhöht den Output der kreativen Arbeiten. Durch günstig gestaltete Gruppensituationen kann zum einen der kreative Prozess der Teilnehmer erleichtert und gefördert werden und zum anderen bewirkt die unmittelbare Interaktion zum Zeitpunkt des Auftauchens neuer Einfälle assoziative Effekte.⁵⁰

2.5.1 Die Gruppe

Als Gruppe werden zumeist beliebig große Menschenmengen - unorganisiert oder organisiert - wie Völker, Religionen, Parteien und dergleichen sowie überschaubare Einheiten wie zum Beispiel Schulklassen, Vereine und Familien bezeichnet. Zu wesentlich intensiveren „Interaktionen“ kommt es wenn die Anzahl der Gruppenmitglieder so klein ist, dass jede Person mit jeder anderen direkt kommunizieren kann. Diese Gruppe nennt man „Kleingruppe“ und umfasst 5 bis 7 Personen. Befinden sich die Personen in unmittelbarer räumlicher Nähe wird diese Gruppe als „Face to Face Group“ bezeichnet.⁵¹

2.5.2 Die Arbeitsgruppe

Als Arbeitsgruppe wird eine Gruppe bezeichnet, die eine gemeinsame Aufgabe zu erledigen hat. Die Aufgabe wird von einer übergeordneten Organisation, meist vom Management vorgegeben. Dadurch ist die Arbeitsgruppe in einem strukturellen und technologischen Rahmen eingebunden. Die Arbeitsgruppe wird vom Management ins Leben gerufen, um zielgerichtet und leistungsorientiert seine Aufgaben zu erledigen.⁵²

2.5.3 Das Team

Aus einer Arbeitsgruppe entwickelt sich erst dann ein Team, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Es handelt sich um eine soziale Einheit von drei oder mehr Personen.
- Es liegen gemeinsame Zielvorstellungen vor.
- Die Ziele und Aufgaben werden von allen akzeptiert.
- Es besteht das gemeinsame Streben und der gemeinsame Wille zum Erreichen der Ziele (Aufgaben- und Leistungsorientierung liegt vor).

⁵⁰Vgl. Ulrich, W. (1975), S. 126f.

⁵¹Vgl. Pauwels, M. (2001), S. 97.

⁵²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 96.

- Normen und Regeln („Strategie“) werden bejaht.
- Die einzelnen Gruppenmitglieder finden sich im Aufgabengebäude zu Recht und übernehmen Teilaufgaben.
- Es passieren bewusste und unbewusste Aktionen zwischen Gruppenmitgliedern.
- Der Teamerfolg wird höher bewertet als der persönliche Erfolg.⁵³

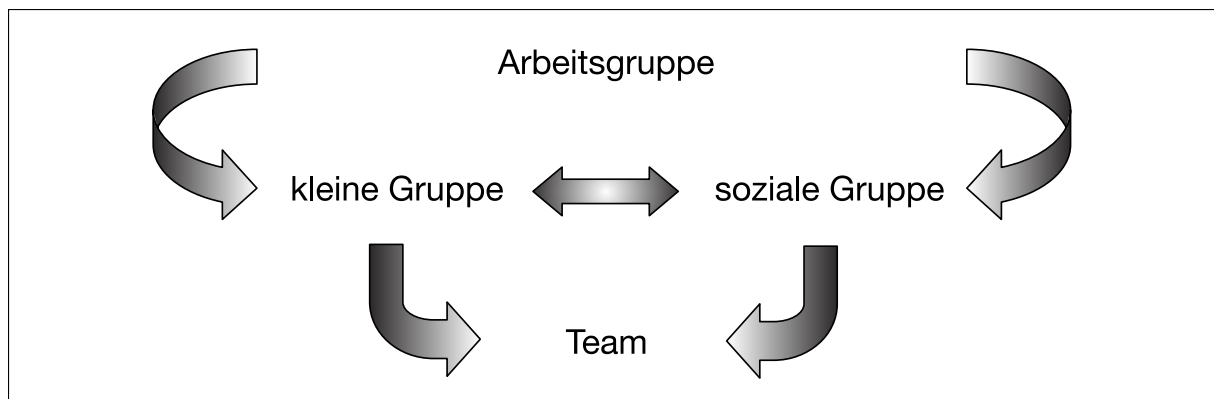


Abbildung 10: Von der Arbeitsgruppe zum Team⁵⁴

Abbildung 10 beschreibt den Prozess von der Arbeitsgruppe über die kleine bzw. soziale Gruppe zum Team.

2.5.4 Der Leistungsvorteil der Gruppe

Die kreative Leistungsfähigkeit und Motivation der Gruppenteilnehmer werden durch die Wechselbeziehungen in der Kleingruppe stark beeinflusst. Es gibt drei wichtige Arten dieser gruppenspezifischen Effekte.⁵⁵

2.5.4.1 Kognitive Effekte

Die Teamsituation ermöglicht die assoziative Verknüpfung von verschiedenen Aspekten, die in der Gruppe angesprochen werden. Bei der Ideensuche wird dadurch die Fantasie stimuliert und es erhöht sich die Wahrscheinlichkeit ein gutes Projektergebnis zu erlangen. Der gegenseitige Ideenaustausch im Team hilft bei der Überwindung von Denkblockaden.⁵⁶

⁵³Vgl. Pauwels, M. (2001), S. 97f.

⁵⁴Wohinz, J. W. (2008b), S. 96

⁵⁵Vgl. Ulrich, W. (1975), S. 129ff.

⁵⁶Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 2 S. 13.

2.5.4.2 Motivationale Effekte

Falls eine gestellte Aufgabe zum gemeinsamen Mittelpunkt bzw. zum gemeinsamen Ziel eines Teams wird, kann sich das einzelne Teammitglied viel stärker mit dieser Aufgabenstellung identifizieren. Hierbei übt einerseits das Team auf das Teammitglied einen gewissen Druck aus, sich für die Ziele einzusetzen, andererseits gibt das Team durch die gewohnte Umgebung eine gewisse Sicherheit Ideen zu äußern oder ausgefallene Meinungen zu vertreten.⁵⁷

2.5.4.3 Methodische Effekte

Die meisten Ideenfindungstechniken lassen sich ausschließlich in der Gruppensituation bzw. in einem Team anwenden, da sie auf der Interaktion der Teilnehmer aufbauen. Die Ausübung bzw. Probe von Kreativitätstechniken funktioniert am besten in einer gelösten Teamatmosphäre.⁵⁸

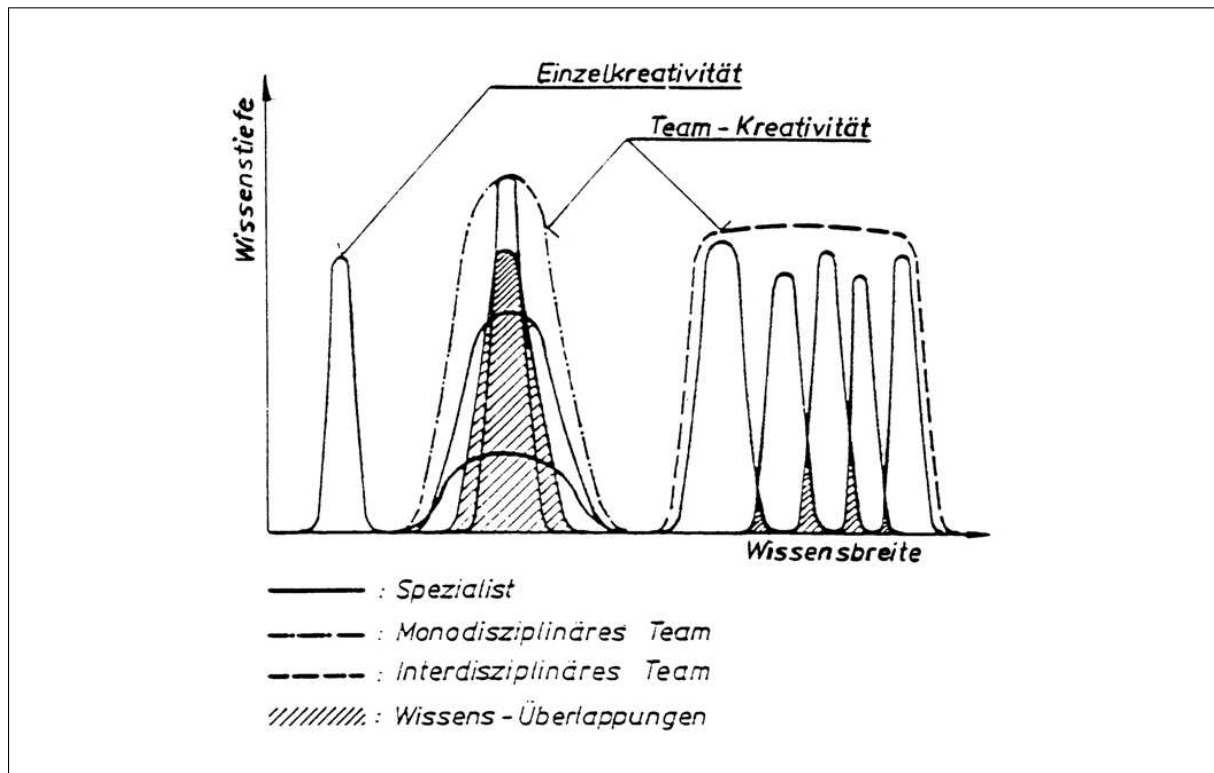


Abbildung 11: Kreativität im Team⁵⁹

Abbildung 11 zeigt schematisch, warum die Teamarbeit mehr Output bietet als Einzelarbeit.

⁵⁷Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 2 S. 14.

⁵⁸Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 2 S. 14.

⁵⁹Wohinz, J. W. (2008b), S. 98

2.5.5 Funktionen im Team

Bei der WA-Teamarbeit wird aus funktionaler Sicht zwischen dem Auftraggeber oder auch Problemsteller, dem Moderator, dem Schriftführer und dem aktiven Teammitglied unterschieden.⁶⁰

2.5.5.1 Der Auftraggeber

Der Initiator der Teamarbeit ist der Auftraggeber bzw. Problemsteller, der ein Problem identifiziert hat. Das Problem bildet den Anstoß der Teamarbeit. Der Auftraggeber kann die Gestaltung des Teams übernehmen, er bestimmt auch den Teamleiter bzw. WA-Moderator und er bringt die Problemstellung in das Team.⁶¹

2.5.5.2 Der Moderator

Der WA-Moderator ist ein Mitglied der WA-Gruppe, besitzt auch dieselben Rechte wie alle anderen, nimmt aber trotzdem eine erhöhte Stellung ein. Der Moderator hat folgende Aufgaben:

- Gruppe in das Problem einführen.
- Spielregeln aufstellen und für deren Einhaltung sorgen.
- Stille Teilnehmer aktivieren und dominierende dämpfen.
- Emotionale Fehlentwicklungen bereinigen.
- Den Ideenfluss in Gang halten.
- Darauf achten, dass die Gruppe nicht vom Thema abkommt.
- Das Ende der Sitzung bekannt gegeben.

Der WA-Moderator sollte sich vor der Teamarbeit mit der Problematik auseinandersetzen und diese strukturieren. Damit hat er die Möglichkeit Impulse für unterschiedliche Lösungsrichtungen zu setzen. Er sollte es vermeiden den Teamteilnehmern das Gefühl zu geben in eine bestimmte Richtung manipuliert zu werden.⁶²

⁶⁰Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 99ff.

⁶¹Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 99.

⁶²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 99.

2.5.5.3 Der Schriftführer

Für jede Teamsitzung muss ein Schriftführer bestimmt werden. Dieser muss die Beiträge der Teilnehmer genau verfolgen und den wesentlichen Inhalt schriftlich festhalten. Er darf auf keinen Fall Bewertungen durchführen, indem er bestimmte Vorschläge als unwichtig einschätzt und nicht erfasst. Bei bestimmten WA-Techniken wird die Schriftführung vom Moderator oder Problemsteller für alle Teilnehmer sichtbar übernommen, wie zum Beispiel auf der Flip-Chart, Pinnwand, Tafel oder am Overheadprojektor.⁶³

2.5.5.4 Das aktive Mitglied

Die Basis jeder Teamarbeit sind die aktiven Mitglieder, denn sie übernehmen die ausführende Arbeit und werden dabei vom WA-Moderator geleitet. Alle Teammitglieder sind einander gleichgestellt, d.h. es sollen keine hierarchischen Unterschiede zwischen ihnen vorhanden sein.⁶⁴

2.5.6 Widerstände gegen Teamarbeit

Die Widerstände gegen Teamarbeit können im Wesentlichen auf zwei verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Zum einen kann es sein, dass sich Mitarbeiter davor scheuen die Verantwortung zu übernehmen und zum anderen kann Misserfolg von Teams bekannt werden, die Probleme nicht oder nicht vollständig gelöst haben. Anpassungsfähigkeit und die Toleranz seiner Teilnehmer sind wichtig für das Team als Arbeitsform. Verschiedene Ängste, wie zum Beispiel die Angst vor ungewissen Ergebnissen, vor möglichen Rückwirkungen für den eigenen Arbeitsbereich oder die Angst eigene Freiräume einzubüßen, führen zu einer negativen Einstellung gegenüber der Teamarbeit. Die meisten Teams scheitern aber aufgrund folgender Hürden:

- an unklarer Zielbeschreibung und Aufgabenstellung,
- an falscher personeller Zusammensetzung,
- an unterschiedlichen Wert- und Zielvorstellungen der Teilnehmer,
- an Konkurrenzkämpfen und Profilierungsgehebe der Teammitglieder,
- an mangelnder Anerkennung der Teamleistung,
- an schlechter Teamführung sowie
- an einem unklaren Handlungsrahmen.⁶⁵

⁶³Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 99.

⁶⁴Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 100.

⁶⁵Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 101ff.

2.6 Arbeitsmethoden und Techniken in der Wertanalyse

In diesem Kapitel werden die Methoden und Techniken beschrieben, welche bei der Durchführung der Wertanalyse nach dem WA-Arbeitsplan ÖNORM EN 12973 verwendet wurden.

2.6.1 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse (siehe Abbildung 12) umfasst sei es eine Stärken-Schwächen-Analyse (Strengths-Weakness) als auch eine Chancen-Gefahren-Analyse (Opportunities-Threads) und stellt die strategisch orientierte Analyse der Ausgangssituation dar. Dabei werden wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen der internen Prozesse und die Erkenntnisse externer Einflussfaktoren des Unternehmens oder Objektes zusammengefasst. Ziel der SWOT-Analyse ist es zu erkennen inwieweit die bestehende Strategie der Organisation bei den derzeit gegebenen Umwelteinflüssen erfolgreich sein kann.

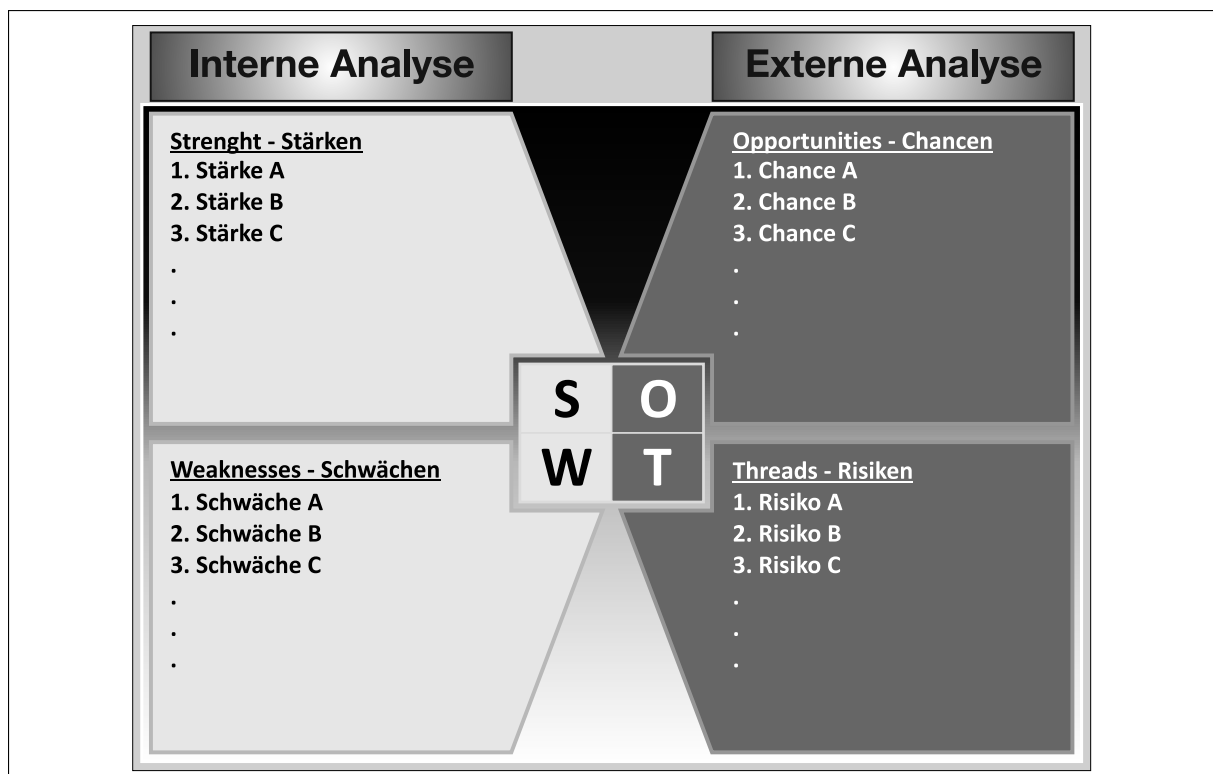


Abbildung 12: Schematischer Aufbau der SWOT-Analyse⁶⁶

Zudem werden die unternehmensspezifischen Stärken und Schwächen untersucht, damit eingeschätzt werden kann inwieweit das Unternehmen dennoch auf Veränderungen

⁶⁶in Anlehnung an Inscale (Abfrage 5.12.2010)

der Unternehmensumwelt reagieren kann. Für die Stärken-Schwächen-Analyse ist eine vorausgehende Identifikation der entscheidenden Erfolgsfaktoren hilfreich. Diese sind in der Regel in der Unternehmung gut bekannt. Nachdem können vorliegende Stärken und Schwächen in Relation zu den entscheidenden Erfolgsfaktoren gesetzt werden. Dabei gibt es möglicherweise versteckte Stärken, welche zu neuen Erfolgsfaktoren ausgebaut werden könnten. Mit den Stärken werden Faktoren untersucht, die dem Unternehmen zu einer relativ starken Wettbewerbsposition verhelfen. Schwächen hingegen sind jene Punkte, die daran hinderlich sind Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Bei der Untersuchung der Chancen und Risiken werden die Trends und Veränderungen in der Unternehmungsumgebung analysiert.⁶⁷

2.6.2 Funktionenanalyse

Die Funktionsanalyse wird in der ÖNORM EN 12973 folgendermaßen definiert: *„Die Funktionenanalyse besteht im Erkennen (der Identifizierung) von Funktionen, ihrer Validierung mithilfe klarer logischer Elemente und ihrer Charakterisierung. Dieser Ansatz fördert die Kommunikation, um unter den Teammitgliedern ein gemeinsames Verstehen der grundlegenden Projektelemente zu erreichen.“*⁶⁸ Die Funktionsanalyse untersucht vorliegende Konzepte als zweckgerichtete Tätigkeiten, welche an der Produkt- und Dienstleistungserstellung beteiligt sind. Die Methode entspricht einem dreistufigen Vorgehenskonzept, welches nachfolgend dargestellt ist.⁶⁹

2.6.2.1 Erfassen des Analyseobjektes

Voraussetzung für den Gebrauch der Funktionsanalyse ist ein zutreffendes und fehlerfreies Erfassen des Analyseobjektes. Eine möglichst genaue Datenerfassung und -Aufbereitung ist eine erste Voraussetzung zum Erfassen der Konzepte, welche die zweckgerichteten Wirkungen des Analyseobjektes bilden.⁷⁰

Wie Abbildung 13 zeigt, umfasst eine Funktionenanalyse das Erfassen des Analyseobjektes, das Benennen der Funktionen und das Strukturieren der Funktionen.

⁶⁷Vgl. Hungenberg, H. (2004), S. 85f.

⁶⁸Österreichisches Normungsinstitut (2000), S. 27.

⁶⁹Vgl. Akiyama, K. (1994), S. 28ff.

⁷⁰Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 56.

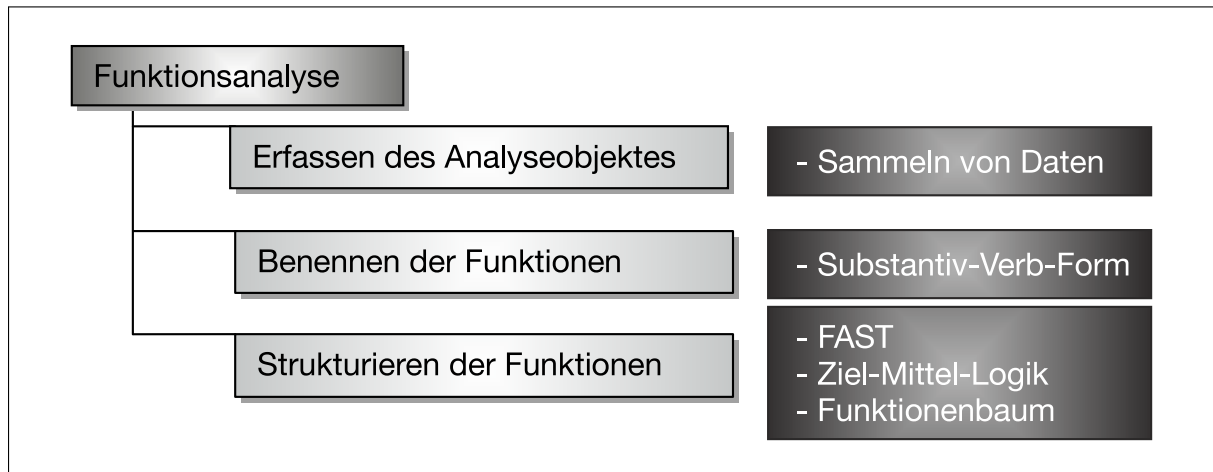


Abbildung 13: Ansatz der Funktionsanalyse⁷¹

2.6.2.2 Benennen der Funktionen

Der eigentliche Kern der Funktionsanalyse besteht in der Benennung der Funktion. Ein Objekt hat meistens mehr als nur eine Funktion zu erfüllen. Existiert eine Hauptfunktion, so können auch Nebenfunktion vorhanden sein. In der Funktionenbenennung wird ein verbales Modell benutzt, welches durch eine Substantiv-Verb-Form ausgedrückt wird.⁷²

2.6.2.3 Strukturieren der Funktionen

Die Strukturierung der Funktionen innerhalb der Funktionsanalyse ist ebenso bedeutend wie die Benennung der Funktionen. Die verschiedenartigen Funktionen, die ein WA-Analyseobjekt auszuführen hat, stehen in wechselseitigen Beziehungen zueinander und nehmen daher keine isolierte Stellung innerhalb des Systems ein. Diese Beziehungen werden entwickelt und mittels eines Diagramms dargestellt. Die Verbindungen der Funktionen zeigt eine Mittel-Zweck-Logik bzw. Wie-Warum-Logik. Die am einfachsten nachvollziehbare und erlernbare Strukturierung erfolgt im Funktionenbaum, auch „Beweisschlüssige“ Gliederung genannt (siehe Abbildung 14). Hierbei werden die Teilfunktionen verschiedener Hierarchiestufen unter den Gesamtfunktionen eingetragen. Die beweisschlüssige Gliederung ordnet die Funktionen durch die Fragestellung „Wozu?“ und „Wie?“ und kann mit einer Explosionszeichnung verglichen werden. Sie eignet sich sehr gut für technische Produkte, leistet aber einen relativ geringen Abstraktions- und Verfremdungsgrad.⁷³

⁷¹Wohinz, J. W. (2008b), S. 56

⁷²Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 56.

⁷³Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), S. 61.

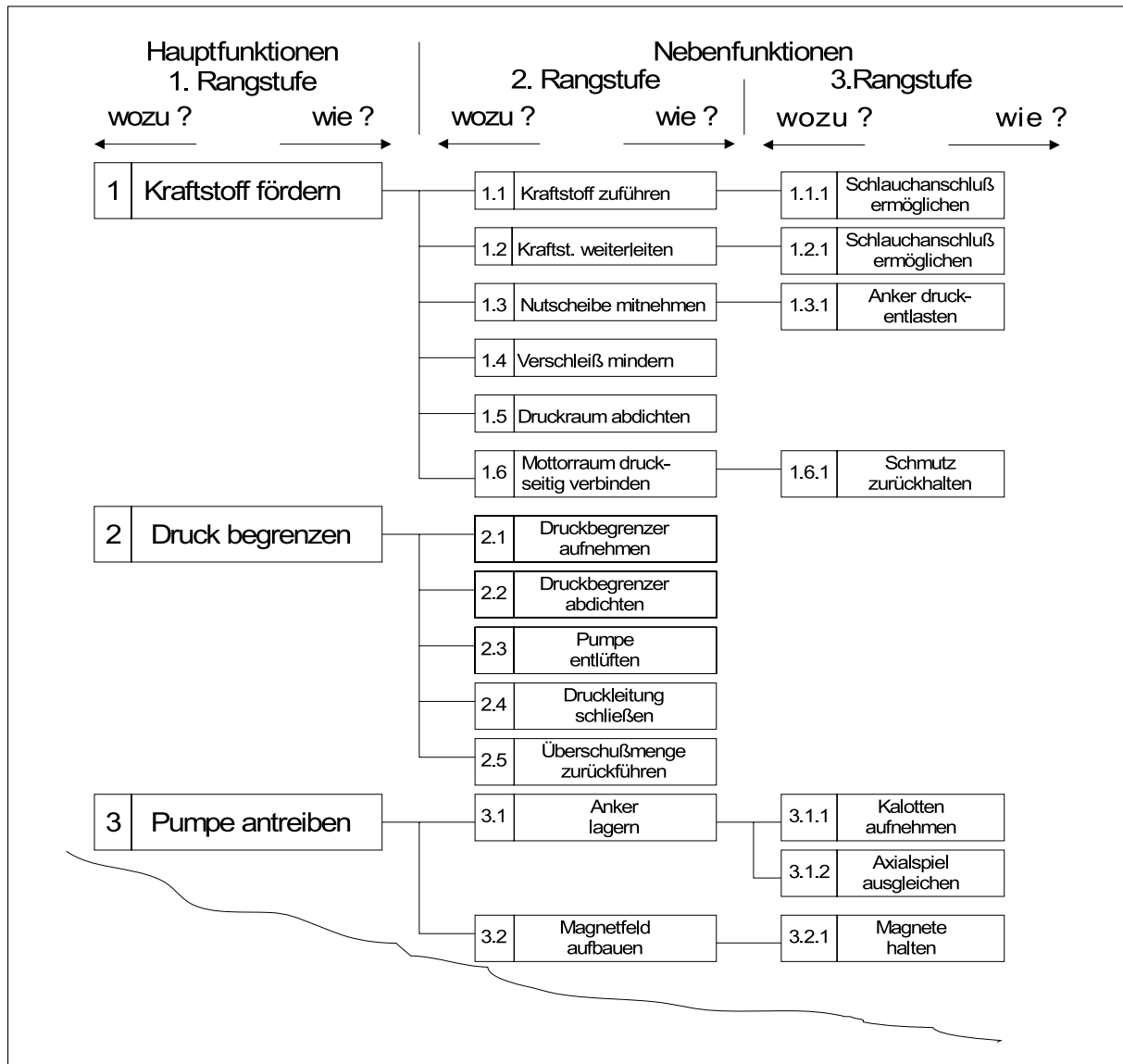


Abbildung 14: „Beweisschlüssige“ Funktionsgliederung am Beispiel einer elektrischen Kraftstoffpumpe⁷⁴

2.6.3 Paarweiser Vergleich

Bei der Auswahl mehrerer Alternativen für eine Entscheidungsfindung kann man diese durch paarweise Vergleiche systematisch gegenüberstellen. Unterschiedliche Kriterien können anhand des paarweisen Vergleichs in eine nach Wichtigkeit sortierte Rangreihe gebracht werden. Dabei wird jedes einzelne Kriterium mit jedem anderen Kriterium verglichen und dahingehend bewertet, welches der beiden Kriterien dominanter ist. Hier können unterschiedliche Aspekte eine Rolle spielen, wie z. B. welches der beiden Kriterien wichtiger, kostspieliger, erfolgreicher oder umsetzbarer ist. Da alle Kriterien

⁷⁴VDI-Gemeinschaftsausschuß Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) (1981), S.

untereinander verglichen werden, kann eine Rangfolge entsprechend des Dominanzmerkmals, also bezogen auf die Wichtigkeit, Kostspieligkeit, der Umsetzbarkeit oder des Erfolges gebildet werden.

