



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Wirtschaftswissenschaften

DRESDNER BEITRÄGE ZUR LEHRE DER BETRIEBLICHEN UMWELTÖKONOMIE

Nr. 36/2009

Günther, E. / Stechemesser, K. (Hrsg.)

Anwendung monetärer und nicht-monetärer Entscheidungs-
instrumente am Beispiel von Investitionsentscheidungen der
MAN Nutzfahrzeuge AG

Bergheim, K. / Gerbaulet, C. / Graßhoff, N. / Kirsch, A. /
Kittlaus, B. / Klapper, H. / Plischtil, M. / Rehm, F. / Scheel R.

UMWELTLEISTUNGSMESSUNG

Herausgeber:



Lehrstuhl für
Betriebswirtschaftslehre
Betriebliche Umweltökonomie

ISSN 1611-9185

Prof. Dr. Edeltraud Günther
Dipl.-Kffr. Kristin Stechemesser
Kirtan Bergheim
Clemens Gerbaulet
Nico Graßhoff
Barnabas Kittlaus
Helge Klapper
Max Plischtil
Franziska Rehm
Ramona Scheel

Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,
insbes. Betriebliche Umweltökonomie
01062 Dresden

Telefon: (0351) 463-3 4313

Telefax: (0351) 463-3 7764

E-Mail: bu@mailbox.tu-dresden.de

www.tu-dresden.de/wwbwibu

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht auf dem Dokumenten- und Publikationsserver Qucosa der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) unter:

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-27575>

Seminararbeit eingereicht: 2009

Veröffentlicht: 2009

Vorwort

Die Bedeutung der natürlichen Umwelt in den Wirtschaftswissenschaften hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen: Durch die zunehmende ökologische Knappheit entwickelt sie sich zu einem ökonomisch knappen und somit entscheidungsrelevanten Parameter. Das Forschungsprogramm des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insb. Betriebliche Umweltökonomie an der Technischen Universität Dresden spiegelt sich auch im Aufbau der Lehre wider. So fließen die gewonnenen Erkenntnisse aus theoretischer und praktischer Forschung direkt in die einzelnen Lehrveranstaltungen ein. Die vorliegenden „Dresdner Beiträge zur Lehre der Betrieblichen Umweltökonomie“ sollen diesen Prozess der Verzahnung unterstützen. Inhalt der Schriftenreihe sind in erster Linie ausgewählte Diplomarbeiten des Lehrstuhls für Betriebliche Umweltökonomie, durch die der Leser Einblick in die Arbeitsschwerpunkte und Transparenz über die Arbeitsinhalte gewinnen soll.

Die Gestaltung der Schriftenreihe ist Frau Dr. Susann Silbermann zu verdanken, die Koordination der vorliegenden Schriftenreihe erfolgte durch Dipl.-Kffr. Kristin Stechemesser.

In der vorliegenden Arbeit wird der Beschaffungsprozess der MAN Nutzfahrzeuge AG analysiert. Zu diesem Zweck werden drei verschiedene Methoden angewendet. Das Ziel besteht darin herauszufinden, inwieweit die Berücksichtigung ökologischer Aspekte den Entscheidungsprozess beeinflusst, sodass nachhaltige Beschaffung eine sinnvolle Option bieten kann. Dazu werden verschiedene Beschaffungsalternativen unter Verwendung der Ansätze zur Lebenszykluskostenrechnung, Ökobilanzierung und Hemmnisanalyse verglichen. Ziel ist es, Empfehlungen für zukünftige Investitionsentscheidungen abzuleiten. Die vorliegende Ausarbeitung zeigt, dass die Ausweitung der Investitionsbetrachtung auf den gesamten Lebenszyklus weit über konventionelle Ansätze hinaus gehen.

Edeltraud Günther

Die wissenschaftliche Fundierung der Arbeit basiert auf den Ergebnissen der gleichnamigen Seminararbeit der Autoren Kirtan Bergheim, Clemens Gerbaulet, Nico Graßhoff, Arne Kirsch, Barnabas Kittlaus, Helge Klapper, Max Plischtil, Franziska Rehm und Ramona Scheel an der TU Dresden, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre insbesondere Betriebliche Umweltökonomie. Hochschullehrer: Prof. Dr. Edeltraud Günther / Betreuer: Dipl.-Kffr. Kristin Stechemesser. Für den Inhalt dieses Beitrages sind selbstverständlich allein die Autoren verantwortlich.

Vorwort

Unser Dank gilt insbesondere Frau Prof. Dr. Edeltraud Günther sowie Dipl.-Kffr. Kristin Stechemesser des Lehrstuhls für Betriebliche Umweltökonomie der TU Dresden, für das entgegengebrachte Vertrauen und die intensive Betreuung und Unterstützung während der Seminararbeit. Daneben möchten wir auch Frau Dr. Sarstedt und ihrem Team von der MAN Nutzfahrzeuge AG für ihre unermüdliche Bereitschaft, all unsere Fragen zu beantworten, herzlich danken.

Die Daten in dieser Arbeit wurden für die Veröffentlichung um einen definierten Faktor verfälscht und stellen daher nicht die realen Werte dar. Die Faktorierung ändert nichts an den Aussagen und Ergebnissen im allgemeinen.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeiner Teil	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Forschungsdesign	1
1.3	Marktüberblick	2
1.3.1	Umsatzanalyse	3
1.3.2	SWOT-Analyse	3
1.3.3	Hauptwettbewerber der MAN AG	5
1.4	Begriffsklärung	5
1.5	Technische Details	7
1.5.1	Achslackieranlage	7
1.5.2	Blockheizkraftwerk vs. Brennstoffzelle	7
1.5.2.1	Blockheizkraftwerk	7
1.5.2.2	Brennstoffzelle	8
1.6	Überblick der Arbeit	9
2	Lebenszykluskostenrechnung	10
2.1	Die Lebenszykluskostenrechnung	10
2.1.1	Gründe für die Notwendigkeit eines Umdenkens	11
2.1.2	Untersuchungsmethode Lebenszykluskostenrechnung	12
2.1.3	Aufbau der Berechnung	14
2.1.4	Environmental LCC	16
2.2	Zukünftige Entwicklungen bewerten	16
2.2.1	Schätzungen	16
2.2.2	Berücksichtigung von Unsicherheit	17
2.2.2.1	Szenarioanalyse	17
2.2.2.2	Sensitivitätsanalyse	19
2.2.2.3	Monte Carlo Simulation	22
2.3	Analyse der Lebenszykluskosten	24
2.3.1	Bewertung der Lebenszykluskosten	24
2.3.2	Break-Even Analyse	24
2.3.3	Kritische Würdigung	25
2.4	Lebenszyklusrechnung am B. der MAN Nutzfahrzeuge AG	26
2.4.1	Zieldefinition	26

2.4.2	Kostenstrukturplan für die Achslackieranlage, das BHKW sowie die Brennstoffzelle	29
2.4.3	Kostenprofile	31
2.4.4	Diskontierungszins	34
2.4.5	Auswertung	36
2.4.6	Weitere LCC-Tools	43
3	Ökobilanzierung	45
3.1	Ziel der Arbeit	45
3.2	Umweltrechtliche Rahmenbedingungen	45
3.3	Methode	45
3.3.1	Ökobilanz - Allgemeine Methodik	45
3.3.2	Ökobilanzierungsansätze	47
3.3.3	Auswahl eines Bewertungsverfahrens	48
3.3.4	Die CML Methode	49
3.4	Anwendung Ökobilanzierung	51
3.4.1	Achslackieranlage	51
3.4.1.1	Bilanzziel	51
3.4.1.2	Sachbilanz	54
3.4.1.3	Wirkungsbilanz	55
3.4.1.4	Ergebnisse	55
3.4.1.5	Fazit und Handlungsempfehlungen	57
3.4.2	Blockheizkraftwerk vs. Brennstoffzelle	58
3.4.2.1	Bilanzziel	58
3.4.2.2	Sachbilanz BHKW	61
3.4.2.3	Sachbilanz Brennstoffzelle	63
3.4.2.4	Wirkungsbilanz	64
3.4.2.5	Ergebnisse	64
3.4.2.6	Fazit und Handlungsempfehlungen	67
3.5	Fazit	67
4	Hemmnisanalyse	69
4.1	Forschungsdesign	69
4.1.1	Untersuchungsgegenstand und Forschungsfragen	69
4.1.2	Stand der Forschung	70
4.1.3	Untersuchungsmethode Hemmnisanalyse	72
4.2	Ergebnisse	75
4.2.1	Auswertung der Hemmnisgruppen	75
4.2.2	Zusammenfassung der wahrgenommenen Hemmnisse	79
4.2.3	Auswertung des Beschaffungsprozesses	83
4.2.4	Kritische Würdigung	86
4.2.5	Abschlussbetrachtung	86
4.3	Fazit	87

5	Schlussfolgerungen und Fazit	88
A	Anhang	90
A.1	Lebenszykluskostenrechnung	90
A.2	Ökobilanzierung	93
A.2.1	Achslackierungsanlage	93
A.2.2	BHKW vs. Brennstoffzelle	93
A.3	Hemmnisanalyse	104
	Literaturverzeichnis	123

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	SWOT-Analyse für die MAN Nutzfahrzeuge AG	4
Tab. 2	Hauptwettbewerber der MAN AG	5
Tab. 3	Technische Details BHKW	8
Tab. 4	Technische Details Brennstoffzelle	9
Tab. 5	Achslackieranlage verwendete Annahmen	33
Tab. 6	Lebenszykluskosten der Achslackieranlage	36
Tab. 7	Lebenszykluskostenvergleich BHKW/ Brennstoffzelle	38
Tab. 8	Verfahrensauswahl	49
Tab. 9	Annahmen Lackieranlage	53
Tab. 10	Einschränkungen Lackieranlage	53
Tab. 11	Ergebnisse Ökobilanz Lackieranlage	56
Tab. 12	Produktsystem BHKW und Brennstoffzelle	59
Tab. 13	Annahmen BHKW und Brennstoffzelle	61
Tab. 14	Einschränkungen BHKW und Brennstoffzelle	61
Tab. 15	Hemmniseinordnung auf Basis des Mittelwertes	80
Tab. 16	Beschaffungsentscheidungsprozess bei der MAN Nutzfahrzeuge AG	85
Tab. 17	Annahmen Achslackieranlage	90
Tab. 18	Annahmen BHKW	91
Tab. 19	Annahmen Brennstoffzelle	92
Tab. 20	Datenbasis Achslackieranlage	93
Tab. 21	Gewichtsverteilungen BHKW und Brennstoffzelle	94
Tab. 22	Datenbasis BHKW und Brennstoffzelle	95
Tab. 23	Komponenten der Module des BHKW	97
Tab. 24	Komponenten der Module der Brennstoffzelle	98
Tab. 25	Parameter Sachbilanz BHKW	100
Tab. 26	Parameter Sachbilanz Brennstoffzelle	102
Tab. 27	Absolute Werte Wirkungsbilanz	103
Tab. 28	Wirkungsbilanz bezogen auf die funktionelle Einheit	103
Tab. 29	Zuordnung der Statements des Fragebogens zu den Hemnisgruppen	104
Tab. 30	Beispiele für wahrgenommene Hemmnisse	122

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Idealer Beschaffungsentscheidungsprozess	6
Abb. 2	Darstellung von Einflussmöglichkeit und Kosten bei fortschreitendem Projektverlauf	11
Abb. 3	Eisbergmodell	12
Abb. 4	Erweiterter marktorientierter Produktlebenszyklus aus Produzentsicht	13
Abb. 5	Produktlebenszyklus aus Konsumentensicht	13
Abb. 6	Allgemeiner Kostenstrukturplan	15
Abb. 7	Szenariotrichter	18
Abb. 8	Höchster Spinne	20
Abb. 9	Kritische Fläche	21
Abb. 10	Die fünf Schritte der Monte Carlo Simulation	22
Abb. 11	Umsatz Gesamtkostenmodell	25
Abb. 12	Deckungsbeitragsmodell	25
Abb. 13	Kostenstrukturplan der Achslackieranlage 1	27
Abb. 14	Kostenstrukturplan der Achslackieranlage 2	29
Abb. 15	Kostenstrukturplan des konventionellen Blockheizkraftwerks	30
Abb. 16	Kostenstrukturplan des Blockheizkraftwerks mit Brennstoffzelle	31
Abb. 17	Kostenstrukturplan unter Berücksichtigung der Umweltorientierung	35
Abb. 18	Sensitivitätsanalyse Achslackieranlage	36
Abb. 19	Kostenstruktur Achslackieranlage	37
Abb. 20	Histogramm der Simulationsergebnisse Achslackieranlage	38
Abb. 21	Sensitivitätsanalyse BHKW mit Brennstoffzelle	39
Abb. 22	Kostenstruktur BHKW mit Brennstoffzelle	39
Abb. 23	Histogramm der Simulationsergebnisse BHKW mit Brennstoffzelle	40
Abb. 24	Sensitivitätsanalyse BHKW	41
Abb. 25	Kostenstruktur BHKW	41
Abb. 26	Histogramm der Simulationsergebnisse BHKW	42
Abb. 27	Methodik der Ökobilanzierung	46
Abb. 28	Prozesssystem Lackieranlage	52
Abb. 29	Ergebnisse Achslackierung pro Achse	56
Abb. 30	Sensitivitätsanalyse der Frischwassertoxizität	57
Abb. 31	Prozesssystem BHKW und Brennstoffzelle	60

Abb. 32	Vergleich BHKW - Brennstoffzelle	64
Abb. 33	Ergebnisse BHKW Kraft-Wärme-Kopplung	65
Abb. 34	Ergebnisse Brennstoffzelle Kraft-Wärme-Kopplung	65
Abb. 35	Ökotoxizität BHKW pro MWh	66
Abb. 36	Ökotoxizität Brennstoffzelle pro MWh	66
Abb. 37	Hemmnisprofil	76
Abb. 38	Entscheidungsbaum	81
Abb. 39	Hemmnisportfolio	83
Abb. 40	Einfluss-Bemühungen-Matrix	84

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
a	Jahr
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
bspw.	beispielsweise
BSZ	Brennstoffzelle
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
c. p.	ceteris paribus
ca.	circa
CBS	Cost Breakdown Structure
CH_4	Methan
CO_2	Kohlenstoffdioxid
d. h.	das heißt
d. J.	diesen Jahres
dm^3	Kubikdezimeter
etc.	et cetera
EU ETS	European Union Emission Trading Scheme
evtl.	eventuell
f.	folgende
ff.	fortfolgende
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
GE	Geldeinheiten
h	Stunde
Hrsg.	Herausgeber
i. d. R.	in der Regel

i.e.S.	im engere Sinne
i.H.v.	in Höhe von
i.w.S.	im weiteren Sinne
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
J	Joule
Jg.	Jahrgang
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costing
Lkw	Lastkraftwagen
m	Meter
m^3n	Normkubikmeter
MAD	mean administrative delay
MCFC	molten carbonate fuel cell
mg	Milli Gramm
min	Minute(n)
Mio	Millionen
MJ	Mega Joule
MLD	mean logistic delay
mrd.	Milliarde(n)
MTTR	mean time to recover
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
Nox	Stickstoffoxide
Nr.	Nummer
o. J.	ohne Jahr
o. S.	ohne Seite
p. a.	per annum
RNV	regenerative Nachverbrennungsanlage

s	Sekunde
S.	Seite
s.	siehe
s.a.	siehe auch
sog.	sogenannt
Stk.	Stück
SWM	Stadtwerke München GmbH
t	Tonne
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
u. v. m.	und viele mehr
v. a.	vor allem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
vs.	Versus
z. B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1. Allgemeiner Teil

1.1. Einleitung

Die aktuelle Debatte zum Klimawandel und den daraus folgenden Implikationen für Gesellschaft und Unternehmen zeigen eins ganz deutlich: Wir müssen jetzt handeln. In diesem Zusammenhang ist es besonders wichtig, die konventionellen Methoden zur Ermittlung des ökonomischen Erfolgs von Unternehmen um ökologische zu ergänzen. Die MAN Nutzfahrzeuge AG hat dies erkannt und ist derzeit darum bemüht, in ihren Werken eine Lebenszykluskostenrechnung zu etablieren, welche regelmäßig bei Beschaffungsentscheidungen verwendet werden soll. Diese Seminararbeit zeigt Möglichkeiten auf, wie sich eine Lebenszykluskostenrechnung durch nicht-monetäre Methoden, wie Ökobilanzierung und Hemmnisanalyse sinnvoll ergänzen lässt, um den Beschaffungsentscheidungsprozess sowohl ökonomisch als auch ökologisch effizienter und effektiver gestalten zu können. Dies wird durch die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigt.

1.2. Forschungsdesign

In diesem Abschnitt werden in Kapitel 4.1.1 der Untersuchungsgegenstand, die verwendeten Methoden sowie die zu beantwortenden Forschungsfragen aufgeführt. Weiterhin werden in Kapitel 1.3 der Markt der Nutzfahrzeugbranche, sowie in Kapitel 1.4 der Beschaffungsentscheidungsprozess näher beleuchtet, bevor in Kapitel 1.6 ein Überblick über das weitere Vorgehen dieser Seminararbeit gegeben wird.

Untersuchungsgegenstand und Forschungsfragen Ziel dieser Seminararbeit ist es, zu untersuchen, inwiefern es sich für ein Unternehmen lohnen kann, in die Beschaffungsentscheidung auch Umweltaspekte mit einzubeziehen. Beispielhaft werden hierzu durchgeführte und potenzielle Investitionsentscheidungen bei der MAN Nutzfahrzeuge AG bewertet um herauszufinden, ob eine Entscheidung unter Berücksichtigung der Umweltaspekte eventuell anders getroffen werden könnte. Der erste Fall betrifft die Beschaffung einer Achslackieranlage. Der zweite Fall vergleicht die alternativen Anlagen Brennstoffzelle und Blockheizkraftwerk (BHKW).

Ausgangslage Die MAN Nutzfahrzeuge AG hat eine hohe Fertigungstiefe an hergestellten LKWs am Standort München. Dazu zählt auch die Lackierung von Achsen. Aufgrund der gestiegenen Produktion an LKWs wurde eine neue Achslackieranlage gebaut. Die bisherige war für eine Höchstauslastung von ca. 100.000 Achsen pro Jahr ausgelegt. Durch ein

verbessertes Zeitmanagement im Lackierprozess konnte die Zahl auf ca. 140.000 Stück erhöht werden. Die neue Achslackieranlage kann bis zu ca. 250.000 Achsen pro Jahr lackieren. Diese Zahl kann durch geringe technische Erweiterungen auf ca. über 300.000 Stück erhöht werden. Entstehende Lösemittelreste werden bei der neuen Anlage abgesaugt und an die Luft abgegeben. Diese Belastungen überschreiten jedoch keine gesetzlichen Grenzwerte. Aus ökologischen Gesichtspunkten wurde zusätzlich eine regenerative Nachverbrennungsanlage (RNV) installiert. Dies senkt nicht nur die ökologische Belastung, sondern lässt auch die Möglichkeit zu, Lacke mit einem höheren Lösemittelanteil zu verwenden.

Durch die Größe des Münchner Werks lohnt es sich, für die Wärmeversorgung der Gebäude, Industriehallen und Maschinen selbst zu sorgen. Dafür wurde ein firmeneigenes Wärmekraftwerk mit mehreren Heizkesseln errichtet. Für die Sommermonate fällt der Bedarf an Warmwasser stark ab, wodurch die Effizienz der Heizkessel stark abnimmt. Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) soll seit einigen Monaten die Funktion eines Sommerkessels übernehmen und soll die Grundlast von 38 MWh/d über das Jahr abdecken. Als Alternative dafür ist die Wärmeerzeugung durch eine Brennstoffzelle denkbar. Diese wäre nicht wie das BHKW Stand der Technik, sondern noch Stand der Wissenschaft und damit ein Imagegewinn für die MAN Nutzfahrzeuge AG.

Die Alternativen werden anhand von verschiedenen Methoden untersucht. Zunächst werden Lebenszyklusbetrachtungen durchgeführt, in der die Alternativen auf Basis der ökologiebedingten, bereits internalisierten Aspekte bewertet werden. Darüber hinaus wird dann im Rahmen einer Ökobilanzierung die Umweltbelastung der Alternativen auf Basis der ökologiebedingten, aber noch nicht internalisierten, also externen Effekte ermittelt. Weiterhin hat diese Arbeit zum Ziel, Hemmnisse im allgemeinen Beschaffungsentscheidungsprozess bei MAN Nutzfahrzeuge AG zu identifizieren, zu bewerten und Strategien zu deren Überwindung anzuregen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden jeweils gesondert Untersuchungsgegenstände und Forschungsfragen definiert. Allerdings wird an dieser Stelle auf die Aspekte eingegangen, die allen drei Methoden zugleich zu Grunde liegen.

Unsere globalen Forschungsfragen lauten:

- Welche ökologischen monetären und nichtmonetären Instrumente sind zur Entscheidungsfindung sinnvoll?
- Inwiefern beeinflusst der Einbezug dieser Instrumente die Beschaffungsentscheidung?
- Welche weiteren Faktoren haben die Beschaffungsentscheidung positiv oder negativ beeinflusst?

1.3. Marktüberblick

Ein Überblick über die Marktsituation der Nutzfahrzeugbranche soll bereits an dieser Stelle in Form einer Umsatz- und SWOT-Analyse gegeben werden. Daneben werden die wichtigs-

ten Wettbewerber dargestellt.

1.3.1. Umsatzanalyse

Der Umsatz der MAN Nutzfahrzeuge AG machte 2007 etwa $\frac{2}{3}$ des Gesamtumsatzes der MAN AG aus. Dabei wurden $\frac{3}{4}$ der Umsätze der MAN AG in Europa erzielt.¹ Während die MAN Nutzfahrzeuge AG 2008 noch einen Aufschwung mit Marktanteilen von 16,6 % in der Lkw-Sparte und 12,8 % in der Bus-Sparte verzeichnete und die 100.000-Schwelle an produzierten Fahrzeugen trotz Engpasssituationen überstiegen werden konnte, brach der Umsatz seit Ende letzten Jahres aufgrund der weltweiten Wirtschaftskrise ein.² Während sich der Umsatz der kleineren und mittleren Fahrzeuge bereits stabilisiert hat, ist dies für die schweren Fahrzeuge noch abzuwarten.

1.3.2. SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse ist ein nützliches Instrument, um die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken einer Unternehmung zu analysieren und daraus resultierend entsprechend paarweise Strategien abzuleiten.³ Die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der MAN AG, respektive MAN Nutzfahrzeuge AG mit zahlreichen Strategiebeispielen seien im Folgenden dargestellt. Bei der näheren Beschreibung der einzelnen Bereiche wird allerdings auf die MAN Nutzfahrzeuge AG fokussiert.

Die MAN Nutzfahrzeuge AG besitzt mehrere Stärken, welche die Verhandlungsmacht z. B. gegenüber Lieferanten stärken. Sie ist in Ost- und West-Europa Marktführer (Nr. 1 bzw. Nr. 2), verfügt über ein diversifiziertes Produktportfolio (Busse, Lkws, Maschinen, Industriebmotoren) und im Zeitraum von 2003 bis 2007 haben sich die Gewinne und Gewinnspannen signifikant verbessert.⁴ Mit dem Ziel, neben Einsparpotenzialen auch die gesamte Produktpalette an Lkws abzudecken, soll die Zusammenarbeit zwischen VW (preiswerte Lkw), MAN Nutzfahrzeuge AG (mittel- bis hochwertige Lkw) und Scania (hochwertige Lkw) angestrebt werden.⁵

Daneben lassen sich allerdings auch Schwächen feststellen. Der größte Teil des Umsatzes entfällt auf den europäischen Markt, wodurch regionalspezifische Faktoren wie die Änderung ökonomischer Bedingungen oder der Eintritt anderer „Spieler“ in den Markt einen erheblichen Einfluss ausüben dürften. Auch die Produktivität der Arbeitnehmer (Ertrag im Verhältnis zur Gesamtzahl der Arbeitnehmer) ist relativ niedrig. Im Gegensatz dazu sind beispielsweise die Wettbewerber Volvo und PACCAR geographisch wesentlich breiter aufgestellt und verfügen über eine höhere Produktivität der Arbeitnehmer.⁶

¹ USA, D. (2009), S. 16.

² (HRSG.), M. N. A. (2009), S. 28.

³ KLEMPIEN, D. (2009), o.S.

⁴ USA, D. (2009), S. 17 f.

⁵ BALZER, A. H. . (o.J.), o. S.

⁶ USA, D. (2009), S. 18 f.

		Unternehmensanalyse (interne Analyse)	
Analyse	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)	
	führende Marktposition	zu hohe Abhängigkeit von Europa	
externe	Diversifikation des Produktportfolios	Produktivität der Arbeitnehmer	
	starke Profitabilität		
analyse	Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)	
	volle Auftragsbücher	Eintrübung der Konjunktur in Europa	
Umfeld	steigende Nachfrage nach Dieselmotoren	Wettbewerb im globalen Markt der Nutzfahrzeuge	
	internationale Expansion		

Tabelle 1.: SWOT-Analyse für die MAN Nutzfahrzeuge AG (vgl. USA, D. (2009), S. 17 ff.)