Bei der Anwendung des paarweisen Vergleichs müssen als erstes die Kriterien definiert und aufgelistet werden, die dann in eine Rangfolge gebracht werden sollen. Anschließend soll der Vergleich aller Kriterien untereinander zu einer begrenzten Anzahl von Kriterien führen. Da ansonsten die Zahl der durchzuführenden Vergleiche sehr umfangreich wäre, könnte andernfalls der Aufwand nicht mehr gerechtfertigt werden bzw. die Übersichtlichkeit nicht mehr gegeben sein.

Da jedes zu vergleichende Kriterienpaar in der Matrix zweimal abgebildet ist, muss nur die eine Hälfte der Matrix im Normalfall die obere rechte Hälfte ausgefüllt werden. Alle anderen Felder ergeben sich automatisch durch die Spiegelung an den Hauptdiagonalen und Umkehrung der Dominanz. Eine vollständig ausgefüllte Vergleichsmatrix besteht aus den direkten Paarvergleichen und deren Spiegelung an den Hauptdiagonalen. Bei der Bewertung der Dominanz werden die Gewichtungswerte 0, 0,5 und 1 folgendermassen vergeben:

- Kriterium A > Kriterium B so wird das Kriterium A mit 1 bewertet
- Kriterium A = Kriterium B mit 0,5
- Kriterium A < Kriterium B mit 0

Nach der Bewertung bildet man die Kriteriensummen mit den zugehörigen Prozentsätzen, welche die Rangreihung ergeben.⁷⁵

In Tabelle 3 sieht man den beispielhaften Aufbau der Vergleichsmatrix.

⁷⁵Vgl. Bortz, J. und Döring, N. (1995), S. 185ff.

Paarweiser Vergleich		Produkt: XYZ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0 = weniger wichtig 0,5 = gleichgewichtig 1 = wichtiger		Kriterium A									
		Kriterium B									
		Kriterium C									
		Kriterium D									
1	Kriterium A		0	0,5	0,5						
2	Kriterium B	1		1	0,5						
3	Kriterium C	0,5	0		0						
4	Kriterium D	0,5	0,5	1							
Summe		2	0,5	2,5	1						
Prozent		33,3	8,3	41,7	16,7						
Rang		2	4	1	3						

Tabelle 3: Exemplarischer Aufbau der Vergleichsmatrix

2.6.4 Funktionskostenmatrix

In der Funktionskostenmatrix werden die Kosten der Funktionsträger den Funktionen zugeordnet. Die Verknüpfung von Funktionen und Kosten geschieht schrittweise und wird mit dem WA-Team durchgeführt. Die Schrittabfolge sieht folgendermaßen aus:

- Zuordnung von Funktionen und Funktionsträger, mit beispielsweiser Hilfestellung: „Ist dieser Bauteil an der Erfüllung der Funktion beteiligt?“
- Abschätzung der Kostengewichtung von den Funktionsträgern zu den einzelnen Funktionen. Dabei hilft folgende Fragestellung bei der Zuordnung: „Zu wieviel Prozent ist eine Funktion an den Funktionsträgerkosten beteiligt bzw. wie viel würde der Funktionsträger weniger kosten, wenn er eine bestimmte Funktion nicht zu erfüllen hätte.“
- Bildung des Produktes aus den Kosten der einzelnen Funktionsträger und den Kostengewichtungsfaktor jeder beteiligten Funktion.
- Summierung aller an einer Funktion beteiligten Funktionsträgerkosten zu den Funktionskosten der jeweiligen Funktion.⁷⁶

⁷⁶Vgl. Wohinz, J. W. (2008b), Kap. 4 S. 166.

Hauptfunktion	Nebenfunktionen	Elemente	Öffnungsfeder	Überdruckfeder	Steuerkolben	Gehäuse	Verschlußkappe	Dichtung	FU-Kosten	
2 Druck begrenzen										
	2.1	Druckbegrenzer		100%		17%			14%	
		aufnehmen		3,5		5,0			8,5	
	2.2	Druckbegrenzer					100%	100%	10%	
		abdichten					4,0	2,0	6,0	
	2.3	Pumpe			40%				13%	
		entlüften			8,0				8,0	
	2.4	Druckleitung	100%		60%	33%			40%	
		verschließen	3,0		12,0	10,0			25,0	
	2.5	Überschußmenge				50%			24%	
		zurückführen				15,0			15,0	
				3,0	3,5	20,0	30,0	4,0	2,0	62,5

Tabelle 4: Funktionskostenmatrix am Beispiel der Hauptfunktion „Druck begrenzen“⁷⁷

Tabelle 4 als Beispiel die Funktionskostenmatrix der Hauptfunktion *Druck begrenzen*.

2.6.5 Kreativitätstechniken

Der WA-Arbeitsplan besteht aus Teilschritten in denen im Team verschiedene Aufgaben, wie z.B.: eine Ideensuche durchgeführt werden soll. Hierfür werden als Hilfsmittel unter anderem Kreativitätstechniken eingesetzt. Diese Techniken helfen sowohl bei der strukturierten Analyse der Problemstellung als auch bei der Ideen- und Lösungsfindung.

2.6.5.1 Definition der Kreativität

Das Wort „Kreativität“ leitet sich aus dem lateinischen „creare“ ab. Das bedeutet soviel wie „schaffen“, „gebären“ und „erzeugen“ und beschreibt somit eine schöpferische Tätigkeit.⁷⁸ Kreativität wird definiert als die Fähigkeit, Informationen anders als üblich zu kombinieren. Die Elemente eines Feldes oder Wahrnehmungsbereiches werden

⁷⁷VDI-Gemeinschaftsausschuß Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) (1981), S. 40

⁷⁸Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 1 S. 2.

zusammen mit früher aufgenommenen Erfahrungen zu neuen, sinnvollen Mustern assoziiert.⁷⁹

2.6.5.2 Intuitiv-kreative Methoden

Die intuitiv-kreativen Methoden zur Ideenfindung wurden speziell dafür entworfen, in Problemlösungsprozessen kreative Denkansätze anzuregen. Diese Methoden werden in der Gruppenarbeit angewendet, damit mehrere Personen aus verschiedenen Erfahrungsbereichen ein Problem vereint bearbeiten und dadurch die Gedächtnisinhalte eines jeden Teilnehmers in die Arbeit einfließen können. Bei der Durchführung sollen psychologische Blockaden, welche kreatives Denken hemmen, beseitigt und hingegen zu Fantasie und Spontanität aufgefordert werden.⁸⁰

- **Brainstorming**⁸¹

Brainstorming ist die am häufigsten eingesetzte Methode zur Ideenfindung. Die hohe Produktivität des Brainstormings ergibt sich dadurch, dass zur Lösung eines Problems das Wissen mehrerer Personen benutzt wird, denkpsychologische Blockaden ausgeschaltet werden, die Ausgrenzung restriktiver Äußerungen die Lösungsvielfalt erweitern, das Kommunikationsverhalten der Beteiligten gestrafft wird und unnötige Diskussionen vermieden werden.

Die Brainstorming-Gruppe sollte aus 4 bis 7 Personen bestehen und wird von einem Moderator geleitet. Bevor mit dem Brainstorming gestartet wird, muss das Problem vorgestellt, analysiert und definiert werden. Damit das Brainstorming erfolgreich und effizient abläuft, müssen bestimmte Regeln eingehalten werden.

Ein Grundsatz besagt, dass jede Kritik oder Wertung bei der Ideenfindung auf eine gesonderte, nachfolgende Phase verschoben wird. Die strikte Trennung der Ideenfindungsphase von jener Phase der Ideenbewertung ist ein wesentliches Merkmal des Brainstormings. Die Phasentrennung bewirkt, dass der Ideenfluss nicht unterbrochen wird, die Teilnehmer nicht frustriert oder blockiert werden und langatmige Diskussionen über das „Für“ und „Wider“ einer Idee unterbleiben.

Weiters sollen die Ideen anderer Teilnehmer aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Bei der Durchführung des Brainstormings können und sollen die Teilnehmer ihrer Fantasie freien Lauf lassen. Diese Grundregel gibt den Teilnehmern die Sicherheit, dass jede ihrer Anregungen willkommen ist. Das Ziel der Brainstorming-Sitzung besteht in der Ausarbeitung einer großen Ideenmenge, daher sollen möglichst viele Ideen in kurzer Zeit produziert werden.

⁷⁹Vgl. Ulrich, W. (1975), S. 29.

⁸⁰Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 5 S. 1.

⁸¹Vgl. Schlicksupp, H. (1992), S. 10ff.

- **Kärtchen-Befragung**

Bei der Kärtchen-Befragung werden die zur Lösung der Problemstellung gefundenen Ideen auf je einem Kärtchen niedergeschrieben oder skizziert. Die Ideen anderer Teamteilnehmer können ähnlich wie beim Brainstorming aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Die niedergeschriebenen Lösungsideen bleiben anonym, damit kein Angriffspunkt für persönliche Kritik gegeben ist. Damit die bereits entwickelten Lösungsideen für die Teammitglieder sichtbar sind, soll der Moderator die Kärtchen an einer Flip-Chart oder Pinnwand anbringen. Danach können die Kärtchen nach verschiedenen Gesichtspunkten und Grundideen geordnet werden.⁸²

- **Abfrage auf Zuruf**

Bei der Abfrage auf Zuruf wird der Gruppe eine visualisierte Frage gestellt. Die Beantwortung dieser geschieht auf Zuruf. Es werden alle Antworten mitgeschrieben, während der Moderator den Prozess steuert, notiert der Schriftführer die zugerufenen Lösungsideen.⁸³

2.6.5.3 Systematisch-analytische Methoden

Die Merkmale der systematisch-analytischen Methoden sind das systematische Ausrichten von Denkvorgängen. Kennzeichen dieser Techniken sind die systematische Erfassung, Ordnung und Gliederung von problemrelevanten Elementen sowie die systematische Kombination von Lösungsvariablen.⁸⁴

- **KJ-Methode⁸⁵**

Diese Methode ist nach dem japanischen Anthropologen Jiro Kawakita benannt. Mit ihr kann man komplexe Problembereiche analytisch durchdringen. Insbesondere eignet sie sich zur Lösung technischer Probleme. Am Beginn der KJ-Methode werden möglichst viele Informationen gesammelt und auf einzeln auf Kärtchen geschrieben. Im nächsten Schritt werden die Kärtchen auf einer Unterlage ausgebreitet. Nachdem versucht man diese in Stapel zusammenzufassen, wobei deren Informationsgehalt miteinander in Beziehung stehen soll. Für jeden dieser Stapel wird ein Deckkärtchen geschrieben, welches den Oberbegriff der darunter liegenden inhaltlichen Informationen beschreibt. Diese Kartenstapel werden daraufhin auf die zwischen ihnen stehenden Beziehungen und Abhängigkeiten untersucht. Diese Phase der KJ-Methode hat einen systemanalytischen Charak-

⁸²Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 5 S. 14.

⁸³Vgl. Rogall, R. (2005), S. 189.

⁸⁴Vgl. Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 4 S. 1.

⁸⁵Vgl. Schlicksupp, H. (1992), S. 77ff.

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

derzeit verbreitete Lösung
 interessante Alternative

Abbildung 16: Morphologischer Kasten über die Gestaltungsmöglichkeiten von Kaffeemaschinen⁸⁸

2.6.6 Nutzwertanalyse

Die Grundlage der Nutzwertanalyse ist der subjektive Wertbegriff. C. Zangemeister definiert die Nutzwertanalyse wie folgt: *Nutzwertanalyse ist die Analyse eine Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zuordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamt Werte) der Alternativen.*⁸⁹ Mit der Nutzwertanalyse wird die Zweckmäßigkeit eines Projektes gegenüber anderen Alternativen durch einen Zahlenwert (= Nutzwert) ausgedrückt. Der Nutzwert ist dimensionslos und kann nur im Zusammenhang mit dem Bewertungssystem verstanden werden. Folgende Systematik sollte man bei der Durchführung einer Nutzwertanalyse einhalten:

1. Formulierung der Bewertungskriterien (Zielanalyse)
2. Gewichtung der Teilziele (Summe der Gewichte = 100 [%])
3. Bewertung der Alternativen hinsichtlich der Erfüllung der Teilziele
4. Ermittlung der Teilnutzwerte durch Multiplikation der Stufengewichte mit den festgelegten Bewertungspunkten

⁸⁸Embst, S. und Mitterer, N. (2008), Kap. 4 S. 8

⁸⁹Vgl. Zangemeister, C. (1976), S. 45.

5. Ermittlung des Gesamtnutzwertes durch Addition der Teilnutzwerte und Erstellen einer Rangordnung der Alternativen.⁹⁰

Tabelle 5 zeigt den schematischen Aufbau der Nutzwertanalyse mit den nummerierten Arbeitsschritten zur Erlangung des Gesamtnutzwertes.

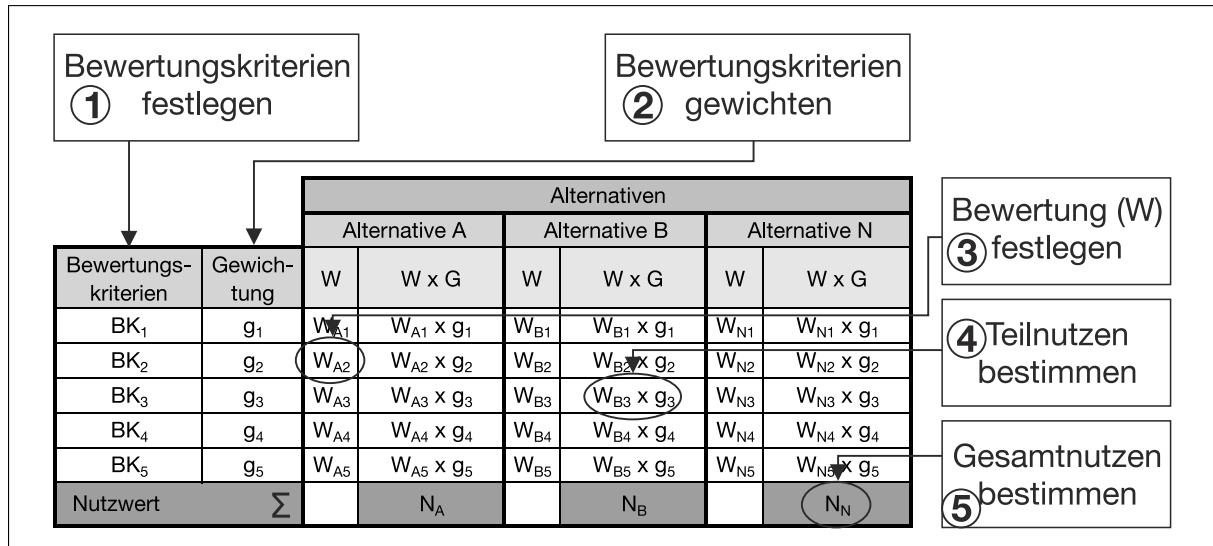


Tabelle 5: Grafische Darstellung der Nutzwertanalyse⁹¹

Tabelle 5 zeigt die allgemeine grafische Darstellung der Nutzwertanalyse welche die schrittweise Vorgehensweise beschreibt. Nach der Festlegung der Bewertungskriterien (1) werden diese gewichtet (2). Diese Gewichtung kann mit der Methode des Paarweisen Vergleichs durchgeführt werden. Anschließend wird die Bewertung der Alternativen durchgeführt (3). Damit können Teilnutzen (4) und Gesamtnutzen (5) bestimmt werden.

⁹⁰Vgl. Wohinz, J. W. (2008a), Kap. 3 S. 13.

⁹¹Vgl. Voss, G. (2010), S. 10

3 Praxisbetrachtung

Im praktischen Teil werden die theoretischen Grundlagen des ersten Abschnittes auf die Problemstellungen der Arbeit angewandt. Im Speziellen geht es dabei um die Durchführung der Grund- und Teilschritte des WA-Arbeitsplans nach ÖNORM EN 12973. Da der Arbeitsplan sehr umfangreich aufgebaut ist und dieser an die Aufgabenstellung angepasst werden muss, werden nur jene Teilschritte hier im Detail beschrieben, welche für diese Arbeit relevant sind und durchgeführt wurden.

3.1 Vorbereitung des Projektes

Die Firma AMST ist als Projektpartner an der Einführung von neuen Methoden und Techniken zur Produktentwicklung und -verbesserung interessiert. Damit die WA-Methode in der AMST implementiert werden kann, hat die Firma ein geeignetes Objekt definiert. Die Wertanalyse als Pilotprojekt soll am Beispiel der Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators in die Arbeitstechniken aufgenommen werden.

Als erster vorbereitender Schritt wurde in der Firma ein neues Forschungsprojekt (siehe Anhang A), mit der Projektbenennung *Wertanalyse EST Rückholeinrichtung* und der Projektnummer *EST 02459* eröffnet. Hierbei wurde der Projektstarttermin mit 27. Oktober 2010 festgelegt, die Projektlaufzeit mit sechs Monaten definiert und eine Herstellkostenkalkulation erstellt. Bei der Kalkulation der Herstellkosten orientierte man sich an den Erfahrungswerten vorangegangener WA-Untersuchungen, wobei mit fünf Teamsitzungen (à 3 h) und fünf Teammitgliedern gerechnet wurde.⁹²

Abbildung 17 zeigt den Schleudersitzsimulator in seiner Ausführung vor der Durchführung der Wertanalyse.

⁹²Vgl. AMST Geschäftsführung (2010c), S. 1.



Abbildung 17: Der Schleudersitzsimulator der Firma AMST-Systemtechnik GmbH⁹³

3.1.1 Projektbeschreibung

Im Rahmen der Projekteröffnung wurde die Projektbeschreibung folgendermaßen definiert: *Wertanalytische Betrachtung der Rückholeinrichtung eines Schleudersitzsimulators im Rahmen einer Diplomarbeit mit dem Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der TU Graz. Das Ziel ist die Wertverbesserung des Systems im Hinblick auf Funktionen und Kosten.*⁹⁴

3.1.2 Auswahl von Entscheidungsträgern und WA-Teamleiter

Zur Vorbereitung des Projektes wird die Auswahl der Entscheidungsträger und des WA-Moderators getroffen. Im Projekt der Firma AMST wurde beschlossen, dass der Steuerausschuss aus der Geschäftsleitung, der technischen Leitung der Firma AMST und einem wissenschaftlichen Assistenten des Instituts für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung der TU Graz besteht. Die Aufgabe des WA-Moderators übernimmt der Verfasser dieser Arbeit.

⁹³AMST Geschäftsführung (2010b)

⁹⁴AMST Geschäftsführung (2010c), S. 1.

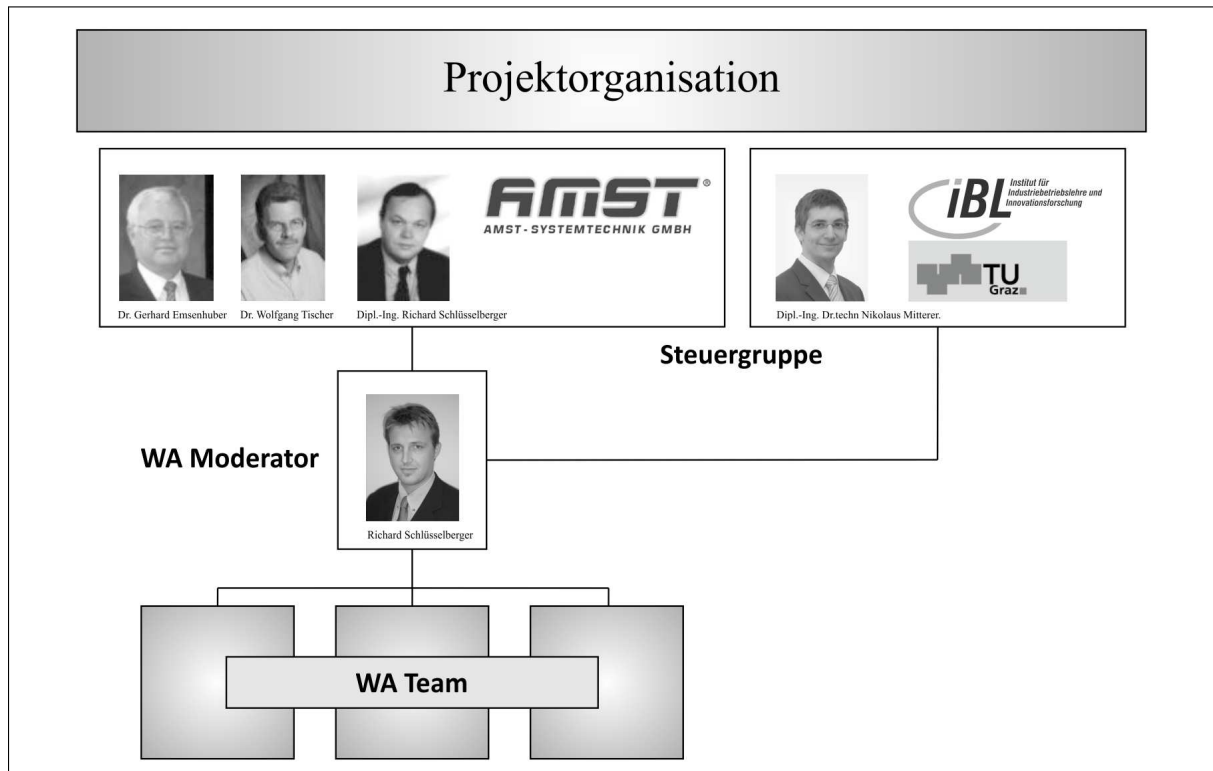


Abbildung 18: Der WA-Steuerausschuss und WA-Moderator

3.2 Projektdefinition

In diesem Grundschrift wird das WA-Objekt, d.h. die Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators beschrieben, sowie die Rahmenbedingungen der Studie festgelegt und die allgemeinen Ziele bzw. Grobziele definiert. Nach einer kurzen Beschreibung der mitwirkenden Personen folgt eine vorbereitende Risikoanalyse mit der die Projektdefinition abgeschlossen wird.

3.2.1 WA-Objekt

Das zu betrachtende WA-Objekt ist ein Bestandteil des Schleudersitzsimulators. Damit die Gebrauchsfunktion und Positionierung der Rückholeinrichtung besser verstanden wird, werden zuerst der Einsatzbereich und die Anwendung des Schleudersitzsimulators beschrieben. Danach erfolgt die Erklärung der Rückholeinrichtung und deren Problematik, welche schlussendlich dazu geführt hat diese Baugruppe wertanalytisch zu betrachten.

3.2.1.1 Schleudersitzsimulator

Der Schleudersitzsimulator der Firma AMST bietet Piloten ein umfassendes Training im Umgang mit dem Schleudersitz. Das Training ermöglicht diesen, die korrekte Körperhaltung während der Ausschussprozedur einzulernen. Gleichzeitig werden auch die Entscheidungsfähigkeiten im Umgang mit simulierten Notsituationen praktiziert. Die Eigenschaften dieses Trainingsgerätes werden im Slogan „*Knowing when to eject is just important as knowing how to eject*“⁹⁵ auf den Punkt gebracht.

Der Simulator kann abhängig von den Kundenwünschen als Basistrainingsystem, im passiven oder aktiven Modus bzw. als erweitertes Trainingsystem, mit „Realflug“ zur Entscheidungsfindung, verwendet werden (vgl. Abbildung 19).

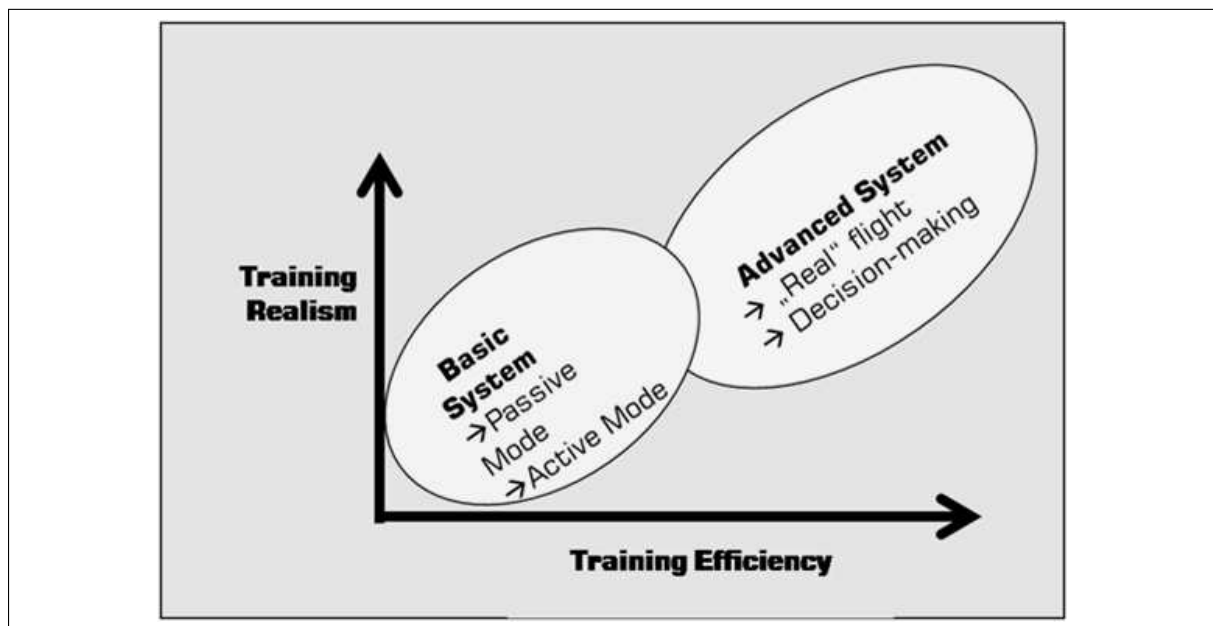


Abbildung 19: AMST SmartEject Trainingsystem⁹⁶

Das Basistraining am Simulator soll die Piloten dazu sensibilisieren, eine korrekte Sitzposition während des Schleudersitzausstieges einzunehmen. Bei falscher Sitzposition kann es zu schwerwiegenden Verletzungen im Bereich der Hals- und Nackenwirbelsäule sowie der Extremitäten kommen. Das Verletzungsrisiko besteht aufgrund der hohen Beschleunigungen während des Ausstiegs und der Cockpitgeometrie. Das erweiterte Simulator-Trainings-System ermöglicht dem Piloten Missionen zu fliegen, in denen er kritische Situationen im Flugzeug begegnet. Dabei soll der Pilot Entscheidungen treffen, die als letzte Möglichkeit den Ausstieg durch den Schleudersitz vorsehen.

Damit dem Probanden während des Trainings den höchstmöglicher Sicherheitsschutz geboten werden kann, hat die Firma AMST das „SmartEject“ Kontrollsystem entwickelt. Dieses System ist für die Kontrolle aller einzelner Schritte des Ausschussvorgang-

⁹⁵AMST Geschäftsführung (2010b), S. 3.

⁹⁶Schlüsselberger, R. (2010), S. 5

ges verantwortlich. Die Sicherheitsabfragen des Kontrollsystems laufen über Sensoren, welche am Schleudersitz in den Bereichen des Kopfes, sowie der Schultern, Ellbogen und Beine angebracht sind. Die Ausschusssequenz kann erst dann erfolgen, wenn alle einzelnen Sensoren aktiv sind, denn erst dann hat der Pilot die richtige Sitzposition eingenommen. Die Bedienung des Gerätes erfolgt über eine Instrukorenstation auf der mittels GUI (Grafic User Interface) alle wichtigen Informationen aufscheinen.

Sobald der Ausschuss erfolgt, wird der Proband mitsamt der Sitz-Schlitteneinheit entlang eines Mastes nach oben beschleunigt. Die Beschleunigung erfolgt durch einen Druckluftzylinder. Nachdem die Sitz-Schlitteneinheit am Mast den oberen Totpunkt erreicht hat, wird diese durch die Gravitationskraft abgebremst. Hier spielt eine weitere Sicherheitseinrichtung - die Rückholeinrichtung eine wichtige Rolle. Die Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators ist für die sichere Rückführung der Sitz-Schlitteneinheit und somit für den Piloten verantwortlich.⁹⁷

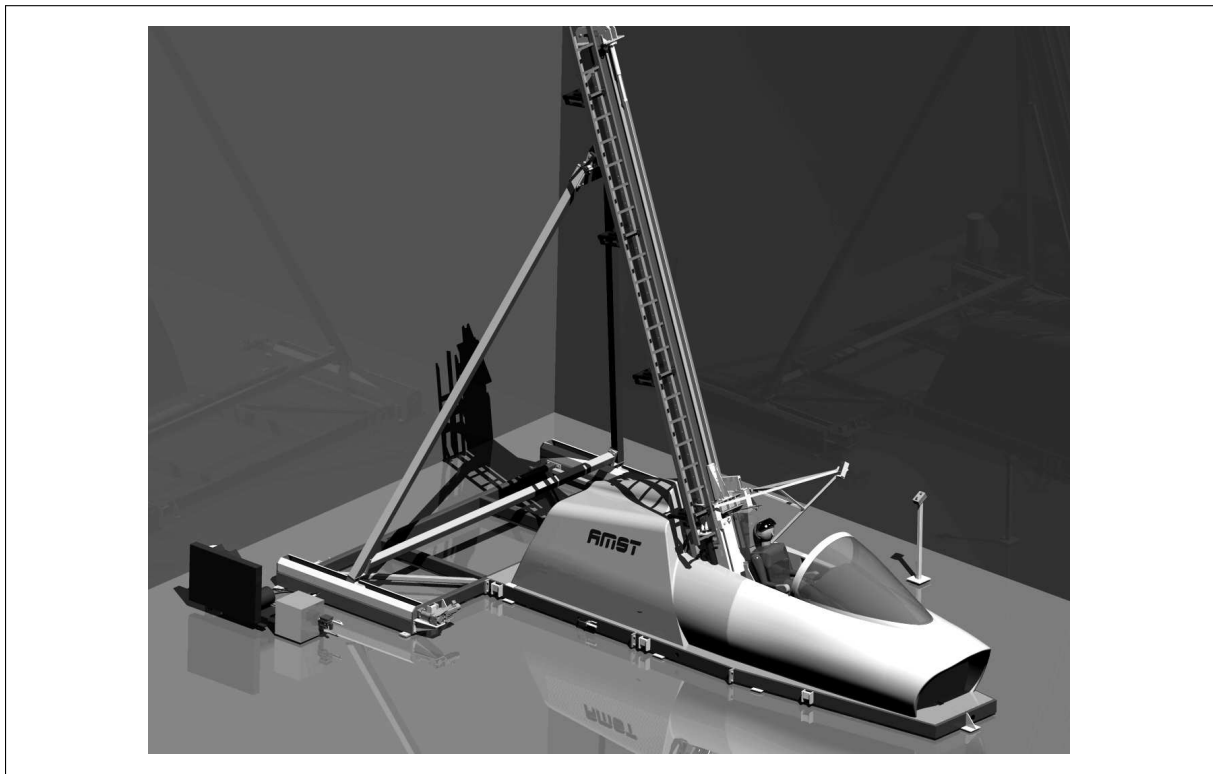


Abbildung 20: Schleudersitzsimulator CAD Modell⁹⁸

Abbildung 20 zeigt den Schleudersitzsimulator in seiner Form bzw. Ausführung vor der Durchführung der Wertanalyse.

⁹⁷Vgl. Schlüsselberger, R. (2010).

⁹⁸AMST Geschäftsführung (2010b)

3.2.1.2 Rückholeinrichtung

Die Rückholeinrichtung besteht aus mehreren Baugruppen und Bauteilen, die an unterschiedlichen Orten im Simulator verbaut sind. Die meisten Baugruppen zählen zur Hauptbaugruppe „Mast“, an dem der Schlitten beim Ausschuss entlang rollt. In Folge werden für das gesamte System des Schleudersitzsimulators die Gesamtdarstellung und die Explosionsdarstellung gezeigt. Der Mast ist in der Gesamtdarstellung des Simulators (siehe Abbildung 21) mit Nummer (5) markiert.

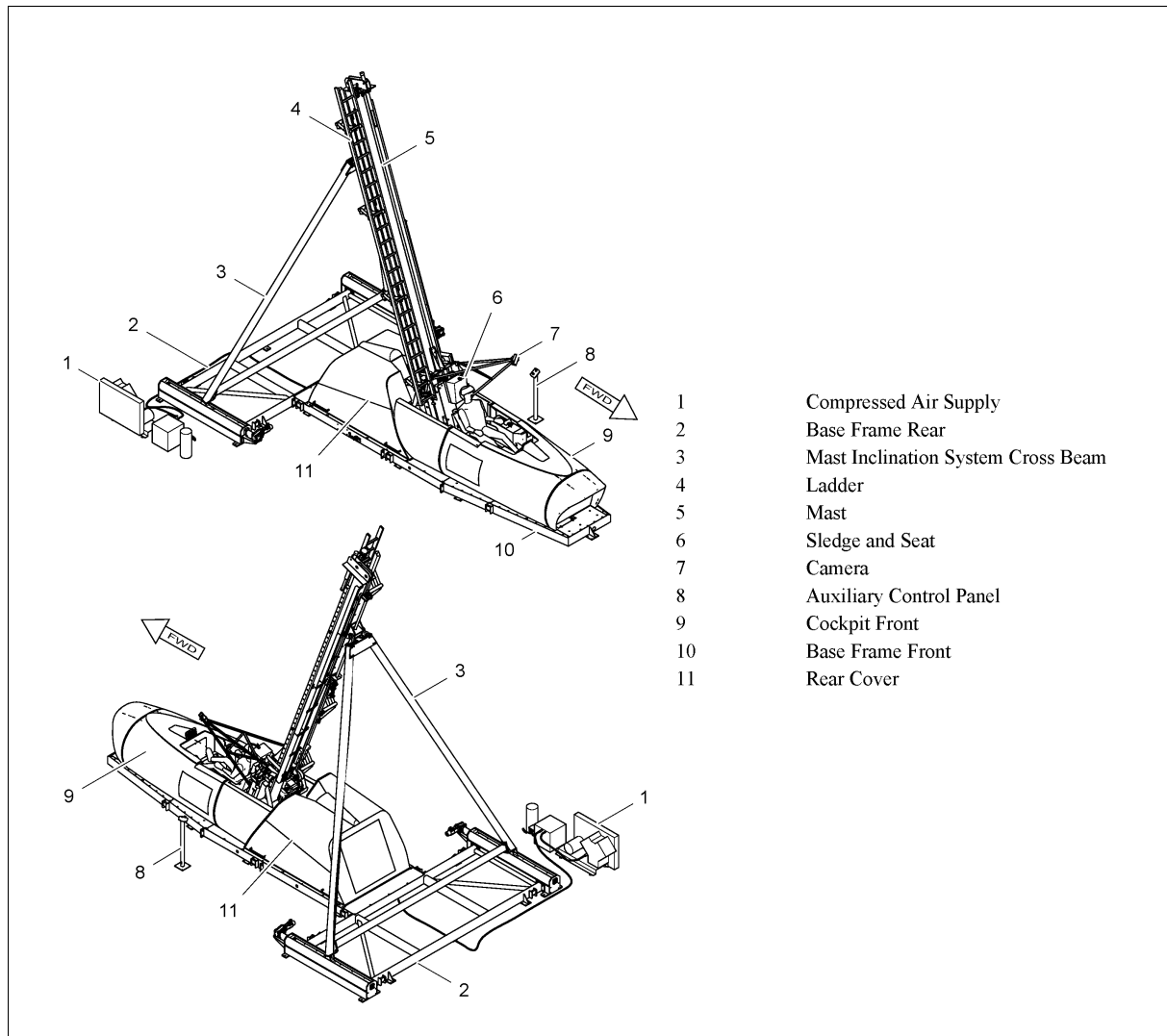


Abbildung 21: Gesamtdarstellung des Schleudersitzsimulators⁹⁹

Die Abbildung 22 stellt die Explosionsdarstellung der Hauptbaugruppen dar. Im Wesentlichen besteht der Simulator aus den Hauptbaugruppen Grundrahmen (5,6), Mast (11), Cockpit (13,14) und der Verstelleinrichtung (1,2,3,4). Letzere dient der Neigungsverstellung des Mastes, welche je nach Cockpittyp unterschiedlich gewählt werden

⁹⁹AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 2-4

kann. Die Rückholeinrichtung selbst besteht aus der Sitz-Rückführung (7) und den Sicherheitszylindern (10).

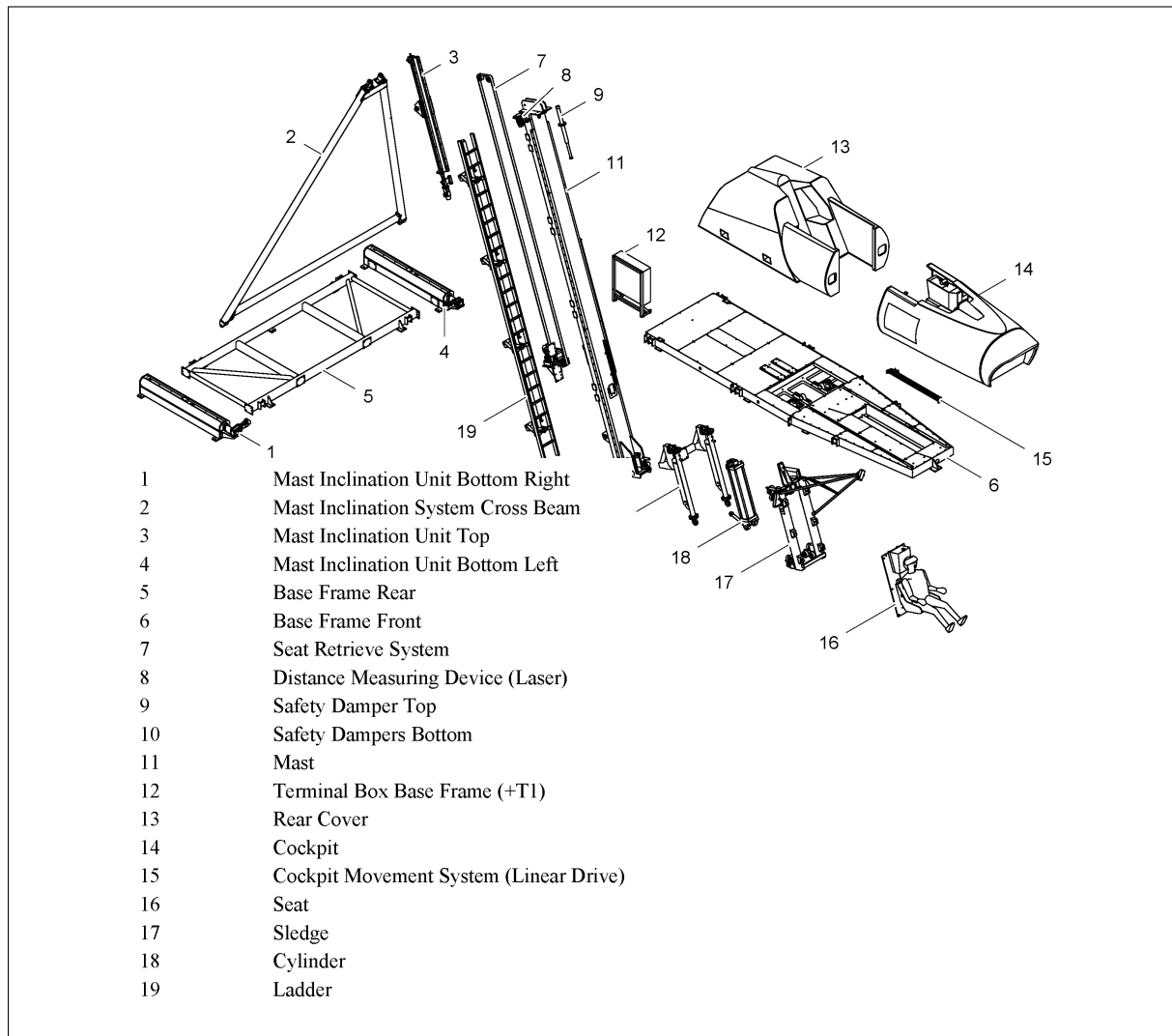


Abbildung 22: Explosionsdarstellung des Hauptbaugruppen des Schleudersitzsimulators¹⁰⁰

Da das zentrale Objekt der Wertanalyse das System der Schleudersitzsimulator-Rückholeinrichtung ist, werden alle Baugruppen im Detail gezeigt, welche zum System der Rückholeinrichtung gehören. In Abbildung 23 ist die Sitz-Rückführung detailliert abgebildet. Dieses System besteht aus Umenkrollen (1,2,4,6), welche einen Zahnriemen (3) führen. An diesem Zahnriemen ist der Schlitten mittels Klemmplatten (7) befestigt, der den Schleudersitz mit dem Probanden trägt. Der Zahnriemen umläuft ein Zahnrad mit inkludiertem Freilauf (5), welches mit einem Elektro- Getriebemotor (8,9) verbunden ist.

¹⁰⁰AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 2-6

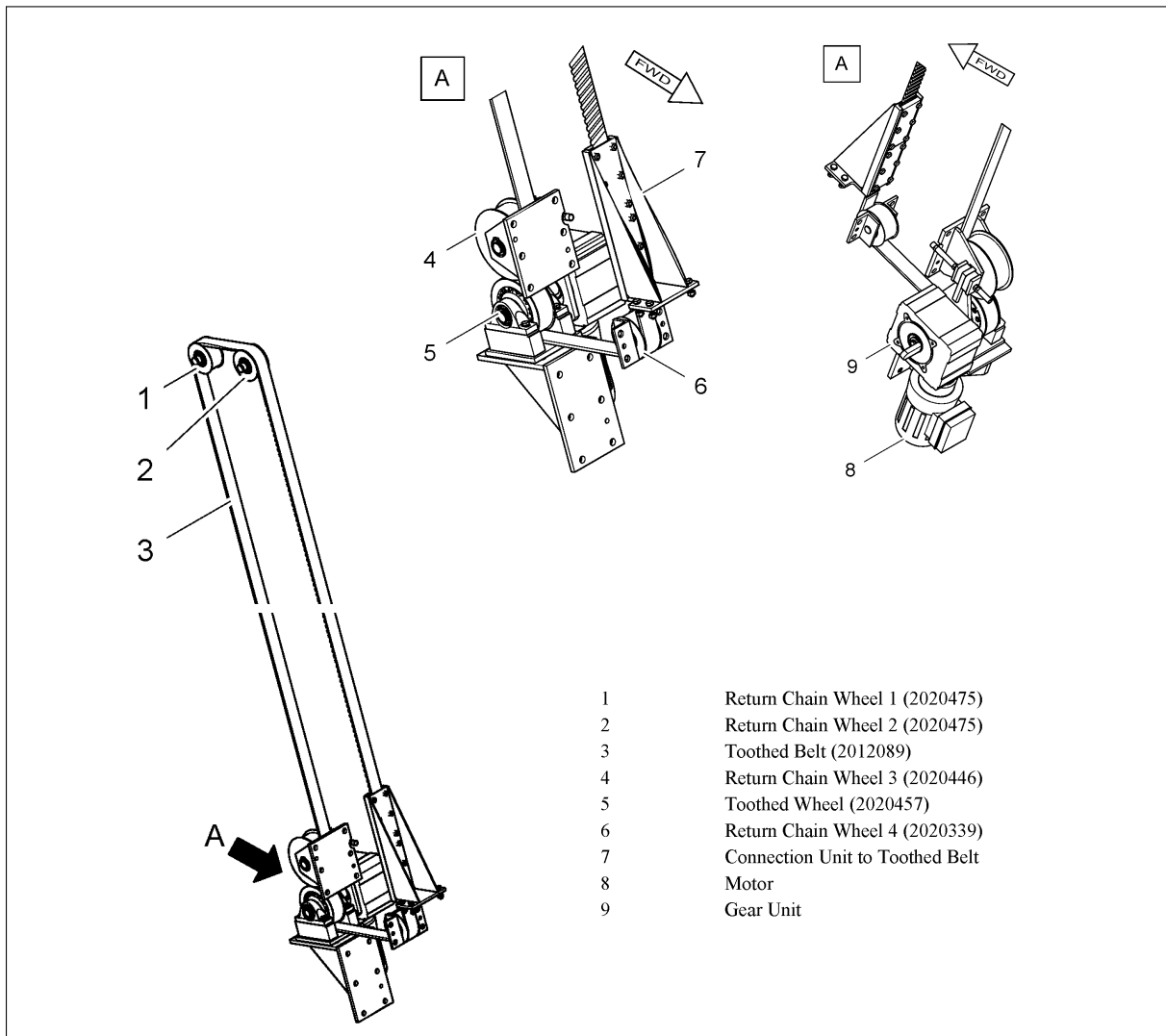


Abbildung 23: Das System Sitz-Rückführung¹⁰¹

Abbildung 24 zeigt die Klemmplattenverbindung (9) samt Schlitten. Zum einen dienen die Klemmplatten dazu, die zwei Enden des Zahnriemens zu fixieren, zum anderen ist der Schlitten mit ihnen am Zahnriemen befestigt.

¹⁰¹AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 2-14

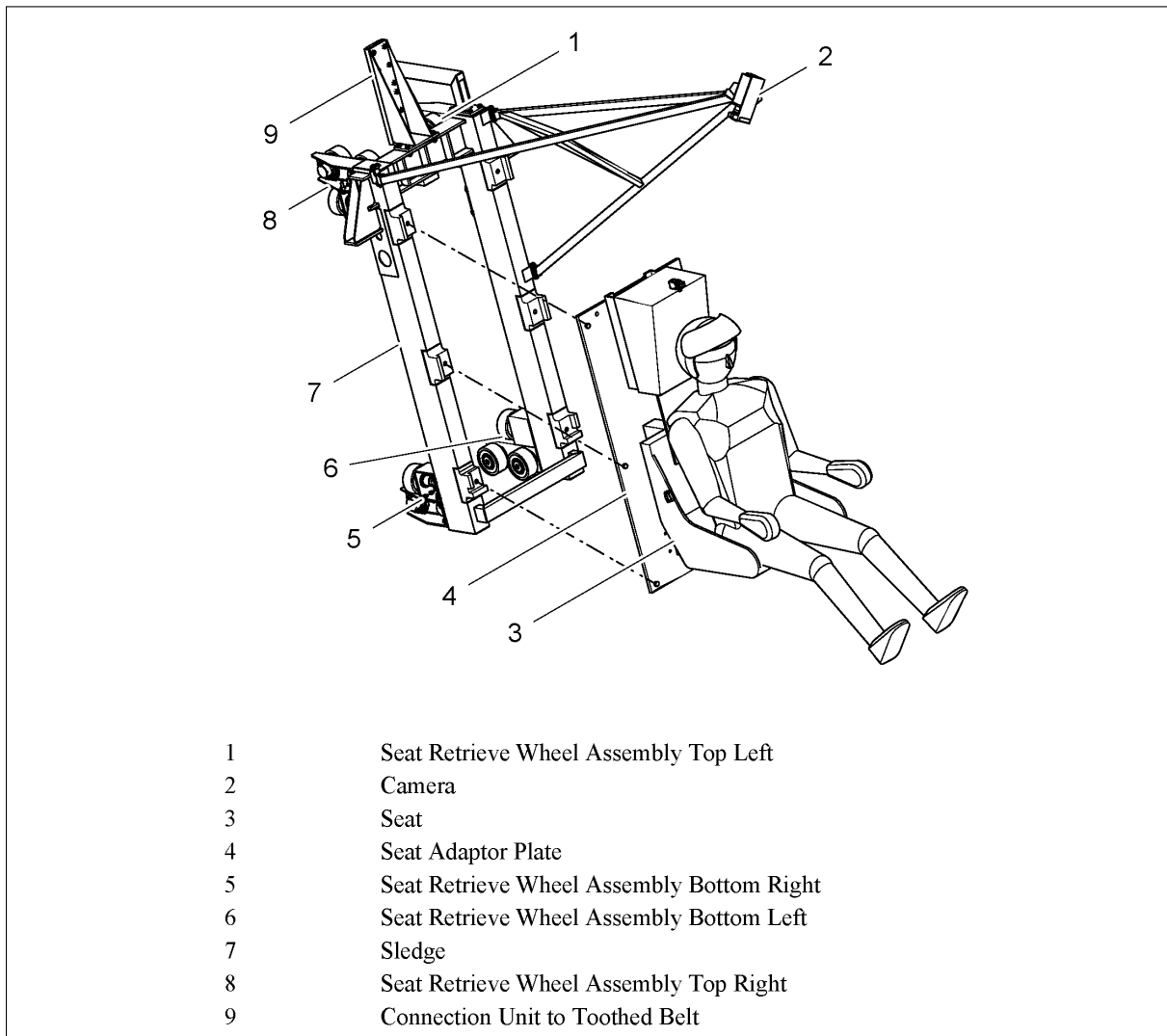


Abbildung 24: Schlittenbaugruppe des Schleudersitzsimulators¹⁰²

Auf dem Mast ist eine Laser-Messeinrichtung (1) installiert, dessen Position in Abbildung 25 eingezeichnet ist. Die Laser-Messeinrichtung, dient der Abstandsmessung des Schlittens zum Endpunkt des Masts. Zudem wird in Abbildung 25 erneut die Anordnung der Sicherheitszylinder (2,3) gezeigt.

¹⁰²AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 2-11

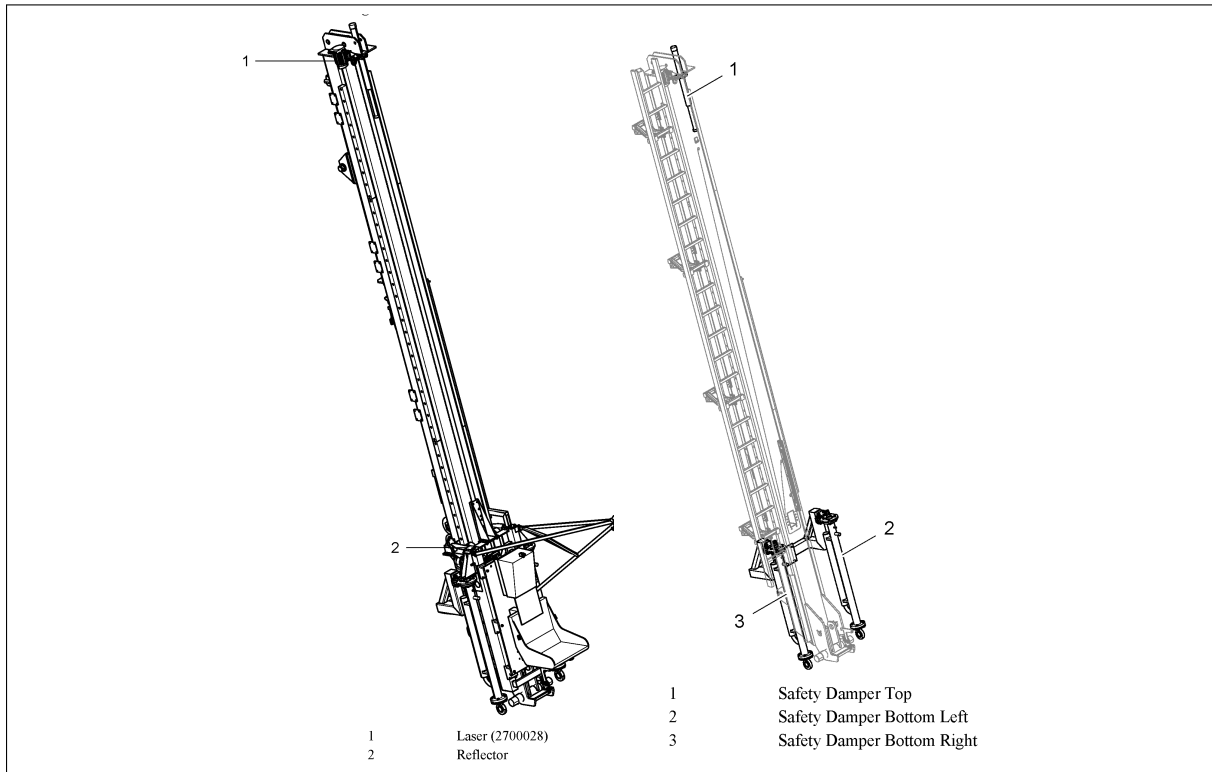


Abbildung 25: Lasermesssystem und Sicherheitszylinder¹⁰³

In Abbildung 26 wird die letzte Baugruppe der Rückholeinrichtung dargestellt. Der angezeigte sensorüberwachte Hebel (3) muss für den Fall eines Sitzwechsels verschlossen werden. Andernfalls würde der Schlitten, von den unter Druck stehenden Sicherheitszylindern, nach oben geschoben werden.