Chancen bestehen v. a. in den zumindest noch vor der Wirtschaftskrise vollen Auftragsbüchern; im Vergleich zum Vorjahr waren für 2007 49 % mehr Aufträge zu verzeichnen, was die Auswirkungen der Wirtschaftskrise ab Ende 2008 zumindest kurzfristig abfedern konnte. Die steigende Nachfrage nach Dieselmotoren beruht auf sich verschärfenden gesetzlichen Bestimmungen innerhalb der EU (z. B. Clean Air for Europe (CAFE), 2007) sowie höheren Emissionsstandards. Um mittelfristig die Marktanteile in Europa, Russland, Südafrika und dem Mittleren Osten ausbauen zu können, wurde 2007 ein weiteres Werk in Krakau eröffnet. Daneben wurde ein Joint Venture mit dem indischen Unternehmen Force Motors eingegangen und im Juli d. J. erwarb die MAN Nutzfahrzeuge AG außerdem Anteile an Sino-Truck in China, um auch die indischen sowie angrenzenden Märkte bedienen zu können.⁷

Das größte Risiko besteht in der konjunkturellen Eintrübung weltweit und in der Eurozone im Speziellen. Auch zum jetzigen Zeitpunkt ist unklar, ob sich die Situation innerhalb der nächsten zwölf Monate stabilisieren wird, was eine wichtige Voraussetzung für die Erholung der MAN Nutzfahrzeuge AG ist, da deren Produkte äußerst „konjunkturreaktiv“ sind. Daneben besteht ein Risiko durch den steigenden Wettbewerb im globalen Nutzfahrzeugmarkt: denn der Markt ist hart umkämpft. Hierzu zählen v. a. Unternehmen aus Indien (Tata) und China, die sich auf besonders preiswerte Lkw und Busse spezialisieren, die den Ansprüchen der asiatischen Märkte genügen. Im Hinblick auf die Globalisierung und das Zusammenwachsen der weltweiten Automobilindustrie wird sich das noch verstärken, wodurch vermutlich die Verkaufsmengen sinken und sich der Innovationsdruck sowie letztlich der Preisdruck erhöhen werden.⁸

Die Herausforderung für die nächsten Jahre besteht darin, einen Weg aus der Krise zu finden,

⁷ USA, D. (2009), S. 19f sowie (HRSG.), E. (2009), o. S.

⁸ USA, D. (2009), S. 20f.

der gleichzeitig neue Maßstäbe in punkto Nachhaltigkeit und Umweltschutz setzt. Beispielsweise verfolgt die MAN Nutzfahrzeuge AG das Ziel, bis zum Jahr 2020 seine CO_2 -Effizienz durch Verbesserung des Kraftstoffmixes und der Aerodynamik um 30 % zu erhöhen. Welche Potenziale dabei umweltorientierte Beschaffungsentscheidungen haben, soll im Rahmen dieser Seminararbeit herausgestellt werden.⁹

1.3.3. Hauptwettbewerber der MAN AG

Die folgende Tabelle enthält die Hauptwettbewerber der MAN AG. Volvo, PACCAR und Tata wurden oben bereits als kritische Konkurrenten herausgestellt. Inwieweit beispielsweise Magna in der Lage sein wird, den russischen Markt für sich zu gewinnen, wird sich zukünftig zeigen.

AB Volvo	ABB Ltd.
ArvinMeritor, Inc.	Ashok Leyland
Cummins, Inc.	Deere & Company
Federal-Mogul Corporation	Hino Motors, Ltd.
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	Isuzu Motors Limited
Navistar International Corporation	Iveco N.V.
Renault S.A.	Komatsu Ltd.
Robert Bosch Corporation	Scania AB
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.	Tata Motors Limited
Gardner Denver, Inc.	Daimler AG
Magna Steyr	PACCAR Inc.

Tabelle 2.: Hauptwettbewerber der MAN AG (vgl. USA, D. (2009), S. 2 ff.)

1.4. Begriffsklärung

Gegenstand dieser Seminararbeit sind v. a. Investitionsentscheidungen. In der Literatur werden die Begriffe Beschaffung und Investition uneinheitlich verwendet. Die Autoren betrachten Investitionsentscheidungen als Teil des Beschaffungsprozesses. Eine Investitionsentscheidung ist eine einmalige Beschaffungsaufgabe, weshalb im Folgenden keine weitere Abgrenzung zwischen Beschaffung und Investition erfolgt.

Bei der Beschaffung von Produktionsfaktoren haben Unternehmen eine Vielzahl an Entscheidungen zu treffen, welche letztlich für die Auswahl einer bestimmten Alternative ausschlaggebend sind. Bei diesem Entscheidungsprozess ist eine Vielzahl von Akteuren mit unterschiedlichen Präferenzen und Entscheidungskriterien beteiligt. Nachfolgend wird der Be-

⁹ (HRSG.), M. N. A. (2009), S. 18.

schaffungsprozess als spezieller Entscheidungsprozess dargestellt sowie darauf eingegangen, wie das Zusammenspiel der Entscheidungsträger diesen beeinflusst.

Der Beschaffungsprozess umfasst die Phasen der Bildung der Unternehmensziele, Auswahl der Alternativen, Bewertung und Entscheidung, Durchführung sowie im Idealfall der Kontrolle.¹⁰

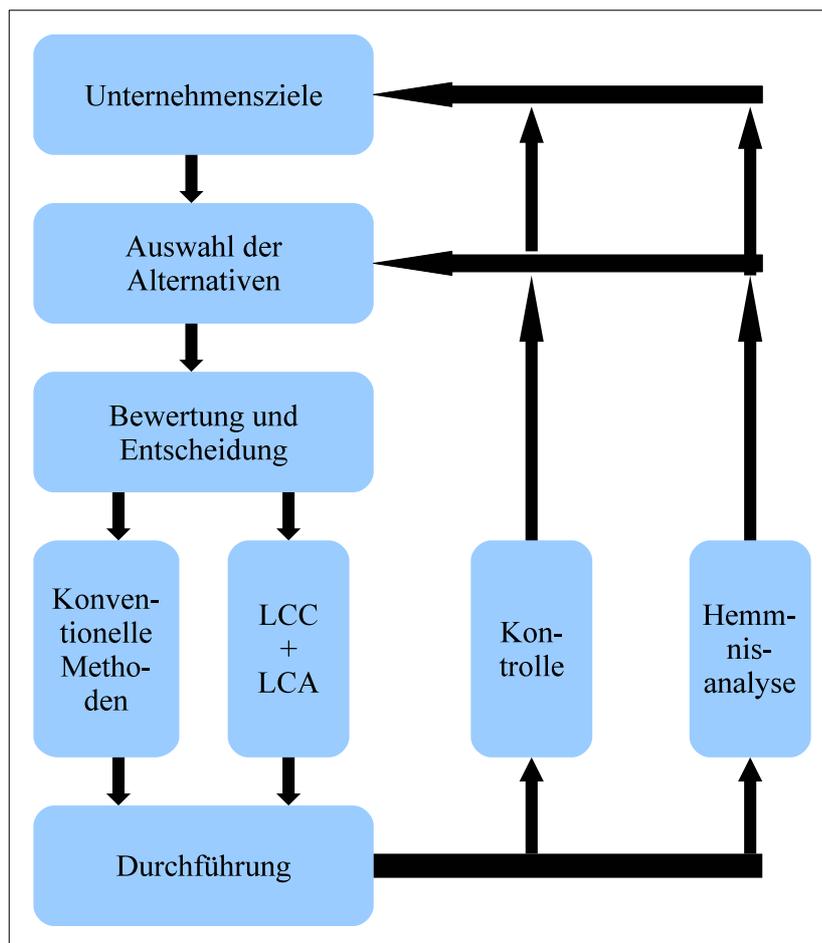


Abbildung 1.: Idealer Beschaffungsentscheidungsprozess (in Anlehnung an RAU, T. (1994), S. 3; PERRIDON, L.; STEINER, M. (2007), S.27.)

Ausgangspunkt des Beschaffungsentscheidungsprozesses ist die Etablierung der umweltfreundlichen Beschaffung als Unternehmensziel. Anschließend sind die Beschaffungsalternativen auszuwählen. Für eine der Alternativen erfolgt nach einer ausführlichen Bewertung gegebenenfalls eine Kaufentscheidung. In der Realität werden zur Bewertung zumeist konventionelle Investitionsrechenverfahren verwendet. Diese Seminararbeit geht darüber hinaus und nimmt die Bewertung der Alternativen anhand der monetären bzw. nicht monetären Entscheidungsinstrumente Lebenszykluskostenrechnung (LCC, englisch für Life Cycle Costing) und Ökobilanzierung (LCA, englisch für Life Cycle Assessment) vor. Hier werden zusätzlich ökologische Entscheidungsparameter berücksichtigt. Nach der Realisierung des Kaufs

¹⁰ PERRIDON, L.; STEINER, M. (2007), S. 127 sowie RAU, T. (1994), S. 3.

ist es sinnvoll eine Kontrolle durchzuführen, um Fehler abzustellen und zukünftige Beschaffungsentscheidungen optimaler gestalten zu können. Ergänzend hierzu ist es sinnvoll, eine Analyse zur Identifikation der Hemmnisse im Beschaffungsentscheidungsprozess durchzuführen, was ebenfalls Gegenstand dieser Seminararbeit ist.

1.5. Technische Details

1.5.1. Achslackieranlage

Die Achslackieranlage dient der vollautomatischen Grundierung und Decklackierung mittels eines Fördersystems, Lackierrobotern und Trocknungseinrichtungen. Die Grundierung wird mithilfe von fünf Sprühlackierrobotern T1 der Herstellerfirma aufgetragen, die eine Gesamtkapazität von 75 Laufwagen pro Stunde aufweisen. Die Laufwagen werden mittels eines Fördersystems, welches in den gesamten Lackierprozess integriert ist, transportiert. Nach der Grundierung mit anschließender Trocknung tragen weitere identische Sprühroboter den Decklack auf, es folgt eine weitere Trocknung inklusive Vortrocknung. Dabei werden die Taktzeiten automatisch von der Anlagensteuerung übernommen, während die Beschickung und Abnahme der fertigen Achsen durch das Personal von MAN übernommen wird. Der Gesamtabluftstrom beträgt ca. $6000 \text{ m}^3/\text{h}$, der der Abluftreinigungsanlage zugeführt wird. Die Anlage ist darauf ausgelegt, in drei Schichten in Betrieb zu sein, aber die MAN Nutzfahrzeuge AG plant zur Zeit mit einer Auslastung, die von zwei Schichten gedeckt werden kann bei einer Anlagenverfügbarkeit von 99%. Die Technischen Daten basieren auf Angeboten der Herstellerfirma und gegebenen Informationen der MAN Nutzfahrzeuge AG. Diese sind im Anhang dargestellt.

1.5.2. Blockheizkraftwerk vs. Brennstoffzelle

Für die Realisierung des Investitionsziels, Bereitstellung eines minimalen sommerlichen Verbrauchs an Wärme und eine zusätzliche Einspeisung elektrischen Stroms (Angabe MAN Nutzfahrzeuge AG), werden die Alternativen Erdgas-Blockheizkraftwerk und Hochtemperaturbrennstoffzelle betrachtet.

1.5.2.1. Blockheizkraftwerk

Blockheizkraftwerke, oder kurz BHKW, werden für die dezentrale Wärmeversorgung eingesetzt.¹¹ Die von MAN angedachte Technologie ist ein erdgasbefeuertes, motorisches BHKW (Angabe MAN Nutzfahrzeuge AG). Zusätzlich wird ein Synchrongenerator benötigt. In dem BHKW wird Erdgas verbrannt und die dabei freigesetzte thermische Energie kann genutzt

¹¹ Vgl. ZAHORANSKY, R. (2008), S. 19.

werden. Des Weiteren wird die mechanische Leistung des Motors an dem Generator in elektrische Leistung umgewandelt. Die technischen Details der zu untersuchenden Anlage sind in der Tabelle 3 zusammengefasst. Als Datengrundlage dienen die gegebenen Informationen von der MAN Nutzfahrzeuge AG sowie Herstellerangaben.

BHKW		
Größe	Einheit	Parameter
Nutzungsdauer	a	12
Volllaststunden	h	7125
Brennstoffleistung	kW	3666
Mechanische Leistung des Motors	kW	1550
Thermische Leistung	kW	1584
Nutzwärmeleistung	kW	1537
Elektrische Bruttoleistung	kW	1511
Elektrische Nettoleistung	kW	1433
Abgasmenge	kg/h	8259
CO ₂ -Emissionen	mg/m _n ³	300
NO _x -Emissionen	mg/m _n ³	500
Gesamtgewicht	kg	13800
Abmessungen der Gesamtanlage	m	B = 1,8m, L = 6,3m, H = 2,5m

Tabelle 3.: Technische Details BHKW (vgl. 2008.)

1.5.2.2. Brennstoffzelle

Von den vielen möglichen technischen Umsetzungen der Brennstoffzellentechnologie sind nur fünf Technologietypen weiterentwickelt worden.¹² Die von MAN Nutzfahrzeuge AG gedachte Hochtemperaturbrennstoffzelle vom Typ Schmelzkarbonatbrennstoffzelle (MCFC = Molten Carbonate Fuel Cell) eignet sich besonders für den Einsatz als dezentraler Energieerzeuger.¹³ Für die Analyse wird das Hot-Module einer Beispielfirma, bei der die Brennstoffzelle realisiert wurde, betrachtet (Angabe MAN Nutzfahrzeuge AG). Als stark vereinfachtes Arbeitsprinzip kann die indirekte Kombination von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser durch eine ionenleitende Elektrolytmatrix angesehen werden.¹⁴ Die Energiezufuhr wird ebenfalls mit Hilfe von Erdgas realisiert. Für die Nutzung des Erdgases innerhalb des Zellstacks ist eine Erdgasreinigung und Aufbereitung (Reformation) notwendig.¹⁵ Die Abgastemperaturen sind niedrig genug, damit der Einsatz gängiger metallischer Werkstoffe für Zellen und Peripherie, gewährleistet ist.¹⁶ Aufgrund von Abtragungen an der Anode und Kor-

¹² Vgl. OERTEL, D.; FLEISCHER, T. (2001), S. 39.

¹³ Vgl. BERGER, P. (2003), S. 42.

¹⁴ Vgl. BERGER, P. (2003), S. 50f.

¹⁵ Vgl. BERGER, P. (2003), S. 51.

¹⁶ BERGER, P. (2003), S. 43f.

rosion der metallischen Teile müssen die Zellstacks im Laufe der Betriebszeit mehrfach ausgetauscht werden.¹⁷ Für die geplante Nutzungsdauer sind drei Zellstacks vorgesehen (Angabe MAN Nutzfahrzeuge AG). Als Datengrundlage dienen die gegebenen Informationen von MAN Nutzfahrzeuge AG, Herstellerangaben sowie Literaturangaben. Die technischen Daten der Brennstoffzelle sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Brennstoffzelle		
Größe	Einheit	Parameter
Nutzungsdauer	a	12
Volllaststunden	h	7500
Brennstoffleistung	kW	700
Thermische Leistung des Zellstacks	kW	363
Nutzwärmeleistung	kW	230
Gleichstromleistung	kW	363
Elektrische Nettogleistung	kW	320
Spezifische CO-Emissionen	mg/MJ	2
Spezifische NO _x -Emissionen	mg/MJ	1
Spezifische NMHC-Emissionen	mg/MJ	0,5
Platzbedarf	m	L = 10m, B = 3m, H = 3,5m
Anlagengewicht	kg	15000

Tabelle 4.: Technische Details Brennstoffzelle (vgl. BERGER, P. (2003), S. 41 ff; OERTEL, D.; FLEISCHER, T. (2001), S. 141 ff.)

1.6. Überblick der Arbeit

Im zweiten Kapitel dieser Arbeit werden nach Erläuterung des theoretischen Konzeptes der Lebenszykluskostenrechnung Berechnungen für die zur Verfügung stehenden Alternativen durchgeführt. Dabei wird auf ein speziell erstelltes Tool zurückgegriffen, wobei nur bereits internalisierte Effekte betrachtet werden. Im dritten Kapitel wird im Rahmen einer Ökobilanzierung die Umweltbelastung durch die Alternativen ermittelt. Dabei werden bereits internalisierte, aber auch externe Effekte berücksichtigt. Das vierte Kapitel hat letztlich zum Ziel, Hemmnisse im Beschaffungsentscheidungsprozess bei MAN zu identifizieren, zu bewerten und Strategien zu deren Überwindung anzuregen. Abschließend werden im fünften Kapitel die Ergebnisse der Lebenszykluskostenrechnung, Ökobilanzierung und Hemmnisanalyse im Zusammenhang dargestellt, diskutiert und interpretiert sowie Handlungsempfehlungen für zukünftige Entscheidungen gegeben. Daneben wird resümierend ein Fazit der Seminararbeit gezogen. Begleitend wurden für die MAN Nutzfahrzeuge AG für unternehmensinterne Schulungszwecke Fallstudien erstellt, die im Anhang der Seminararbeit zu finden sind.

¹⁷ Vgl. BAGOCKJ, V. (2009), S. 132 f.

2. Lebenszykluskostenrechnung

Ziel Ziel dieses Kapitels ist es, auf Basis fundierter Informationen eine Handlungsempfehlung auf Basis von Lebenszykluskosten für die MAN Nutzfahrzeuge AG zu geben.

Forschungsdesign Nach der Definition des Untersuchungsgegenstandes der Arbeit, wird der Begriff sowie das Vorgehen einer Lebenszykluskostenrechnung näher erläutert. Dazu wird in den Kapiteln 2.2 und 2.3 auf die verwendeten Daten, deren Sicherheit und die Analyse der Lebenszykluskosten eingegangen, anschließend erfolgt eine kritische Würdigung der Methode. Für die Alternativen der MAN Nutzfahrzeuge AG werden im letzten Kapitel jeweils die Lebenszykluskosten berechnet und ausgewertet.

Untersuchungsgegenstand Wie in Kapitel 4.1.1 erwähnt, sind technische Anlagen der MAN Nutzfahrzeuge AG am Standort München der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Zuerst wird eine Investitionsentscheidung für eine Achslackieranlage untersucht, die bereits gekauft wurde und bald in Betrieb genommen wird. Deswegen erfolgt lediglich eine Nachkalkulation auf Basis von geschätzten Größen. Hierbei ist die zu klärende Forschungsfrage, wie hoch die Lebenszykluskosten der Achslackieranlage sind. Des Weiteren wird eine Investitionsentscheidung zwischen einem konventionellen Blockheizkraftwerk und einem Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle vorbereitet. Die zu beantwortende Forschungsfrage lautet hier, ob ein Blockheizkraftwerk mit konventioneller Technologie einem Blockheizkraftwerk mit integrierter Brennstoffzelle vorzuziehen ist.

2.1. Die Lebenszykluskostenrechnung

Um eine Investitionsentscheidung durch fundierte Informationen ökonomisch begründen zu können, gibt es in der Literatur und Praxis verschiedene Methoden. Neben klassischen Verfahren der Investitionsrechnung, spielt eine ganzheitliche Betrachtung der Kosten von der Entwicklung über die Nutzung bis zur Entsorgung eine immer größere Rolle. Dazu müssen die jährlichen Zahlungsströme ermittelt werden, die sich durch die Investitionskosten, die laufenden Kosten während der Nutzung und den Entsorgungskosten ergeben. Die Berechnung der Lebenszykluskosten ergibt sich aus der Diskontierung der jährlichen Zahlungsströme. Durch einen Vergleich der Barwerte der Zahlungsströme, den sog. Lebenszykluskosten, wird eine Handlungsempfehlung gegeben. Die Alternative mit den geringeren Lebenszykluskosten ist vorzuziehen. Voraussetzung für die Vorgehensweise ist, dass beide Alternativen funktionsgleich sind.

Die Lebenszykluskostenbetrachtung ist bereits seit den frühen dreißiger Jahren bekannt. Damals wurden beim Einkauf von Traktoren durch den obersten Rechnungshof der USA die Kosten für Unterhaltung und Betrieb betrachtet. Erst viele Jahrzehnte später befassten sich

die Wissenschaftler intensiver damit. Die erste allgemeine Methode zur Betrachtung der Lebenszykluskosten wurde 1978 von BLANCHARD entwickelt¹. Eine detaillierte Verfeinerung des Konzeptes erarbeitete BLANCHARD 1998 zusammen mit FABRYCKY. Inzwischen hat auch die Internationale Standard Organization (ISO) Standards zur lebenszykluskostenorientierten Bewertung herausgegeben (ISO 15663).

2.1.1. Gründe für die Notwendigkeit eines Umdenkens

Die aktuellen ökonomischen Trends, wie Rückgang der Kaufkraft, Kostenexplosion oder verstärkter Wettbewerb durch aufstrebende Märkte, erzeugen ein ausgeprägtes Bewusstsein über die Wichtigkeit der Gesamtkosten eines Projektes oder Produktes. Um diese zu visualisieren bedarf es einer detaillierten Planung aller über den Lebenszyklus anfallenden Kosten im Voraus des Projekts. Dadurch können schon zu Beginn versteckte Kosten aufgedeckt und Maßnahmen ergriffen werden, um diese zu reduzieren. Es ist von großer Bedeutung, möglichst früh einzugreifen, denn die Möglichkeit der Intervention nimmt mit fortschreitender Projektdauer ab, wohingegen die Kosten für eine Änderung ansteigen (siehe Abbildung 2).

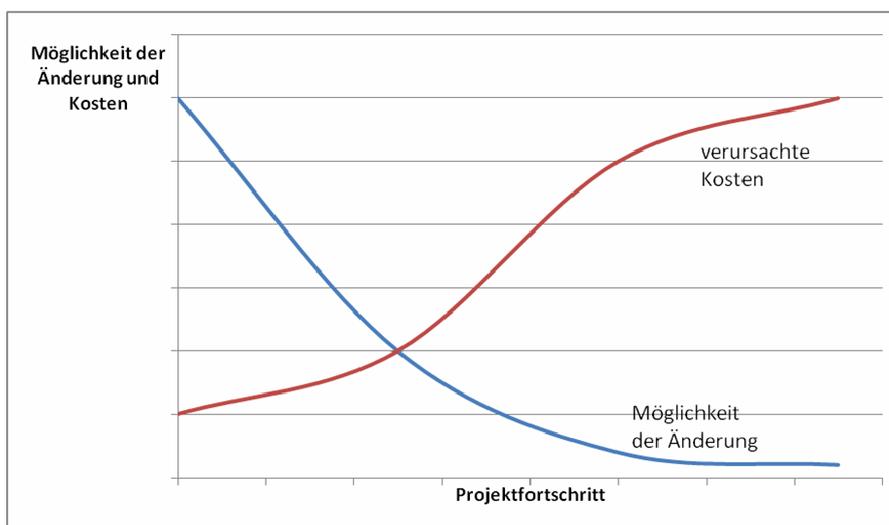


Abbildung 2.: Darstellung von Einflussmöglichkeit und Kosten bei fortschreitendem Projektverlauf (in Anlehnung an FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 13.)

Erfolgt keine detaillierte Aufgliederung der Kosten, geht der Überblick schnell verloren und Kostenpositionen, die nicht offensichtlich sind, geraten in Vergessenheit. Abbildung 3 zeigt das Problem der Verborgenheit vieler Kostenpositionen.

¹ HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008), S. 2.

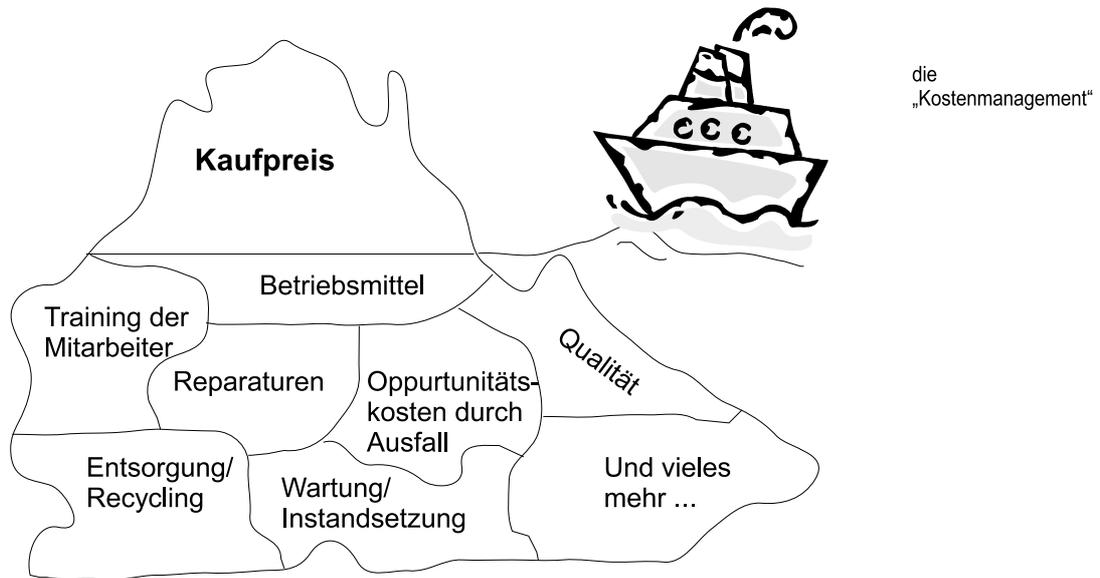


Abbildung 3.: Eisbergmodell (in Anlehnung an FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 124.)