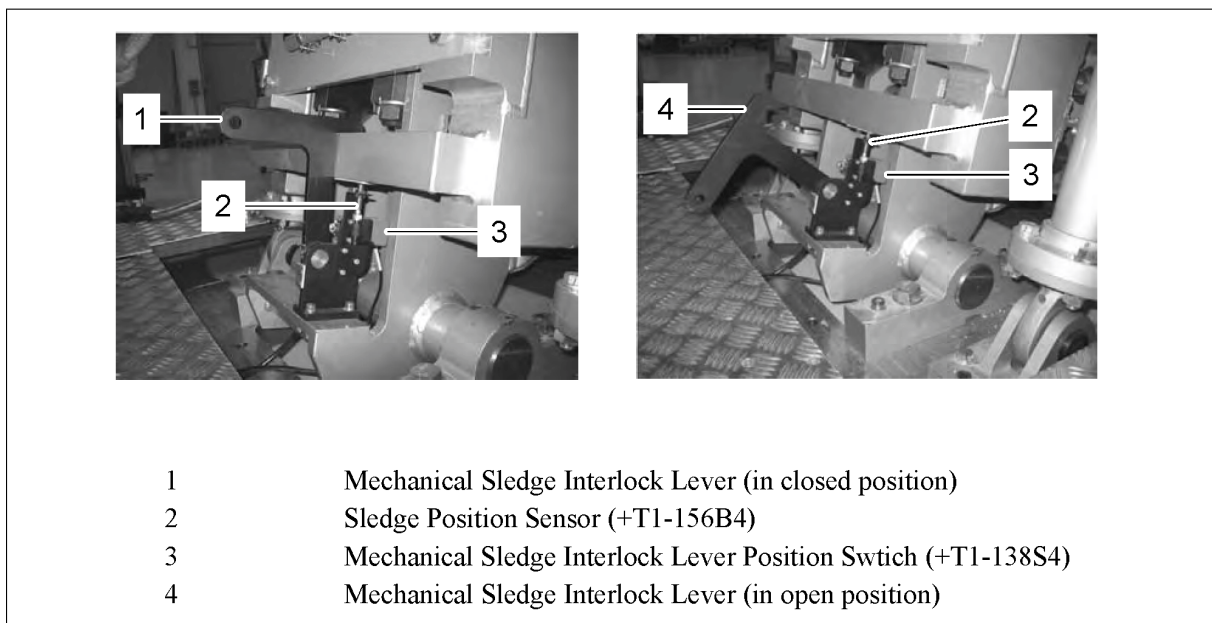


Abbildung 26: Mechanische Schlittenverriegelung¹⁰⁴

¹⁰³AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 9-4

Die Rückholeinrichtung funktioniert wie folgt:

Sobald die Sicherheitssteuerung den Ausschuss des Schlittens freigibt, wird dieser von einem Druckluftzylinder nach oben geschossen. Bis zu einem gravitationsbedingten Stillstand rollt der am Zahnriemen befestigte Schlitten den Mast geführt nach oben. Damit der Zahnriemen frei durchlaufen kann, ist dafür ein Freilauf verbaut. Sobald der Schlitten seinen oberen Totpunkt erreicht hat, wird der Freilauf aktiviert und sperrt. Nun befindet sich der Schlitten in einer Halteposition. Nach einer Freigabeprozedur wird die Schlitteneinheit durch den Elektromotor kontrolliert und bis zu seiner Ausgangsposition abgesenkt. Die Zahnriemenbaugruppe stellt einen ersten Sicherheitskanal dar. Der zweite Sicherheitskanal entspricht der Baugruppe der Sicherheitszylinder. Die Sicherheitszylinder bilden ein autarkes System. Da sie unter Druck stehen, fahren sie im Moment des Ausschusses automatisch aus. Dabei sind sie so ausgelegt, dass für den Fall eines Riemenrisses der fallende Schlitten abgebremst und abgedämpft wird.¹⁰⁵

3.2.1.3 Problematik

Bei der Konzeption und Konstruktion des ersten Schleudersitzsimulators war die Rückholeinrichtung nur mit einem Zahnriemensystem ausgestattet. Die Auslegung des Zahnriemens und der zugehörigen Komponenten wurde mit einem mehrfachen Sicherheitsfaktor dimensioniert. Obwohl dieser weit über der Sicherheitsnorm vergleichbarer Produkte lag, verlangte der Kunde bei einem Folgeauftrag eine TÜV Überprüfung für die Ausstellung eines *Safe for Use* Zertifikates. Dabei befand der TÜV, dass eine Fangeinrichtung, d.h. nur das Zahnriemensystem, zu wenig sei und verlangte daher eine zweite Sicherheitseinrichtung. Da sich das Projekt bereits in einer fortgeschrittenen Phase befand, musste kurzfristig eine Lösung gesucht werden, welche zu diesem Zeitpunkt umgesetzt werden konnte. Hierfür wurden auch Produkte des aktuellen Marktes analysiert und mögliche Lösungsvarianten recherchiert. Zwar wurden mehrere potentielle Lösungsmöglichkeiten gefunden, aber nur die Lösung mittels Sicherheitsstossdämpfer erfüllte die Forderung der Zwei-Kanaligkeit des Sicherheitssystems. Zum damaligen Zeitpunkt wurde schließlich diese als Lösungsvariante gewählt, obwohl sie zu einer Erhöhung der Herstellkosten führte. Da auch nur ein Sicherheitsstossdämpfer die belastungstechnischen Vorgaben erfüllt hätte, war insgesamt betrachtet die Rückholeinrichtung funktional übererfüllt. Zum einen waren die Übererfüllung und zum anderen die Entstehungshistorie ausschlaggebend für die Entscheidung, die Rückholeinrichtung einer wertanalytischen Betrachtung zu unterziehen.¹⁰⁶

¹⁰⁴AMST Geschäftsführung (2009), Part 2 S. 9-3

¹⁰⁵Vgl. Schlüsselberger, R. (2010).

¹⁰⁶Vgl. Schlüsselberger, R. (2010).

3.2.1.4 Technische Eckdaten

Der Schleudersitzsimulator ist für folgende Leistungs-Eckdaten konzipiert:¹⁰⁷

- Der Belastungsbereich ist einstellbar von +1 [Gz] bis +10 [Gz].
- Die Rate, mit der sich die hohe Gravitationskraft aufbaut liegt bei maximal 120 [Gz/s].
- Die Genauigkeit liegt bei +/- 0,1 [Gz].
- Der Mast hat eine Länge von 7,5 [m].
- Der Neigungswinkel des Mastes ist einstellbar von 0 [Grad] bis 30 [Grad].

Der Schleudersitzsimulator besitzt folgende Abmessungen:

- Länge: 9600 [mm]
- Breite: 5000 [mm]
- Höhe: 7500 [mm]
- Gewicht: 6 [t]
- Bodenbelastung: 10 [kN/m²]

3.2.2 Rahmenbedingungen der Studie

Folgende Rahmenbedingungen waren für die Studie gegeben:

- Das WA-Objekt ist beinahe vollständig isoliert und Teil eines Produktes.
- Die Studie ist durch den Diplomarbeitszeitplan zeitlich begrenzt.
- Die Studie soll im Umfang von 4-5 Teamsitzungen à 2 h durchgeführt werden.
- Es gibt keine gesetzlichen und regulativen Beschränkungen.

3.2.3 Allgemeine Ziele (Grobziele)

Folgende Grobziele wurden für die Durchführung der Wertanalyse definiert:

- Kostenreduktion um mindestens 10 %
- Funktionserfüllungsgrad auf 100 % bringen
- Sicherheit beibehalten oder verbessern
- Kostenminimierung bei Wartung und Ersatzteilen

¹⁰⁷Vgl. AMST Geschäftsführung (2009).

3.2.4 Vorbereitende Risikoanalyse

Zur Ermittlung der Ausgangssituation wurde eine SWOT-Analyse mittels Brainstorming durchgeführt. Sie umfasst sei es eine Stärken-Schwächen-Analyse als auch eine Chancen-Gefahren-Analyse der Rückholeinrichtung. Die Abbildung 27 beschreibt die SWOT-Analyse der Rückholeinrichtung samt Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken. Während die zentralen Stärken der bestehenden Rückholeinrichtung, die einwandfreie Funktionsweise, die große Sicherheit (Drei-kanalig), die nahezu wartungsfreien Dämpfer, das kontrollierte Absenken, die gute Systemüberwachung, die hohe Stabilität und das gute Image sind, zählen zu den Schwächen die hohen Herstellkosten, die Verwendung von zwei unterschiedlichen Systemen, der überdimensionierte Sicherheitsfaktor, der begrenzte Einbauraum und die aufwendigen Baugruppen. Als Chancen ergaben sich alternative Technologien für eine günstigere und einfachere Lösung, die Verwendung eines zwei-fachen bzw. zwei-kanaligen Systems, die Teileminimierung und Gewichtsreduzierung. Die Risiken bestehen in möglichen hohen Herstellkosten der alternativen Lösung, dem damit verbundenen Verlust der Wettbewerbsfähigkeit und dem Risiko, die Kundenanforderungen nicht erfüllen zu können.



Abbildung 27: SWOT-Analyse der Rückholeinrichtung

3.3 Planung

In Absprache mit dem Steuerausschuss wurde die Zusammensetzung des WA-Arbeits-teams festgelegt und ein erster Zeitplan erarbeitet. Zudem wurde bestimmt wo die Teamsitzungen abgehalten werden sollen.

3.3.1 Bildung eines Arbeitsteams

Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, wurden die Mitglieder des Steuerausschusses und der WA-Moderator bereits bestimmt. Nun mussten noch die Mitglieder des Arbeits-teams gewählt werden. Damit größere Wissensbreite erreicht werden kann, beschloss der Steuerausschuss Mitarbeiter aus den unterschiedlichsten Abteilungen in das Team aufzunehmen. Folgende Abteilungen waren an der Durchführung der Teamsitzungen beteiligt:

- Die technische Leitung
- Ein Mitarbeiter aus der Elektrik-Abteilung
- Die Leitung der Konstruktion
- Die Leitung der Forschungs- und Entwicklungsabteilung
- Ein Mitarbeiter der mechanischen Werkstätte
- Der Projektleiter des vorangegangenen Schleudersitzauftrages

Da der Projektleiter des vorangegangenen Schleudersitzauftrages die Serviceabteilung für Asien übernommen hat, und sich auch dort aufhält, gestaltete sich das Team als ein *Virtuelles Team*.

3.3.2 Ausarbeitung eines ersten Zeitplans

Starttermin des WA-Projektes war der 27. Oktober 2010. Für die Durchführung wurden 16 Wochen eingeplant. Aufgrund dieser Randbedingungen und unter Absprache mit den Abteilungsleitern wurde ein Projektplan erstellt, mit dem die Projektteilschritte an die zeitlichen Rahmenbedingungen angepasst wurden. Ein Auszug des Projektplanes ist in Abbildung 28 ersichtlich. Der gesamte Zeitplan des WA-Projektes befindet sich im Anhang B.

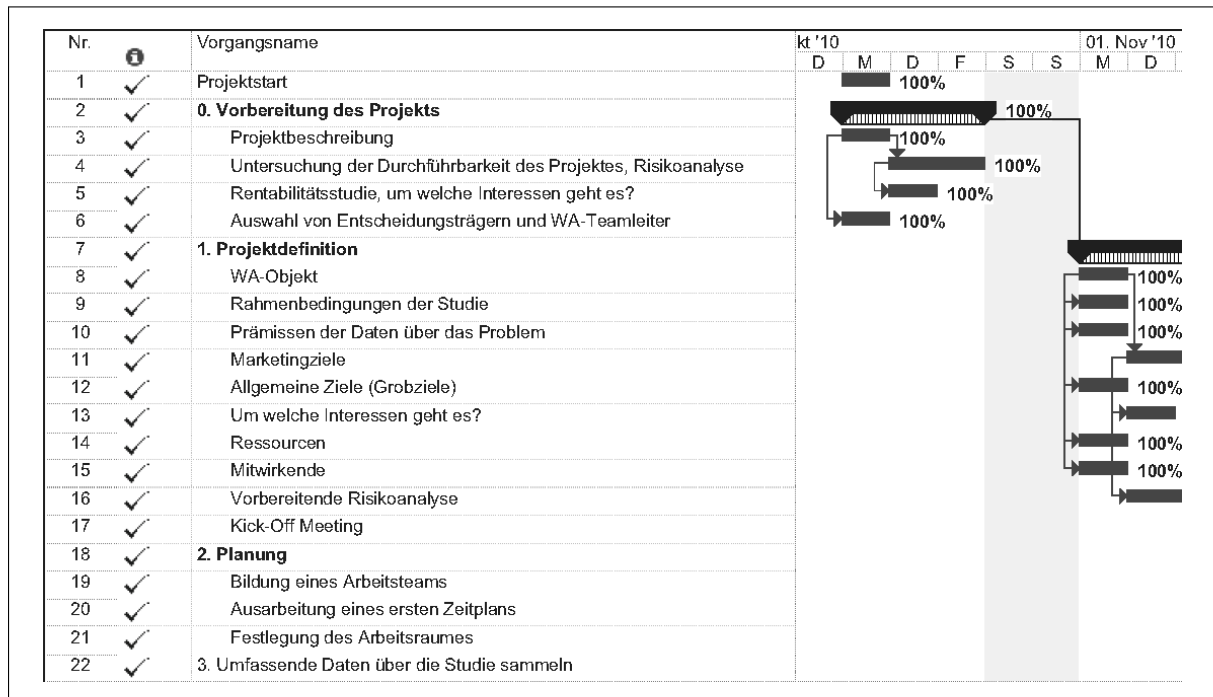


Abbildung 28: Zeitplanauszug des WA-Projekts

3.3.3 Festlegung des Arbeitsraumes

Als Arbeitsräume für die Durchführung des WA-Projektes wurden die Konferenzräume in der Firma AMST vorgesehen. Sie eignen sich hervorragend für die Durchführung von Teamsitzungen, da sie viel Bewegungsfreiraum bieten und mit Beamer, Leinwand, Flipchart und Clipboard ausgestattet sind. Die Kommunikation mit dem Mitarbeiter in Asien erfolgte über die firmeninterne VoIP-Telefonleitung.

3.4 Umfassende Daten über die Studie sammeln

Die für die Studie notwendige Sammlung der Daten wurde vom WA-Projektleiter durchgeführt. Sie beinhaltet die Recherche aller intern und extern auffindbaren Dokumente über das Wertanalyseobjekt.

3.4.1 Informationssammlung

Die Informationssammlung über den Schleudersitzsimulator beschränkte sich zum größten Teil auf den internen Bereich, da es am Markt nur sehr wenig Hersteller dieses Produktes gibt. Allerdings war die interne Informationsbeschaffung sehr ergiebig, da alle Daten vorangegangener Projekte in standardisiert aufgebauten Projektordnern abgelegt waren.

3.4.2 Detaillierte Marktforschung

Laut Informationen der Marketing- und Vertriebsabteilung liegt das derzeitige Marktpotential für einen Schleudersitzsimulator bei 26 Stück. Die Zahlen stützen sich sowohl auf Aktivitäten innerhalb der Abteilung als auch auf Anfragen von potentiellen Kunden bzw. den Verhandlungsfortschritt mit diesen. Die Kategorisierung erfolgt über eine Prioritätengewichtung, wobei die geringste Priorität die Marketingaktivität und die höchste der Vertrag hat. Demnach liegt das derzeitige Marktvolumen nach Prioritätengewichtung bei acht Stück.

Anzahl	Status	Priorität
0	Contract	4
11	Opportunity	3
7	Prospect	2
8	Campaign	1

Tabelle 6: Schleudersitzsimulator Marktanalyse¹⁰⁸

Tabelle 6 stellt die Schleudersitzsimulator Marktanalyse zum Zeitpunkt der Projektdefinition dar.

3.5 Funktionen-, Kostenanalyse, Detailziele

Im folgenden Abschnitt wird die Funktionen- und Kostenanalyse der Rückholeinrichtung durchgeführt. Sie stellt die Grundlage für die Bestimmung der Detailziele dar.

3.5.1 Formulierung des Bedarfs und Funktionenanalyse

Hierbei werden die Vorbereitung, Durchführung und Ergebnisse der Funktionenanalyse und somit der ersten WA-Teamsitzung in der AMST erklärt.

3.5.1.1 Vorbereitung der Funktionenanalyse

Zur Vorbereitung auf Besprechungen ist es in der AMST üblich, zwei Tage vor einer Besprechung bzw. Teamsitzung die Meeting Agenda samt Besprechungspunkte an die beteiligten Personen auszusenden. Zusätzlich zur Agenda werden alle benötigten

¹⁰⁸AMST Marketing und Vertrieb (2010)

Dokumente und Informationen bereitgestellt, damit sich die Mitarbeiter auf die Besprechungen vorbereiten können. Als Beispiel ist in Abbildung 29 die Meeting Agenda der ersten Teamsitzung dargestellt.


MEETING AGENDA / PROTOCOL								 <small>AMST-SYSTEMTECHNIK GMBH</small>	
Project No:		Title:	WA Rückholeinrichtung	Date:	2010-11-26	Time:	10:00 – 12:00	Location:	AMST
Subject:	Funktionsanalyse Rückholeinrichtung			Participants:	AMST: Wolfgang Tischer Norman Eisenkück Josef Hammerl Franz Pflug Richard Schlüsselberger				
Objective:	Ziel der Sitzung ist die Funktionsanalyse der Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators								
No:	Topic	Proposal for Solution	Provisions	Time in min	date	responsible	done		
1	Wertanalyse Einführung			10					
2	Beschreibung des WA Objektes	EST Rückholeinrichtung		20					
3	Funktionsanalyse Einführung			5					
4	Kreativitätstechniken	Brainstorming, Brainwriting, Kartenabfrage		5					
4	Funktionsanalyse Probebeispiel 1			15					
5	Funktionsanalyse Probebeispiel 2	Wenn notwendig oder gewünscht		15					
6	Funktionsanalyse EST Rückholeinrichtung								
6.1	Finden der Funktionen	Mittels Brainstorming, Brainwriting, Kartenabfrage o.ä.		20					
6.2	Gliedern der Funktionen	Mit "Beweisschlüssiger" Gliederung		20					
7	Ausblick auf die weiteren Aktivitäten	Funktionskostenmatrix		5					

Abbildung 29: Meeting Agenda / Protocol für Besprechungen der AMST¹⁰⁹

3.5.1.2 Durchführung der Funktionsanalyse

Diese beinhaltet den Gegenstand, Ort und Zeit der Besprechung, die Namen der eingeladenen Teilnehmer und eine Aufzählung der Besprechungspunkte. Die erste Teamsitzung war wie folgt aufgebaut:

- Einführung in die Wertanalyse, mit der Anwendbarkeit, Entstehung, Definition und Beschreibung der wesentlichen Merkmale
- Präsentation von WA-Beispielen
- Beschreibung des WA-Objektes, der Rückholeinrichtung des Schleudersitzsimulators
- Einführung in die Funktionsanalyse
- Erklärung der angewendeten Kreativitätstechniken, wie Brainstorming, Kartenabfrage und KJ-Methode

¹⁰⁹vgl. AMST Geschäftsführung (2010c)

- Durchführung der Funktionenanalyse an einem Probebeispiel (Flaschenöffner)
- Durchführung der Funktionenanalyse der Rückholeinrichtung
- Gliederung der Funktionen
- Ausblick auf die weiteren Aktivitäten

Nach einer Einführung in die Funktionenanalyse wurde ein Beispiel gezeigt. Anschließend erarbeitete das Team die Funktionenanalyse der Rückholeinrichtung. In einem ersten Schritt wurde zur Ideenfindung die Kreativitätstechnik Kärtchen-Abfrage eingesetzt. Jede Einzelfunktion, die dem Team einfiel, wurde auf einer Karte notiert und am Tisch abgelegt. Das Brainstorming dauerte etwa eine halbe Stunde. Im zweiten Schritt wurden diese Kärtchen auf Redundanz überprüft und die Formulierungen der Funktionen verbessert. Abbildung 30 zeigt die Kärtchenanordnung nach dem ersten Durchgang.

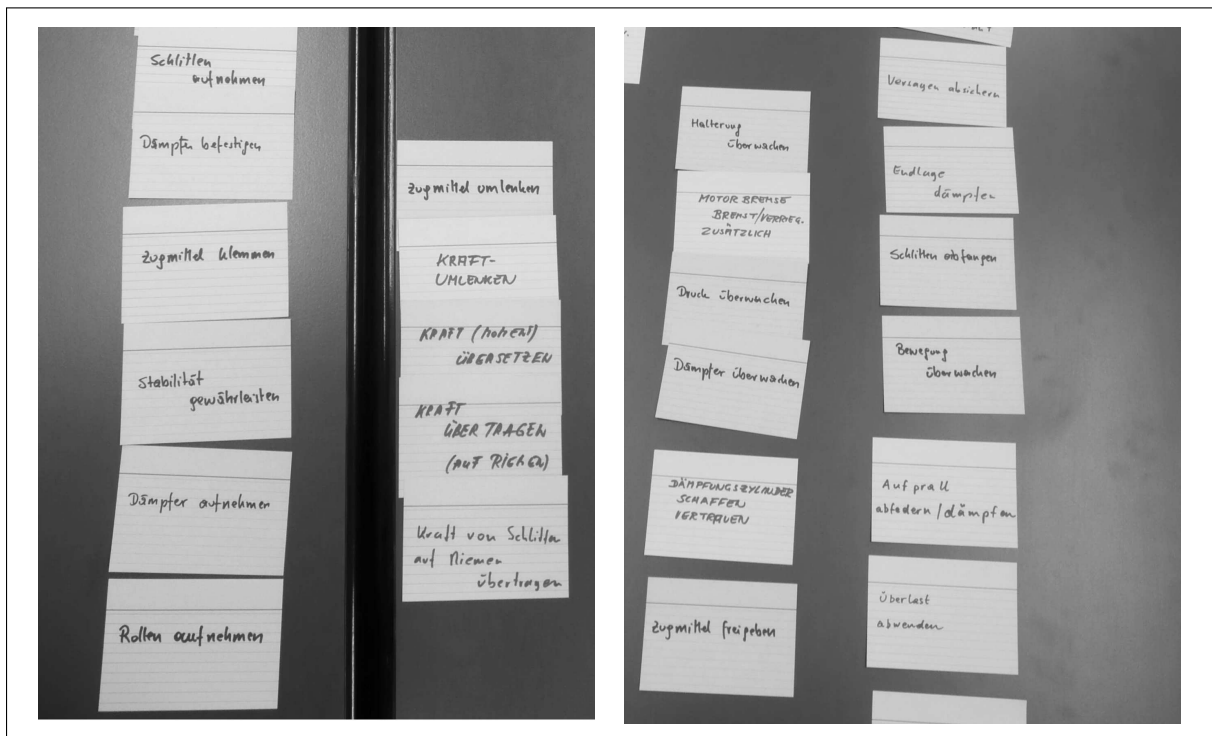


Abbildung 30: Erste Gliederung der Funktionen

Im dritten Schritt wurden die Funktionen mittels der KJ-Methode thematisch geordnet bzw. kategorisiert und betitelt bzw. die Hauptfunktionen definiert. Anschliessend wurden die Funktionen mit der „Beweisschlüssigen“ Gliederung angeordnet. Abbildung 31 stellt das Ergebnis der IST-Funktionenanalyse dar.

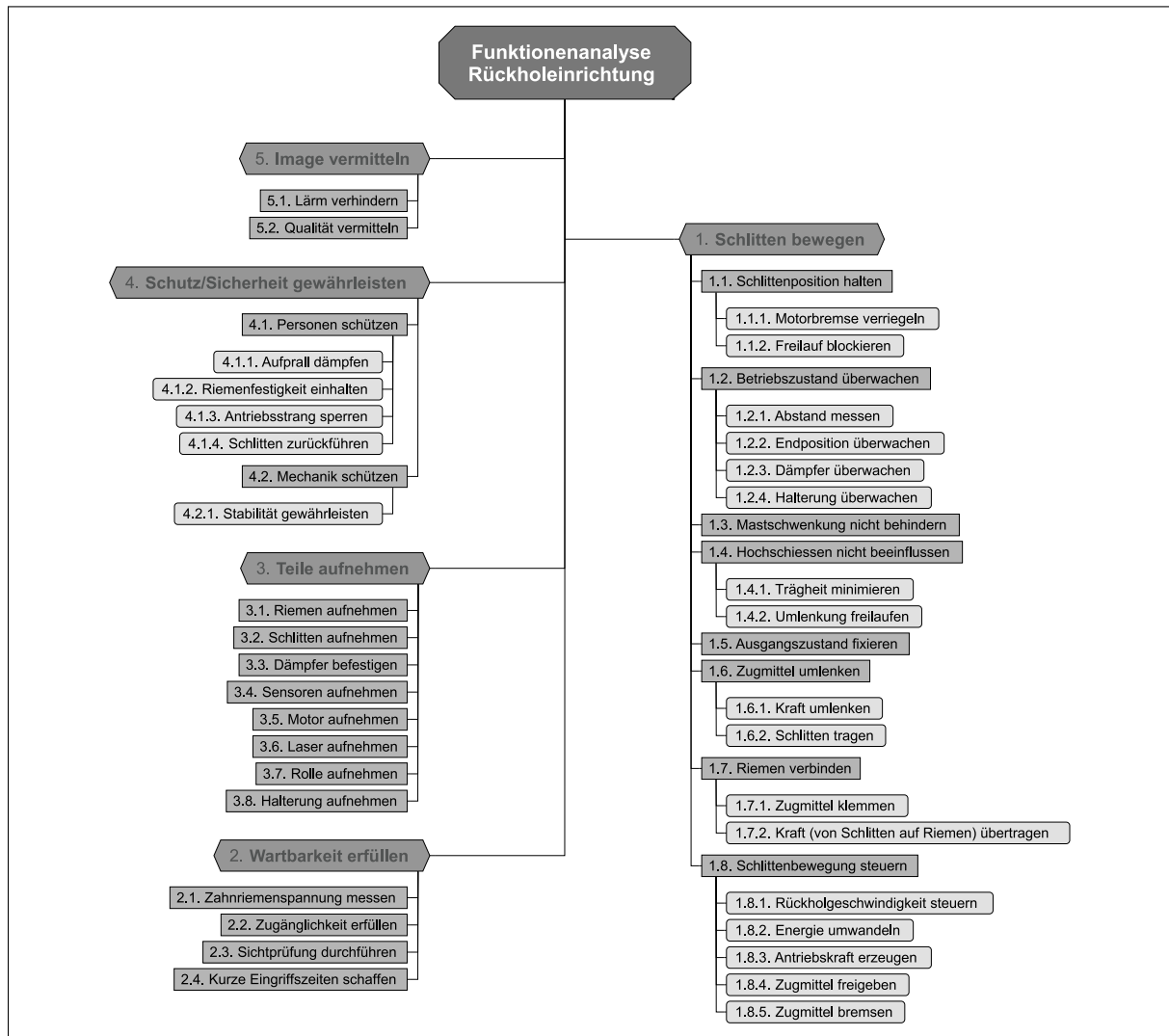


Abbildung 31: IST-Funktionsanalyse der Rückholeinrichtung

Die Rückholeinrichtung besteht aus fünf Hauptfunktionen. Diese zählen unterschiedlich vielen Unterfunktionen, welche teilweise bis in die zweite Untererebene gegliedert sind. Abbildung 32 zeigt die erste Hauptfunktion „Schlitten bewegen“ mit den zugehörigen Unterfunktionen. Die Unterfunktionen im Funktionsbaum beschreiben alle Vorgänge oder Zustände, welche mit der Hauptfunktion „Schlitten bewegen“ in Zusammenhang stehen: Zur Erfüllung der Unterfunktion „Schlittenposition halten“ muss nach dem Abschuss und bei Erreichen der oberen Endposition der „Freilauf blockieren“ und die „Motorbremse verriegeln“. Die Unterfunktion „Betriebszustand überwachen“ beschreibt die Vorgänge, welche für die Kontroll- und Steuerungssoftware notwendig sind. Die Funktion „Abstand messen“ erfolgt über die Lasermesseinrichtung. Mit den Funktionen „Endposition überwachen“ und „Halterung überwachen“ werden die Ausgangslage und die Verriegelung der Schlitten-Sitzeinheit überwacht. Die Sicherheitsstoßdämpfer besitzen zur Beobachtung Endpositions- und Drucksensoren, welche die Funktion „Dämpfer überwachen“ beinhaltet. Die Befestigungspunkte der Sicherheitsstoßdämpfer befinden

sich sowohl am Mast als auch am Grundrahmen, wobei ein Drehgelenk die Unterfunktion „Mastschwenkung nicht behindern“ erfüllt. Damit die Performanceparameter beim Ausschuss erreicht werden gibt es die Unterfunktion „Hochschießen nicht beeinflussen“ mit den Funktionen „Trägheit minimieren“ und „Umlenkung freilaufen“. Die Schlittenverriegelung, welche beim Wechsel des Schleudersitzes zum Einsatz kommt, wird durch die Funktion „Ausgangszustand fixieren“ beschrieben. Die Unterfunktion „Zugmittel umlenken“ bezieht sich auf die Umlenkrollen, auf denen der Zahnriemen läuft, welche die „Kraft umlenken“ und den „Schlitten tragen“. Die am Schlitten befestigten Klemmplatten erfüllen die Unterfunktion „Riemen verbinden“ indem sie das „Zugmittel klemmen“ und die „Kraft (vom Schlitten auf den Riemen) übertragen“. In der Unterfunktion „Schlittenbewegung steuern“ sind die Funktionen des Schneckengetriebemotors zusammengefasst. Dieser kann die „Rückholgeschwindigkeit steuern“, „Energie umwandeln“ und „Antriebskraft erzeugen“. Weiters kann er das „Zugmittel freigeben“ und das „Zugmittel bremsen“.

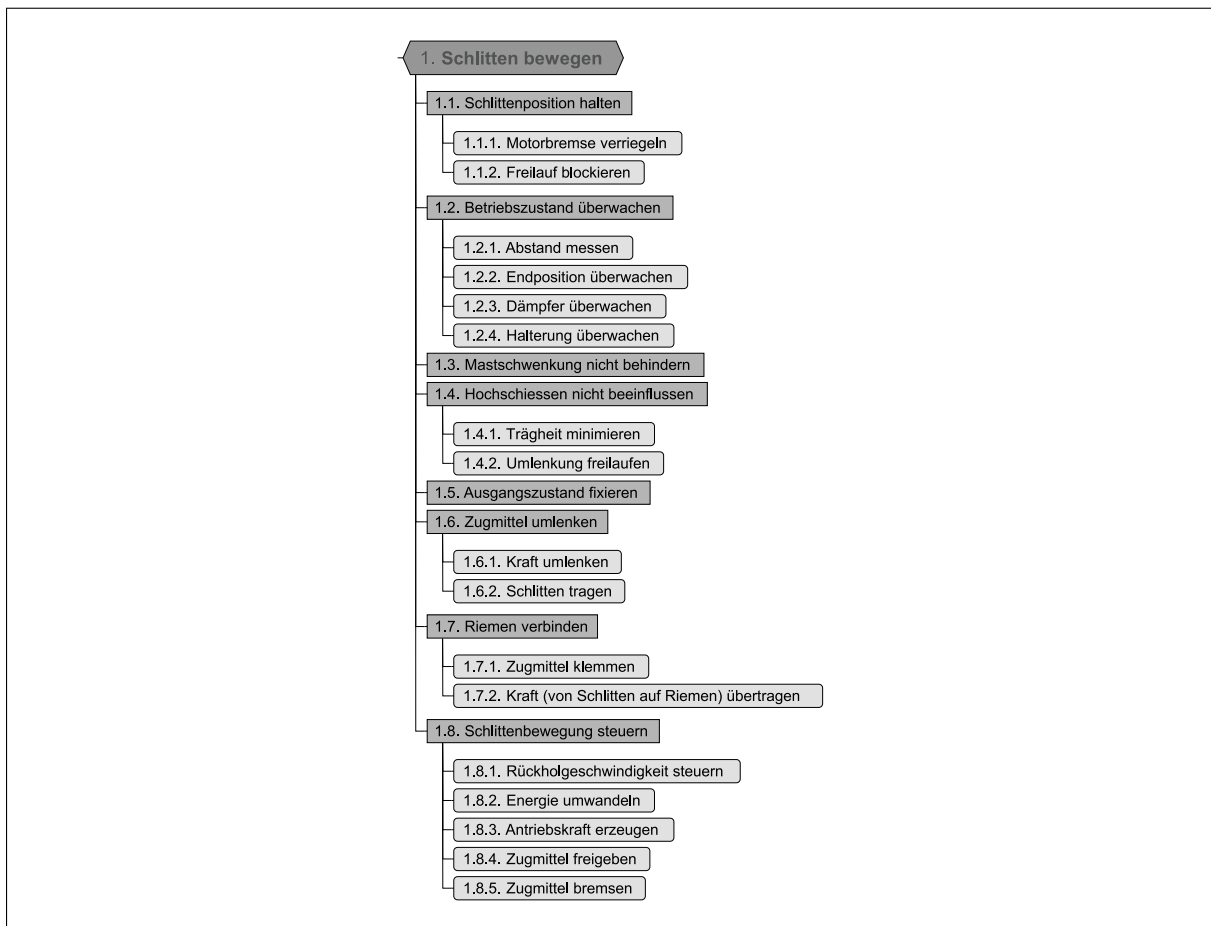


Abbildung 32: Unterfunktionen der 1. Hauptfunktion

Die in Abbildung 33 ersichtlichen Unterfunktionen beschreiben alle Tätigkeiten die mit der Hauptfunktion „Wartbarkeit erfüllen“ zusammenhängen. Hierzu zählen „Zahnriemenspannung messen“, „Zugänglichkeit erfüllen“, „Sichtprüfung durchführen“ und „kur-

ze Eingriffszeiten schaffen“.

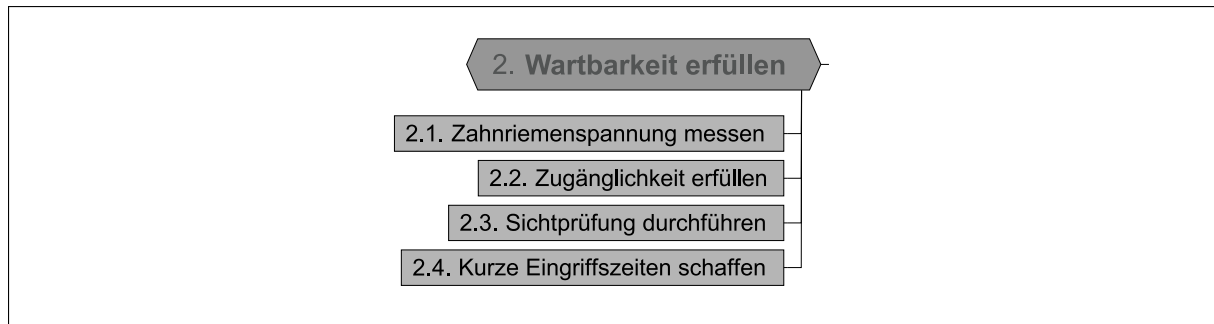


Abbildung 33: Unterfunktionen der 2. Hauptfunktion

Die zur Rückholeinrichtung zugehörigen Baugruppen und Bauteile sind in der Hauptfunktion „Teile aufnehmen“ beschrieben und in Abbildung 34 ersichtlich. Dazu zählen alle Halterungen und Befestigungselemente, welche die Unterfunktionen „Riemen aufnehmen“, „Schlitten aufnehmen“, „Dämpfer befestigen“, „Sensoren aufnehmen“, „Motor aufnehmen“, „Laser aufnehmen“, „Rolle aufnehmen“ und „Halterung aufnehmen“ erfüllen.

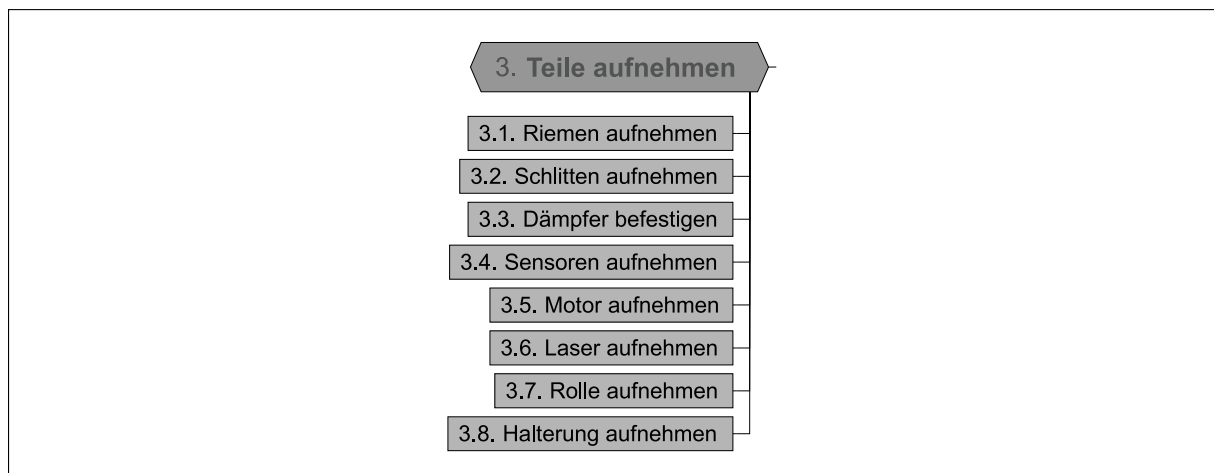


Abbildung 34: Unterfunktionen der 3. Hauptfunktion

In Abbildung 35 sieht man alle Funktionen, welche zum Schutz von Personen und der Mechanik beitragen. Zur Hauptfunktion „Schutz/Sicherheit gewährleisten“ zählen als Unterfunktionen „Personen schützen“ und „Mechanik schützen“. Der Schutz des Probanden erfolgt bei einem Zahnriemenriss durch die Sicherheitsstoßdämpfer mit der Funktion „Aufprall dämpfen“. Damit der Zahnriemenriss nicht eintritt muss man die „Riemenfestigkeit einhalten“. Zusätzlich muss der Schneckengetriebemotor den „Antriebsstrang sperren“ und den „Schlitten zurückführen“. Zum Schutz der Mechanik der Rückholeinrichtung trägt die Funktion „Stabilität gewährleisten“ bei.

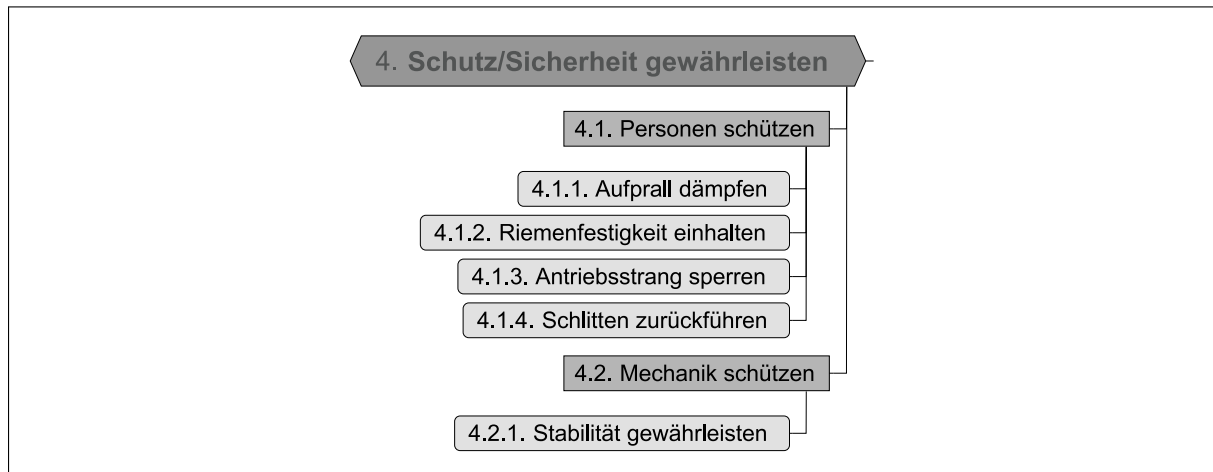


Abbildung 35: Unterfunktionen der 4. Hauptfunktion

Die letzte Hauptfunktion „Image vermitteln“ enthält die Unterfunktion „Lärm verhindern“ und „Qualität vermitteln“ (siehe Abbildung 36).

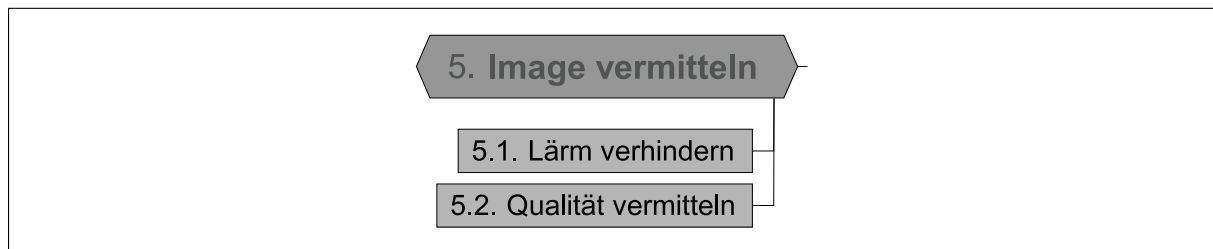


Abbildung 36: Unterfunktionen der 5. Hauptfunktion

3.5.2 Kostenanalyse und Funktionenkosten

Zur Ermittlung der Funktionenkosten der Rückholeinrichtung benötigt man zum einen die Funktionen aus der Funktionenanalyse und zum anderen die Funktionsträgerkosten.

3.5.2.1 Funktionsträgerkosten

Die Funktionsträger sind alle dem WA-Objekt zugehörigen Baugruppen und Bauteile. Da die Rückholeinrichtung im Konstruktionsplan keine eigenständige Baugruppe darstellt, mussten in einem Vorbereitungsschritt die Konstruktionsteile und -gruppen aus dem CAD-Modell des Schleudersitzsimulators herausgefiltert und neu gruppiert werden. Die neue Gruppierung der Funktionsträger der Rückholeinrichtung ist in Abbildung 37 dargestellt.

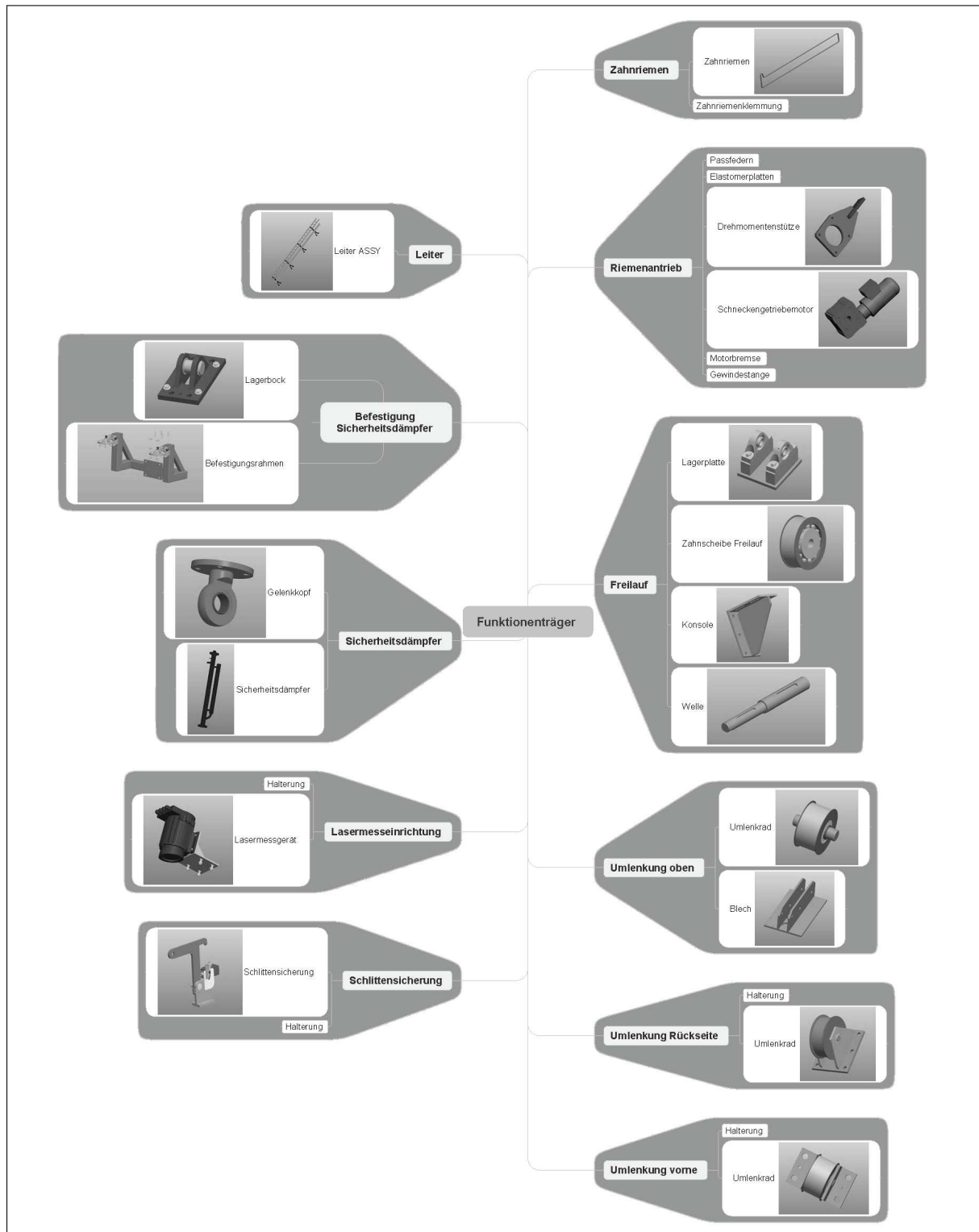


Abbildung 37: Funktionsträger der Rückholeinrichtung

In Anlehnung an die Auflistung der Funktionsträger und den zugehörigen CAD- und SAP-Informationen wurden die Material- und Personalkosten ermittelt. Diese wurden in Kalkulationstabellen zusammengefaßt, womit die Herstellkosten der einzelnen Baugruppen berechnet werden konnten. Die Herstellkosten dieser Baugruppen sind die

Durch Summenbildung der einzelnen Zeilenwerte erhält man die Funktionenkosten. Dabei kann eine Funktion an mehreren Funktionsträgern beteiligt sein, da sie nicht mit einer bestimmten Baugruppe verknüpft ist. Die Tabelle 8 zeigt die Zusammenfassung der Funktionskostenmatrix bezüglich Funktionenkosten und Funktionserfüllungsgrad. Die Prozentwerte der einzelnen Funktionen zeigen den Anteil an den gesamten Herstellkosten der Rückholeinrichtung. Ausgehend von den Unterfunktionen werden die Zahlenwerte summiert, wobei das Ergebnis die Funktionenkosten sind. Während ein Wert über 100 [%] des Funktionserfüllungsgrades auf eine Übererfüllung deutet, beschreibt ein Wert unter 100 [%] die Untererfüllung der Funktion. Diese Werte sind die Ausgangsbasis für weitere Analyseschritte.

Funktionen							FEG	
Hauptfunktion	1. Nebenfunktion		2. Nebenfunktion		€	%		
NR	Benennung	NR	Benennung	NR	Benennung			
1	Teile aufnehmen					7403	17,91%	104%
		1.1	Riemen aufnehmen			154	0,37%	113%
		1.2	Schlitten aufnehmen			8	0,02%	100%
		1.3	Dämpfer aufnehmen			5022	12,15%	117%
		1.4	Sensoren aufnehmen			126	0,31%	100%
		1.5	Motor aufnehmen			712	1,72%	100%
		1.6	Laser aufnehmen			140	0,34%	100%
		1.7	Rolle aufnehmen			1029	2,49%	100%
		1.8	Halterung aufnehmen			213	0,52%	100%
2	Schlitten bewegen					13269	32,11%	102%
		2.1	Schlittenposition halten			335	0,81%	117%
				2.1.1	Motorbremse verriegeln	175	0,42%	133%
				2.1.2	Freilauf blockieren	160	0,39%	100%
		2.2	Betriebszustand überwachen			2706	6,55%	107%
				2.2.1	Abstand messen	1512	3,66%	117%
				2.2.2	Endposition überwachen	67	0,16%	100%
				2.2.3	Dämpfer überwachen	1113	2,69%	110%
				2.2.4	Halterung überwachen	13	0,03%	100%
		2.3	Mastschwenkung nicht behindern			2052	4,96%	103%
		2.4	Hochschiesen nicht beeinflussen			427	1,03%	92%
				2.4.1	Trägheit minimieren	214	0,52%	83%
				2.4.2	Umlenkung freilaufen	213	0,52%	100%
		2.5	Ausgangszustand fixieren			202	0,49%	97%
		2.6	Zugmittel umlenken			3440	8,32%	102%
				2.6.1	Kraft umlenken	782	1,89%	103%
				2.6.2	Schlitten tragen	2658	6,43%	100%
		2.7	Riemen verbinden			507	1,23%	100%
				2.7.1	Zugmittel klemmen	254	0,61%	100%
				2.7.2	Kraft (von Schlitten auf Riemen) übertragen	254	0,61%	100%
		2.8	Schlittenbewegung steuern			3600	8,71%	103%
				2.8.1	Rückholgeschwindigkeit steuern	1805	4,37%	103%
				2.8.2	Energie umwandeln	623	1,51%	107%
				2.8.3	Antriebskraft erzeugen	719	1,74%	100%
				2.8.4	Zugmittel freigeben	129	0,31%	100%
				2.8.5	Zugmittel bremsen	324	0,78%	103%
3	Schutz/sicherheit gewährleisten					12866	31,13%	106%
		3.1	Personen schützen			10656	25,78%	108%
				3.1.1	Aufprall dämpfen	8656	20,95%	140%
				3.1.2	Riemenfestigkeit einhalten	636	1,54%	100%
				3.1.3	Antriebsstrang sperren	462	1,12%	103%
				3.1.4	Schlitten zurückführen	902	2,18%	90%
		3.2	Mechanik schützen			2210	5,35%	103%
				3.2.1	Stabilität gewährleisten	2210	5,35%	103%
4	Wartbarkeit erfüllen					4781	11,57%	96%
		4.1	Zahnriemenspannung messen			64	0,15%	100%
		4.2	Zugänglichkeit erfüllen			4525	10,95%	90%
		4.3	Sichtprüfung durchführen			64	0,15%	100%
		4.4	Kurze Eingriffszeiten schaffen			129	0,31%	93%
5	Image vermitteln					3009	7,28%	103%
		5.1	Lärm verhindern			650	1,57%	100%
		5.2	Qualität vermitteln			2359	5,71%	107%
				HSK	Prüfsumme	41328	100,00%	

Tabelle 8: Funktionskostenanalyse und Funktionserfüllungsgrad

Funktionen festgestellt. Die „Relativen Kosten“ entsprechen den Funktionskosten in [%]. Abbildung 39 zeigt, dass bei allen Funktionen rechts neben der 45-Grad-Geraden die Relationen von Bedeutung und Kosten im Ungleichgewicht stehen. Daher sollen diese genauer betrachtet werden.

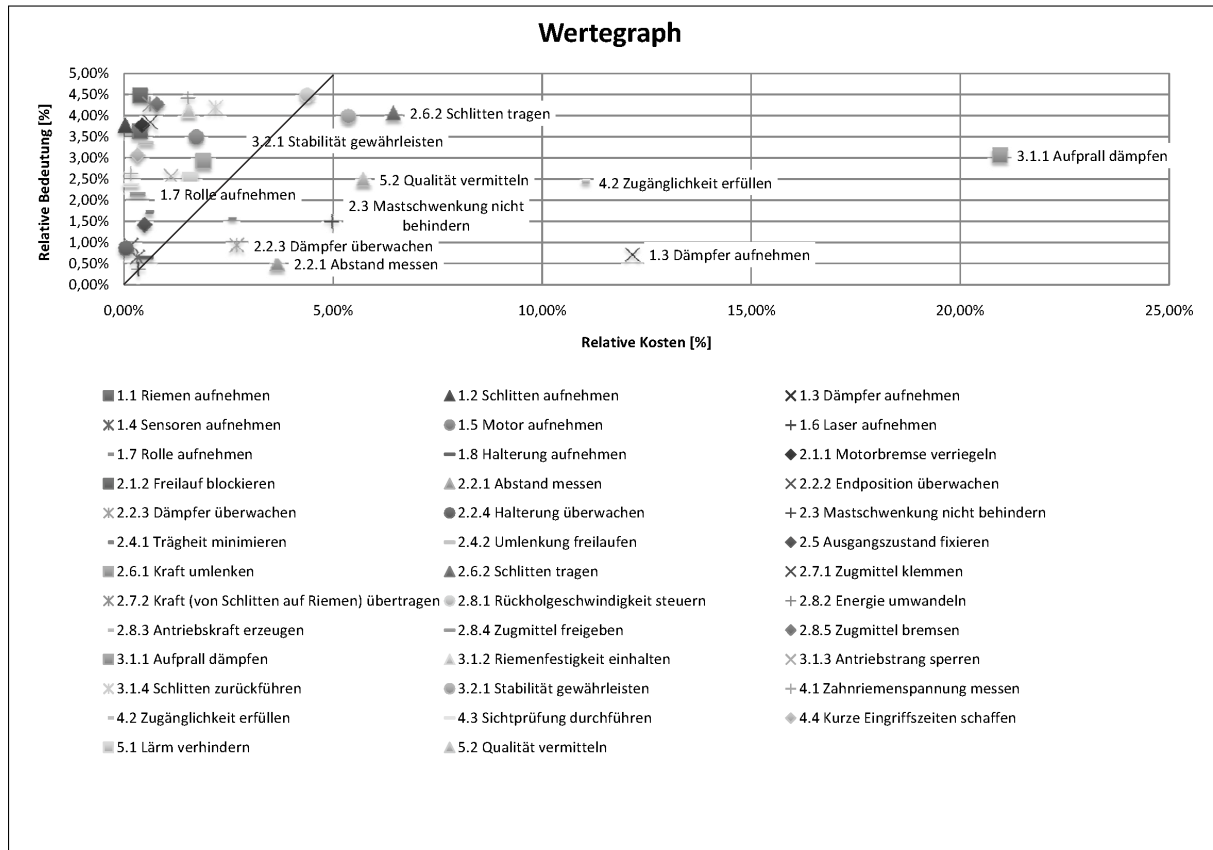


Abbildung 39: Relative Bedeutung vs. Relative Kosten

Tabelle 9 zeigt jene Funktionen, die in der ABC-Analyse 80 [%] der gesamten Herstellkosten der Rückholeinrichtung ausmachen. Der Vergleich der IST- und SOLL-Funktioneenerfüllung zeigt, dass bis auf die Funktion „Zugänglichkeit erfüllen“ alle Funktionen übererfüllt sind und daher einen zur Kostenreduktion beitragen können. Insgesamt ergibt sich eine Kosteneinsparung von € 4.500, welche 11 [%] der Herstellkosten der Rückholeinrichtung entspricht. Da dies knapp an der geforderten Einsparungsgrenze von 10 [%] lag, wurde dieses Ergebnis mit dem Steuerausschuss diskutiert. Trotz des niedrigen Einsparungspotenzials und dem damit verbundenen Risiko eines möglichen Projektversagens kam der Steuerausschuss zu dem Schluss, das Wertanalyse Projekt weiterzuführen.