2.1.2. Untersuchungsmethode Lebenszykluskostenrechnung

HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008) unterscheiden in drei Ausprägungen des LCC. Die konventionelle Methode berücksichtigt alle internen Kosten, die direkt dem Produkt oder der Dienstleistung zuzurechnen sind. Die Environmental LCC betrachtet die internen Kosten und zusätzlich externe Effekte, die in der betrachteten Zukunft internalisiert werden sollen. Als Grundlage dienen Daten aus der Ökobilanz. Die dritte Klasse des LCC ist „Societal LCC“, eine Variante, die zusätzlich zu den bei der umweltorientierten Methode einbezogenen Größen, die Auswirkungen auf die Gesellschaft in naher und ferner Zukunft betrachtet. Die Autoren beschränken sich im Folgenden auf die ersten beiden Ausprägungen, wobei eine konventionelle Betrachtung im Vordergrund steht.

Die Lebenszykluskostenrechnung betrachtet alle über den Lebenszyklus eines Produktes anfallenden Kosten. Doch der Begriff „Kosten“ in der deutschen Literatur ist nicht korrekt, vielmehr müsste von Ein- und Auszahlungen die Rede sein². Es werden nur zahlungswirksame Kosten berücksichtigt. Kosten der Kapitalbindung, sowie Abschreibungen finden keine Berücksichtigung. In der Literatur wird häufig zwischen zwei verschiedenen Sichten auf den Produktlebenszyklus unterschieden: Kundensicht und Produzentsicht. HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008) unterscheiden zusätzlich eine dritte Sicht, die gesellschaftliche Perspektive. LCC aus Produzentsicht betrachtet den marktorientierten Produktlebenszyklus, erweitert um Entstehungs- und Entsorgungsphase. Die Abbildung 4 zeigt diesen erweiterten Zyklus.

² COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 572.



Abbildung 4.: Erweiterter marktorientierter Produktlebenszyklus aus Produzentensicht (in Anlehnung an COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 573.)

Ziel des Produzenten ist es, durch eine Lebenszykluskostenbetrachtung mittels höherer Investitionen zu Beginn der Produktentwicklung höhere Einzahlungen und Kosteneinsparungen während der Verkaufsphase zu erreichen. Diese Sicht soll hier jedoch nicht weiter erörtert werden. LCC aus Konsumentensicht dient dem Kunden als Entscheidungshilfe bei einer Kaufentscheidung. Der Produktlebenszyklus aus Sicht des Kunden weicht von dem des Produzenten ab. Der Kunde betrachtet ausschließlich den Kaufpreis, die während der Nutzung anfallenden laufenden Kosten und Kosten für die Entsorgung am Ende des Produktlebenszyklus. Diesen Kunden-Produktlebenszyklus muss der Produzent antizipieren, um geeignete Güter oder Dienstleistungen zu produzieren. In Abbildung 5 ist ein Produktlebenszyklus aus Konsumentensicht dargestellt.

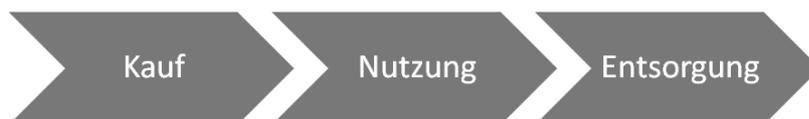


Abbildung 5.: Produktlebenszyklus aus Konsumentensicht (Eigene Darstellung.)

Eine Lebenszykluskostenberechnung beantwortet folgende Fragen:

1. Welche Ein- und Auszahlungen entstehen während des gesamten Produktlebenszyklus?
2. Wann und in welcher Höhe entstehen diese Zahlungen?
3. Wie lang dauert der Lebenszyklus für das Projekt?
4. Mit welchem Zinssatz sind die Zahlungen zu diskontieren?

Offensichtlich beruhen die Eingangsparameter einer Life Cycle Cost-Berechnung auf zukünftigen Werten, die mit Unsicherheit behaftet sind. Um diese in die Berechnung aufzunehmen, gibt es verschiedene Methoden, die in Kapitel 2.2 vorgestellt werden.

2.1.3. Aufbau der Berechnung

Im folgenden Abschnitt wird die Methode zur Berechnung der Life Cycle Kosten einer größeren Investition dargestellt.

Zu erst müssen die Ziele der Analyse bestimmt werden. Das können z. B. die Auswahl eines Lieferanten sein, eine Entscheidung zwischen verschiedenen Prozessen oder ganz klassisch eine Auswahl zwischen verschiedenen Alternativinvestitionen. Im darauffolgenden Schritt müssen die Alternativen ausgewählt werden. Sind alternative Investitionsobjekte vorhanden, muss für jedes Objekt ein Kostenstrukturplan entworfen werden, um Ursachen-Wirkungsbeziehungen zwischen Kostenverursacher und Nutzenverursacher zu visualisieren. Um im vierten Schritt die laufenden Kosten zu ermitteln, müssen Kostenprofile für jeden relevanten Kostentreiber entwickelt werden. Das Kostenprofil gibt dabei an, wie sich der Parameter in den Jahren entwickeln wird. Hierbei müssen auch Inflationsfaktoren und Lerneffekte einbezogen werden. Zuletzt müssen Schätzungen über Entsorgungskosten am Ende des Lebenszyklus getroffen und der risikoadäquate Diskontierungszinssatz bestimmt werden. Das Ergebnis ist der Barwert der zukünftigen Zahlungen. Unter Abzug der einmaligen Investitionsauszahlungen, entsteht der Kapitalwert der Alternative. Es ist die Alternative zu bevorzugen, die den höheren Kapitalwert besitzt.

Der Kostenstrukturplan Um das Problem der Transparenz der Kostenverursacher zu lösen, schlagen FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991) vor, einen Kostenstrukturplan (CBS, engl. für Cost Breakdown Structure) zu entwerfen. Der Kostenstrukturplan ist ein Instrument zur lebenszyklusorientierten Kostenklassifizierung.³ Es stammt ursprünglich aus dem Projektmanagement und dient dort der Visualisierung aller anfallenden Kosten und der anschließenden Kalkulation. Der Kostenstrukturplan im LCC stellt die Basis zur Bewertung der Lebenszykluskosten der Alternativen dar.

Ein Kostenstrukturplan verbindet Ziele und Aktivitäten mit Ressourcen und stellt somit eine logische Hierarchisierung der Kosten dar. Die Kostenanalyse erfolgt dabei häufig nach dem bottom-up Ansatz möglichst unter Einbezug aller Kosten⁴. Dadurch entsteht ein transparentes System von Kostenursachen. Der Kostenstrukturplan kann am besten durch einen Kostenbaum dargestellt werden⁵ (siehe Abbildung 6).

³ Vgl. FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 28.

⁴ Vgl. BRUGGER, R. (o.J.), S. 480.

⁵ Vgl. THE OPEN UNIVERSITY (o.J.), S. 185.

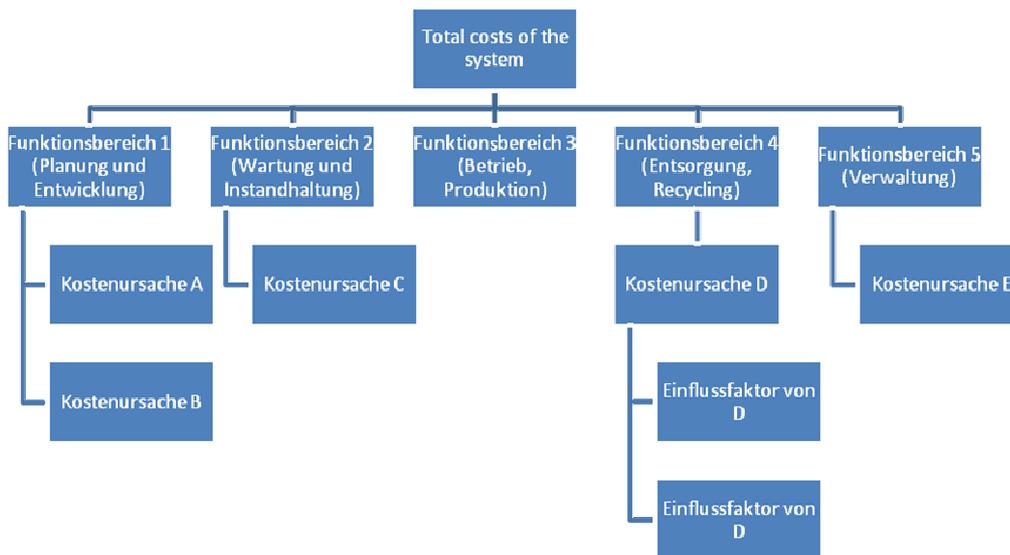


Abbildung 6.: Allgemeiner Kostenstrukturplan (Eigene Darstellung.)

Die höchste Hierarchiestufe ist dabei ein funktionaler Bereich, in dem Kosten anfallen. Wird die Klassifikation verfeinert, bilden sich die Hauptelemente des funktionalen Bereichs, welche sich beliebig weiter untergliedern lassen. Ein Kostenstrukturplan muss genau auf das zu beschreibende Projekt oder Programm zugeschnitten werden. Eine Verallgemeinerung birgt gefährliche Ungenauigkeiten, die zu Fehlentscheidungen führen können. Der Kostenstrukturplan muss folgenden sechs Anforderungen genügen⁶.

1. Nach Möglichkeit sollten alle Kosten berücksichtigt werden.
2. Die Kostenkategorien müssen exakt definiert und abgegrenzt werden.
3. Die Kosten müssen einerseits soweit konkretisiert werden, wie es für die spezifische Situation nötig ist, andererseits jedoch so genau wie möglich. Das Ziel ist Ursachen-Wirkungsbeziehungen aufzudecken.
4. Die Kategorien müssen so definiert werden, dass es möglich ist einen Bereich isoliert zu betrachten, um die Komplexität zu reduzieren.
5. Die Kosten für Lieferanten, Kunden und Produktion an sich müssen isoliert betrachtet werden können.
6. Die Kostenstruktur muss mit der Planung der Kosten und der Unternehmensstruktur kompatibel sein. Dazu können Indizes oder Normierungsmultiplikatoren gebildet werden.

Bevor die Kostenstruktur entwickelt wird, muss geklärt werden,

1. welche Informationen notwendig sind, um valide Ergebnisse zu erreichen,
2. was die Kostentreiber sind und
3. welche Zusammenhänge zwischen den Kostengrößen bestehen.

⁶ Vgl. FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 28.

Bestimmung der Kostenprofile Nach der Bestimmung des Kostenstrukturplans ist es notwendig, Kostenprofile der wichtigsten Einflussgrößen auf die Lebenszykluskosten zu erstellen. Kostenprofile geben Auskunft über die zukünftige Kostenentwicklung der Parameter und können im Komplexitätsgrad je nach Einflussfaktor von trivial bis hochkomplex variieren. Dabei müssen einige wichtige Anforderungen beachtet werden. Zum einen sollte das Profil alle relevanten Faktoren beinhalten und diese verlässlich in einem Zusammenhang darstellen. Die Dynamik der Entwicklung muss dargestellt werden und jederzeit an Veränderungen angepasst werden können. Zum anderen muss ein Kostenprofil einem angemessenen Komplexitätsgrad im Verhältnis zum generierten Nutzen entsprechen und zeitlich schnell implementierbar sein. Außerdem sollte das Aufwand-Nutzen-Verhältnis nicht außer Acht gelassen werden.

2.1.4. Environmental LCC

Durch eine umweltorientierte Lebenszykluskostenbetrachtung soll die ökonomische Dimension als Teil des Nachhaltigkeitsmanagements oder alleinstehend geschätzt werden. Dazu ist es unentbehrlich, eine quantifizierbare Bewertungsmethode zu nutzen. Nur so können Aspekte der Umwelt und Nachhaltigkeit geplant, überwacht und dadurch verbessert werden.⁷ Beim Environmental LCC werden nicht nur bereits internalisierte Kosten berücksichtigt, sondern auch externe Kosten, die internalisiert werden sollen. Dabei darf es allerdings nicht zu einer doppelten Bewertung durch LCA und LCC kommen. Es werden nur externe Effekte berücksichtigt, die bereits bepreist sind. Eine Umrechnung von Umweltbelastungen in monetäre Größen soll laut REBITZER, G.; HUNKELER, D. (2003) nicht stattfinden. HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008) schlagen zwei verschiedene Möglichkeiten zur Internalisierung der externen Effekte vor. Einerseits den Schadenskostenansatz, der im Nachhinein die Kosten bewertet, die durch eine Schädigung der Umwelt entstanden sind und andererseits den Vermeidungskostenansatz, der die Kosten zur Prävention von Umweltschädigungen ermittelt.

2.2. Zukünftige Entwicklungen bewerten

2.2.1. Schätzungen

Bei der Lebenszyklusbetrachtung werden viele Daten benötigt, um ein realistisches Endergebnis zu erlangen. Allerdings ergeben sich dabei meist Schwierigkeiten verlässliche Daten zu bekommen. Aus diesem Grund müssen einige Parameter geschätzt werden. Daten können nach ihrer Art und ihrer Quelle unterschieden werden.⁸ Sie können sowohl qualitativer als auch quantitativer Art sein. Während qualitative Daten nochmals in nominal- und ordinal-

⁷ Vgl. HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008), o. S.

⁸ vgl. MOOSMÜLLER, G. (2004), S. 7 ff.

kaliert eingeteilt werden, sind quantitative Daten in intervall- und verhältnisskaliert zu unterteilen.

Zur Schätzung der zukünftig anfallenden Kosten gibt es verschiedene quantitative und qualitative Verfahren. Ein qualitatives Kostenschätzverfahren gibt nicht an, wie viel ein Objekt oder Prozess letztlich kosten wird, sondern es gibt lediglich an, welche Kostenauswirkungen bestimmte Aktivitäten haben. Aufgrund der Ungenauigkeit und einer fehlenden Monetarisierbarkeit ist diese Methode der Kostenschätzung für diese Arbeit nicht relevant. Um monetäre Ergebnisse zu erhalten, ist eine quantitative Kostenschätzung notwendig. Schätzungen können hier mit Hilfe extrapolierender Verfahren, Schätzungen von Experten⁹ oder kausalen Prognosen durchgeführt werden¹⁰. Nach einer Kostenschätzung kann mit Hilfe einer Regressionsanalyse die zugehörige Kostenfunktion geschätzt werden. Hängen die Kosten nur von einem Faktor ab, genügt eine einfache Regressionsgleichung, die mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate oder einer vorgegebenen Wachstumsrate geschätzt werden kann. Für komplexere Zusammenhänge gibt es mehrere umfangreiche Verfahren der Kostenschätzung. Für die Berechnungen sollten die Daten valide und zuverlässig sein und den neusten Erkenntnissen entsprechen. Daher sollten möglichst vertrauliche Quellen für die Parameter aus einer amtlichen, nicht-amtlichen oder einer internationalen Statistik verwendet werden.¹¹ Weiterhin können technische Daten aus vergleichbaren Techniken abgeleitet werden. Preise und andere wirtschaftliche Wachstumsraten sollten sich nach Prognosen führender Institute richten. Um Abweichungen mit einzubeziehen, sollten geschätzte Daten mit einer Verteilungsfunktion unterlegt werden.

2.2.2. Berücksichtigung von Unsicherheit

Die Unsicherheit bei den verwendeten Daten wirkt sich auch auf das Endergebnis aus. So schwanken beispielsweise Preise im Ein- und Verkauf, Zinsen und Käuferverhalten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten diese Unsicherheiten in Modelle einfließen zu lassen, um präzisere Endergebnisse zu realisieren. Stellvertretend dafür werden nachfolgende Abschnitte die Szenario- und Sensitivitätsanalyse sowie die Monte Carlo Simulation beschreiben.

2.2.2.1. Szenarioanalyse

Die Szenarioanalyse erstellt anhand der sicheren und unsicheren Daten eine Art „Hochrechnung“ für das zukünftige Endergebnis. Bekannt geworden ist diese Methode durch die Berichte des Club of Rome¹², der Umwelt- und Klimaszenarien für kommende Jahrzehnte erstellt hat. Die Szenarioanalyse kann aber auch für langfristige Investitionen genutzt werden. Dabei wird versucht, alle denkbaren Veränderungen der Parameter in die Analyse des Ender-

⁹ z.B. Delphi-Methode oder Konferenzverfahren

¹⁰ vgl. COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 500.

¹¹ vgl. MOOSMÜLLER, G. (2004), S. 8f.

¹² Die Berichte aus dem Jahr 1972 erklären, dass bei endlichen ökologischen Ressourcen auch das ökonomische Wachstum endlich sein muss. (vgl. LOMBORG, B.; RUBIN, O. (2002), S. 42ff.)

gebnisses (z. B. Kapitalwert) einzubeziehen. Diese können sich unterschiedlich stark entwickeln und sind sowohl direkten als auch indirekten Einflüssen ausgesetzt. Die Prognose dieser Einflüsse resultiert zum einen aus der Vergangenheitsbetrachtung der Parameter und zum anderen aus wissenschaftlichen Berechnungen. Darin werden allerdings unerwartete Störereignisse wie die Ölkrise in den Jahren 1973 und 1979 zumeist nicht berücksichtigt, um einen weniger schwankenden Zeittrend abzubilden.

Bei der Szenarioanalyse wird eine trichterförmige Ausprägung angenommen, da Veränderungen der Parameter mehrdimensional erfolgen. Dabei wird der sogenannte Szenariotrichter vom günstigsten Szenario (best case) und dem ungünstigsten Szenario (worst case) begrenzt. Das erwartete Endergebnis (average case) ist das Mittel der beiden Extremszenarien und hat von allen Szenarien die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit. Trotz der Begrenzung gibt es keine hundertprozentige Sicherheit, dass sich der Verlauf der Outputgröße im Zeitverlauf und am Ende in dem Szenariotrichter bewegt. Weiterhin ist anzunehmen, dass sich der Verlauf des Endergebnisses durch Störgrößen volatil verhalten wird.

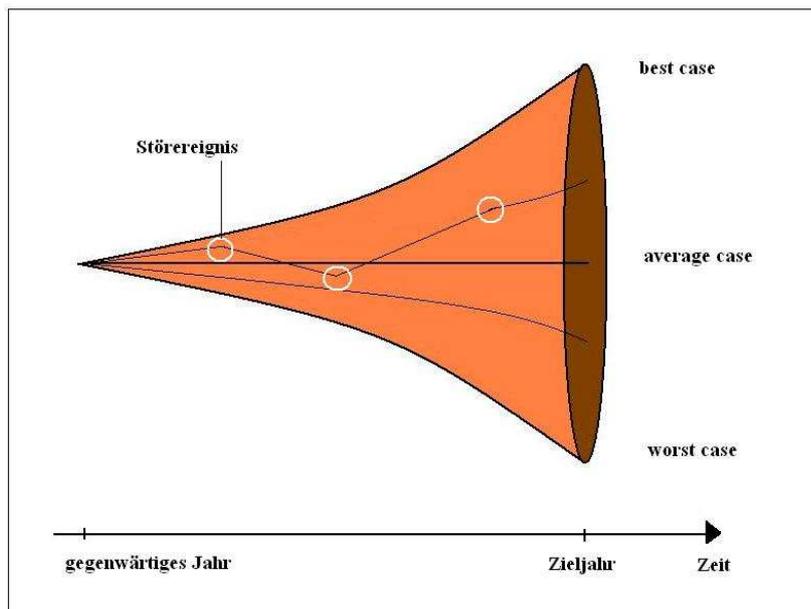


Abbildung 7.: Szenariotrichter (vgl. HERMANN, D. (1991) S. 20.)

Die Szenarioanalyse verläuft in mehreren Schritten. Praxisnah wird der Szenarioablauf durch das Wirtschaftsförderungsinstitut der Handelskammer in 21 Schritten erläutert.¹³ Um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen, werden diese Schritte nachfolgend nur kurz zusammengefasst. Zu Beginn muss das zu untersuchende System eindeutig definiert und somit nach innen und außen abgegrenzt werden, d.h. welche Bereiche in das Szenario mit einbezogen werden. Danach erfolgt eine sogenannte Ist- Aufnahme der Situation, in der eine strategische Planung der Methoden festgeschrieben wird. Sie klärt die Wissensbasis und Ausgangssituation der betrachteten Ausgangsgröße. Weiterhin müssen die Aufgaben und Funktionen des

¹³ vgl. HERMANN, D. (1991), S. 35.

Systems geklärt werden, bevor eine anschließende Stärken- und Schwächenanalyse das Problembewusstsein der Analyse aufzeigt. Dies erfolgt durch ein Abtasten und Überprüfen aller investitionsrelevanten Bereiche. Die nachfolgende Umfeldanalyse untersucht Bereiche wie Politik, Technik und Konkurrenz, die Einflussfaktoren für das Endergebnis darstellen. Mithilfe von Deskriptoren werden diese ausführlich beschrieben. Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge der Einflussfaktoren wird zusätzlich eine Abhängigkeitsanalyse durchgeführt und durch eine Vernetzungsmatrix quantitativ dargestellt. Aus den Deskriptoren für die Einflüsse werden anschließend jegliche Szenarien entwickelt und niedergeschrieben, wobei diese immer wieder auf Konsistenz und Stabilität überprüft werden müssen. In den Szenarien sollten auch mögliche Störereignisse beachtet werden (z.B. Produktionsausfall), die geplante Entwicklungen hemmen können. Das Szenario, in dem jeder Parameter auf das Endergebnis am positivsten einwirkt, stellt den „best case“ dar. Andersherum verhält es sich bei dem „worst case“. Die Szenarioanalyse kann zusätzlich Aufgaben eines Frühwarnsystems übernehmen. Dafür werden für mögliche zukünftige Fehlentwicklungen bereits heute Maßnahmen entworfen, die das angestrebte Endergebnis begünstigen. Dabei sollte jedoch auch von einer Durchsetzungsfähigkeit der Maßnahmen im System ausgegangen werden.¹⁴

Auch wenn die Szenarioanalyse einen sehr verständlichen Einblick in das betrachtete System gibt, spiegeln die Szenarien nur eine Bandbreite der Zukunft ab, sodass eine Restunsicherheit bestehen bleibt. Eine Ursache dafür liegt in den „kognitiven Grenzen, das Unbekannte und Ungewisse zu denken.“¹⁵

2.2.2.2. Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse untersucht nicht nur die Schwankungsbreite des Endergebnisses, sondern betrachtet auch die Einflussstärke der einzelnen Parameter (Inputfaktoren) bei Unsicherheit. So wird der Kapitalwert einer Investition u. a. von den Einnahmen und Ausgaben, der Nutzungsdauer, dem Kalkulationszinssatz und dem Liquidationserlös beeinflusst. Dabei können einige Inputs einen höheren Einfluss als andere haben.

Die einfachste Form der Sensitivitätsanalyse analysiert den Einfluss eines Parameters, während alle anderen Faktoren als konstant angenommen werden. Die Analyse kann in vier Schritte gegliedert werden. Anfangs wird der zu untersuchende Parameter ausgewählt. Danach erfolgt die Berechnung des Endergebnisses in Abhängigkeit eines unsicheren Parameters. Dazu wird ein Schwankungsbereich des Endergebnisses bestimmt, wobei die Grenzen weder über- noch unterschritten werden dürfen. Im letzten Schritt können der Schwankungsbereich und die kritischen Werte für den unsicheren Input sowohl absolut als auch prozentual berechnet werden.¹⁶ Häufig findet auch die umgekehrte Betrachtung statt. Demnach wird zunächst der Schwankungsbereich für den ausgewählten Inputfaktor definiert und anschließend der Einfluss auf das Endergebnis berechnet. Diese Schritte sind für alle Inputfaktoren

¹⁴ vgl. HERMANN, D. (1991), S. 33.

¹⁵ KOSOW, H.; GASSNER, R. (2008), S. 75.

¹⁶ vgl. KRUSCHWITZ (2007), S. 351.

durchführbar, sodass feststellbar ist, welcher Inputfaktor den höchsten Einfluss auf das Endergebnis hat.

Die grafische Darstellung erfolgt über die sogenannte Höchster Spinne und veranschaulicht die Auswirkung der einzelnen Parameterveränderungen.¹⁷ Im folgenden Beispiel wird der jeweilige Einfluss der Inputfaktoren a und b auf den Kapitalwert C_0 einer Investition betrachtet.