ABC 80% der FK			Funktionenziele		Kostenziele	
NR	Funktionen	FK €	Funktionserfüllung		Kosteneinsparung	
			IST %	SOLL %	%	€
1	3.1.1 Aufprall dämpfen	8656	135%	100%	35%	3030
2	1.3 Dämpfer aufnehmen	5022	120%	100%	20%	1004
3	4.2 Zugänglichkeit erfüllen	4525	93%	100%	-7%	-317
4	2.6.2 Schlitten tragen	2658	103%	100%	3%	80
5	5.2 Qualität vermitteln	2359	113%	100%	13%	307
6	3.2.1 Stabilität gewährleisten	2210	105%	100%	5%	111
7	2.3 Mastschwenkung nicht behindern	2052	103%	100%	3%	62
8	2.8.1 Rückholgeschwindigkeit steuern	1805	100%	100%	0%	0
9	2.2.1 Abstand messen	1512	113%	100%	13%	197
10	2.2.3 Dämpfer überwachen	1113	108%	100%	8%	89
11	1.7 Rolle aufnehmen	1029	100%	100%	0%	0
Gesamtkosten RE		€ 41.328			11%	€ 4.561

Tabelle 9: Detailziele

Die SOLL-Funktionen zeigen dieselben Hauptfunktionen wie die IST-Funktionsanalyse, wobei die Unterfunktionen an die zukünftigen Mindestanforderungen der Rückholeinrichtung angepasst wurden. In Abbildung 40 ist die Funktionengliederung zu sehen.

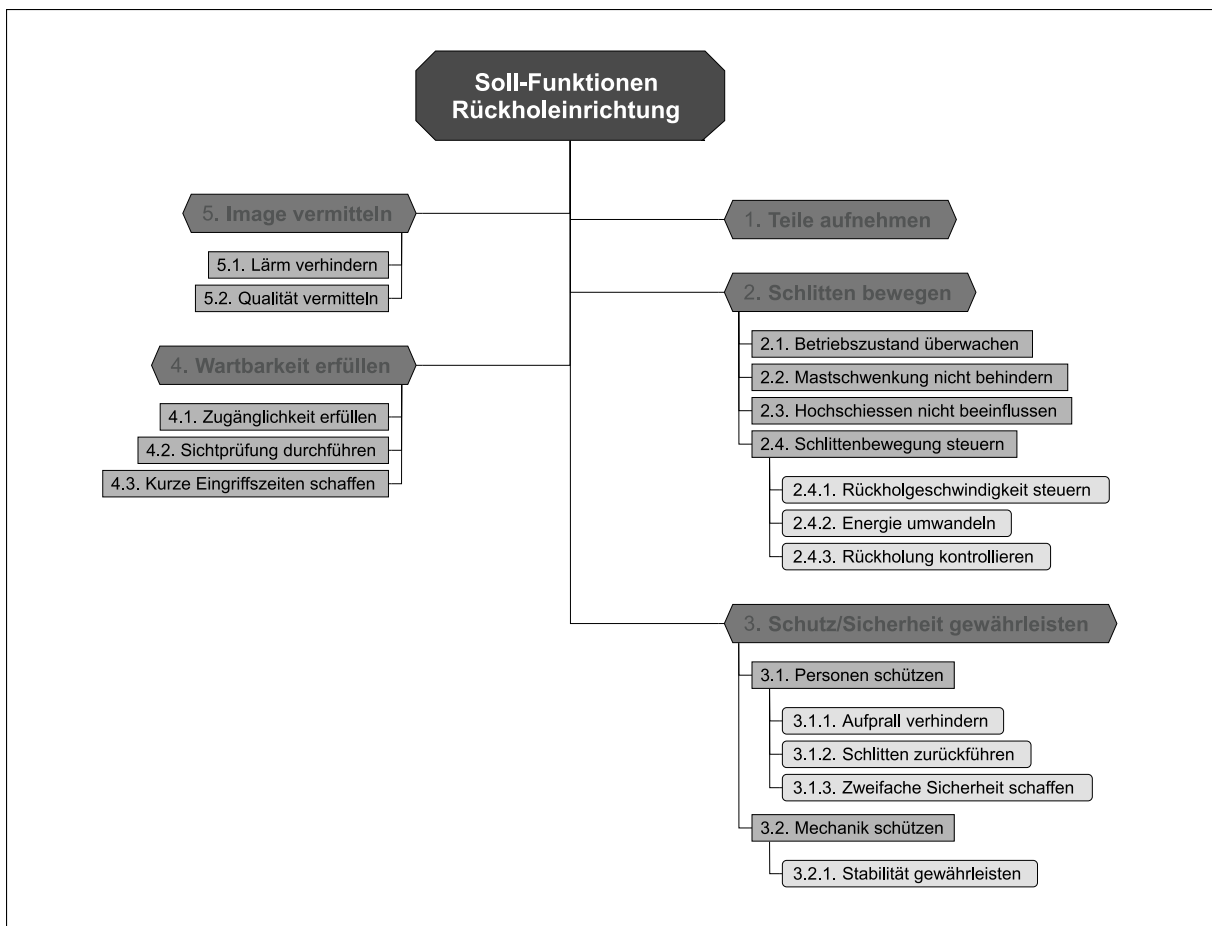


Abbildung 40: Soll-Funktionen der Rückholeinrichtung

Bei der Definition der Detailziele wurden noch zwei zusätzliche Muss-Kriterien gefordert.

1. Baugruppen, welche am Schlitten montiert werden, dürfen nicht mehr als 30 [kg] wiegen, da ansonsten der Schleudersitzsimulator gewisse Performanceparameter nicht einhalten kann.
2. Die Amortisierung der Entwicklungskosten muss innerhalb von drei Folgeprojekten erfolgen.

3.5.3.2 Bewertungskriterien

Im letzten Punkt dieses Grundschruttes wurden die Bewertungskriterien für die Entscheidungsauswahl der neuen Lösungsvarianten festgelegt. Diese sind in fünf Hauptkriterien mit den zugehörigen Unterkriterien unterteilt. Die Bewertungskriterien setzen sich wie folgt zusammen:

- **Wartung:** Wartungsaufwand, Wartungsintervall, Wartungszeit, Sichtprüfung, Austauschbarkeit und Ersatzteilkosten
- **Systemimplementierung:** Montageaufwand, Zugänglichkeit, Montagefreundlichkeit und nötige Vorarbeiten
- **Betriebszustand:** Lärmentwicklung im Betrieb, Gewicht, Kraftübertragung und Einstellbarkeit der Absenkgeschwindigkeit
- **Schutz:** Mitarbeiterschutz und Probandenschutz
- **Optik:** Qualität, Image und Formgebung

Der **Wartungsaufwand** beschreibt, wie viel Personen und welches Werkzeug für die Durchführung der Wartung aufgewendet werden müssen und inwieweit Wartungsarbeiten, wie zum Beispiel die **Sichtprüfung**, vom Betreiber selbst übernommen werden können. Dieses Kriterium ist insofern wichtig, da die Anlagen weltweit installiert werden. Das **Wartungsintervall** bestimmt den Zeitabstand der Wartungsarbeiten an Komponenten der Rückholeinrichtung. Der Zeitaufwand der durchzuführenden Arbeiten wird durch die **Wartungszeit** definiert. Ein weiteres Unterkriterium beschreibt die **Austauschbarkeit** von Komponenten der Rückholeinrichtung. Wichtig bei der Austauschbarkeit ist die Komplexität bei der Demontage und dem Wiedereinbau der Ersatzteile, deren Verfügbarkeit über die Nutzungsdauer und die **Ersatzteilkosten**.

Das Unterkriterium **Montageaufwand** beinhaltet die aufzuwendenden Arbeitskräfte mit der zugehörigen Arbeitszeit. Mit der **Montagefreundlichkeit** und den **nötigen Vorarbeiten** wird der Komplexitätsgrad der durchzuführenden Befestigungen beschrieben, verbunden mit den vorbereitenden Arbeiten. Für die Durchführung dieser ist die **Zugänglichkeit** ein weiteres Unterkriterium.

Als weiteres Unterkriterium wird die **Lärmentwicklung im Betrieb** festgelegt. Es beschreibt den Grad der Geräuschentwicklung während der Anlagennutzung. Zur Einhaltung bzw. Verbesserung des Performanceparameters der Anlage spielt das **Gewicht** der Rückholeinrichtung eine entscheidende Rolle, vor allem wenn diese auf dem bewegten Schlitten verbaut ist. Ein weiteres Unterkriterium stellt die **Kraftübertragung** zwischen Schlitten und Mast dar. Die **Einstellbarkeit der Absenkgeschwindigkeit** legt fest, inwiefern diese bestimmt werden kann.

Der **Mitarbeiterschutz** betrifft die Sicherheit der Wartungs- und Betreibermannschaft. Ein weiteres Unterkriterium ist der **Probandenschutz**, welcher die Sicherheit des Piloten bei der Rückholung des Sitzes garantiert.

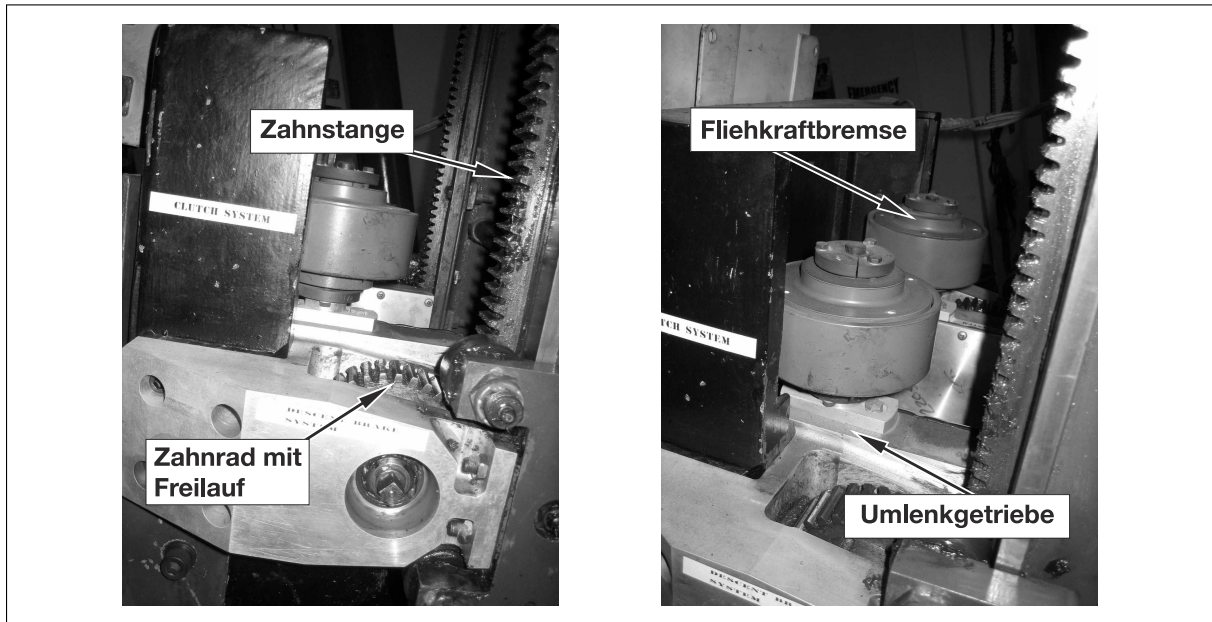
Die Unterkriterien **Qualität**, **Image** und **Formgebung** betreffen das Design und die Ausführung der Rückholeinrichtung, welche den Anforderungen der AMST genügen sollen.

3.6 Sammeln und Finden von Lösungsideen

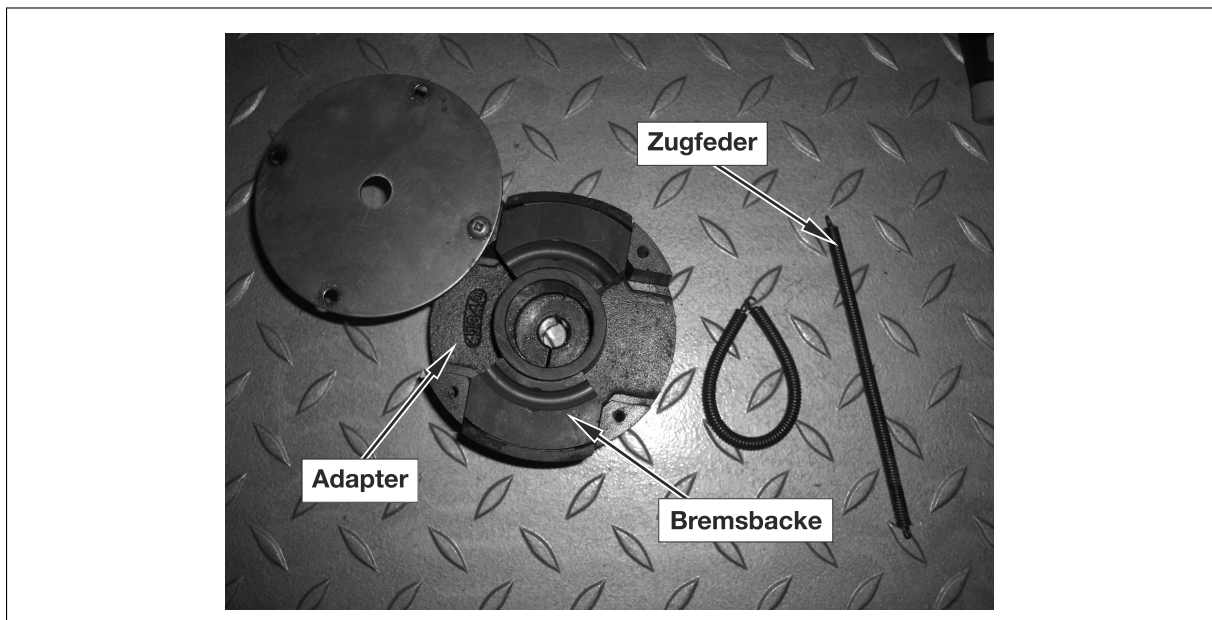
In diesem Kapitel werden auf dem Markt bereits existierende Lösungsmöglichkeiten gesucht und analysiert. In weiterer Folge werden daraufhin neue Ideen entwickelt.

3.6.1 Sammeln existierender Ideen

Im Zuge der Informationssammlung, wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, wurden die Projektordner der bereits abgeschlossenen Aufträge untersucht. Einer dieser Aufträge war die Modernisierung eines Schleudersitzsimulators von einer Fremdfirma. Dabei wurde das Rückholsystem fotografisch festgehalten. In Abbildung 41 sieht man den Aufbau des Systems der Sitzrückführung.

Abbildung 41: Bremssystem¹¹⁰

Bei dieser Konstruktion wird der Schlitten an einem Rollen-Führungssystem gelenkt, welcher seitlich am Mast montiert ist. An der Stirnseite des Mastes sind Zahnstangen angebracht, auf denen ein Zahnrad mit inkludiertem Freilauf eingreift. Das auftretende Drehmoment wird über ein Umlenk-Übersetzungsgetriebe auf eine Fliehkraftbremse weitergeleitet. Abbildung 42 zeigt die Fliehkraftbremse in demontiertem Zustand.

Abbildung 42: Fliehkraftbremse in zerlegtem Zustand¹¹¹¹¹⁰Schlüsselberger, R. (2010)¹¹¹Schlüsselberger, R. (2010)

Das Wirkprinzip der Fliehkraftbremse ähnelt dem einer Fliehkraftkupplung mit dem Unterschied, dass die Kupplungsbeläge nach außen gedrückt und am feststehenden Gehäuse abgebremst werden. In Abbildung 42 sieht man die Bremsbeläge und Federn mit denen die Bremsbeläge vorgespannt sind. Die Absenkgeschwindigkeit wird durch die Federkraft und das Belaggewicht eingestellt. Beim Absenken des Sitzes stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Lastmoment und Bremsmoment ein, so dass die Sitzschlitteneinheit mit konstanter Geschwindigkeit zum Ausgangspunkt zurückkehrt. Das System der Sitzrückführung besteht aus zwei unabhängigen Systemen gleicher Bauart wodurch eine doppelte Sicherheit gegeben ist. Das System ist simpel und mit Standardkomponenten aufgebaut. Der wesentliche Vorteil liegt darin, dass das System keine Energieversorgung und Sensorüberwachung benötigt.

3.6.2 Entwickeln neuer Ideen

Dieser Teilschritt des WA-Arbeitsplans wurde im WA-Team erarbeitet. Als Ausgangsbasis für die Ideenfindung und die darauf folgende Auswahl von Lösungsvarianten wurde ein Morphologischer Kasten erstellt. Die Ideen wurden mit der Methode Abfrage-auf-Zuruf gesammelt und auf einer Flip-Chart festgehalten. Ausgehend von den SOLL-Funktionen wurden im ersten Schritt die Parameter des Morphologischen Kastens zusammengestellt. In einem zweiten Schritt wurden die Ausprägungen der jeweiligen Parameter definiert. Abbildung 43 zeigt einen Ausschnitt der Ergebnisse der WA-Teamsitzung.

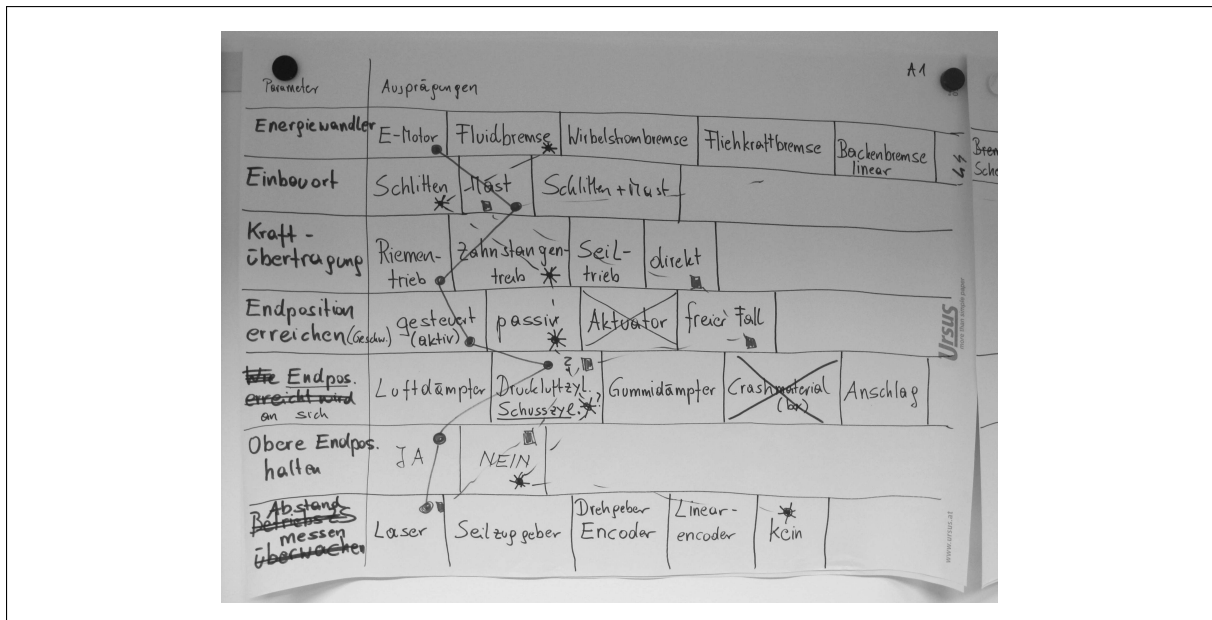


Abbildung 43: Erstellung des Morphologischen Kastens

In dieser Sitzung wurde zudem die bestehende Lösung der Rückholeinrichtung in den Morphologischen Kasten eingezeichnet. Die Variantenfindung erfolgte in Einzelarbeit,

wobei jedes Teammitglied eine favorisierte Lösung abgab. In einer folgenden Teamsitzung wurden alle Lösungen präsentiert und zwei von den Varianten ausgewählt. Das Arbeitsteam einigte sich auf vier Lösungsvarianten, welche im Projekt weiter bearbeitet wurden. Abbildung 44 zeigt den fertigen Morphologischen Kasten mit den gewählten Lösungsvarianten.

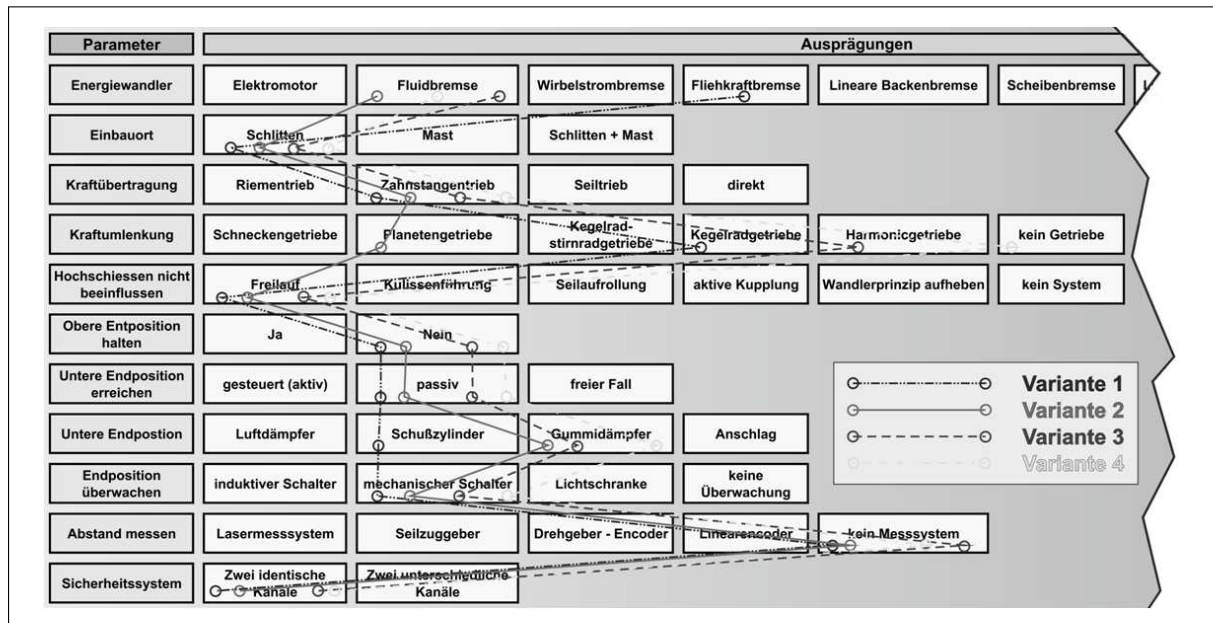


Abbildung 44: Morphologischer Kasten mit Lösungsvarianten

3.7 Bewertung der Lösungsideen

In diesem Hauptschritt werden die festgelegten Lösungsmöglichkeiten des Morphologischen Kastens weiter ausgearbeitet und beschrieben.

3.7.1 Bewertung und Kombination der Ideen

Ausgehend vom Morphologischen Kasten wurden vier Lösungsvarianten gefunden. Die Rückholeinrichtung besteht in allen Varianten aus zwei unabhängigen und im Aufbau identischen Systemen. Dies garantiert die vom TÜV geforderte Zwei-Kanaligkeit des Sicherheitssystems. Infolge werden die vier Lösungsvarianten bezüglich ihres technischen Aufbaus und ihrer Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Die technische Darstellung enthält jeweils eine Komponenten-Liste und die Erläuterung der technischen Lösung. In allen Varianten erfolgt die Kraftübertragung zwischen Mast und Schlitten über ein Zahnradsystem. Am Mast sind Zahnstangen befestigt, in welche ein Zahnrad mit eingebautem Freilauf eingreift.

Die wirtschaftliche Darstellung zeigt in Tabellenformat die gesamten Herstellkosten der

Lösung, welche auf eingeholte Angebote anfallender Materialkosten und der Abschätzung der Personal- und Overhead-Kosten beruhen. Zudem bietet ein Kreisdiagramm die Aufschlüsselung einer detaillierten Kostenverteilung. Zur Einholung der notwendigen Angebote wurden folgende Anforderungen definiert: Die Rückholeinrichtung soll eine Rotationsbremse für einen Schlitten enthalten, welcher mittels Druckluftzylinder entlang von Führungsschienen vertikal nach oben geschossen wird. Mittels der Sicherheitsbremsen bzw. Schwerkraft soll der Schlitten langsam und kontrolliert wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren.

Nachfolgend wird der Ablauf einer Schuss-Sequenz beschrieben:

1. Der Schlitten wird mittels Druckluftzylinder entlang von Führungsschienen vertikal bzw. in einem Winkel von 30 Grad nach oben geschossen.
2. Ein einseitiger Freilauf in den Rotationsbremsen ist notwendig um den Schlitten in der Aufwärtsbewegung nicht zu bremsen.
3. Der Schlitten kommt in ca. 3,5 [m] Höhe durch die Schwerkraft zum Stillstand.
4. Es erfolgt eine sofortige automatische Umkehrung der Schlitten-Bewegungsrichtung durch die Schwerkraft.
5. Zwei Stück (im Versagensfall nur ein Stück) Rotationsbremsen senken den Schlitten kontrolliert und mit gleichbleibender Geschwindigkeit bis zum Boden ab.