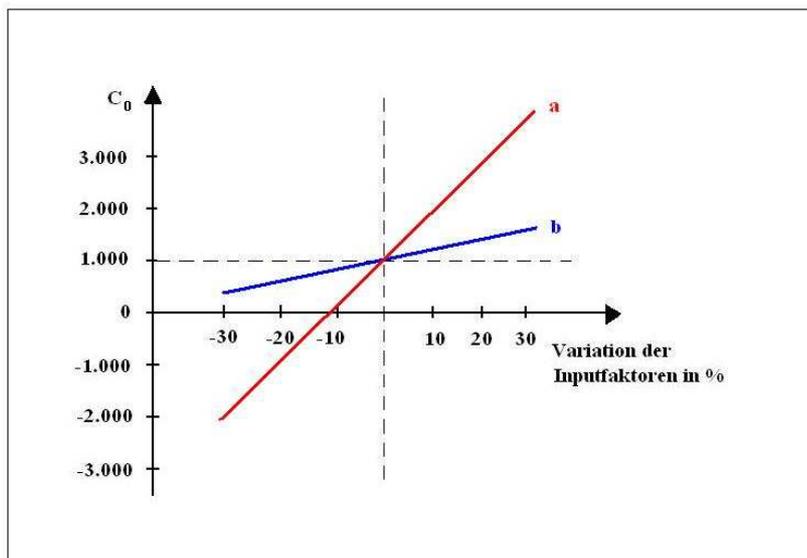


Abbildung 8.: Höchster Spinne (DROSSE, V.; VOSSEBEIN, U. (1997) S. 109.)

Je größer der Anstieg der Gerade ist, desto stärker wirkt sich die Veränderung des Parameters auf den Kapitalwert aus. Es ist erkennbar, dass der Parameter a im Vergleich zum Parameter b eine höhere Sensitivität bzgl. C_0 aufweist. Daraus ergeben sich weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Informationsbeschaffungs-, Planungs- und Kontrollaktivitäten der Inputfaktoren, um bestehende Unsicherheiten zu mindern. Dazu können Umweltbeobachtungssysteme für die einflussstärksten Parameter eingerichtet werden.¹⁸

Weitere Informationen ergeben sich aus der Berechnung der kritischen Werte eines Inputfaktors. Diese können in der Beurteilung mehrerer Investitionsalternativen hilfreich sein. Eine relative Vorteilhaftigkeit eines Investitionsobjektes mit geringer Kapitalbindung kann somit durch eine Erhöhung des Kalkulationszinssatzes entstehen.¹⁹

In der Regel werden jedoch bei einem Endergebnis mehrere Parameter mit Unsicherheit belegt sein. Eine Sensitivitätsanalyse mit zwei Parametern, die zur gleichen Zeit als unsicher angesehen werden, ist ebenfalls durchführbar. Dafür werden lediglich zwei Inputfaktoren ausgewählt, während alle anderen als konstant angenommen werden. Die Funktion des Endergebnisses ist nun von zwei Faktoren abhängig. Aus der Bestimmung kritischer Wertekombinationen resultiert eine kritische Fläche, die das Endergebnis widerspiegelt.

¹⁷ vgl. GÜNTHER, E. u. a. (2002), S. 48.

¹⁸ vgl. GÖTZE, U. (1995) S. 367.

¹⁹ vgl. GÖTZE, U. (1995) S. 372.

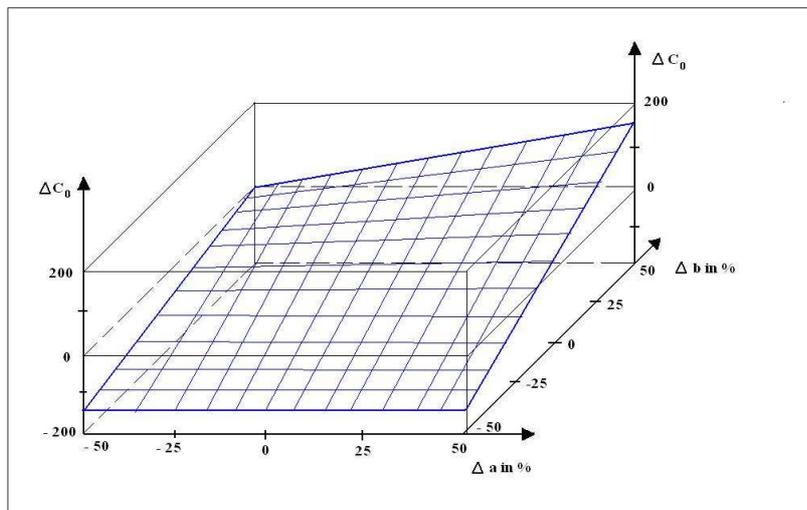


Abbildung 9.: Kritische Fläche (vgl. GÖTZE, U. (1995) S. 370.)

Die Abbildung 9 zeigt, dass der Kapitalwert C_0 durch eine positive Veränderung der Parameters a und b ansteigt. Je nach Sensitivität des Kapitalwertes bezüglich a und b , kann es trotz einer entgegengesetzten Entwicklung von a und b zu einem Anstieg des Kapitalwertes der Investition kommen.

Bei mehr als zwei unsicheren Inputfaktoren gleichzeitig, lassen sich die Ergebnisse nicht mehr in einem dreidimensionalen Raum darstellen und eine Interpretation wird schwieriger. Für Abhilfe kann eine Tabelle sorgen, in der den unterschiedlichen Schwankungsbereichen der Inputfaktoren die jeweiligen Endergebnisse zugeordnet sind.

Die Sensitivitätsanalyse ist zusammenfassend in der Lage, folgende Fragen zu beantworten.

1. Wie stark wird das Endergebnis durch einen oder mehrere Inputfaktoren beeinflusst, bei denen ein bestimmter Schwankungsbereich angenommen wird?
2. Wie stark kann ein Inputfaktor bzw. können mehrere Inputfaktoren schwanken, wenn das Endergebnis in einem vorgegebenen Schwankungsbereich liegen soll? ²⁰

Aufgrund ihres relativ geringen Aufwandes werden Sensitivitätsanalysen oft als Instrument der Investitionsrechnung unter Unsicherheit eingesetzt.

Nachteil dieser Analyse ist jedoch die Unterstellung völliger Konstanz bei den restlichen Parametern. Weiterhin kann keine Aussage über die Wahrscheinlichkeit der Parameterabweichungen getroffen werden. Sensitivitätsanalysen geben zwar einen Einblick in die Struktur von Entscheidungsproblemen, können diese jedoch nicht lösen. Eine eindeutige Entscheidungsregel beinhaltet diese Analyseform demzufolge nicht.

²⁰ Vgl. GÖTZE, U. (1995), S. 364.

2.2.2.3. Monte Carlo Simulation

Im Gegensatz zur Sensitivitätsanalyse betrachtet die Monte-Carlo-Simulation²¹ alle unsicheren Parameter gleichzeitig und kann somit als eine erweiterte Sensitivitätsanalyse aufgefasst werden. Die Methode zählt zu den numerischen Verfahren und simuliert das entsprechende Endergebnis in einem angepassten stochastischen Modell.²² Dabei werden die unsicheren Daten mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung unterlegt, die eine entsprechende Variation des Parameters beschreibt. Während die Sensitivitätsanalyse nur einen Durchlauf benötigt, erfolgen bei der Monte Carlo Simulation mehrere Durchläufe. Das anzunehmende Endergebnis berechnet sich aus dem Mittelwert der einzelnen Simulationen. Die Monte-Carlo-Simulation beinhaltet im Wesentlichen fünf Schritte ²³.

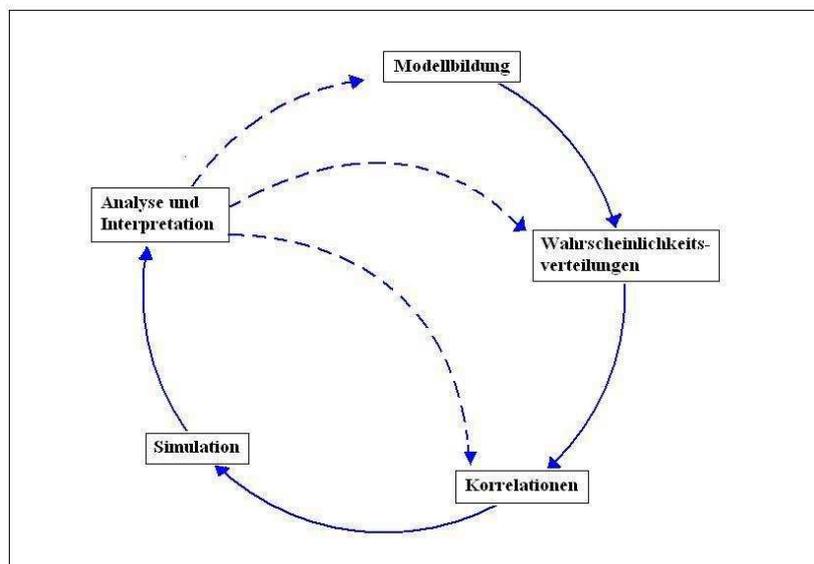


Abbildung 10.: Die fünf Schritte der Monte Carlo Simulation (eigene Darstellung nach BLEUEL, H.-H. P. D. (2006).)

Im ersten Schritt der Simulation wird der Untersuchungsgegenstand in einem Modell definiert, welches ein Abbild der Realität darstellt.

Das Endergebnis ergibt sich aus den einzelnen Inputparametern, die im zweiten Schritt mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung hinterlegt werden. Anschließend können daraus einzelne Konfidenzintervalle abgeleitet werden. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Parameter ist für die Simulation von zentraler Bedeutung. Dabei wird zunächst für jeden unsicheren Wert ein Intervall abgesteckt, welches sich aus der Sensitivitäts- und Szenarioanalyse (best case, worst case) ergibt. Die angenommenen Wahrscheinlichkeiten können entweder objektiver oder subjektiver Natur sein. Objektive Wahrscheinlichkeiten werden mit Hilfe

²¹ Benannt wurde das Verfahren nach dem weltbekannten Casino von Monte Carlo, in dem regelmäßig die Ergebnisse der Roulettespiele ausgehängt wurden. Daraufhin entstanden Tabellen mit Zufallszahlen. Eingeführt wurde die Monte-Carlo-Simulation von den Mathematikern Metropolis und Ulam 1949.

²² vgl. HENGARTNER, W.; THEODORESCU, R. (1978), S. 56.

²³ vgl. BLEUEL, H.-H. P. D. (2006), S. 371ff.

von statischen Analysen ermittelt, wobei sichergestellt werden sollte, dass die Rahmen und Wirkungsmechanismen der Parameter hinreichend stabil sind.²⁴ Ansonsten bieten subjektive Wahrscheinlichkeiten aufgrund von Erfahrungs- und Spezialwissen eine gute Alternative, die meist zu einer realistischeren Prognose führt. Je nach Wahrscheinlichkeitsannahme wird auch eine entsprechende Verteilungsfunktion der Parameter angenommen. Dazu muss zuerst geprüft werden, ob die Verteilungsfunktion begrenzt oder unbegrenzt verlaufen sollte. Weiterhin sollte die Streuung der Parameter untersucht werden. Wird für den Wert eine gleichmäßige Streuung um den Mittelwert erwartet, kann die Normalverteilung²⁵ angenommen werden. Liegt im Gegensatz dazu keine Vermutung zur Verteilung der Parameter vor, so kann man bei Informationen über die Extremwerte von einer Gleichverteilung²⁶ ausgegangen werden. Eine weitere Verteilungsfunktion ist die Dreiecksverteilung²⁷, bei der jedoch die Extremwerte und der Mittelwert bekannt sein müssen.

Im dritten Schritt der Monte-Carlo-Simulation geht es um das Verständnis ökonomischer Wechselwirkungen der einzelnen Parameter. So korrelieren bspw. Absatzpreis und Absatzmenge negativ miteinander. Andere Annahmen als diese führen zu falschen Endergebnissen. Die Simulation ist der vierte Schritt und lässt vielfach das Endergebnis durch Zufallszahlen für die Wahrscheinlichkeiten berechnen. In der Praxis werden meist 1000 Simulationen durchgeführt, um eine hinreichende Stabilität des Endergebnisses zu erreichen. Es kann jedoch schon ab 100 Simulationsdurchläufen von einer Konvergenz an das zu erwartende Endergebnis ausgegangen werden.²⁸ Durch die Simulation werden die Einzelrisiken der Parameter zu einem Gesamtrisiko des Endergebnisses aggregiert.²⁹ Durch negative Korrelationen ergeben sich Diversifikationsvorteile, sodass das Gesamtrisiko kleiner ist als die Summe aller Einzelrisiken.

Abschließend wird in der fünften Phase das Endergebnis validiert, analysiert und interpretiert. Bei der Validierung des Endergebnisses sollten die ersten drei Schritte mit ihren Annahmen gegebenenfalls erneut überdacht werden. Die Monte-Carlo-Simulation bietet bei der Analyse auch eine Übersicht über das Risiko des prognostizierten Endergebnisses, sodass dieses durch entsprechende Maßnahmen gesteuert werden kann.

Die Monte-Carlo-Simulation ist ein relativ schnelles und einfaches Verfahren um eine grobe approximative Lösung zu erhalten.³⁰ Unternehmen nutzen in den meisten Fällen für die Berechnungen das Tabellenkalkulationsprogramm Excel. Der Aufwand entscheidet sich nach der Tiefe der Wahrscheinlichkeiten für die Parameter, d. h. sensitive Parameter sind dahingehend zu überprüfen, ob die gewählte Wahrscheinlichkeitsverteilung mit der tatsächlichen übereinstimmt. Ggf. muss eine neue Verteilungsannahme getroffen werden.

Bei der Simulation entstehen jedoch zwei wesentliche Fehlerquellen.³¹ Zum einen basiert

²⁴ vgl. BLEUEL, H.-H. P. D. (2006), S. 373ff.

²⁵ Eine betriebswirtschaftliche Verwendung findet diese Verteilung z. B. im Qualitätsmanagement bzw. der Maßtreue von Bauteilen.

²⁶ Diese Annahme wird z.B. bei einem Leck an einer Pipeline angenommen

²⁷ Denkbar ist die Verwendung z.B. bei der Absatzprognose einer Tankstelle

²⁸ vgl. HILLER, T. (2004), S. 74.

²⁹ vgl. BLEUEL, H.-H. P. D. (2006), S. 374.

³⁰ vgl. HILLER, T. (2004), S. 56f.

³¹ vgl. HILLER, T. (2004), S. 58.

die Verteilungsfunktion der Parameter meist auf empirischer Beobachtung, die durch Stichproben keinen exakten Wert liefern kann. Zum anderen wird mit diesen geschätzten Verteilungsfunktionen ein zufälliges Endergebnis berechnet.³² Die Genauigkeit der Monte-Carlo-Simulation hängt somit vom Stichprobenumfang der unsicheren Parameter ab.

Aus diesem Grund kann man nur innerhalb eines angegebenen Konfidenzintervalls (z. B. 95 % oder 99 %) sagen, dass das Endergebnis in einem bestimmten Bereich liegt.³³

2.3. Analyse der Lebenszykluskosten

2.3.1. Bewertung der Lebenszykluskosten

Die Berechnung der Lebenszykluskosten ergibt sich aus der Diskontierung der jährlichen Zahlungsströme. Die Alternative mit den niedrigeren Lebenszykluskosten ist vorzuziehen. Anschließend gibt eine Sensitivitätsanalyse Aufschluss über besonders reagible Eingangsparameter. Durch Simulation lassen sich Konfidenzintervalle berechnen, in denen sich die Lebenszykluskosten bewegen. Das Konfidenzintervall zeigt die Schwankungsbreite der Kosten, die die Sicherheit des erwarteten Wertes angeben. Der Mittelwert der Simulationen bildet die Entscheidungsbasis.

2.3.2. Break-Even Analyse

Generell ist es für die Unternehmensleitung wichtig zu wissen, ab welcher Verkaufsmenge bzw. Umsatzmenge alle Kosten gedeckt werden und kein Verlust entsteht. Dazu wird das Instrument der Break-Even-Analyse angewandt. Bei einer Break-Even-Analyse werden grundsätzlich alle Kosten dem Umsatz oder Deckungsbeitrag bei einer bestimmten Menge gegenüber gestellt und der Punkt ermittelt, wo sich beide genau gleichen (Break-Even-Punkt). COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007) unterscheiden im Ein-Produktunternehmen zwischen dem Deckungsbeitragsmodell und dem Umsatz-Gesamtkostenmodell. Es besteht auch die Möglichkeit einer statistischen Break-Even-Analyse, die hier jedoch nicht näher beleuchtet werden soll. Abbildung 11 zeigt das Prinzip einer Break-Even-Analyse beim Umsatz-Gesamtkostenmodell, während Abbildung 12 das Gewinnschwellenprinzip am Deckungsbeitragsmodell, welches später auf die MAN Nutzfahrzeuge AG angewendet wird.

³² vgl. HILLER, T. (2004), S. 64f.

³³ vgl. HILLER, T. (2004), S. 56ff.

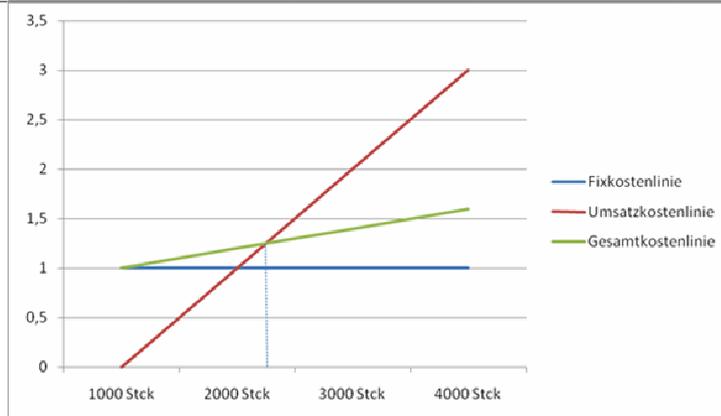


Abbildung 11.: Umsatz Gesamtkostenmodell (vgl. COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 287.)

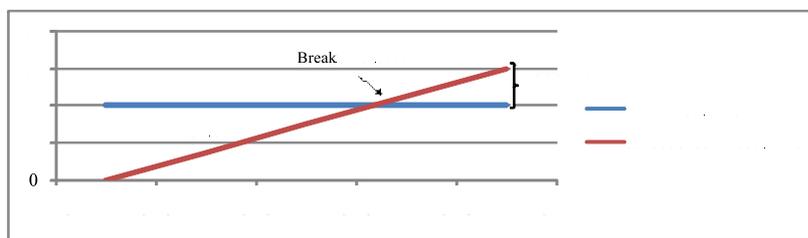


Abbildung 12.: Deckungsbeitragsmodell (vgl. COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 287.)

Je nach Bedarf kann eine Break-Even-Analyse für Unternehmen die nur ein Produkt herstellen, oder für solche die mehrere, verschiedene Produkte herstellen angepasst werden. Die Komplexität der Break-Even-Analyse hängt dabei von Anzahl und Zusammensetzung der hergestellten Produkte, dem unternehmensinternen Anspruch der Fixkostenverrechnung und der Variabilität des Produktmixes ab. Zusätzlich oder alternativ kann die Break-Even-Zeit berechnet werden, also die Zeit, die benötigt wird, den Break-Even-Punkt zu erreichen. Ziel sollte es stets sein, den Break-Even-Punkt möglichst früh zu erreichen. Ansatzpunkte für Maßnahmen sind z. B. Absatzsteigerung, Verbesserung der Stückdeckungsbeiträge, Fixkostensenkung und im schlimmsten Fall Desinvestition, allerdings mit gleichzeitigem proportionalem Fixkostenabbau³⁴.

2.3.3. Kritische Würdigung

Ein großer Vorteil der Lebenszykluskostenrechnung ist die ganzheitliche Betrachtungsweise von der „Wiege bis zur Bahre“ (cradle-to-grave-Ansatz) eines Produktes, Prozesses oder einer Dienstleistung. Weiterhin werden implizite Entscheidungsinterdependenzen verdeutlicht, d. h. dass die Investitionssumme zu Beginn des Lebenszyklus die laufenden Auszahlungen beeinflusst. So kann eine höhere Investitionsauszahlung zu Beginn die laufenden Kosten und Entsorgungsauszahlungen reduzieren. Eine Lebenszyklusbetrachtung führt zu einer detail-

³⁴ COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 303.

lierten Planung und lässt Kostentreiber schon frühzeitig erkennbar werden. Dadurch steht ein Gesamtoptimum und nicht eine Teiloptimierung im Fokus³⁵.

Problematisch ist jedoch die schwierige Prognostizierbarkeit der Ersatz- und Wartungskosten sowie der Preisentwicklung der Inputparameter. Trotz Sensitivitätsanalysen und Simulationen kann diese Unsicherheit nicht komplett eliminiert werden. Die in der Praxis oft vorherrschende Budgetierung ist einperiodisch und steht im Widerspruch zu einer langfristigen Lebenszykluskostenbetrachtung. Dadurch können Investitionsvorhaben abgelehnt werden, die langfristig gesehen vorteilhafter sind als solche, die kurzfristig realisierbar erscheinen. Eine höhere Nutzungsdauer wirkt sich meist positiv auf eine Lebenszykluskostenrechnung aus, dabei wird jedoch kein Technologiefortschritt berücksichtigt. Dadurch können veraltete Maschinen im Unternehmen sein, die höhere Kosten verursachen als technologisch fortschrittlichere.

2.4. Lebenszykluskostenrechnung am Beispiel der MAN Nutzfahrzeuge AG

2.4.1. Zieldefinition

Ziel der Lebenszykluskostenbetrachtung für die MAN Nutzfahrzeuge AG ist es, einerseits durch eine Lebenszykluskostenanalyse zu überprüfen, ob die Entscheidung für eine Achslackieranlage ökonomisch und ökologisch begründbar ist und andererseits, eine Investitionsempfehlung für die Investition in ein konventionelles Blockheizkraftwerk oder ein Blockheizkraftwerk mit hochmoderner Brennstoffzelle zu geben. Die Systemgrenzen entsprechen dabei den physiologischen Grenzen der Anlagen.

Durchführung der Lebenszykluskostenberechnung Im Folgenden wird nach der Zieldefinition eine Optimal-Variante für die Achslackieranlage bei der MAN Nutzfahrzeuge AG vorgestellt und anschließend die tatsächlich für diese Arbeit genutzten Kostenstrukturpläne dargestellt. Für alle Lebenszykluskostenrechnungen werden Sensitivitätsanalysen und Monte Carlo Simulationen durchgeführt.

Nach der Informationsgenerierung, werden nun die Kostenstrukturpläne für die Anlagen der MAN Nutzfahrzeuge AG entwickelt.

Der optimale Kostenstrukturplan für die Achslackieranlage ist in Abbildung 13 zu sehen. Voraussetzung für die Nutzung dieses Kostenstrukturplans sind ein umfangreiches Reporting sowie die fachübergreifende Zusammenarbeit der Bereiche. Nur bei einem ausgeprägten Reporting können die Lebenszykluskosten detailliert überwacht werden.

³⁵ COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007), S. 575.

Während der Planungsphase entstehen hauptsächlich Kosten für die Konzeption und den Umbau der Halle. Hier ist auch die Investitionssumme einzubeziehen, falls keine Finanzierung über eine Kreditlinie erfolgt. Die wichtigsten Kostenverursacher in der Klasse Wartung und Reparatur sind Personalkosten, Materialeinzelkosten und Kosten für entgangene Produktionszeit und somit entgangenen Gewinn. Eine detailliertere Aufschlüsselung in einzelne Materialkomponenten und deren Logistikkosten sowie eine Untergliederung der Ausfallkosten z. B. in planmäßige und außerplanmäßige Ausfallkosten für jedes einzelne Bestandteil ist vorstellbar.

Dazu können spezifische Indikatoren, wie die mittlere Zeit zwischen zwei Fehlern (MTBF, engl. für mean time between failure), mittlere administrative Verzugsdauer (MAD, engl. für mean administrative delay), mittlere logistische Reparaturdauer (MLD, engl. für mean logistic delay) u. v. m. ermittelt werden.³⁶

Darauf aufbauend können entstehende Kosten exakt ermittelt werden. Um die Kosten, die durch Produktionsstopp entstehen, in das Konzept zu integrieren, schlagen FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991) vor, wenigstens die MTBF und die mittlere Zeit zur Wiederherstellung (MTTR, engl. für mean time to recover) in die Berechnung der Opportunitätskosten einzubeziehen.

Die MTBF gibt an, wie lange die Anlage nutzbar ist, bis eine Reparatur erfolgt und die Anlage stillsteht. Sie misst somit die Zuverlässigkeit der Anlage³⁷. Die MTBF-Funktion hat einen parabolischen Verlauf, wie zum Beispiel eine Funktion $f(x) = -0,1x^2$.

Die MTTR wird als mittlere Zeit zur Wiederherstellung der Maschine nach einem Ausfall definiert³⁸. Die MTTR-Funktion hat einen linear steigenden Verlauf³⁹, wie z. B. $f(x) = 0,03 + 0,01x$.

Bei der Produktion entstehen Kosten für Warmlauf und Nachlauf der Maschine, für Entsorgung, Rohstoffe, Energie und Personal. Zum Lebenszeitendpunkt müssen Kosten für Rückbau und/ oder Entsorgung betrachtet werden. Gemeinkosten der Maschine sowie die anfallenden Kosten für die Finanzierung werden im Funktionsbereich Verwaltung betrachtet.

Der in Abbildung 13 dargestellte Kostenstrukturplan ist keineswegs vollständig. Er soll beispielhaft für ausgewählte Funktionsbereiche darstellen, wie ein detaillierter Kostenstrukturplan aussehen sollte.

Im Folgenden wird nun geklärt, wie der Kostenstrukturplan für die zu betrachtenden Anlagen bei der MAN Nutzfahrzeuge AG aussehen. Dabei wird aus Gründen der Verständlichkeit im Gegensatz zur Erstellung der Kostenstruktur, die nach dem Bottom-up-Ansatz erfolgte, nach dem Top-down-Ansatz vorgegangen.

³⁶ FLEISCHER, J.; LANZA, D. G.; WAWERLA, D.-I. M. (2007), S. 4 ff.

³⁷ FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 318.

³⁸ FLEISCHER, J.; LANZA, D. G.; WAWERLA, D.-I. M. (2007), S. 4.

³⁹ FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991), S. 318.

2.4.2. Kostenstrukturplan für die Achslackieranlage, das BHKW sowie die Brennstoffzelle

Achslackieranlage Der tatsächliche Kostenstrukturplan der Lackieranlage ist kompakter und weniger detailliert als der beispielhafte Kostenstrukturplan. Diese Vereinfachung wurde aus Praktikabilitätsgründen gewählt, worauf später noch ausführlich eingegangen wird.

Das gesamte Kostensystem der Achslackieranlage wird in vier Hauptkategorien gegliedert: Planung und Investition, Wartung und Reparatur sowie Produktion und Entsorgung bzw. Rückbau. Zur Klasse der bei der Planung anfallenden Kosten werden alle Kosten des Projektmanagements vor und während der Installation gezählt. Hauptkostentreiber sind hier laut MAN Nutzfahrzeuge AG neben dem Investitionsbetrag der maschinenspezifische Umbau der Halle und Engineeringkosten.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Kostenaspekt ist die Zuverlässigkeit der Anlage. Eine zuverlässige Anlage verursacht in der Wartung und Reparatur weniger Kosten, als eine weniger zuverlässige Anlage. Ziel sollte es also sein, die Zuverlässigkeit durch regelmäßige Wartung zu garantieren und somit Reparaturkosten zu sparen. Durch Ausfall der Maschine entstehen Opportunitätskosten, die hier aber wegen einer erwarteten Verfügbarkeit der Anlage von 99 % vernachlässigt werden. Der Betrieb der Maschine verursacht vor allem Personal-, Energie- und Wasserkosten sowie Kosten für das eingesetzte Rohmaterial. Für Rückbau und Entsorgung der Anlage am Ende der Lebenszeit fallen ebenfalls Kosten an. Kosten, die im Bereich der Verwaltung anfallen, sind hauptsächlich nicht verursachungsgerecht zurechenbare Gemeinkosten. Diese finden deswegen in dieser Arbeit keine Berücksichtigung.

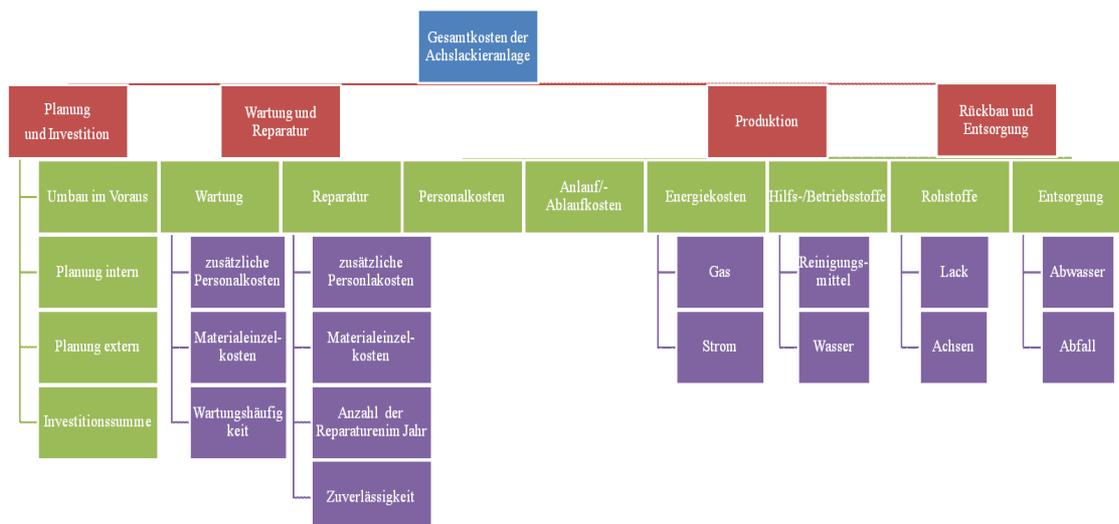


Abbildung 14.: Kostenstrukturplan der Achslackieranlage 2 (Eigene Darstellung.)

Konventionelles Blockheizkraftwerk Das Kostensystem des BHKW wird ebenfalls in die vier Hauptkostenklassen Planung und Konzeption, Wartung und Reparatur, Produktion und Entsorgung unterteilt.

Im Planungsbereich entstehen Kosten für das Gutachten, interne Planung und Investitionssumme.

Durch die Wartung der Anlage entstehen Kosten in Höhe des Vollwartungsvertrages. Durch diesen umgeht die MAN Nutzfahrzeuge AG die Unsicherheit bzgl. der erwarteten Auszahlungen für die Wartung. Kosten für eine Generalüberholung und der Zeitpunkt dieser beeinflussen die Kosten für Wartung und Reparatur ebenfalls. Im Produktionsprozess entstehen Kosten für Personal, Wärmeentsorgung sowie Brennstoff. Natürlich fallen am Ende der Lebensdauer des BHKW Entsorgungskosten an. Verwaltungsgemeinkosten bleiben unberücksichtigt.

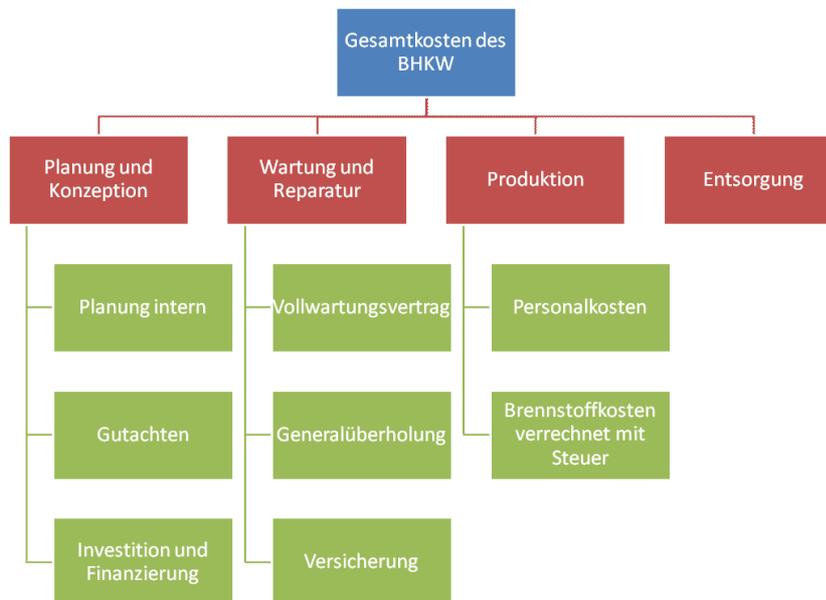


Abbildung 15.: Kostenstrukturplan des konventionellen Blockheizkraftwerks (Eigene Darstellung.)

Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle Das Kostenprofil der Brennstoffzelle gliedert sich analog der anderen Anlagen in vier Bereiche, wie in Abbildung 16 zu erkennen ist.

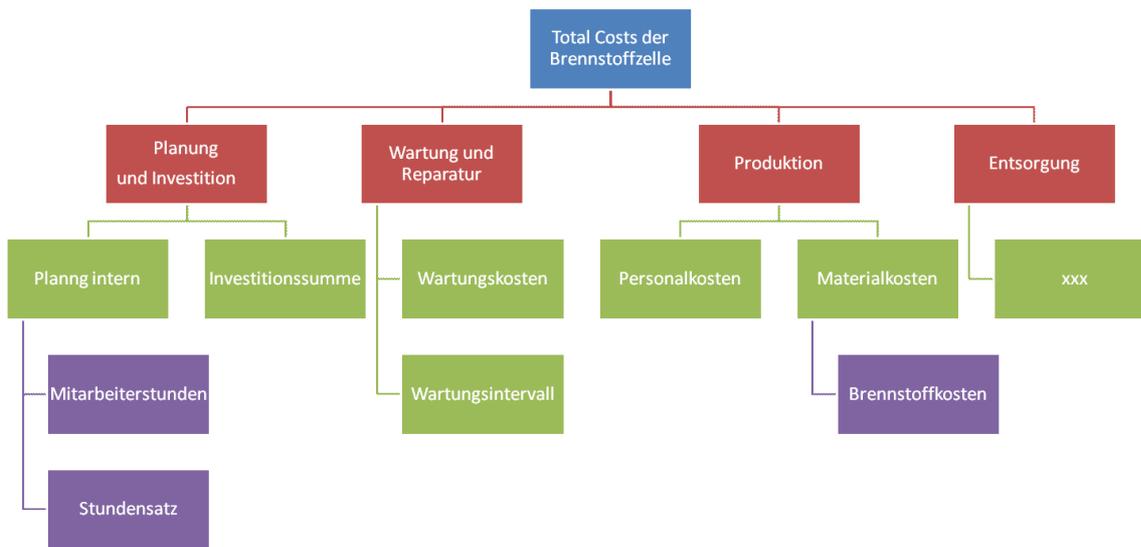


Abbildung 16.: Kostenstrukturplan des Blockheizkraftwerks mit Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

2.4.3. Kostenprofile

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gefordert, werden nun die Kostenprofile der Anlagen dargestellt.

Bei der konventionellen Berechnung der Lebenszykluskosten setzen sich die jeweiligen Kosten aus dem Preis der Vorperiode multipliziert mit der jährlichen Preissteigerung zusammen. Wird keine Steigerung angegeben, bleiben die jährlichen Kosten über die gesamte Nutzungsdauer konstant. Durch die angenommene durchschnittliche Inflation von 1,82% pro Jahr über die gesamte Nutzungsdauer betragen die Personalkosten, die in etwa mit der Inflationsrate steigen, im Jahr zwei 35.875 GE (35.000 GE * 1,0182) und im Jahr fünf 37.618 GE (35.000 GE * 1,0182⁴).

Bei der Monte-Carlo Simulation der Lebenszykluskosten setzen sich die jährlichen Kosten abhängig von der gewählten jährlichen Steigerung a , der Volatilität der Steigerung b und einer standardnormal verteilten Zufallszahl Z zusammen. Die Kostenermittlung wird im folgendem, Anhand der Strompreise detailliert aufgezeigt. Der allgemeinen Formel für die Kosten $K_{m, k}$ des Kostenverursachers m im Jahr k erfolgt eine Aufschlüsselung anhand des Beispiels für die Stromkosten im Jahr zwei. Die verwendete Formel ist eine Vereinfachung der geometrischen Brown'schen Bewegung.⁴⁰ Mit dieser Formel werden alle zukünftigen Preisentwicklungen, für jeden Kostenverursacher und für jedes Jahr simuliert.

$$K_{m, k}(x_m, p_{m, k-1}, a_m, b_m) = x_{m, k} * p_{m, k-1} * (1 + (a_m + b_m * Z)) \quad (2.1)$$

⁴⁰ KARATZAS, I.; SHREVE, S. E. (1991), S. 329.

k	= Jahr
m	= Kostenverursacher
$x_{m, k}$	= Menge im Jahr
$p_{m, k-1}$	= Preis pro Einheit im Vorjahr
a_m	= jährliche Preissteigerung im Vorjahr
b_m	= Volatilität von m
Z	= standardnormalverteilte Zufallszahl (neuberechnet für jedes Jahr und jeden Kostenverursacher)

Am Beispiel der Stromkosten kann man die Berechnung veranschaulichen. Allgemein kann die Formel für die Berechnung der Stromkosten dargestellt werden, als

$$K_{Strom \text{ im Jahr } k}(x_{Strom}, p_{Strom}) = x_{Strom, k} * p_{Strom, k-1} * (1 + (a_{Strom} + b_{Strom} * Z)) \quad (2.2)$$

Anhand der Berechnung der Stromkosten für das Nutzungsjahr 2 wird die Berechnung der Kosten nun dargestellt.

Jährliche Stromkosten (Simulation)

$$\begin{aligned}
 \text{Stromkosten im Jahr 2} & \quad (2.3) \\
 & = \text{Bezogene Arbeit} * \text{Strompreis im Jahr 1} \\
 & * (1 + (\text{jährliche Strompreissteigerung} \\
 & + \text{Volatilität der Strompreissteigerung} * Z)) \\
 & = 4989,12 \text{ MWh} * 0,022 \frac{\text{GE}}{\text{kWh}} * (1 + (0,08 + 0,1 * Z))
 \end{aligned}$$

Die jährlichen Stromkosten sind abhängig von der bezogenen Arbeit und dem jeweiligen Strompreis. Die Entwicklung des Strompreises hängt von der jährlichen Steigerungsrate und der Volatilität der Steigerung ab. Der Strompreis steigt nach Annahmen von MAN jährlich um 8 % an. Unter Einbezug von zukünftiger Unsicherheit ist eine Volatilität der Steigerung des Strompreises von 0,1 anzunehmen, die mit einer (standardnormalverteilten) Zufallszahl multipliziert und dann der jährlichen Steigerung hinzu addiert wird. So ergibt sich eine Multiplikator für den Vorjahresstrompreis. Die jährliche bezogene elektrische Arbeit beträgt 4989,12 MWh, der Strompreis zu Beginn im Jahr 2009 0,022 GE/kWh.

Die Simulation für die Preisentwicklungen der anderen Kostentreiber, z.B. Personalkosten, Lacke, Reinigungsmittel etc. wird anhand derselben Formel durchgeführt. In Tabelle 5 können die für den jeweiligen Kostenverursacher getroffenen Annahmen (Preis im Jahr 2009, jährliche Steigerung und Volatilität) für die Achslackieranlage abgelesen werden.

Strompreis	Wert	Quelle
Startwert	0,022 GE/kWh	MAN Nutzfahrzeuge AG
jährliche Steigerung	8 %	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Gaspreis	Wert	Quelle
Startwert	$7,3 \cdot 10^{-3}$ GE/kWh	MAN BHKW Rechnung
jährliche Steigerung	8 %	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Bei folgenden Kostenpositionen wurde eine jährliche Steigerung von 1,82 % und eine Volatilität von 0,05 angenommen.		
Mitarbeiter	7000 GE/a*Ma	MAN Nutzfahrzeuge AG
Reinigungsmittel	1,77 GE/kg	MAN Nutzfahrzeuge AG
Grundlack	0,886 GE/kg	MAN Nutzfahrzeuge AG
Decklack	0,886 GE/kg	Annahme Preis Grundlack = Preis Decklack
Härter	1,77 GE/kg	Eigene Rechnung aus Grundlack und Härter
Wasser	0,278 GE/m ³	SWM Wasserpreis (Stadtwerke München)
Abwasser	0,312 GE/m ³	SWM Abwasserpreis

Tabelle 5.: Achslackieranlage verwendete Annahmen

Die unterschiedliche Wahl der Volatilitäten kann dadurch erklärt werden, dass eine Inflation über einen langen Zeitraum (hier 20 Jahre) als relativ sicher angenommen werden kann, und deshalb eine geringe Volatilität von 0,05 gewählt wurde. Durch die Liberalisierung des europäischen Energiemarktes, dem geplanten Atomausstieg in Deutschland sowie die starke Subvention von erneuerbaren Energien ist die Unsicherheit über Energiepreise in Zukunft deutlich größer als bei der Inflation. Deswegen wird hier der Berechnung eine Volatilität von 0,1 zu Grunde gelegt. Die Simulation der Preise beruht obiger Formel zufolge auf der Errechnung einer Zufallszahl. Diese wird als standardnormalverteilt angenommen, da nach dem zentralen Grenzwertsatz alle kleinen Veränderungen im Mittel normalverteilt sind. Durch die Standardnormalverteilung können so, trotz des definierten (positiven) Anstieges eines Preises auch negative Anstiege, also fallende Preise auftreten. Im Mittel jedoch wird sich bei einer ausreichend großen Anzahl an Simulationen die Preisentwicklung an dem vorgegebenen Pfad (in obiger Formel a), orientieren.

Die Kosten, die durch einen Ausfall entstehen, setzen sich zusammen aus den stillstandszeitabhängigen Kosten g und Opportunitätskosten v , die durch die entgangene produzierte Stück-

zahl entstehen. Durch die definierte Verfügbarkeit der Anlage und den Kosten bei Ausfall der Anlage errechnen sich die Ausfallkosten bei definierter Verfügbarkeit d wie folgt.

$$d = g + v \quad (2.4)$$

Die Variation der Verfügbarkeit (in Prozentpunkten) gibt an, um wie viel die tatsächliche Verfügbarkeit um die definierte Verfügbarkeit schwanken darf. Diese Schwankung wird simuliert indem der eingegebene Schwankungswert (= Variation) mit einer standardnormalverteilten Zufallszahl multipliziert wird. Die so errechnete Schwankungsbreite wird dann auf die erwartete Verfügbarkeit addiert sodass die simulierte Verfügbarkeit entsteht. Die jährlichen Kosten des Ausfalls werden jetzt mittels der simulierten und der definierten Verfügbarkeit errechnet.

$$K_{Ausfall, k} = \frac{1 - \min(s + w * Z; 100 \%)}{1 - s} d \quad (2.5)$$

- k = Jahr
- s = definierte Verfügbarkeit in %
- w = Variation (Schwankungsbreite) in %
- d = jährliche Ausfallkosten bei definierter Verfügbarkeit
- Z = standardnormalverteilte Zufallszahl

Da bei der Achslackieranlage zwar die geforderte Verfügbarkeit von 99 % bekannt ist, aber nicht die Kosten die durch einen Ausfall entstehen, werden in der Berechnung der Lebenszykluskosten keine Ausfallkosten berücksichtigt.

Die so errechneten jährlichen Kosten werden unabhängig von der gewählten Methode, konventionelle Berechnung oder Monte-Carlo Simulation, für jedes Jahr der Nutzungsdauer aufsummiert, und mit dem Diskontzinssatz auf das Startjahr diskontiert. Der ermittelte Barwert der zukünftigen Zahlungen spiegelt die Lebenszykluskosten der betrachteten Alternative wider.

In der vorliegenden Arbeit wurden für die Achslackieranlage die folgenden Kostenprofile erstellt, die detailliert im Anhang erläutert werden.

Lerneffekte sind auf Grund des geringen Personaleinsatzes an den Anlagen nicht zu berücksichtigen.

2.4.4. Diskontierungszins

Der zu Grunde gelegte Diskontierungszins beträgt 8,52 %. Dieser Zins ist durch die geforderte Eigenkapitalrendite und den Steuersatz von der MAN Nutzfahrzeuge AG bestimmt. Die Eigenkapitalrendite vor Steuern beträgt 11 %.⁴¹

⁴¹ Vgl. Geschäftsbericht MAN AG (2009), S. 223.

$$\text{Steuersatz} = \frac{\text{Steuerlast 2008}}{\text{Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit 2008}} \quad (2.6)$$

$$\text{Steuersatz} = \frac{193.850}{860.896} \quad (2.7)$$

Der Steuersatz beträgt somit 22,51 %. Durch die folgende Berechnung ergibt sich der Diskontierungszins.

$$0,11 * (1 - 0,2251) = 0,852 = 8,52\%$$

Damit werden alle Zahlungen abgezinst.

Environmental Life Cycle Costing bei MAN Der Kostenstrukturplan für die Betrachtung der umweltorientierten Lebenszykluskosten des Blockheizkraftwerk ist in Abb. 17 zu sehen. Der Unterschied zum konventionellen Kostenstrukturplan ist die Funktionseinheit Umwelt, die von den bereits internalisierten Umwelteffekten und den noch zu internalisierenden Umwelteffekten determiniert wird. Da die Anlagen hauptsächlich Kohlenstoffdioxid, welches das in der Politik am relevantesten erachtete klimarelevante Gas ist⁴², beschränken sich die Autoren auf die Betrachtung von CO₂. Die Kosten für CO₂ sind allerdings bereits berücksichtigt, da das Unternehmen gesetzlich verpflichtet ist am europäischen Emissionshandel (EU ETS, engl. für European Union Emission Trading Scheme) teilzunehmen. Die finanzielle Berücksichtigung der Stickoxid-Emissionen erweist sich als schwierig, da es einerseits nicht als Treibhausgas eingestuft ist und somit nicht in CO_{2, eq.} umgerechnet werden kann und es andererseits aber keinen allgemein anerkannten Preis für NO_X Emissionen gibt.

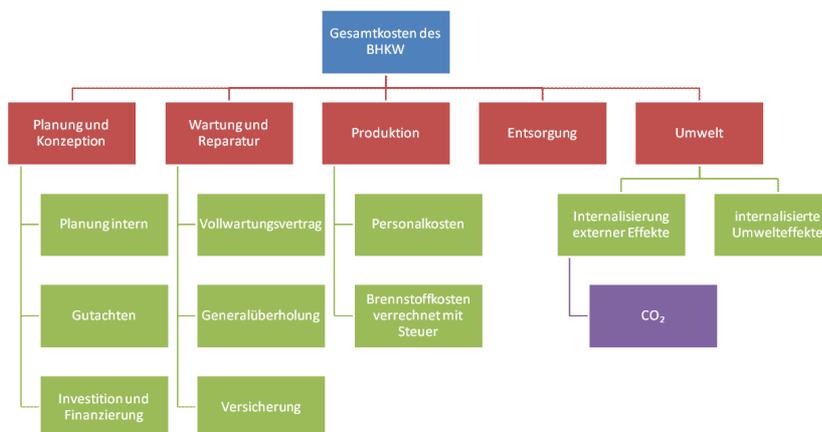


Abbildung 17.: Kostenstrukturplan unter Berücksichtigung der Umweltorientierung (Eigene Darstellung.)

⁴² GÜNTHER, E. (2008), S. 155.

2.4.5. Auswertung

Auswertung Im folgenden Kapitel werden die Daten auf Basis des selbst entwickelten Excel-tools ausgewertet. Eine Auswertung mit am Markt existierenden Tolls ist nicht möglich, da diese nicht auf den hier vorliegenden Sachverhalt anwendbar sind (vgl. Kapitel 2.4.6).

Die separate Betrachtung der RNV wurde auf Grund mangelnder Informationen zur Kostenstruktur und wegen dem geringen Einfluss auf die Gesamtkosten der Anlage nicht betrachtet. Für die Achslackieranlage haben sich folgende Lebenszykluskosten ergeben.

Lebenszykluskosten der Achslackieranlage	10.640.210 GE
---	---------------

Tabelle 6.: Lebenszykluskosten der Achslackieranlage

Die Lebenszykluskosten beruhen auf einer Lebensdauer von 20 Jahren, in denen an 240 Tagen im Jahr im 2-Schichtbetrieb (16 Stunden pro Tag) lackiert wird. Das entspricht der Betrachtung des „average case“ einer Szenarioanalyse. Worst Case und best case werden wegen fehlender Informationen über die Umweltzustände „worst“ und „best“ nicht betrachtet. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die empfindlichsten Parameter Lebensdauer, Zins und Rohstoffkosten sind. Abbildung 18 zeigt die Sensitivitätsanalyse zur Achslackieranlage.

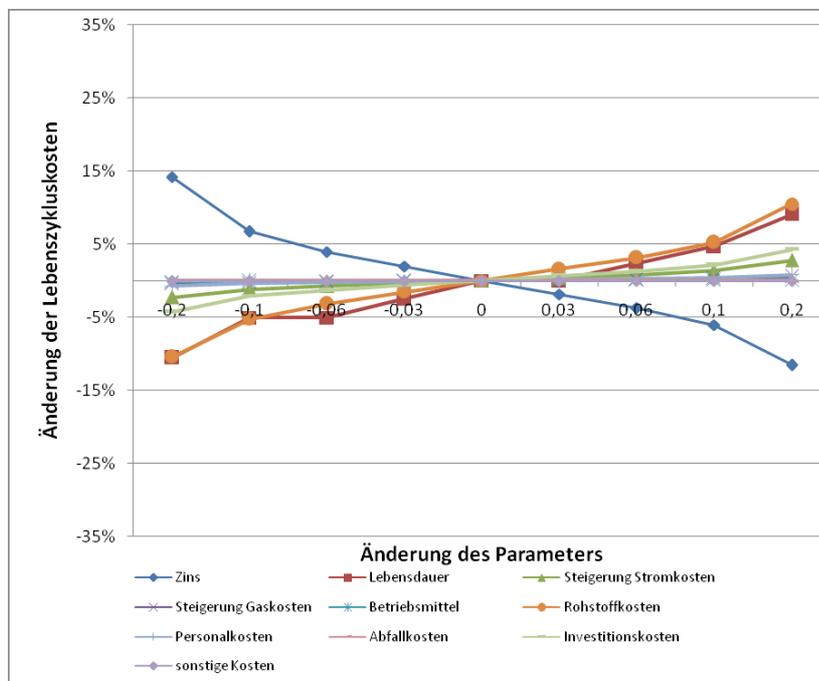


Abbildung 18.: Sensitivitätsanalyse Achslackieranlage (Eigene Darstellung.)