Technische Daten des Schleudersitzsimulators und der Rückholeinrichtung:

- Schlittengewicht und Proband: ca. 280 [kg]
- Erforderliches maximales Bremsmoment einer Rotationsbremse: 140 [Nm] bei Verwendung eines Zahnrades mit einem Durchmesser von 100 [mm]
- Zwei Stück Rotationsbremsen pro Schleudersitz-Schlitten: Wie bereits vermerkt, ist es zwar vorgesehen zwei Rotationsbremsen zu verbauen, aber aus Sicherheitsgründen sollte auch nur eine Bremse den Schlitten sicher abbremsen können.
- Geschwindigkeit des Schlittens beim Hochschießen: maximal 10 [m/s] beim Abschuß, linear abfallend auf 0 [m/s]. Der Schlitten wird durch die Schwerkraft nach ca. 1,5 [s] in ca. 3,5 [m] Höhe gebremst und kommt vollständig zum Stillstand.
- Maximale Beschleunigung des Schlittens beim Abschuß: 10 [g]; linear abfallend auf 0 [g] nach ca. 1,5 [s] in ca. 3,5 [m] Höhe.

- Gewünschte maximale Absenkgeschwindigkeit bei Verwendung von zwei Stück Rotationsbremsen: 0,3 [m/s]
- Gewünschte maximale Absenkgeschwindigkeit bei Ausfall einer Rotationsbremse: maximal 0,4 [m/s]
- Eigenschaft Rotationsbremse: Notwendiger Freilauf in einer Richtung (vertikal nach oben), Bremswirkung in der anderen Richtung (vertikal nach unten)
- Umgebungsbedingungen: Trocken, staubfrei, in der Halle
- Temperaturbereich: plus 10 [°C] bis maximal plus 50 [°C]
- Einsatzdauer pro Tag: maximal drei Bremsvorgänge
- Lebensdauer: maximal 1000 Bremsvorgänge pro Jahr über eine Gesamt-Anlagenlebensdauer von 15 Jahren
- Die auf dem Schlitten verbaute Masse der Bremsenkomponenten darf nicht größer als 30 [kg] sein, da sie vom Pneumatikzylinder zusätzlich beschleunigt werden muss.

Es ist wünschenswert, dass möglichst viele Komponenten für das Sicherheitsbremsensystem (Bremsen, Freilauf, Zahnräder, etc.) von oder über einen Systemlieferanten bezogen werden und auf Serienkomponenten basieren.

3.7.1.1 Beschreibung Lösungsvariante 1

Technische Darstellung

Abbildung 45 zeigt die Konstruktion der Lösungsvariante 1. Sie besteht aus folgenden Komponenten:

- Zahnrad-Zahnstange zur Kraft- und Drehmomentübertragung zwischen Schlitten und Mast
- Freilauf als mechanischer Schalter zur Freigabe der Bewegungsrichtung nach Oben und Sperre nach Unten
- Umlenkgetriebe zur Achsänderung und Übersetzung
- Fliehkraftbremse

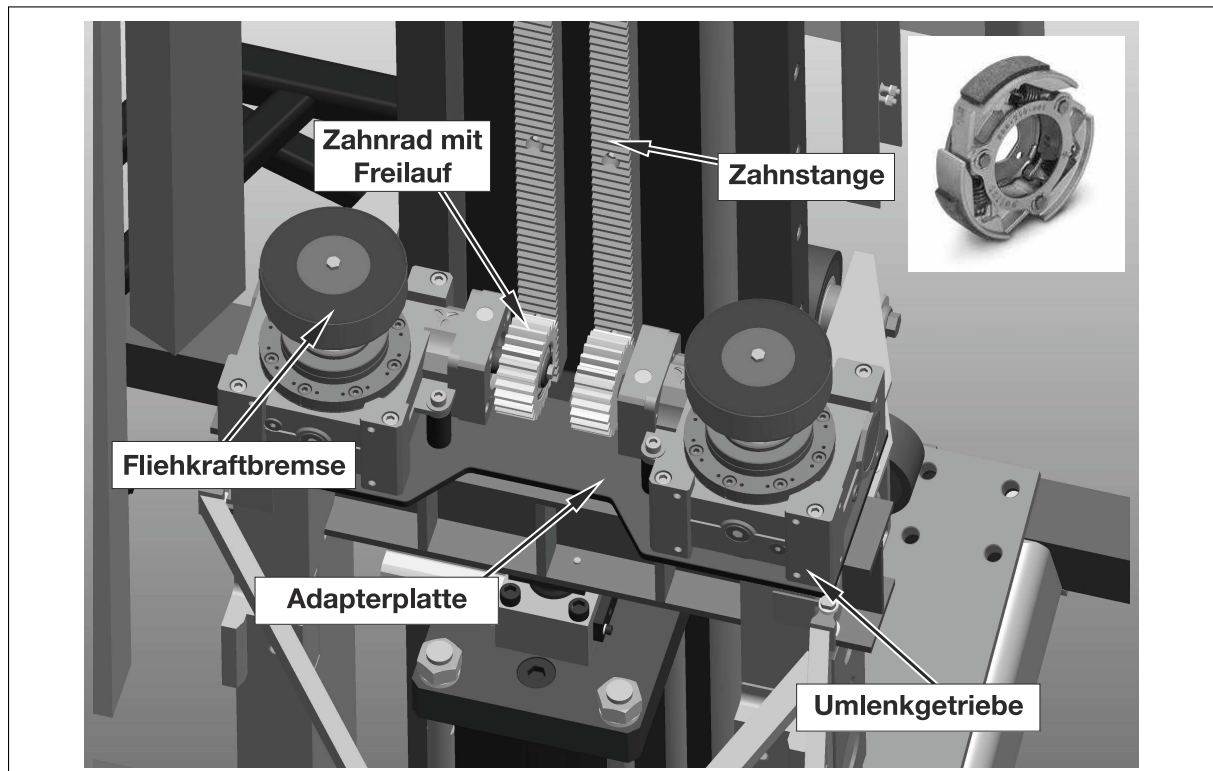


Abbildung 45: Fliehkraftbremse mit Umlenkgetriebe

Bei der Variante 1 wird das vom Zahnrad aufgenommene Drehmoment über ein Umlenkgetriebe auf die Fliehkraftbremse weitergeleitet. Die Einstellung der Fliehkraftbremse und das Übersetzungsverhältnis des Umlenkgetriebes bestimmen die Absenkgeschwindigkeit des Schlittens. Die beiden Bremseinheiten werden auf einer Adapterplatte montiert, welche auf der Oberseite des Schlittens befestigt ist.

Wirtschaftliche Darstellung

Wie Tabelle 10 zeigt, belaufen sich die Herstellkosten der Lösungsvariante 1 insgesamt auf €9.399. Die Materialkosten, externen Dienstleistungen, Reisekosten und Overhead-Kosten liegen bei €8.379 der Herstellkosten und die Personalkosten bei €1.020.

Material / Ext. Serv. / Travel	€ 8.379
AMST Personnel Cost	€ 1.020
TOTAL HSK	€ 9.399

Tabelle 10: Herstellkosten der Lösungsvariante 1

Die nicht personellen Herstellkosten entsprechen dabei 85 [%] der Gesamtkosten, die Personalkosten 11 [%] und die Overhead-Kosten 4 [%] (siehe Abbildung 46).

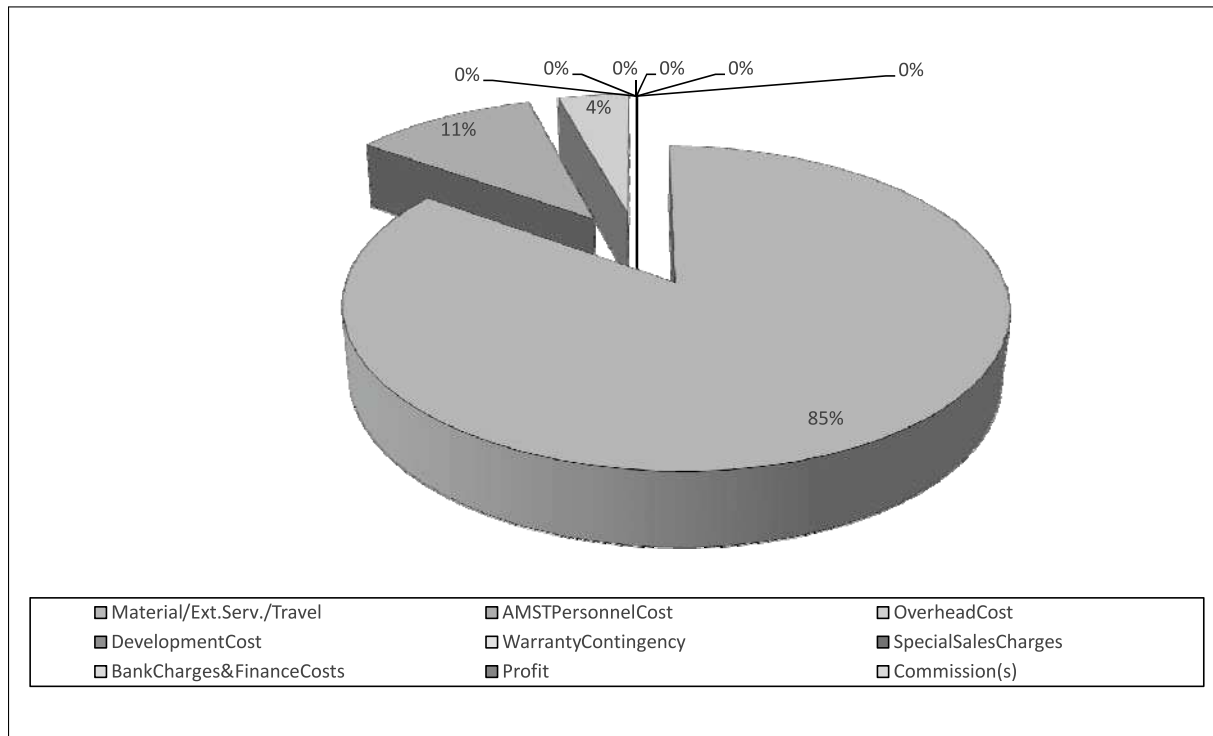


Abbildung 46: Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 1

Das Kreisdiagramm (siehe Abbildung 46) stellt die prozentualen Anteile der Herstellkosten von der Lösungsvariante 1 dar. Diese beinhalten die Materialkosten, externen Leistungen und Dienstreisen sowie die Personalkosten und Overheadkosten. Die Berechnung und Darstellung erfolgte mit Hilfe einer Kalkulationstabelle der AMST, welche für Produktkalkulationen verwendet wird. Daher sind die restlichen Werte wie Entwicklungskosten, Garantiehafungen, spezielle Kosten des Verkaufs, Bank- und Finanzierungskosten, Gewinn und Kommissionen in der Berechnung nicht enthalten und werden im Kreisdiagramm mit den Werten 0 [%] ausgegeben.

3.7.1.2 Beschreibung Lösungsvariante 2

Technische Darstellung

Abbildung 47 zeigt die Konstruktion der Lösungsvariante 2. Sie besteht aus folgenden Komponenten:

- Zahnrad-Zahnstange zur Kraft- und Drehmomentübertragung zwischen Schlitten und Mast
- Freilauf als mechanischer Schalter zur Freigabe der Bewegungsrichtung nach Oben und Sperre nach Unten
- Planetengetriebe zur Übersetzung

- Fluidbremse

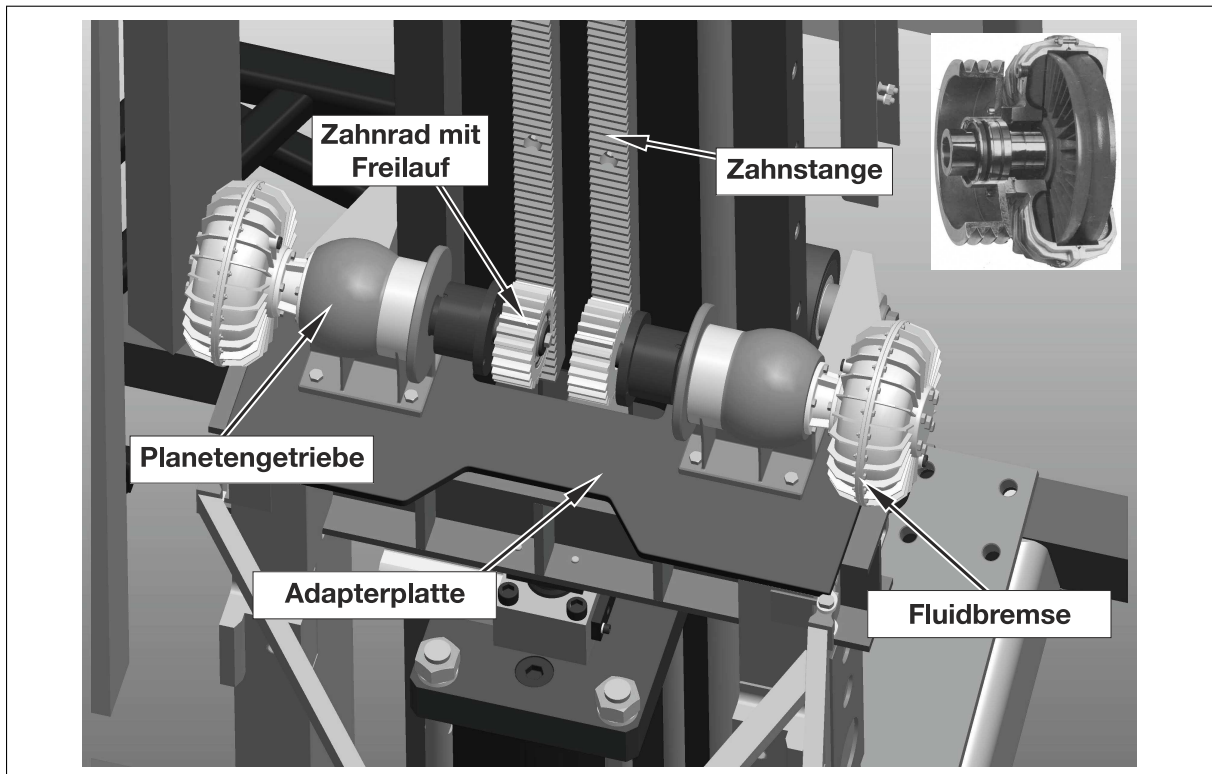


Abbildung 47: Fluidbremse mit Planetengetriebe

In Variante 2 wird das vom Zahnrad aufgenommene Drehmoment über ein Planetengetriebe in eine Fluidbremse weitergeleitet. Die Einstellung der Fluidbremse und das Übersetzungsverhältnis des Planetengetriebes bestimmen die Absenkgeschwindigkeit des Schlittens. Die Fluidbremse nutzt die Viskosität einer Flüssigkeit, um die Drehbewegung der Welle zu verlangsamen. Der Flüssigkeitsstand in der Bremse bestimmt den Widerstand.

Wirtschaftliche Darstellung

Wie Tabelle 11 zeigt, belaufen sich die Herstellkosten der Lösungsvariante 2 insgesamt auf €11.265. Die Materialkosten, externen Dienstleistungen, Reisekosten und Overhead-Kosten liegen bei €10.245 der Gesamtkosten und die Personalkosten bei €1.020.

Material / Ext. Serv. / Travel	€ 10.245
AMST Personnel Cost	€ 1.020
TOTAL HSK	€ 11.265

Tabelle 11: Herstellkosten der Lösungsvariante 2

Die nicht personellen Herstellkosten entsprechen dabei 88 [%] der Gesamtkosten, die Personalkosten 9 [%] und die Overhead-Kosten 3 [%] (siehe Abbildung 11).

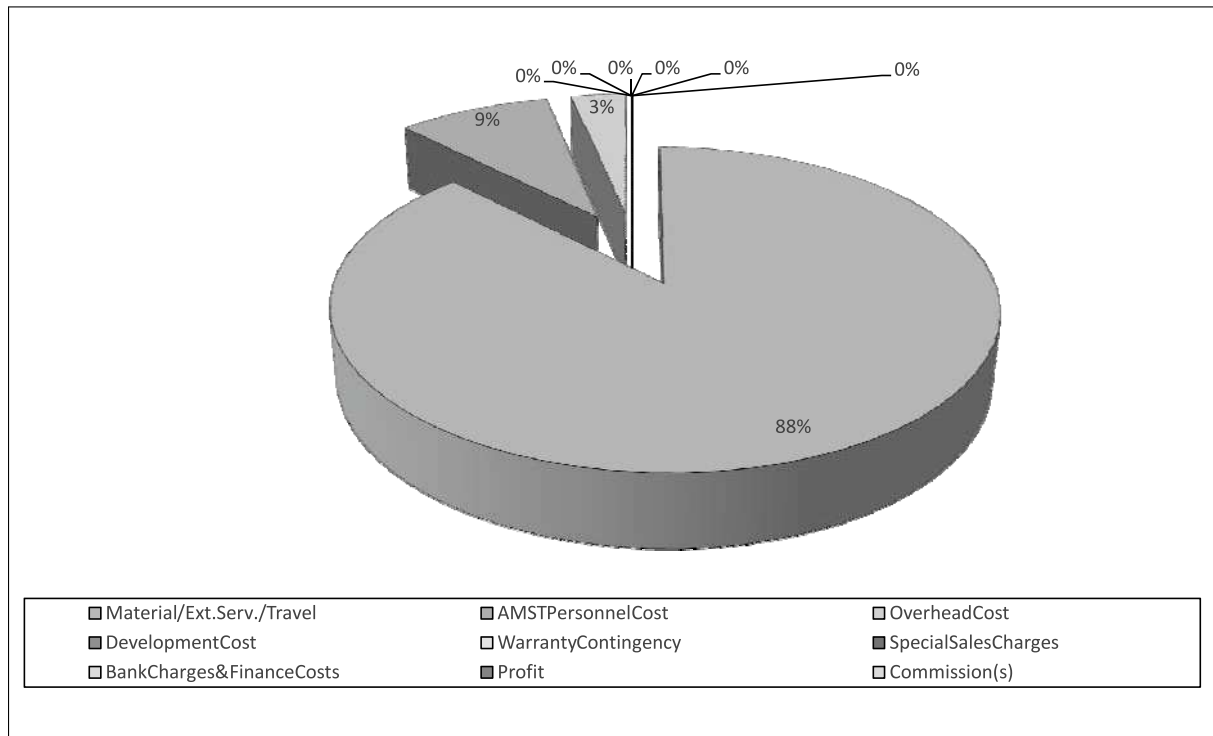


Abbildung 48: Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 2

3.7.1.3 Beschreibung Lösungsvariante 3

Technische Darstellung

Abbildung 49 zeigt die Konstruktion der Lösungsvariante 3. Sie besteht aus folgenden Komponenten:

- Zahnrad-Zahnstange zur Kraft- und Drehmomentübertragung zwischen Schlitten und Mast
- Freilauf als mechanischer Schalter zur Freigabe der Bewegungsrichtung nach Oben und Sperre nach Unten
- Harmonic-Drive Getriebe zur Übersetzung
- Fluidbremse

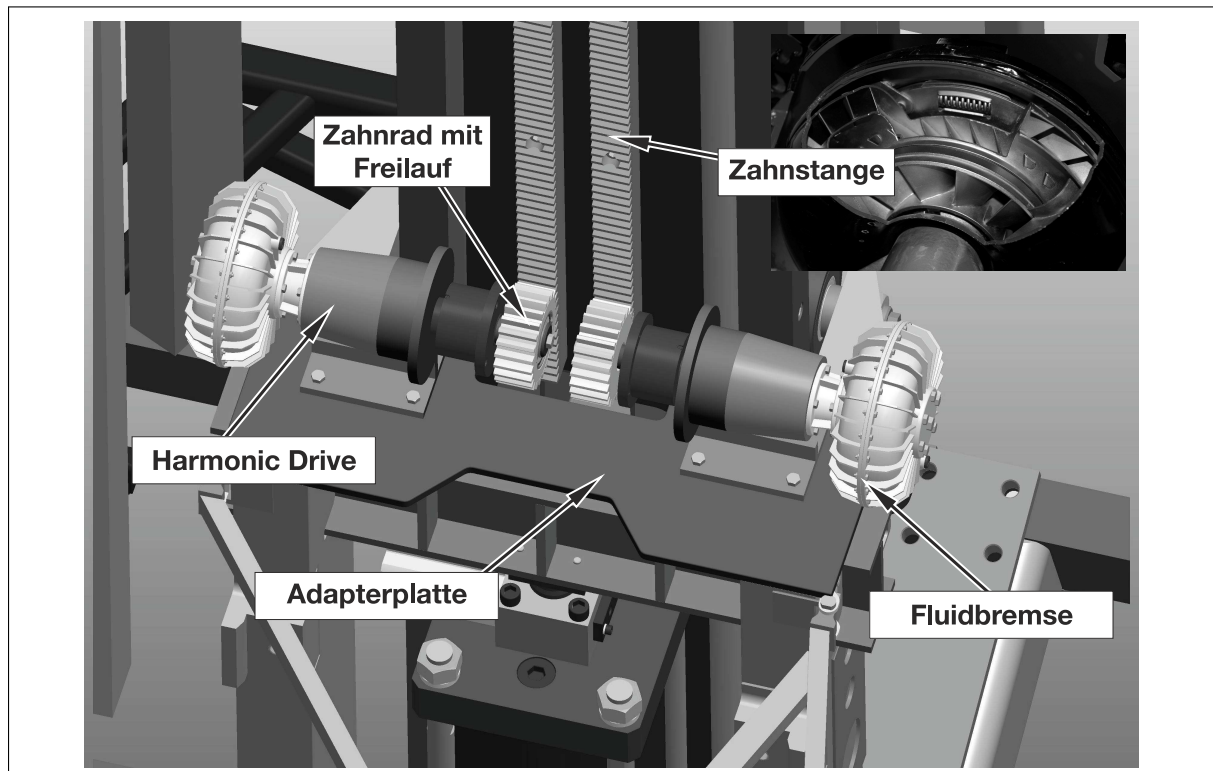


Abbildung 49: Harmonic-Drive-Getriebe

Die dritte Lösungsvariante ähnelt der Lösungsvariante 2, mit dem Unterschied, dass statt dem Planetengetriebe ein Harmonic-Drive Getriebe eingebaut ist. Im Gegensatz zum Planetengetriebe besitzt das Harmonic-Drive Getriebe einen kompakteren Aufbau und ein geringeres Gewicht.

Wirtschaftliche Darstellung

Wie Tabelle 12 zeigt, belaufen sich die Herstellkosten der Lösungsvariante 3 insgesamt auf € 14.239. Die Materialkosten, externen Dienstleistungen, Reisekosten und Overhead-Kosten liegen bei € 13.219 der Gesamtkosten und die Personalkosten bei € 1.020.

Material / Ext. Serv. / Travel	€ 13.219
AMST Personnel Cost	€ 1.020
TOTAL HSK	€ 14.239

Tabelle 12: Herstellkosten der Lösungsvariante 3

Die nicht personellen Herstellkosten entsprechen dabei [89] % der Gesamtkosten, die Personalkosten 7 [%] und die Overhead-Kosten 4 [%] (siehe Abbildung 50).

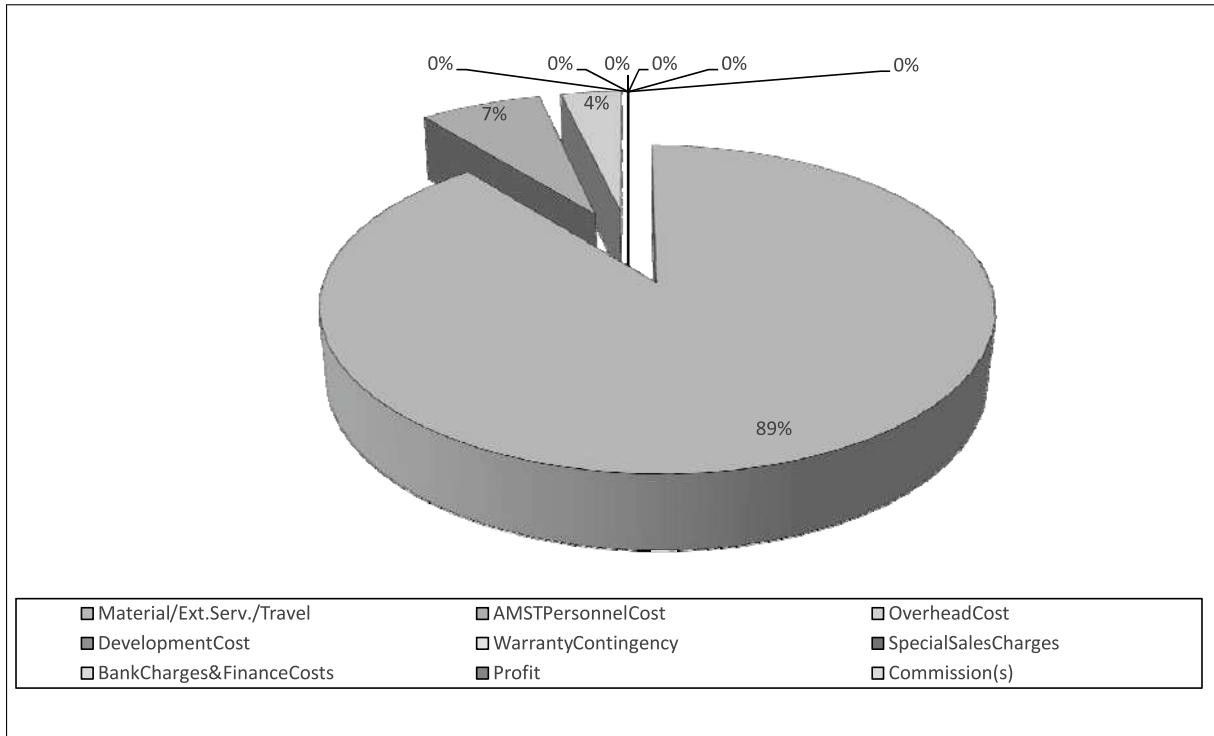


Abbildung 50: Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 3

3.7.1.4 Beschreibung Lösungsvariante 4

Technische Darstellung

[Redacted content]



Abbildung 51: [Redacted]

[Redacted text block consisting of multiple lines of blacked-out content]

[Redacted text block consisting of multiple lines of blacked-out content]

Tabelle 13: Herstellkosten der Lösungsvariante 4

(siehe Abbildung 52).



Abbildung 52: Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 4

3.7.2 Auswahl der Entwicklungsaufgaben

Für die Rückholeinrichtung wurde eine Arbeitspaketbeschreibung erstellt (siehe Anhang D). Die Beschreibung beinhaltet die weiteren durchzuführenden Schritte, kritische Punkte, Schnittstellen zu anderen Untersystemen, Systemstruktur, die funktionelle Basisbeschreibung und die Systemanforderungen.

Zur Einholung von Angeboten für die festgelegten Lösungsvarianten wurden potentielle Zulieferfirmen angeschrieben. Die verschiedenen Angebote sind in den Herstellkosten enthalten, welche in Abbildung 53 im Kapitel 3.8.2 den Nutzwerten gegenüber gestellt werden.