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass sich die Lebenszykluskosten um ca. 14 % erhöhen, wenn ceteris paribus der Diskontierungszins um 20 % geringer ausfällt, d.h. bei 6,82 % liegt. Im Gegensatz dazu sinken die Lebenszykluskosten um ca. 10 %, wenn die Rohstoffkosten um

20 % fallen. Absolut betrachtet entsprechen 10 % geringere Lebenszykluskosten eine Ersparnis von 1,064 Mio. GE. Weitere sensitive Parameter sind Gaskosten und Kosten der Betriebsmittel. Bei der Abschätzung dieser sensitiven Größen ist also besondere Vorsicht geboten, damit verlässliche Ergebnisse entstehen (vgl. Kapitel 2). Der hier errechnete Wert der Lebenszykluskosten beruht auf den statischen Steigerungen der Kosten. Die Kostenstruktur der Lebenszykluskosten setzt sich wie folgt zusammen.

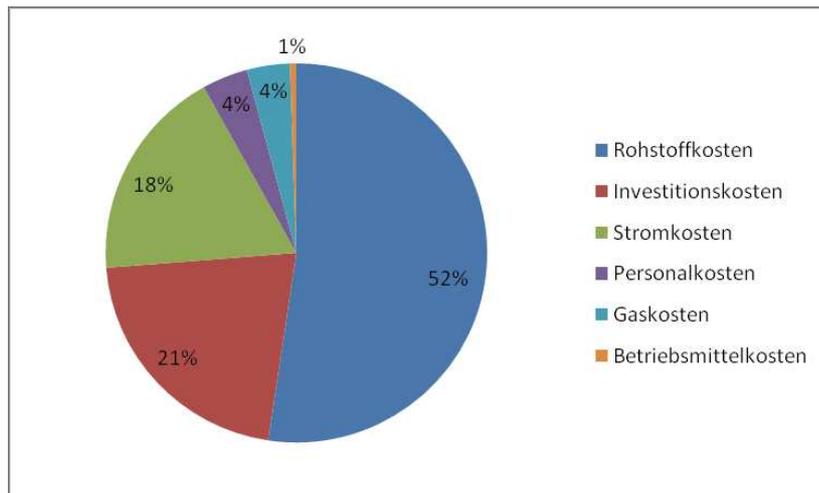


Abbildung 19.: Kostenstruktur Achslackieranlage (Eigene Darstellung.)

Zu erkennen ist, dass die Rohstoffkosten mit 52 % und rund 5,56 Mio. GE an den Gesamtlebenszykluskosten der größte Kostentreiber ist, gefolgt von den Investitionskosten und den Stromkosten.

Da jedoch zukünftige Entwicklungen mit Unsicherheiten behaftet sind, empfiehlt es sich eine Simulation der unsicheren Parameter durchzuführen. Dazu wurden für die unsicheren Parameter Volatilitäten zu Grunde gelegt, um die zukünftigen Entwicklungen mittels einer geometrischen Brownschen Bewegung zu simulieren. Bei 10.000 Simulationsdurchläufen ergeben sich durchschnittliche Lebenszykluskosten in Höhe von 10.643.608 GE, die von den auf konventionelle Art berechneten Lebenszykluskosten von 10.640.210 GE nur marginal abweichen. Die Standardabweichung beträgt 604.530,4 GE. Unter Annahme normalverteilter Ergebnisse liegen die Lebenszykluskosten zu 99,7 % Wahrscheinlichkeit (Mittelwert \pm Standardabweichung) im Bereich von 8.830.016,6 GE und 13.061.729 GE, was auf dem Histogramm in Abbildung 20 zu erkennen ist. Während des kompletten Lebenszyklus lackiert die Anlage 1,552 Mio. Achsen. Dies hat Lackierkosten von 1,848 GE pro Achse zu Folge. In diesen Kosten sind sowohl die Investitions-, als auch die kompletten Kosten, die während der Lebensdauer der Anlage anfallen, inbegriffen.

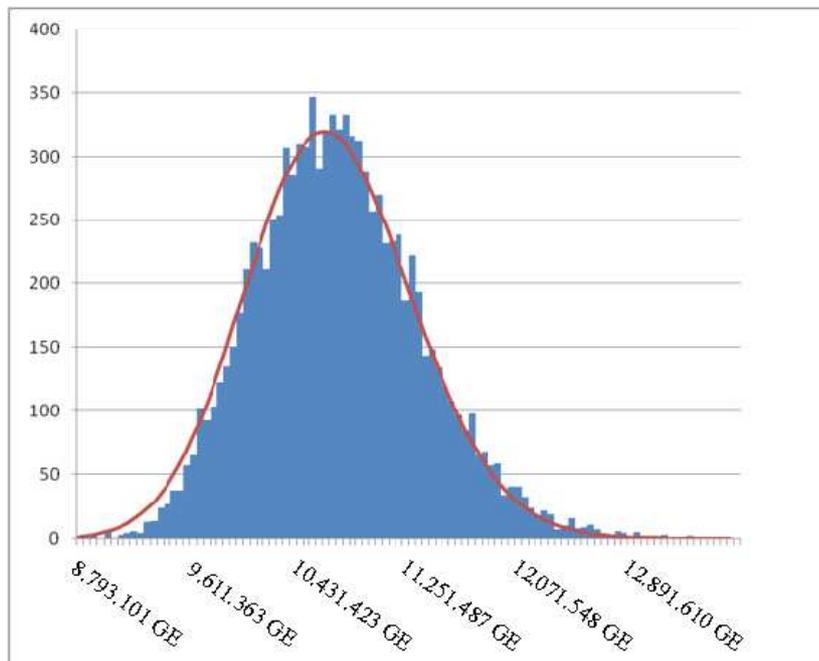


Abbildung 20.: Histogramm der Simulationsergebnisse Achslackieranlage (Eigene Darstellung.)

Für das konventionelle Blockheizkraftwerk und das Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle wurden folgende Lebenszykluskosten ermittelt.

Lebenszykluskosten konventionelles Blockheizkraftwerk	2.492.029,2 GE
Lebenszykluskosten Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle	636.508 GE

Tabelle 7.: Lebenszykluskostenvergleich BHKW/ Brennstoffzelle

Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle Die konventionelle Berechnung der Lebenszykluskosten für das BHKW mit Brennstoffzelle ergibt Lebenszykluskosten in Höhe von 636.508 GE. Dieser Wert beruht auf einer Lebensdauer von 12 Jahren, wobei die Anlage 8000 Volllaststunden pro Jahr und eine elektrische Nettoleistung von 320 kW hat. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die empfindlichsten Parameter Lebensdauer und Zins sind. Abbildung 21 zeigt die Sensitivitätsanalyse.

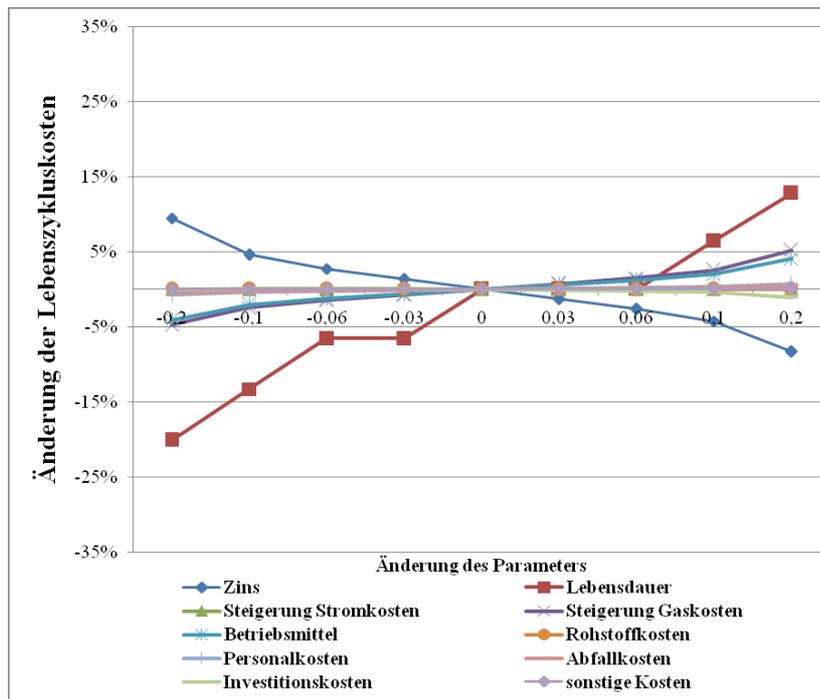


Abbildung 21.: Sensitivitätsanalyse BHKW mit Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

Weitere sensitive Parameter sind Gaskosten und Kosten der Betriebsmittel. Bei der Bewertung dieser Größen ist also besondere Vorsicht geboten, damit verlässliche Ergebnisse entstehen. Den größten Anteil an den gesamten Lebenszykluskosten haben mit 49 % die Brennstoffkosten. Die Zusammensetzung der Kostenstruktur kann in Abbildung 22 abgelesen werden.

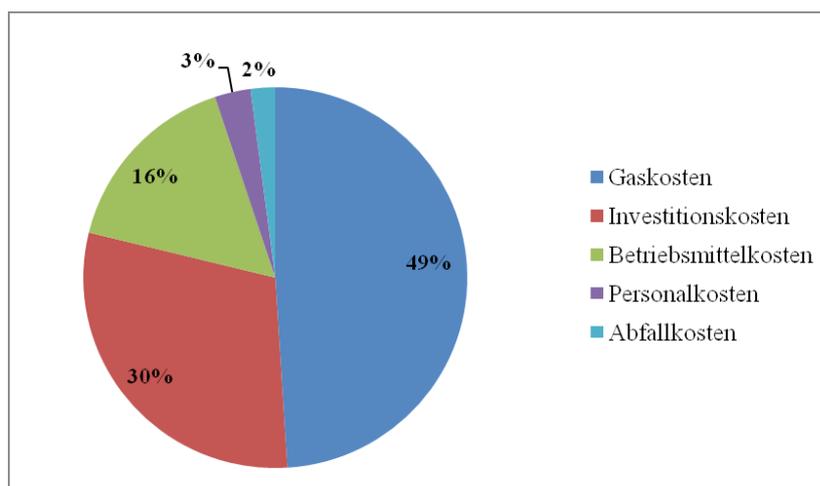


Abbildung 22.: Kostenstruktur BHKW mit Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

Bei einer Verdopplung der Lebensdauer auf 24 Jahre und der damit verbundenen zusätzlichen Stackwechsel in den Jahren 12 und 17 zu jeweils 88.000 GE ergäben sich Lebenszykluskosten 1.145.043,4 GE. Doch wie in Kapitel 2.2.2 erwähnt, unterliegen diese Daten

Schwankungen und sind mit Unsicherheit behaftet, da sich die Schätzungen der Kosten auf zukünftige Gegebenheiten beziehen. Deshalb ist es nützlich, eine Simulation der Parameter durchzuführen. Dazu wurden für jeden Parameter Volatilitäten zu Grunde gelegt. Bei 10.000 Simulationsdurchläufen ergeben sich Lebenszykluskosten in Höhe von 638.214,8 GE. Die Standardabweichung beträgt 70.073,8 GE. Unter Annahme normalverteilter Ergebnisse liegen die Lebenszykluskosten zu 99,7 % Wahrscheinlichkeit im Bereich von 427.993,6 GE und 918.509,6 GE. Dies ist auch dem Histogramm in Abbildung 23 zu entnehmen.

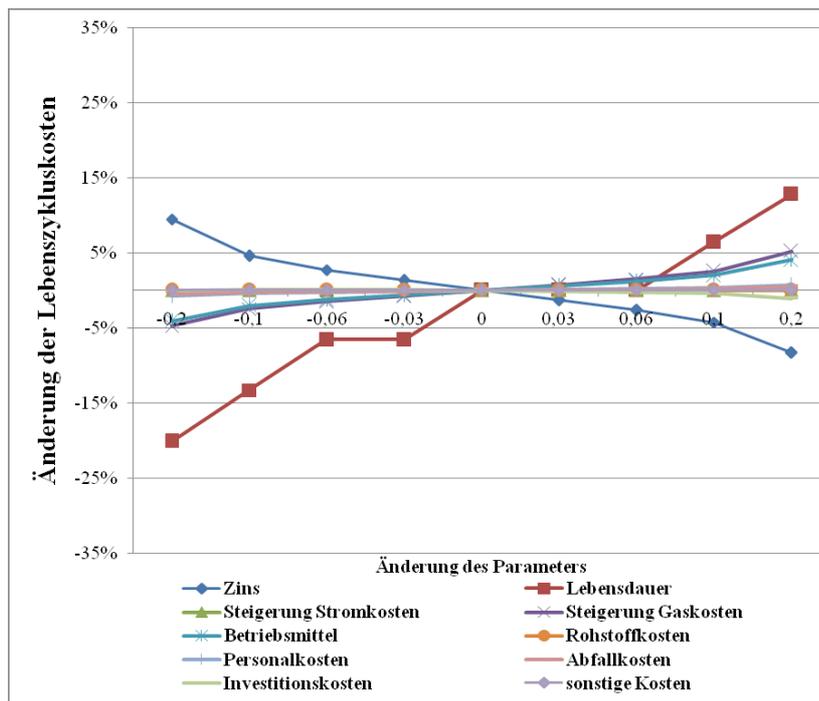


Abbildung 23.: Histogramm der Simulationsergebnisse BHKW mit Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

Blockheizkraftwerk konventionell Die konventionelle Lebenszykluskostenberechnung für das Blockheizkraftwerk ergibt Kosten von 2.492.029,2 GE. Dabei wurde eine Lebensdauer von zwölf Jahren, 7500 Vollaststunden und eine elektrische Nettoleistung von 1432 kW angenommen. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass auch hier der Kalkulationszins und die Lebensdauer den größten Einfluss auf den Barwert der Kosten haben (vgl. Abbildung 24).

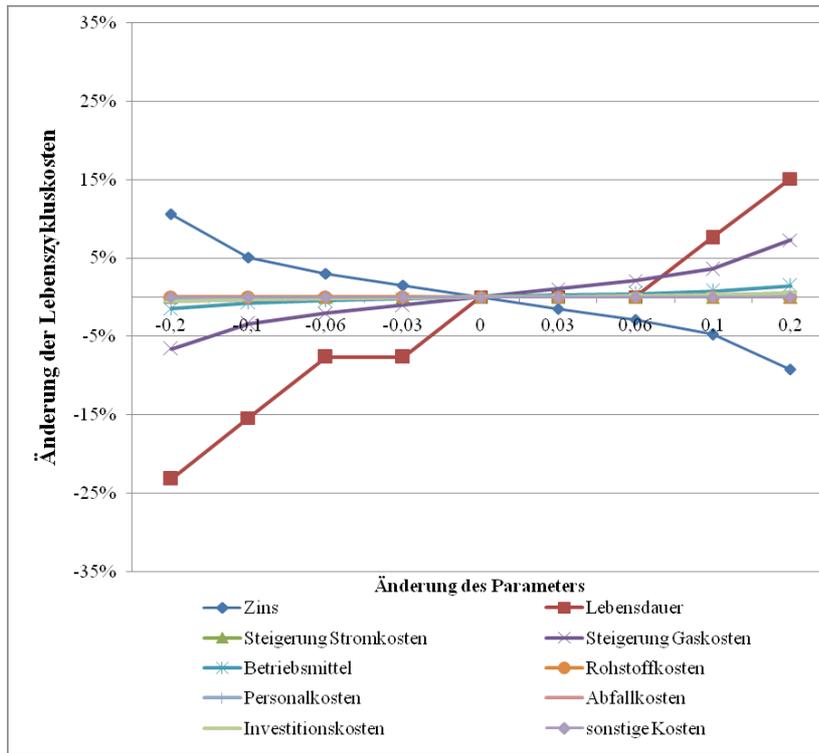


Abbildung 24.: Sensitivitätsanalyse BHKW (Eigene Darstellung.)

Die Zusammensetzung der Kostenstruktur kann in Abbildung 25 abgelesen werden. Den größten Anteil an den Lebenszykluskosten haben mit 81 % bzw. 2,14 Mio. GE die Brennstoffkosten.

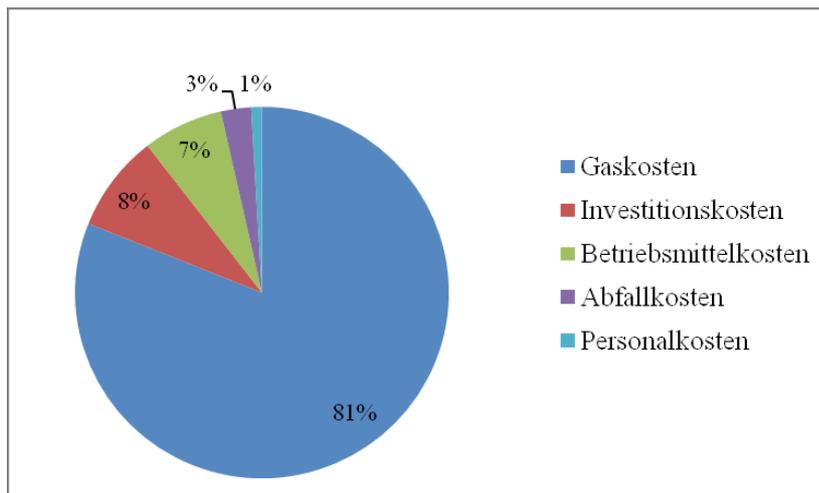


Abbildung 25.: Kostenstruktur BHKW (Eigene Darstellung.)

Bei der Monte-Carlo Simulation mit 10.000 Durchläufen ergeben sich mittlere Lebenszykluskosten von 2.497.072 GE mit einer Standardabweichung von 375.555,2 GE. Zu 68,3 % liegen die Kosten zwischen 2.121.516,8 GE und 2.872.627 GE. Mit 99,7 %-er Wahrschein-

lichkeit liegen die Lebenszykluskosten zwischen 1.370.406,4 GE und 3.999.292,6 GE, unter der Annahme, dass die Ergebnisse normalverteilt sind.

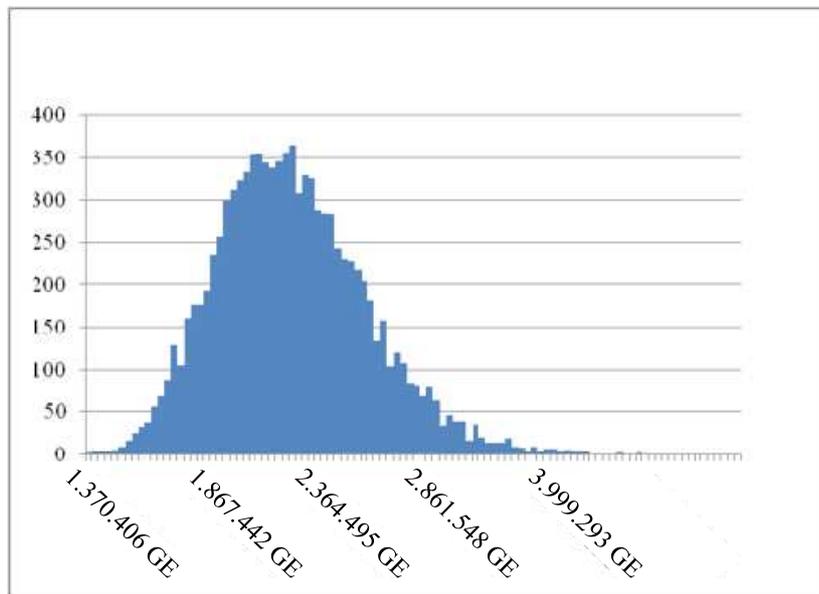


Abbildung 26.: Histogramm der Simulationsergebnisse BHKW (Eigene Darstellung.)

Fazit Werden nur die absoluten Lebenszykluskosten beider Blockheizkraftwerke verglichen, erscheint die Brennstoffzelle günstiger. Die Brennstoffzelle produziert, wie oben bereits erwähnt, nicht dieselbe Leistung wie das Blockheizkraftwerk mit konventioneller Technologie. Um die beiden Anlagen jedoch sinnvoll vergleichen zu können, muss dieselbe Funktionalität zu Grunde gelegt werden. Dazu können z. B. die Kosten pro MWh ermittelt werden. Diese betragen beim Blockheizkraftwerk ohne BSZ $19,362\text{GE}/\text{MWh}$ und beim Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzelle $20,776\text{GE}/\text{MWh}$. Damit ist aus dieser Perspektive das Blockheizkraftwerk ohne Brennstoffzelle zu bevorzugen. Andererseits kann durch sieben Blockheizkraftwerke mit Brennstoffzelle die Leistung eines konventionellen Kraftwerkes erreicht werden. Angenommen, diese sieben Brennstoffzell-Kraftwerke könnten parallel erworben und betrieben werden, entstehen Lebenszykluskosten in siebenfacher Höhe von 5.459.151,6 GE. Für das konventionelle Blockheizkraftwerk entstehen allerdings lediglich Kosten in Höhe von 636.508 GE, also 111.388.900 GE. Für das konventionelle Blockheizkraftwerk entstehen jedoch nur 2.492.029,2 GE Lebenszykluskosten. Damit werden mit dem konventionellen BHKW im Vergleich zur Brennstoffzellentechnologie 1.963.526,8 GE eingespart. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass zwischen den sieben Brennstoffzellen Synergieeffekte entstehen. So erhöhen sich die Personalkosten weit weniger als das Siebenfache der vorherigen Kosten. Bevor nun eine definitive Investitionsentscheidung getroffen werden kann, sollten noch Aspekte, wie Marketingpotenziale und Technologieführerschaft berücksichtigt werden. Es könnte ein Imagegewinn durch das Publizieren einer eingesetzten Brennstoffzelle entstehen, der z. B. mittels Conjoint-Analyse quantifiziert werden kann. So wäre die Preisbereitschaft der Kunden ermittelbar und die Zusatzkosten könnten auf Abnehmer

übergewälzt werden (prospektive Überwälzbarkeit⁴³). Als Technologieführer entsteht Anerkennung in der Branche, wodurch die Machtposition gegenüber Lieferanten ausgebaut werden kann. Dadurch können verstärkt Rabatte ausgehandelt und somit die Kosten retrospektiv auf die Lieferanten abgewälzt werden. Des Weiteren baut ein Unternehmen als Technologieführer den Vorsprung zur Konkurrenz aus. Strategische Wettbewerbsvorteile können generiert, bzw. ausgebaut werden⁴⁴. Etwaigen rechtlichen Einschränkungen wirkt man somit pro-aktiv entgegen und sichert die zukünftige Position seines Unternehmens am Markt. Daraus können eine verbesserte Bewertung am Aktienmarkt folgen und Investoren für weitere Projekte geworben werden. Die in der Schlussbetrachtung diskutierten Chancen des Erwerbs einer Brennstoffzelle sind jedoch nicht Betrachtungsgegenstand dieser Arbeit, weswegen aus Sicht der Lebenszykluskostenbetrachtung eine Kaufempfehlung für das konventionelle Blockheizkraftwerk gegeben wird.

Zukünftige Arbeiten könnten die Marketingwirkung und Wirkung einer Technologieführerschaft in eine Lebenszykluskostenbetrachtung integrieren oder die Nützlichkeit als nachgestellte Betrachtung einer solchen Analyse erarbeiten.

2.4.6. Weitere LCC-Tools

Das verwendete Excel-Tool ist eine Möglichkeit um die Lebenszykluskosten übersichtlich und genau zu berechnen.

Dem Nutzer stehen jedoch auch allgemeine LCC-Tools im Internet zur Verfügung, auf die im einzelnen kurz eingegangen wird.

MSR'S GENERAL LCC-TOOL Das MSR's general LCC-Tool ist grundsätzlich zu empfehlen. Die meisten Kosten müssen dabei je Grundeinheit angegeben werden. Diese Daten werden jedoch nicht in allen Fällen vorhanden sein, sodass erst Berechnungen und Recherchen dem Ergebnis voran gehen müssen. Es können bis zu 5 Produkte gleichzeitig verglichen werden, was eine genügende Überschaubarkeit liefert. Allerdings kann weder eine Preissteigerung der Inputfaktoren sowie eine Kreditfinanzierung berücksichtigt werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Beschränkung der Kosten für Betriebsmittel auf maximal 5 Faktoren.

LCCLight version 0.5 Der Fokus dieses LCC-Tools liegt auf dem Energieverbrauch und den Personalkosten einer Maschine, wodurch andere Kostenarten vernachlässigt werden. Deshalb ist die Einsatzmöglichkeit als sehr eingeschränkt zu sehen. Auch hier können keine Kostensteigerungen eingepreist werden. Sehr gut ausgearbeitet sind die Ausfall- und Reparaturoptionen und die Ausfallberechnungen.

Grundsätzlich entsprechen die Teilergebnisse für Energie und Personal den Ergebnissen aus dem Excel-Tool.

⁴³ GÜNTHER, E. (2008), S. 236.

⁴⁴ BAUM, H. G.; COENENBERG, A. G.; GÜNTHER, T. (2007), S. 230 ff.

Barringer & Associates, Inc. Life cycle Cost Spreadsheet Dieses Tool bietet zwei verschiedene Herangehensweisen. Zu einen kann der Net Present Value einer Investition berechnet werden. Zum anderen kann bei vorgegebenen Gesamtkosten, die maximalen Investitionskosten genannt werden. Eine Berücksichtigung der Steuern ist möglich. Allerdings müssen die Zahlungsströme konkret auf die einzelnen Jahre umgerechnet werden, was den zeitlichen Aufwand bei langlebigen Anlagen stark erhöht. Ausfallzeiten finden leider keine Berücksichtigung. Bei der Finanzierung wird davon ausgegangen, dass die Anlage am Anfang an komplett aus eigenen Mitteln bezahlt wird. Für die Berechnung des Net Present Value werden nicht nur Kosten sondern auch Einnahmen in Form von Einsparungen berücksichtigt. Es finden sich weitere LCC-Tools, die sich jedoch alle nicht auf die komplexe Kostenstruktur von größeren Anlagen übertragen lassen. Sie können allenfalls eine grobe Orientierung der unterschiedlichen Lebenszykluskosten geben.

3. Ökobilanzierung

3.1. Ziel der Arbeit

Das übergeordnete Untersuchungsziel ist die Darstellung einer Entscheidungsunterstützung für das Management der MAN Nutzfahrzeuge AG. Durch zwei beispielhafte Analysen wird das Verfahren der Ökobilanzierung angewendet. Die Darstellung der Ökobilanzierung in parallelen Anwendung zur Lebenszyklusrechnung und klassischen Verfahren sollen aufgezeigt werden, um einen weiteren Informationskonzept im Investitionsentscheidungsprozess zu bieten.

3.2. Umweltrechtliche Rahmenbedingungen

3.3. Methode

Die Bedenken über eine Vielzahl ökologischer Probleme, ausgesprochen durch die öffentliche Meinung, Politik und Industrie, wachsen stetig¹. Daraus resultieren letztendlich Maßnahmen, wie z. B. Regulierung, Adaption, aber auch der Wechsel des persönlichen Lebensstils. Es stellt sich aber nun die Frage welche Handlungsalternative die umweltfreundlichere ist. Eine Möglichkeit darüber Kenntnis zu erlangen ist die Methodik der Ökobilanzierung (LCA, englisch für Life Cycle Assessment).² Diese soll nun im Folgenden vorgestellt werden.

3.3.1. Ökobilanz - Allgemeine Methodik

Mit Hilfe einer Ökobilanz sollen die Umwelteinwirkungen eines Systems vollständig erfasst und bewertet werden.³ Umwelteinwirkungen (Immisionen) sind durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht oder ähnliche Umwelteinflüsse hervorgerufene Wirkungen auf Lebewesen, Boden und Sachgüter.⁴

Üblicherweise umfasst eine Ökobilanz den gesamten Lebenszyklus eines Produktsystems. Dazu gehören Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Vorproduktion, Produktion, Gebrauch und Entsorgung.⁵

Durch das Zusammenstellen und Beurteilen der Input-/Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines gesamten Lebensweges unter-

¹ DUNLAP, R. E.; YORK, R. (2008), S. 550.

² vgl. BAUMANN, H.; TILLMAN, A. (2004), S. 20f.

³ vgl. BEUERMANN, G.; HALFMANN, M.; BÖHM, M. (1995), S. 340.

⁴ vgl. § 3 Abs. 2 BImSchG

⁵ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S. 297.

stützt die Methode das bessere Verständnis und die Berücksichtigung dieser Umwelteinwirkungen. Durch eine *medienübergreifende Sichtweise* (Betrachtung aller ökologischen Aspekte) lassen sich ökologische Problemverschiebung von einem Umweltmedium auf ein anderes erkennen und somit Entlastungsmöglichkeiten aufdecken.⁶ Eine Ökobilanz kann beim Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung von Umwelteigenschaften eines Produktes, beim Informieren von Entscheidungsträgern, bei der strategischen Planung und beim Marketing helfen.⁷

Die Methodik zur Durchführung einer Ökobilanz wurde 1997 durch die Verabschiedung der weltweit gültigen Norm ISO 14040 „Umweltmanagement - Ökobilanz. Prinzipien und allgemeine Anforderungen“ vereinheitlicht. Ergänzt wird diese Norm durch drei weitere, die die einzelnen Schritte einer Ökobilanz näher erläutern.⁸

Eine Ökobilanzstudie umfasst dabei vier Phasen wie in Abbildung 27 dargestellt ist.

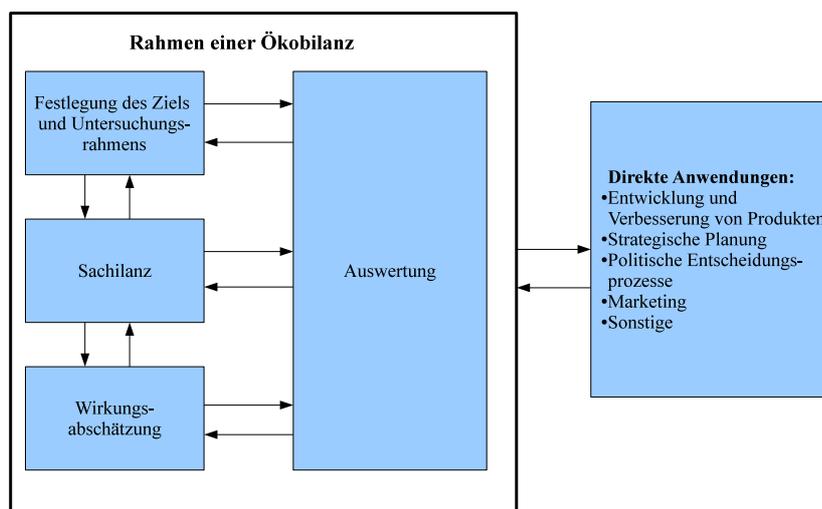


Abbildung 27.: Methodik der Ökobilanzierung (vgl. DIN EN ISO 14040, S. 16.)

Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens Das Ziel umfasst die beabsichtigte Anwendung, Gründe für die Durchführung der Studie und die Zielgruppe. Der Untersuchungsrahmen klärt Fragen zum Produktsystem und dessen Funktion, zur funktionellen Bezugseinheit, zur Systemgrenze, sowie zu Annahmen und Anforderungen an die Datenqualität. In dieser Phase ist sehr sorgfältig und überlegt vorzugehen, da Entscheidungen dieser Phase maßgeblich den weiteren Verlauf der Studie beeinflussen.⁹

⁶ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S.297 f.

⁷ vgl. DIN EN ISO 14040, S. 4 ff.

⁸ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S. 299.

⁹ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S.300; DIN EN ISO 14040, S. 22 ff.

Sachbilanz Diese Phase umfasst die Zusammenstellung und Quantifizierung von relevanten Inputs und Outputs eines Produktsystems über den gesamten Lebenszyklus.¹⁰ Die Daten können durch Messungen, Berechnungen oder Schätzungen erhoben werden.¹¹ Dabei ist vor allem auf Vollständigkeit zu achten, da dieser Baustein maßgeblich die Qualität der gesamten Ökobilanz und die auf deren Basis getroffenen Entscheidungen beeinflusst.¹²

Wirkungsabschätzung Mit Hilfe der Sachbilanzergebnisse soll die Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen beurteilt werden. Dazu werden zuerst Wirkungskategorien (z.B. Treibhauseffekt), Wirkungsindikatoren (z. B. CO₂-Äquivalente) und Charakterisierungsmodelle ausgewählt, um dann die Umweltaspekte den Umweltauswirkungen zuordnen zu können (Klassifizierung). Letztendlich werden Wirkungsindikatorwerte berechnet (Charakterisierung). Optional können die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung noch normiert, gewichtet oder geordnet werden.¹³

Auswertung In der letzten Phase werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung gemeinsam betrachtet. Dazu müssen die signifikanten Parameter ermittelt und die Güte der Ökobilanz beurteilt werden, um dann Schlussfolgerungen ableiten und Empfehlungen aussprechen zu können.¹⁴

Zusätzliche Grundsätze für eine Ökobilanzierung:

Ergebnisse einer Ökobilanz dürfen nicht für alle Zeit als „umweltgenügend“ und damit als nicht weiter verbesserungswürdig gelten.¹⁵

Ökobilanzen können wertvolle betriebsinterne Entscheidungsgrundlagen für eine optimale Lösungsfindung darstellen.¹⁶

Ökonomische und soziale Aspekte sowie Risiken sind nicht Gegenstand der Betrachtung einer Ökobilanz.¹⁷

3.3.2. Ökobilanzierungsansätze

Es gibt eine Vielzahl an „fertigen“ Verfahren für die Wirkungsabschätzung. Bei diesen „fertigen“ Verfahren werden unterschiedliche ökologische Belastungen auf eine gemeinsame

¹⁰ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S.300; DIN EN ISO 14040, S. 25 ff.

¹¹ vgl. GÜNTHER, E. (2008), S. 290.

¹² vgl. GÜNTHER, T. u. a. (2003), S. 17.

¹³ vgl. DIN EN ISO 14040, S. 27 ff, sowie GÜNTHER, E. (2008), S. 290 f.

¹⁴ vgl. ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001), S. 314.

¹⁵ vgl. ETTERLIN, G.; HÜRSCH, P.; TOPF, M. (1992), S. 16.

¹⁶ vgl. ETTERLIN, G.; HÜRSCH, P.; TOPF, M. (1992), S. 16.

¹⁷ vgl. BAUMANN, H.; TILLMAN, A. (2004), S. 21.

Größenordnung umgerechnet. Jedes Verfahren hat dabei sein eigenes spezifisches Messprinzip.¹⁸ Beinahe alle Ansätze erfassen Stoff- und Energieflüsse mittels Prozessanalyse. Sie unterscheiden sich v. a. hinsichtlich der jeweils zu Grunde liegenden Bilanzierungsräume und der Bewertungsmethodik von Umweltbelastungen.¹⁹

Die Konzepte lassen sich auch folgendermaßen unterscheiden: Zum einen gibt es Konzepte, die das Ergebnis der Bilanzbewertung und Wirkungsabschätzung mit Hilfe quantitativer oder qualitativer Größen darlegen, während andere Verfahren als Ergebnis eine eindimensionale oder mehrdimensionale Kennzahl vorweisen.²⁰

Die Verfahren sollen in diesem Rahmen nicht weiter vorgestellt werden, es sei auf GÜNTHER (2008, S. 202 ff.), SCHILL (2000, S. 162 ff.) und BAUMANN (2004, S. 160 ff.) verwiesen.

3.3.3. Auswahl eines Bewertungsverfahrens

Für die Auswahl eines geeigneten Bewertungsverfahrens sind mehrere Faktoren ausschlaggebend. Den Autoren ist es wichtig ein Verfahren zu wählen, das für den Lackierprozess und für das BHKW und sowohl für Prozesse als auch für Produkte geeignet ist. Die Anwendung zweier unterschiedlicher Verfahren wird aus Gründen der Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit verzichtet. Um zukünftige Vergleichbarkeit zu ermöglichen wurde ein anpassungsfähiges Tool entwickelt, welches in den Analysen genauer beschrieben wird. Durch die Verwendung einer mehrdimensionalen Kennzahl entsteht ein Wirkungsprofil, das die Auswahl der umweltschonendsten Handlungsmöglichkeit erlaubt.

Das Ergebnis ist zwar nicht so eindeutig wie bei einer eindimensionalen Kennzahl, aber es lässt Raum für eine tiefgründigere Interpretation. Somit ergibt sich als weitere Bedingung die möglichst ganzheitliche Betrachtung aller Umweltwirkungen und nicht nur wie zum Beispiel beim „CO₂-Fußabdruck“ eine Betrachtung der Treibhausgasemissionen.

In die engere Auswahl fallen die Methode der UBA Wirkungsindikatoren und die CML Methode (vgl. Tabelle 8). Die Autoren entscheiden sich für die CML Methode, da diese den nationalen und internationalen Normungsbemühungen gerecht wird²¹ und mit der CML Datenbank²² eine gute Grundlage für die Klassifizierung, Charakterisierung und Normierung bietet. Das Verfahren soll nun im Folgenden genauer vorgestellt werden.

¹⁸ vgl. BAUMANN, H.; TILLMAN, A. (2004), S. 159f.

¹⁹ vgl. KIRCHGÄSSNER, H. (1995), S. 85, vgl. SCHALTEGGER, S.; STURM, A. (1992), S. 67.

²⁰ vgl. SCHILL, O. in BAUM, H.; COENENBERG, A.; GÜNTHER, E. (2000), S. 160.

²¹ vgl. GÜNTHER, E. (2008), S. 321.

²² vgl. INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, L. U. (Hrsg.) (2008)

	quantitatives Verfahren	Geltungsbereich Dtl.	Bewertungsobjekt Prozess	Bewertungsobjekt Produkt	Mehrdimensionale Kennzahl	Ganzheitliche Betrachtung
Verbale Bewertung	X					
Kumulierter Energieaufwand	O	O	X			
Eco-Indicator	O	O	X			
Virtual Water	O	O	X			
Vermeidungskostenansatz	O	O	O	X		
CO ₂ Fußabdruck	O	O	O	O	X	
UBA Wirkungsindikatoren	O	O	O	O	O	O
CML Methode	O	O	O	O	O	O
Ökologische Knappheit	O	X ¹	O	O	X	
Schadenskostenansatz	O	O	O	X		
MIPS	O	O	X			
Kritische Volumina	O	O	X			
ABC Analyse	X					

Tabelle 8.: Verfahrensauswahl (Eigene Darstellung in Anlehnung an GÜNTHER, E. (2008), S. 292 ff.)

3.3.4. Die CML Methode

Die CML Methode wurde 1992 von HEIJUNGS, R. u. a. (1992) am „Centrum voor Milieukunde“ entwickelt.²³ Sie nimmt eine auswirkungsorientierte Klassifizierung von Stoff- und Energieströmen zur Wirkungsabschätzung vor und fasst Emissionen mit gleichen Wirkungen medienübergreifend zusammen²⁴. Luftemissionen z. B. können sowohl versauernd, als auch eutrophierend und ökotoxisch wirken.²⁵

Zur Erstellung der Wirkungsbilanz werden zunächst die in der Sachbilanz erhobenen Größen nach ihren potentiellen Umweltwirkungen den entsprechenden Wirkungskategorien zugeordnet (Klassifizierung). Dies geschieht mit Hilfe der CML Datenbank.

Die CML Methode verwendet dabei folgende Wirkungskategorien: ²⁶

²³ vgl. GÜNTHER, E. (2008), S. 320.

²⁴ vgl. ADENSAM, H. u. a. (2000), S. 37.

²⁵ vgl. RENNER, I.; KLÖPFER, W. (2003), S. 37.

²⁶ vgl. GUINÉE, J. (2002), S. 385, 71 ff sowie RENNER, I.; KLÖPFER, W. (2003), S. 78 ff.

- *Erschöpfung von nicht erneuerbaren Ressourcen* betrachtet vor allem (fossile) Energieträger und Mineralien in Lagerstätten.
- *Treibhauseffekt* Der Treibhauseffekt wird über die vom IPCC vorgeschlagene Berechnung des Treibhauspotentials aus den Frachten von Kohlendioxid, Lachgas und Methan berechnet, da sie die wesentlichen Treiber für den Treibhauseffekt sind.
- *Ozonabbau* bezieht sich auf das Verdünnen der Ozonschicht als ein Ergebnis anthropogener Emissionen. Persistente organische Halogenverbindungen bewirken den stratosphärischen Ozonabbau.
- *Humantoxizität* beschreibt die Wirkung auf die menschliche Gesundheit, die von giftigen Substanzen ausgeht. Das Humantoxizitätspotential wird in Blei-Äquivalenten ermittelt.
- *Ökotoxizität* umfasst die Wirkungen giftiger Stoffe auf aquatische (Frischwassertoxizität/ Meerwassertoxizität), terrestrische (Erdtoxizität) und sedimentäre (Sedimenttoxizität Frischwasser/Meerwasser) Ökosysteme. Das Potential wird in Zink-Äquivalenten gemessen.
- *Photooxidantien* Photooxidantien sind auch als „Sommersmog“ bekannt. Diese Kategorie beinhaltet die potentielle Wirkung, die mit der Bildung toxischer Gase aus flüchtigen Kohlenwasserstoffen, reaktiven Stickoxiden und Sonnenstrahlung verbunden sind.
- *Versauerung* hat eine große Anzahl verschiedener Wirkungen auf Erde, Grund- und Oberflächenwasser, biologische Organismen, Ökosysteme und Organismen.
- *Eutrophierung* bezeichnet die Überdüngung aquatischer und terrestrischer Ökosysteme.

Wurden die Ergebnisse der Sachbilanz klassifiziert, müssen sie nun charakterisiert werden. Dazu werden mit Hilfe der CML Datenbank die Ergebnisse der Sachbilanz mit den entsprechenden Charakterisierungsfaktoren multipliziert. Für jede Wirkungskategorie werden dann die entsprechenden Wirkungsindikatorwerte aufsummiert. Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien normiert, um einen Bezug zu einer Referenzinformation herzustellen. Das sind im Fall dieser Arbeit die Normierungs-Emissionen der EU 25+3 aus dem Jahre 2000. Eine Normierung ist wichtig, um die relative Bedeutung der Ergebnisse besser verstehen zu können.^{27, 28}

Eine Gruppierung und Gewichtung wird nicht durchgeführt, da in der Literatur keine klare Methode zur Gruppierung von Wirkungskategorien beschrieben wird und eine Gewichtung von GUINÉE, J. (2002) nicht empfohlen wird. Die Ergebnisse lassen sich meist auch ohne eine Gewichtung sehr gut interpretieren.

²⁷ vgl. INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, L. U. (Hrsg.) (2008)

²⁸ vgl. GUINÉE, J. (2002), S. 89 ff.

3.4. Anwendung Ökobilanzierung

3.4.1. Achslackieranlage

3.4.1.1. Bilanzziel

Untersuchungsziel Das vorrangige Untersuchungsziel ist, parallel zur durchgeführten Lebenszykluskostenanalyse (vgl. Kapitel 2) eine Ökobilanzierung nach ausschließlich ökologischen Kriterien durchzuführen und die Achslackieranlage nach ihrer Umweltrelevanz zu bewerten. Zudem ist die Identifikation von Belastungstreibern ein weiteres Ziel. Mögliche Potenziale zur Senkung der Umweltauswirkungen sollen dargestellt werden, um Handlungsempfehlungen geben zu können.

Zur detaillierten Analyse und Darstellung wurde die CML-Methode, ein mehrdimensionaler Ansatz, gewählt (vgl. Kapitel 3.3.4). Ein softwaregestütztes Untersuchungstool wurde erstellt, das beispielhaft für diesen Fall darstellt, wie eine Ökobilanzierung umgesetzt werden kann.

Produktsysteme Die Achslackieranlage wird im ersten Schritt, zur Erfassung der Daten, in mehrere Teilsysteme zerlegt. Kriterium für die Bildung eines neuen Teilsystems ist die zweckgebundene, funktionelle Abgrenzung des Teilsystems. Demnach ist die Achslackieranlage nach den Funktionen Trocknen, Lackieren und Kühlen – jeweils für Grund und Decklack – sowie die ergänzenden Teilsysteme wie Umluftanlage, RNV-Anlage, Förderanlage und Applikationstechnik unterteilt. Dies geschieht, um die Daten zu strukturieren.

Für den gesamten Lebensweg der Anlage werden die einzelnen Teilsysteme wieder zusammengefasst betrachtet. Das Gesamtsystem der Achslackieranlage durchläuft in ihrem Lebenszyklus die folgenden Phasen: Herstellung, Transport, Montage, Betrieb und Demontage/ Entsorgung. Der Lebenszyklus und die grundsätzlich betrachteten Stoff- und Energieflüsse sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Sie gelten zwar grundsätzlich für alle Teilsysteme, können jedoch angepasst werden, z. B. wenn zu einer Größe keine Daten vorliegen. Die genaue Beschreibung der einzelnen Lebensabschnitte folgt im Kapitel 3.4.1.2.

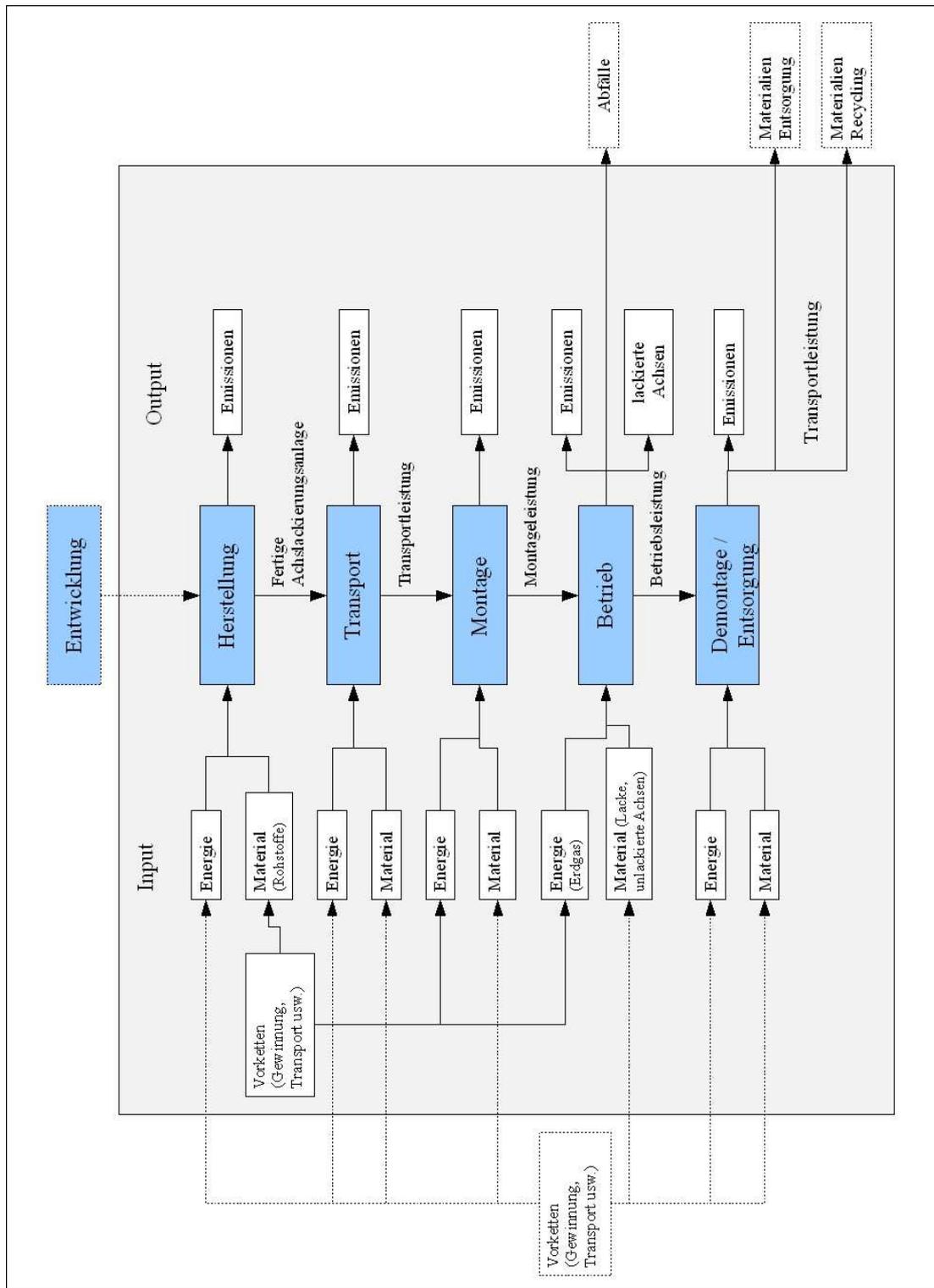


Abbildung 28.: Prozesssystem Lackieranlage (Eigene Darstellung.)

Funktionelle Einheit Auf Grundlage des Verwendungszwecks, der Lackierung von Lkw-Achsen, wird als funktionelle Einheit 1 lackierte Achse gewählt.