3.8 Entwicklung ganzheitlicher Vorschläge

Dieser Abschnitt umfasst die Durchführung notwendiger Studien und Tests und die Bewertung der ausgearbeiteten Lösungsvarianten mit der Nutzwertanalyse.

3.8.1 Studien und Tests

Zur Bestimmung des Safety Levels wurde in der AMST eine Sicherheitsanalyse für die Rückholeinrichtung durchgeführt. Die Risikoabschätzung erfolgte in Anlehnung an die EN 62061. Die Ergebnisse der Risikoabschätzung und Realisierungsvorschläge befinden sich in Anhang E.

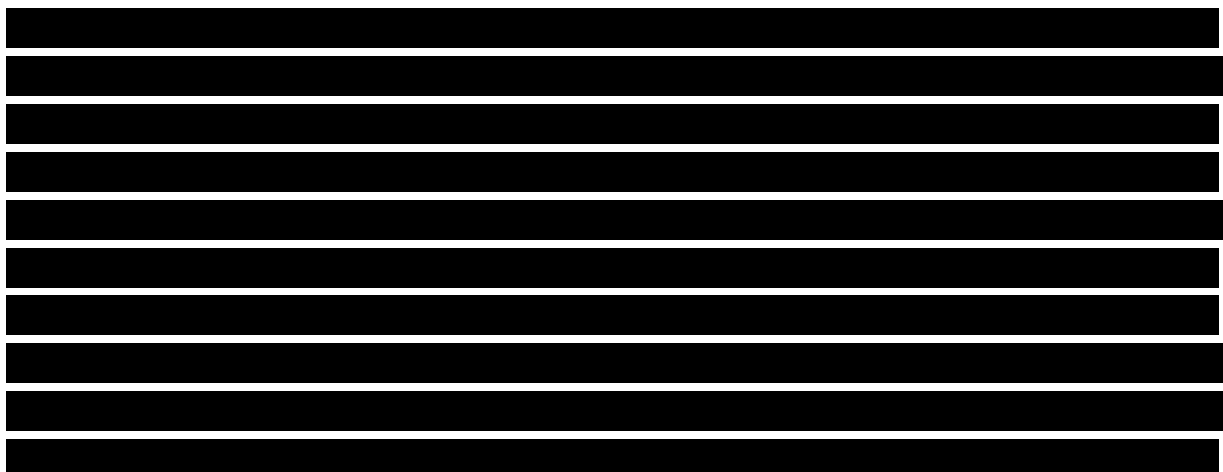
3.8.2 Bewertung der Lösungen

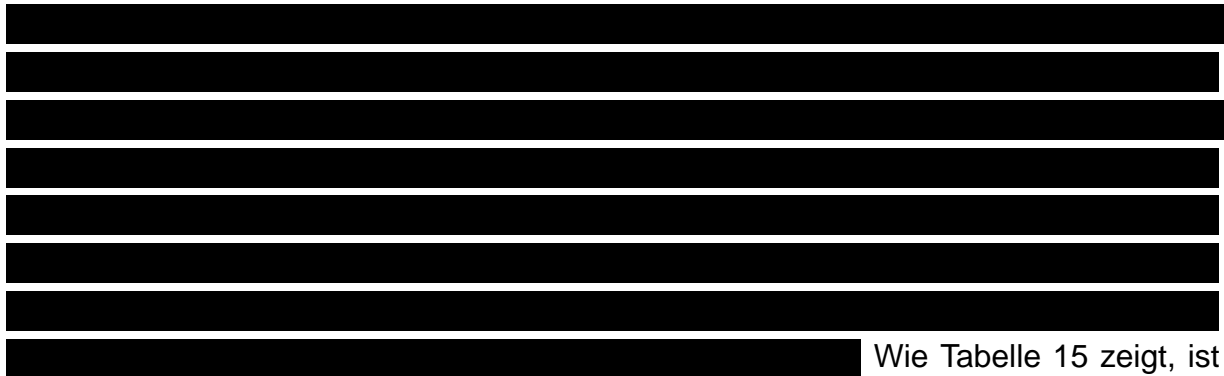
Nach der Angebotseinholung der Lösungsvarianten wurden die Informationen und Daten für die Auswahl der bevorzugten Alternative aufbereitet. Damit lagen die effektiven Herstellkosten der Lösungsvarianten vor. Hierfür wurde die Nutzwertanalyse angewandt. Die Bewertungskriterien welche im Kapitel 3.5.3.2 festgelegt wurden, wurden mittels Paarweisem Vergleich gewichtet. Dabei ist das Hauptkriterium Schutz mit 35 [%] der wichtigste Faktor gefolgt von den Kriterien Betriebszustand 30 [%], Systemimplementierung 20 [%], Wartung 10 [%] und Optik 5 [%] (siehe Tabelle 14).

Hauptkriterien		Paarweiser Vergleich						
		1	2	3	4	5		
1	Wartung		0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	10,0%
2	Systemimplementierung	0,5		0,5	1,0	0,0	2,0	20,0%
3	Betriebszustand	0,0	0,5		0,5	0,0	3,0	30,0%
4	Schutz	0,0	0,0	0,5		0,0	3,5	35,0%
5	Optik	0,5	1,0	1,0	1,0		0,5	5,0%

Tabelle 14: Paarweiser Vergleich

Das WA-Arbeitssteam hat die einzelnen Kriterien für jede Lösungsvariante bewertet. Abbildung 15 zeigt das Ergebnis der Nutzwertanalyse. Die Variante 2 wurde aus der Bewertung ausgeschlossen, da sie aufgrund des zu hohen Gewichtes das Musskriterium nicht erfüllte.





Wie Tabelle 15 zeigt, ist die Variante 3 gefolgt von Variante 4 am besten gerangiert.

Bewertungskriterien		Gewichtungsverteilung		Faktorverteilung		Variante 1		Bewertung x Faktor		Variante 2		Bewertung x Faktor		Variante 3		Bewertung x Faktor		Variante 4		Bewertung x Faktor	
Wartung	10,0						65,0						72,7				72,0				
Wartungsaufwand	0,2	2,3	7	16,3				0,0	8	18,7	7	16,3									
Wartungsintervall	0,3	3,0	5	15,0				0,0	7	21,0	6	18,0									
Wartungszeit	0,2	2,0	7	14,0				0,0	7	14,0	8	16,0									
Sichtprüfung	0,0	0,3	4	1,3				0,0	4	1,3	9	3,0									
Austauschbarkeit	0,2	2,0	8	16,0				0,0	8	16,0	8	16,0									
Ersatzteilkosten	0,0	0,3	7	2,3				0,0	5	1,7	8	2,7									
Systemimplementierung	20,0						141,7					148,3					151,7				
Montageaufwand	0,3	6,7	7	46,7				0,0	8	53,3	8	53,3									
Zugänglichkeit	0,1	1,7	5	8,3				0,0	5	8,3	7	11,7									
Montagefreundlichkeit	0,3	5,0	8	40,0				0,0	8	40,0	8	40,0									
nötige Vorarbeiten	0,3	6,7	7	46,7				0,0	7	46,7	7	46,7									
Betriebszustand	30,0						127,5					240,0					235,0				
Lärmentwicklung im Betrieb	0,1	2,5	3	7,5				0,0	5	12,5	5	12,5									
Gewicht	0,4	12,5	2	25,0				0,0	9	112,5	8	100,0									
Kraftübertragung	0,4	12,5	7	87,5				0,0	8	100,0	8	100,0									
Einstellbarkeit der Absenkgeschwindigkeit	0,1	2,5	3	7,5				0,0	6	15,0	9	22,5									
Schutz	35,0						262,5					262,5					262,5				
Mitarbeiterschutz	0,5	17,5	7	122,5				0,0	7	122,5	7	122,5									
Probantenschutz	0,5	17,5	8	140,0				0,0	8	140,0	8	140,0									
Optik	5,0						31,7					39,2					40,0				
Qualität	0,3	1,7	7	11,7				0,0	8	13,3	8	13,3									
Image	0,5	2,5	6	15,0				0,0	8	20,0	8	20,0									
Formgebung	0,2	0,8	6	5,0				0,0	7	5,8	8	6,7									
Gesamtpunktzahl				628,3				0,0		762,7		761,2									
Rang				3								1					2				

Tabelle 15: Nutzwertanalyse

In Abbildung 53 werden die Nutzwerte den Herstellkosten gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass die Lösungsvarianten 3 und 4 beide einen fast gleichen Nutzwert bieten, allerdings machen die Herstellkosten der Lösungsvariante 4 nur ein Drittel der Herstellkosten von Lösungsvariante 3 aus.

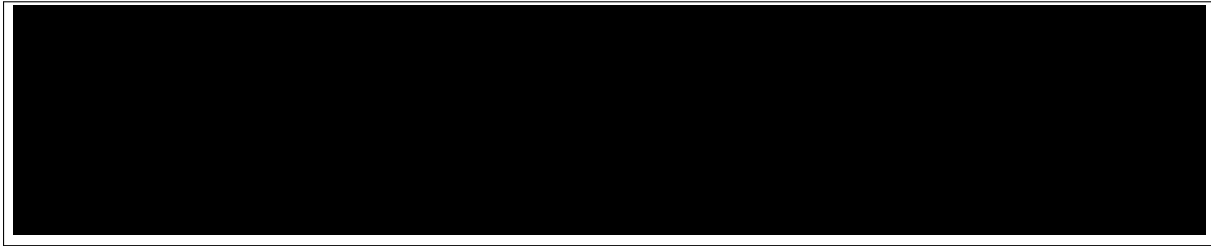


Tabelle 16: Entwicklungs- und Herstellkosten der Lösungsvariante 4

Redacted table content.

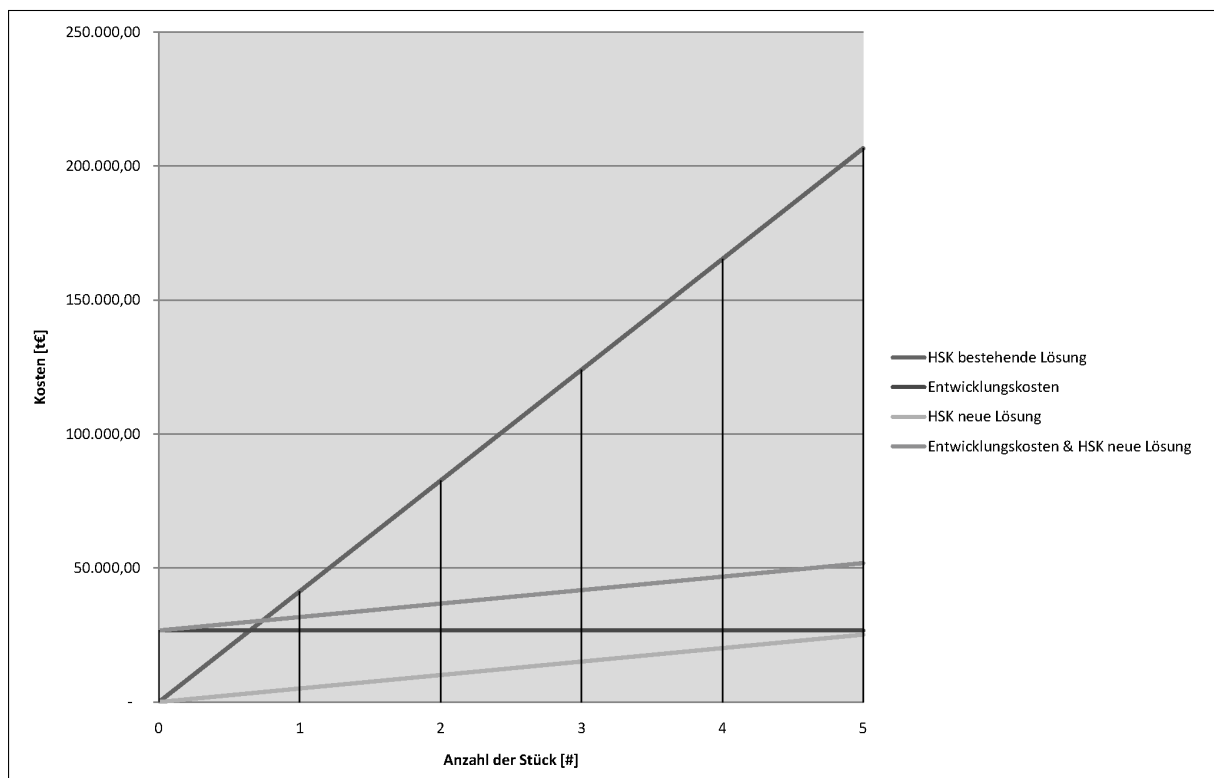


Abbildung 54: Amortisation der potentiellen Lösung

Vergleicht man die Herstellkosten des bestehenden Systems mit der neuen Lösung, so ergibt sich eine Kostenminimierung von 87 [%]. Demnach hat die Wertanalyse zu einem zufriedenstellenden Ergebnis geführt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Firma AMST-Systemtechnik GmbH hat sich seit 1987 im Bereich der Luft- und Raumfahrtmedizin sowie Flugsimulation spezialisiert und bietet sämtliche Geräte für die zivile und militärische Luftfahrtmedizin sei es zur Auswahl als auch für das Training von Piloten. Heutzutage werden vor allem im militärischen Bereich Flugzeugmodelle geflogen, welche die körperliche Belastungsgrenze der Piloten überschreitet. Da der Pilot häufiger Notsituationen erlebt, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass er als letzte Möglichkeit den Schleudersitz betätigen muss. Um hierfür bestmöglich vorbereitet zu sein, wollen die Piloten diese gefährliche Ausstiegsprozedur am Boden und ohne Risiko üben können, um im Umgang mit dem Schleudersitzsystem routiniert zu sein. Hierfür hat die Firma AMST-Systemtechnik GmbH den Schleudersitzsimulator entwickelt.

Bei der Konzeption und Konstruktion des ersten Schleudersitzsimulators war die Rückholeinrichtung nur mit einem Zahnriemensystem ausgestattet. Obwohl die Rückholeinrichtung weit über der Sicherheitsnorm vergleichbarer Produkte lag, verlangte der Kunde bei einem Folgeauftrag eine TÜV Überprüfung für die Ausstellung eines *Safe for Use* Zertifikates. Dabei befand der TÜV, dass eine Fangeinrichtung, d.h. nur das Zahnriemensystem, zu wenig sei und verlangte daher eine zweite Sicherheitseinrichtung (Zwei-Kanaligkeit). Da sich das Projekt bereits in einer fortgeschrittenen Phase befand, musste kurzfristig eine Lösung gesucht werden, welche zu diesem Zeitpunkt umgesetzt werden konnte. Zum damaligen Zeitpunkt wurde schließlich eine machbare Lösungsvariante gewählt, obwohl diese zu einer Erhöhung der Herstellkosten führte.

Zur Kostenreduktion und Funktionenverbesserung dieser Komponente wurde im Auftrag der Firma AMST-Systemtechnik GmbH im Rahmen dieser Diplomarbeit die wertanalytische Betrachtung der Rückholeinrichtung mit besonderem Augenmerk auf eine Wertverbesserung dieses Systems durchgeführt. Hierfür wurde die Wertanalyse angewandt und die Grund- und Teilschritte des WA-Arbeitsplans nach ÖNORM EN 12973 ausgeführt.

Die Wertanalyse bietet als Methode des Value-Managements und Bestandteil des Basismoduls im Grazer Modell für Industrielles Management eine Rahmenstruktur zur systematischen Bearbeitung und Lösungsfindung für Problemstellungen in der indus-

triellen Praxis. Hierfür wurde mit Unterstützung des Steuerausschusses ein 6-köpfiges Arbeitsteam aus verschiedenen Abteilungen der Firma AMST-Systemtechnik GmbH gebildet. Dieses führte den WA-Arbeitsplan und seine 10 Grundschrirte durch. Bei der Projektdefinition wurden der Schleudersitzsimulator und seine Komponenten im Detail untersucht, und die Grobziele wie Kostenreduktion sowie Funktionenverbesserung festgelegt. Die vorbereitende Risikoanalyse zeigte, dass die Rückholeinrichtung hohe Kosten verursacht, aus zwei unterschiedlichen Systemen aufgebaut ist, der Sicherheitsfaktor überdimensioniert ist und aus aufwendigen Baugruppen besteht. Nach der Ausarbeitung eines ersten Zeitplanes wurde mit der Datensammlung zur aktuellen Marktsituation begonnen. Die Funktionenanalyse hat ergeben, dass die Rückholeinrichtung aus den fünf Hauptfunktionen Schlitten bewegen, Wartbarkeit erfüllen, Teile aufnehmen, Schutz gewährleisten und Image vermitteln besteht. Diese zählen insgesamt 38 Unterfunktionen. In der Funktionskostenmatrix wurden die Funktionen den Funktionsträgern gegenübergestellt und deren Zugehörigkeit vom WA-Team bewertet, wodurch die Funktionskosten berechnet werden konnten. Mit der ABC-Analyse wurden die kostenintensiven Funktionen identifiziert. Dabei zeigte sich, dass insgesamt zehn Unterfunktionen 80 [%] der Herstellkosten ausmachten. Im nächsten Schritt wurden die Detailziele definiert und die Bewertungskriterien für die abschließende Nutzwertanalyse festgelegt. Zur Lösungsfindung wurden zum einen existierende Ideen recherchiert und zum anderen neue Ideen entwickelt. Letzteres wurde im Team mit Hilfe von Kreativitätstechniken durchgeführt. Ausgehend vom Morphologischen Kasten ergaben sich vier Lösungsvarianten, welche sich als interessant erwiesen und die Zweikanaligkeit des Sicherheitssystems erfüllten. Zur Abschätzung der effektiven Herstellkosten wurden Angebote eingeholt. Die Herstellkosten wurden nach der Nutzwertanalyse den Nutzwerten der einzelnen Lösungsvorschläge gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung ergab, dass die Lösungsvariante 4 den größten Nutzwert bringt und gleichzeitig die geringsten Kosten verursacht. Diese Variante galt als beste Lösung, weil XXXXXXXXXX die größte Leistungsdichte besitzt, das System eine kompakte Bauweise zeigt, ihr Nutzwert hoch ist und sie ein geringes Gewicht von 20 [kg] besitzt. Vergleicht man die Herstellkosten des bestehenden Systems mit jenen der neuen Lösung, so ergibt sich eine Kostenminimierung von 87 [%]. Demnach hat die Wertanalyse zu einem zufriedenstellenden Ergebnis geführt.

Das erfolgreiche Ergebnis hat der Firma AMST-Systemtechnik GmbH den Mehrwert der Wertanalyse deutlich gemacht. Daher kann auch in Zukunft erwartet werden, dass ähnliche Projekte für weitere Produkte folgen werden.

5 Literaturverzeichnis

AMST Geschäftsführung: Technical and Maintenance Manual. Ranshofen, 2009.

AMST Geschäftsführung: Mitarbeiterkompetenz AMST. Ranshofen, 2010a.

AMST Geschäftsführung: Produktübersicht der AMST. Ranshofen, 2010b.

AMST Geschäftsführung: Projekteröffnung. Ranshofen, 2010c.

AMST Marketing und Vertrieb: Marktübersicht. Ranshofen, 2010.

Akiyama, K.: Funktionenanalyse - Der Schlüssel zu erfolgreichen Produkten und Dienstleistungen. Landsberg, 1994.

Bortz, J. und Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg, 1995.

Bronner, A.: Leitfaden für den Einsatz der Wertanalyse in Klein- und Mittelbetrieben. Eschborn, 1985.

Daenzer, W. F. und Huber, F.: Systems Engineering - Methodik und Praxis. Zürich, 1999.

Embst, S. und Mitterer, N.: Kreativitätstechniken. Graz, 2008.

Hoffmann, H. J.: Wertanalyse - Ein Weg zur Erschließung neuer Rationalisierungsquellen. Berlin, 1983.

Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen. Wiesbaden, 2004.

Inscale: Presentation Load. Mainz, Abfrage 5.12.2010. URL:
<http://www.presentationload.de>.

Martin Baker: Lives saved so far. Middlesex, Abfrage 20.3.2011. URL: www.martin-baker.co.uk.

Miles, L. D.: Value Engineering - Wertanalyse - die praktische Methode zur Kostensenkung. München, 1967.

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12973, Value Management. Wien, 2000.

Pauwels, M.: Interkulturelle Produktentwicklung. Aachen, 2001.

Pongratz, H.: Kompendium der Flugmedizin. Fürstenfeldbruck, 2006.

Rogall, R.: Professionelle Kommunikation in Pflege und Management. Hannover, 2005.

Schlicksupp, H.: Ideenfindung: Innovation, Kreativität und Ideenfindung. Würzburg, 1992.

Schlüsselberger, R.: Experteninterview. Ranshofen, 2010.

Schröder, H. J.: Projekt-Management. Wiesbaden, 1973.

Ulrich, W.: Kreativitätsförderung in der Unternehmung. Bern, 1975.

VDI-Gemeinschaftsausschuß Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB): Wertanalyse Idee-Methode-System. Düsseldorf, 1981.

Voss, G.: Zu den Verwaltungsvorschriften zu §7 LHO: Anleitung für die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für einzelwirtschaftliche Verfahren in der bremschen Verwaltung. Bremen, 2010.

Wohinz, J. W.: Wertanalyse - Innovationsmanagement. Würzburg-Wien, 1983.

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

Wohinz, J. W.: Industriebetriebslehre. Graz, 2008a.

Wohinz, J. W.: Value Management (Wertanalyse). Graz, 2008b.

Zangemeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik - Eine Methode zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. München, 1976.

Zentrum Wertanalyse der VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (VDI-GSP): Wertanalyse: Idee-Methode-System. Düsseldorf, 1995.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Mitarbeiterkompetenz der AMST	2
Abbildung 2	Produktübersicht der AMST	3
Abbildung 3	Der grundsätzliche Aufbau des Grazer Modells für Industrielles Management	6
Abbildung 4	Einordnung des Wertmanagements im Grazer Modell	8
Abbildung 5	Die Systemelemente der Wertanalyse in ihrem Umfeld, symbolisiert als dreibeiniger Tisch	10
Abbildung 6	Gliederungskriterien von Funktionen	13
Abbildung 7	Beziehung zwischen Bedürfnis, Funktionen und Kriterien sowie Ressourcen	15
Abbildung 8	Verwendung des WA-Formularsatzes	24
Abbildung 9	Der Zusammenhang zwischen Stamm-und Projektorganisation	25
Abbildung 10	Von der Arbeitsgruppe zum Team	29
Abbildung 11	Kreativität im Team	30
Abbildung 12	Schematischer Aufbau der SWOT-Analyse	33
Abbildung 13	Ansatz der Funktionenanalyse	35
Abbildung 14	„Beweisschlüssige“ Funktionsgliederung am Beispiel einer elektrischen Kraftstoffpumpe	36
Abbildung 15	Aufbau einer „Problemlandschaft“ mit der KJ-Methode	42
Abbildung 16	Morphologischer Kasten über die Gestaltungsmöglichkeiten von Kaffeemaschinen	43
Abbildung 17	Der Schleudersitzsimulator der Firma AMST-Systemtechnik GmbH	46
Abbildung 18	Der WA-Steuer Ausschuss und WA-Moderator	47
Abbildung 19	AMST SmartEject Trainingssystem	48
Abbildung 20	Schleudersitzsimulator CAD Modell	49
Abbildung 21	Gesamtdarstellung des Schleudersitzsimulators	50
Abbildung 22	Explosionsdarstellung des Hauptbaugruppen des Schleudersitzsimulators	51
Abbildung 23	Das System Sitz-Rückführung	52
Abbildung 24	Schlittenbaugruppe des Schleudersitzsimulators	53
Abbildung 25	Lasermesssystem und Sicherheitszylinder	54
Abbildung 26	Mechanische Schlittenverriegelung	54

Abbildung 27	SWOT-Analyse der Rückholeinrichtung	57
Abbildung 28	Zeitplanauszug des WA-Projekts	59
Abbildung 29	Meeting Agenda / Protocol für Besprechungen der AMST	61
Abbildung 30	Erste Gliederung der Funktionen	62
Abbildung 31	IST-Funktionsanalyse der Rückholeinrichtung	63
Abbildung 32	Unterfunktionen der 1. Hauptfunktion	64
Abbildung 33	Unterfunktionen der 2. Hauptfunktion	65
Abbildung 34	Unterfunktionen der 3. Hauptfunktion	65
Abbildung 35	Unterfunktionen der 4. Hauptfunktion	66
Abbildung 36	Unterfunktionen der 5. Hauptfunktion	66
Abbildung 37	Funktionsträger der Rückholeinrichtung	67
Abbildung 38	ABC-Analyse der Funktionskosten	71
Abbildung 39	Relative Bedeutung vs. Relative Kosten	72
Abbildung 40	Soll-Funktionen der Rückholeinrichtung	73
Abbildung 41	Bremssystem	76
Abbildung 42	Fliehkraftbremse in zerlegtem Zustand	76
Abbildung 43	Erstellung des Morphologischen Kastens	77
Abbildung 44	Morphologischer Kasten mit Lösungsvarianten	78
Abbildung 45	Fliehkraftbremse mit Umlenkgetriebe	81
Abbildung 46	Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 1	82
Abbildung 47	Fluidbremse mit Planetengetriebe	83
Abbildung 48	Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 2	84
Abbildung 49	Fluidbremse mit Harmonic-Drive-Getriebe	85
Abbildung 50	Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 3	86
Abbildung 51	██	87
Abbildung 52	Kreisdiagramm der Herstellkosten von Lösungsvariante 4	88
Abbildung 53	Gegenüberstellung der Herstellkosten und Nutzwerte für die vier Lösungsvorschläge	91
Abbildung 54	Amortisation der potentiellen Lösung	92

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	WA-Arbeitsplan nach ÖNORM EN 12973	17
Tabelle 2	Verantwortung und Mitwirkung in den Grundsritten des WA-Arbeits- planes	18
Tabelle 3	Exemplarischer Aufbau der Vergleichsmatrix	38
Tabelle 4	Funktionskostenmatrix am Beispiel der Hauptfunktion „Druck begen- zen“	39
Tabelle 5	Grafische Darstellung der Nutzwertanalyse	44
Tabelle 6	Schleudersitzsimulator Marktanalyse	60
Tabelle 7	Auszug der Funktionskostenmatrix	68
Tabelle 8	Funktionskostenanalyse und Funktionserfüllungsgrad	70
Tabelle 9	Detailziele	73
Tabelle 10	Herstellkosten der Lösungsvariante 1	81
Tabelle 11	Herstellkosten der Lösungsvariante 2	83
Tabelle 12	Herstellkosten der Lösungsvariante 3	85
Tabelle 13	Herstellkosten der Lösungsvariante 4	87
Tabelle 14	Paarweiser Vergleich	89
Tabelle 15	Nutzwertanalyse	90
Tabelle 16	Entwicklungs- und Herstellkosten der Lösungsvariante 4	92

8 Anhang

Aus datenrechtlichen Gründen wurde der Anhang für diese Version entnommen.

A Anhang Projektantrag AMST-Systemtechnik GmbH

B Anhang Projektplan

C Anhang Funktionskostenmatrix

D Anhang Arbeitspaketbeschreibung

E Anhang Sicherheitsanalyse Rückholeinrichtung

F Anhang Wertanalyse Formularsatz