Annahmen Zur Durchführung der Analyse mussten eine Reihe von Annahmen getroffen werden, da über bestimmte technische Details keine vollkommenen Informationen verfügbar sind. Davon ist in erster Linie die Materialbilanz im Lebensabschnitt Herstellung betroffen. In der nachfolgenden Tabelle sind die getroffenen Annahmen zusammenfassend dargestellt. Es wird jeweils die reale Situation durch eine Annahme ersetzt.

reale Situation	Annahme
Maschinen laufen nicht immer mit maximaler Leistung; Stand by Modus außerhalb der Schichtzeiten ist teilweise notwendig	Maschinen laufen mit konstant gemittelter Leistung, Maschinen werden außerhalb der Schichtzeiten komplett ausgeschaltet
Anlagenkomponenten bestehen aus sehr vielen verschiedenen Materialien	Anlagen bestehen aus wenigen Materialien
Materialien nicht immer der gleichen Herkunft	Gleiche Materialien haben die gleiche Herkunft
Transport: Materialien werden mit unterschiedlichen Transportmittel bewegt	Alle Materialien werden mit dem gleichen Transportmittel bewegt

Tabelle 9.: Annahmen Lackieranlage

Einschränkungen Für bestimmte Stoff- und Energieflüssen werden Einschränkungen eingeführt. Die Prozesse, die außerhalb der Systemgrenze liegen, werden Tabelle 10 zusammengefasst (vgl. Abbildung 28).

Betroffene Lebensabschnitte	Einschränkung
Herstellung, Transport, Montage und Demontage/Entsorgung	Die Herstellung der Transportmittel wird nicht berücksichtigt, nur direkte Stoff- und Energieflüsse
Betrieb	Die Herstellung der Lacke, weitere stofflicher Betriebsmittel, Entsorgung von Abfällen werden nicht betrachtet
Demontage/Entsorgung	Stoff- und Energieflüsse, die direkt während Recycling/Entsorgung anfallen werden nicht betrachtet

Tabelle 10.: Einschränkungen Lackieranlage

3.4.1.2. Sachbilanz

Als Datengrundlage dienen die von der MAN Nutzfahrzeuge AG übermittelten Informationen. Diese werden um Herstellerangaben, Literaturangaben und Schätzungen erweitert. Es muss darauf geachtet werden, dass die getroffenen Annahmen das Ergebnis nicht zu sehr verzerren. Im Zweifel werden bestimmte Input- und Outputgrößen vorerst aus der Betrachtung ausgeschlossen, können aber bei genaueren Informationen ergänzt werden. Im folgenden wird das Vorgehen bei der Erstellung der Sachbilanz dargestellt. Die Materialbilanz ist direkt dem Softwaretool zur Achslackieranlage entnehmen. Bei diesen Werten handelt es sich größtenteils um Schätzungen, da nur teilweise Gewichts- und Materialangaben vorliegen. Diese Schätzungen stützen sich auf die Konstruktions- und Abmessungspläne der Firma b+m GmbH.

Herstellung Zur Herstellung der Module werden als Inputgrößen Material- und Energieeinsatz erfasst (siehe Abbildung 28). Die verfügbaren Daten sind auf Grund von Betriebsgeheimnissen dürftig. Anlagenabmessungen sind den technischen Zeichnungen, die von der MAN Nutzfahrzeuge AG zur Verfügung gestellt wurden zu entnehmen. Aufschluss über die Masse und prozentuale Materialzusammensetzungen geben die zur Verfügung gestellten Daten nicht. Es müssen daher Annahmen getroffen werden.

Die Achslackieranlage wird in Anlehnung an die Produktionsabschnitte in Teilsysteme zerlegt. Den Komponenten werden, soweit bekannt, folgende Hauptmaterialien zugeordnet:

- Stahl
- Aluminium
- Verzinktes Stahlblech
- Säure und Laugenbeständige Dichtungsbahn auf Basis PVC
- Kupfer
- Keramik
- Edelstahl

Handelt es sich um komplexe elektrische Applikationen werden Materialien auch der Kategorie „andere Materialien“ zugeordnet. Bei fehlenden Daten wird eine einfache Schätzung durchgeführt.

Aus der Annahme, dass alle Materialien die gleiche räumliche und zeitliche Herkunft aufweisen (siehe Kapitel 3.4.1.1), folgt dass die Materialgewichte gleicher Materialien kumuliert werden können. Bei der Bewertung der eingesetzten Materialien wird eine Datenbasis verwendet, welche alle Vorketten berücksichtigt (siehe Tabelle Datenbasis im Anhang).

Transport Da keine genaueren Informationen vorliegen, werden für den Transport der einzelnen Module gleiche Transportmittel angenommen. Aufgrund der großen Lasten wird

ein Lkw in Sattelschlepperausführung mit einer maximalen Beladung von 40 t gewählt (vgl. Tabelle 20). Leerfahrten werden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass diese von Seiten des Spediteurs vermieden werden können. Als relevante Größen wurden Gewicht und Transportentfernung identifiziert. Für die Analyse wurden die Transportentfernungen mit Hilfe eines Routenplaners²⁹ ermittelt.

Montage Zur Montage der Anlage sind Schweißarbeiten notwendig. Die dafür benötigte elektrische Arbeit wird dem örtlichen Stromnetz entnommen. Die durch die Stromnutzung auftretenden Umweltaspekte inklusive Vorketten fließen in die Betrachtung mit ein. Dazu gehören der verursachte Ressourcenverbrauch sowie Emissionen in die Luft und Wasser. Weitere Stoff- und Energieflüsse und daraus resultierende Emissionen, die direkt bei der Montage anfallen, können aus Mangel an Informationen nicht berücksichtigt werden.

Betrieb Es wird eine Nutzungsdauer von 20 Jahren bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von 3850 h angenommen. Dies ergibt sich aus einer 80 Stunden Woche (16 Stunden-Schichtbetrieb) und 240 Arbeitstagen pro Jahr. Die verbleibenden Stunden im Jahr stehen die Anlagen still oder werden gewartet.

Demontage/Entsorgung Direkte Stoff- und Energieflüsse, die durch die Demontage entstehen sind nicht bekannt. Die betrachteten Systemgrenzen schließen den Abtransport der Materialien ein. Es wird davon ausgegangen, dass alle verwendeten Materialien wieder verwertbar sind. In Folge dieser Annahme können die Materialgewichte als Materialoutputs wieder in die Bilanz einfließen. Sie heben sich somit mit den Materialinputs der Herstellung auf und es werden nur die Größen betrachtet, die in Folge der Herstellung angefallen sind. Es wird eine Transportleistung, analog zu der in dem Abschnitt Transport beschriebenen, durchgeführt, welche die Materialien vom Werk abtransportiert.

3.4.1.3. Wirkungsbilanz

Das Vorgehen bei der Wirkungsbilanz wird gemäß Kapitel 3.3.4 durchgeführt. Die zugeordneten Größen sind dem Tool zu entnehmen.

3.4.1.4. Ergebnisse

Die durchgeführte Ökobilanzierung liefert für das betrachtete System unter Anwendung der CML Methode folgendes Ergebnis:

²⁹ GOOGLE (Hrsg.) (2009)

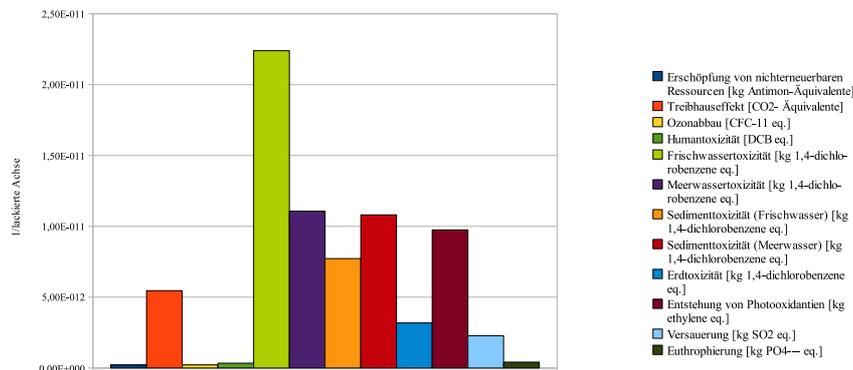


Abbildung 29.: Ergebnisse Achslackierung pro Achse (Eigene Darstellung.)

Abbildung 29 zeigt, dass die betrachtete Anlage die stärkste Umweltwirkung in der Kategorie „Frischwassertoxtizität“ aufweist. Im Gegensatz dazu spielt die Belastung nicht erneuerbarer Ressourcen durch die Achslackierungsanlage eine untergeordnete Rolle, ebenso die Belastung in der Kategorie „Treibhauseffekt“.

Kategorie	Absolute normierte Werte	bezogen auf funktionelle Einheit	Rang
Erschöpfung von nichterneuerbaren Ressourcen	5,14E-008	2,14E-013	12
Treibhauseffekt	1,31E-006	5,46E-012	6
Ozonabbau	5,32E-008	2,22E-013	11
Humantoxizität	8,20E-008	3,42E-013	10
Frischwassertoxtizität	5,38E-006	2,24E-011	1
Meerwassertoxtizität	2,66E-006	1,11E-011	2
Sedimenttoxtizität (Frischwasser)	1,85E-006	7,72E-012	5
Sedimenttoxtizität (Meerwasser)	2,59E-006	1,08E-011	3
Erdtoxtizität	7,63E-007	3,18E-012	7
Entstehung von Photooxidantien	2,34E-006	9,75E-012	4
Versauerung	5,46E-007	2,28E-012	8
Eutrophierung	1,00E-007	4,16E-013	9

Tabelle 11.: Ergebnisse Ökobilanz Lackieranlage

Die Werte der einzelnen Wirkungskategorien der Tabelle 11 zeigen in der linken Spalte den prozentualen „Umweltbeitrag“ den MAN Nutzfahrzeuge AG durch die Anschaffung und Verwendung der Achslackierungsanlage im Verhältnis zur regionalen Emissionsmenge der EU 25 + 3 beisteuert. In der rechten Spalte ist dieser Beitrag auf die funktionelle Einheit

– Stück lackierte Achse – bezogen. Dieser Wert muss herangezogen werden, um ggf. eine alternative Investition vergleichen zu können.

Die Achslackierungsanlage stellt aus ökologischer Sicht im Bereich „Frischwassertoxizität“ die größte Belastung dar. Um festzustellen, durch welche Maßnahmen diese Umwelteinwirkung reduziert werden kann und um Belastungstreiber zu identifizieren, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei wurden die exogene Variablen „Effizienz der RNV-Anlage“ unter Berücksichtigung von Brennstoffeinsatz und benötigter elektrischer Leistung, „Betriebsstundenzahl“, „Effizienz der eingesetzten elektrischen Geräte“ sowie „lackierte Achsen“ *ceteris paribus* variiert.

Abbildung 30 zeigt, dass die Variation der Outputgröße „lackierte Achsen“ für die Kategorie Frischwassertoxizität als eindeutiger Belastungstreiber auszumachen ist. Dem gegenüber spielt die Variation der Betriebsstundenzahl oder der Effizienz der RNV-Anlage nur eine untergeordnete Rolle.

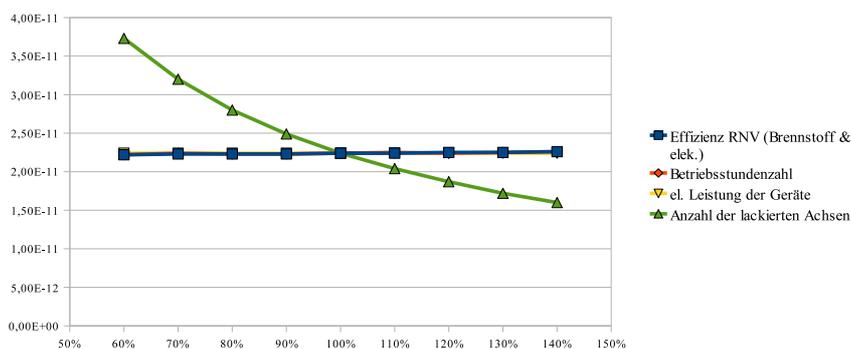


Abbildung 30.: Sensitivitätsanalyse der Frischwassertoxizität (Eigene Darstellung.)

Weitere exogene Variablen wie z.B. „eingesetzte Lösungsmittel“ wurden als wenig sinnvoll betrachtet, da die bei der Lackierung entstehenden flüchtige organische Verbindungen (VOC) nicht durch die Charakterisierungstabellen (vgl. Kapitel 3.3.4) erfasst wird. Gründe dafür und eine kritische Würdigung der gewählten Bewertungsmethode sind im Kapitel 4.3 zu finden.

3.4.1.5. Fazit und Handlungsempfehlungen

Das formulierte Untersuchungsziel, dem Einschätzen der Umwelrelevanz der Achslackierungsanlage, führt zu folgendem Ergebnis: Die Achslackierungsanlage weist im Vergleich zu den Normierungswerten der EU 25 + 3, eine extreme kleine Umwelteinwirkung auf. Um jedoch einen aussagekräftigen Vergleich zu ziehen, müsste die untersuchte Anlage mit einer vergleichbaren Anlage gegenüber gestellt werden. Aufgrund von fehlenden Alternativen ist dies jedoch nicht möglich. Zudem ist zusammenfassend festzuhalten, dass die untersuchte Anlage, im Bereich der Frischwassertoxizität die mit Abstand größten Belastungen aufweist.

Untergeordnete Rolle spielt die Auswirkung der Achslackierungsanlage auf den Treibhaus-effekt.

Weiterhin ist zum nächsten Untersuchungsziel, der Identifikation von Belastungstreibern, festzuhalten, dass die Outputgröße, also die lackierten Achsen, als Belastungstreiber ausgemacht wurde. Für den Betreiber der Anlage bedeutet das, dass durch eine Vergrößerung der Outputgröße für die höchsten Belastungskomponente der Frischwassertoxizität die relative Umweltbelastung überproportional abnimmt.

Abschließend ist zu bemerken, dass über alle Wirkungskategorien eindeutige Umweltbelastungen durch den Einsatz der Achslackierungsanlage messbar sind, aber an Mangel an alternativen Investitionsobjekten, die Ökobilanzierung als begleitendes Untersuchungsinstrument zur Investitionsentscheidung, in diesem Fall wenig hilfreich ist. Um so bedeutender ist die Erkenntnis, dass durch die Maximierung des Outputs die relative Umweltbelastung pro lackierter Achse sinkt.

3.4.2. Blockheizkraftwerk vs. Brennstoffzelle

3.4.2.1. Bilanzziel

Untersuchungsziel Das übergeordnete Untersuchungsziel ist die Entscheidungsunterstützung bei der geplanten Investition aus der Sicht ökologischer Bewertungskriterien. Es wird ein Ökobilanzvergleich der beiden Alternativen motorisches BHKW und Hochtemperaturbrennstoffzelle durchgeführt. Die technischen Details sind dem Kapitel 1.5.2 zu entnehmen. Es wird die Alternative mit den geringeren Umweltauswirkungen als vorteilhaft betrachtet. Beide Anlagen sind hauptsächlich für die Bereitstellung von Prozesswärme ausgelegt, ermöglichen jedoch ebenfalls die Bereitstellung von elektrischem Strom (vgl. Kapitel 1.5.2). Erstes Unterziel ist, den ökologischen Einfluss der Kraft-Wärme-Kopplung zu untersuchen. Das zweite Unterziel ist die Identifikation von Belastungstreibern. Mögliche Potenziale zur Senkung der Umweltauswirkungen werden dargestellt. Im Anschluss soll eine Handlungsempfehlungen gegeben werden.

Analog zu (Kapitel 3.4.1.1) wird zur Analyse und Darstellung die CML - Methode, ein mehrdimensionaler Ansatz, gewählt (siehe Kapitel 3.3.4). Ein Tool wurde erstellt, das beispielhaft für diesen Fall darstellt, wie eine Ökobilanz umgesetzt werden kann. Die Analyse und das Tool haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sollen als Anregung und Grundstruktur gelten, die beliebig erweitert und modifiziert werden kann.

Produktsysteme Jedes System wird in mehrere Module zerlegt, welche Kernfunktionen im System einnehmen wie in Tabelle 12 dargestellt wird.

Jedes dieser Module durchläuft in seinem Lebenszyklus die Phasen Herstellung, Transport, Montage, Betrieb und Demontage/Entsorgung. Der Lebenszyklus und die grundsätzlich betrachteten Stoff- und Energieflüsse sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Sie gelten zwar grundsätzlich für alle Module, können jedoch angepasst werden, z. B. wenn zu einer

Alternative	Modul	Beschreibung
Blockheizkraftwerk (TCG 2020 V16)	BHKW-Modul	Motor + Rohrleitungen + Anschlüsse
	Generator	Synchron MJB 500 MC 4
Brennstoffzelle (HM320)	Hot-Module	Zellstack + Gehäuse + Rohrleitungen + Anschlüsse
	Reformer (Regenerativer Erdgasreformer)	Gehäuse
	Wechselrichter/ Steuerung	Gehäuse + Elektrische Anschlüsse + Kabel

Tabelle 12.: Produktsystem BHKW und Brennstoffzelle (vgl. 1.5.)

Größe keine Daten vorliegen. Die genaue Beschreibung der einzelnen Lebensabschnitte folgt im Kapitel 3.4.2.2 sowie Kapitel 3.4.2.3.

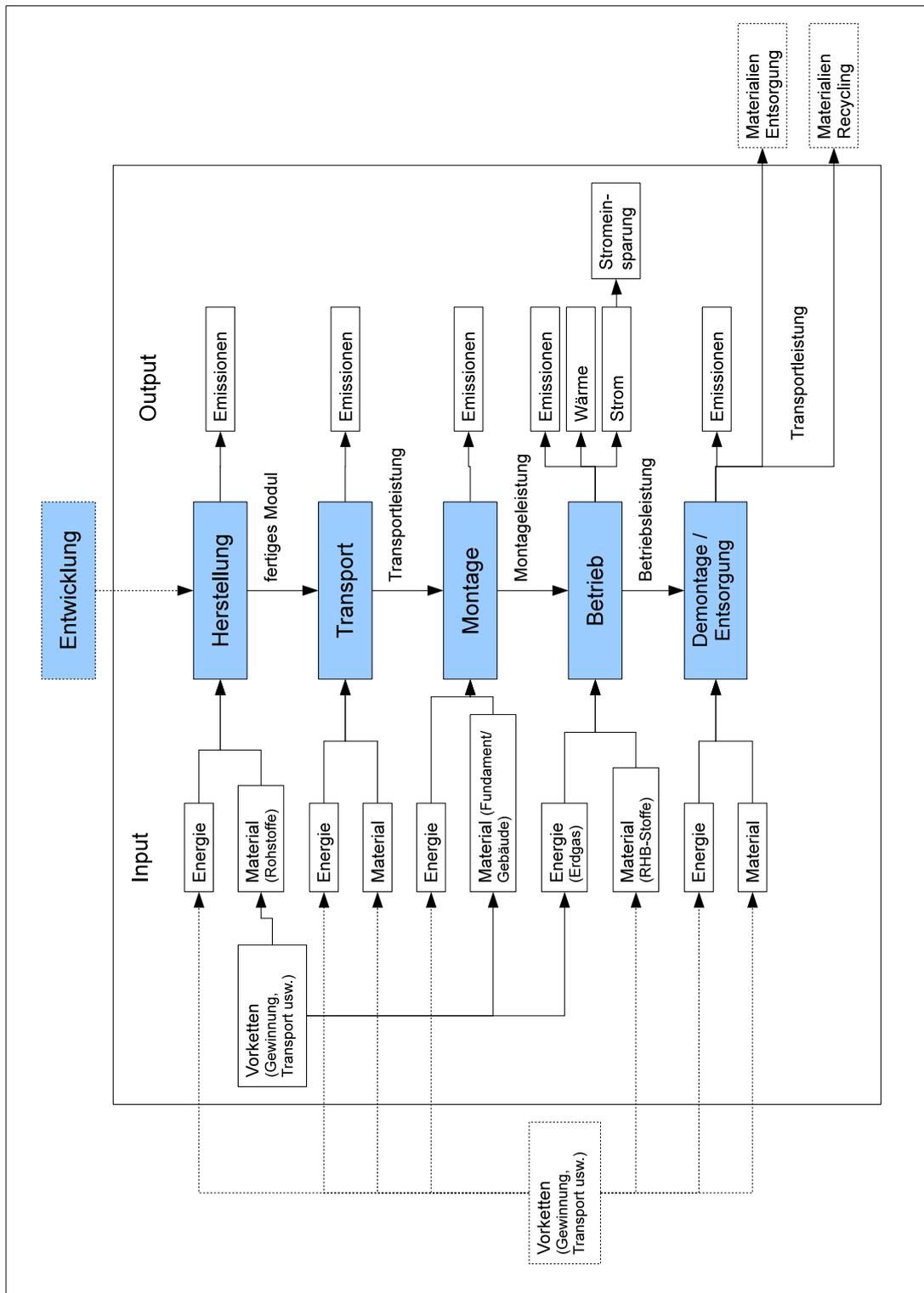


Abbildung 31.: Prozesssystem BHKW und Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

Funktionelle Einheit Als funktionelle Einheit ist eine Größe zu wählen, die ein Maß für den Nutzen darstellt. Auf Grundlage des Verwendungszwecks, die Bereitstellung von Energie in Form von Wärme und elektrischem Strom, wird 1 MWh Gesamtarbeit des

Systems gewählt. Eine lediglich die elektrische Arbeit einschließende funktionelle Einheit³⁰ erfüllt in diesem Fallbeispiel nicht die Anforderungen. Durch die Möglichkeit der Kraft-Wärme-Kopplung müssen beide Größen integriert werden.

Annahmen Zur Durchführung der Analyse müssen Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen gelten solange, wie keine genaueren Informationen vorliegen. Sie sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Es wird jeweils die reale Situation durch eine Annahmen ersetzt.

Reale Situation	Annahme
Anlagen laufen nicht immer mit maximaler Leistung	Anlagen laufen immer mit maximaler Leistung
Die jährlichen Volllaststunden sind über die Jahre nicht konstant	Die Volllaststunden sind über die Jahre konstant
Anlagen bestehen aus sehr vielen verschiedenen Materialien	Anlagen bestehen aus wenigen Hauptmaterialien
gleiche Materialien haben nicht immer die selbe Herkunft	Alle gleichen Materialien haben die selbe Herkunft
Materialien werden mit unterschiedlichen Transportmitteln bewegt	Alle Materialien werden mit dem gleichen Transportmittel bewegt

Tabelle 13.: Annahmen BHKW und Brennstoffzelle

Einschränkungen Bei bestimmten Stoff- und Energieflüssen werden Einschränkungen der Betrachtung eingeführt. Die Prozesse, die außerhalb der Systemgrenze liegen, werden in Tabelle 14 zusammengefasst.

Betroffene Lebensabschnitte	Einschränkung
Herstellung, Transport, Montage und Demontage/ Entsorgung	Die Herstellung der Transportmittel wird nicht berücksichtigt, nur direkte Stoff- und Energieflüsse
Demontage/ Entsorgung	Stoff- und Energieflüsse, die direkt während Recycling/Entsorgung anfallen, werden nicht betrachtet

Tabelle 14.: Einschränkungen BHKW und Brennstoffzelle

3.4.2.2. Sachbilanz BHKW

Herstellung Zur Herstellung der Module werden als Inputgrößen Materialien und Energie benötigt (siehe Abbildung 31 Prozesssystem). Die Datenbasis ist auf Grund von Betriebsgeheimnissen dürftig, jedoch kann die Herstellung nicht vernachlässigt werden. Es müssen

³⁰ vgl. LUNGI, P.; BOVE, R.; DESIDERI, U. (2004), S. 241.

daher Annahmen getroffen werden. Die Module werden, soweit möglich in Komponenten zerlegt. Den Komponenten werden, soweit bekannt, Hauptmaterialien zugeordnet (siehe Tabelle 24 und Tabelle 23 im Anhang). Bei fehlenden Daten wird eine einfache Schätzung durchgeführt. Die Gewichtsanteile können im Ökobilanztool beliebig variiert werden. Auch das Hinzufügen weiterer Materialien ist grundsätzlich möglich. Aus der Annahme, dass alle Materialien die gleiche räumliche und zeitliche Herkunft aufweisen (siehe Kapitel 3.4.2.1), folgt, dass die Materialgewichte gleicher Materialien kumuliert werden können. Bei der Bewertung der verwendeten Materialien wird eine Datenbasis verwendet, welche alle Vorketten berücksichtigt (siehe Tabelle 22 im Anhang). Es wird angenommen, dass alle Materialien nach ihrer Bereitstellung noch eine längere Strecke per Bahn transportiert werden müssen. Hierfür wird zunächst für die Analyse eine Transportstrecke von 400 km angenommen, die jedoch im Tool frei veränderbar ist. Informationen über produktionsbezogene Daten beim Hersteller sind nicht bekannt. An dieser Stelle kann ergänzt werden.

Transport Für den Transport der einzelnen Module werden, da keine genaueren Informationen vorliegen, gleiche Transportmittel angenommen. Es wird ein durchschnittlicher Lkw mit einer maximalen Beladung von 30 t gewählt. Er ist für die zu transportierenden Mengen ausreichend dimensioniert. Leerfahrten werden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass diese von Seiten des Spediteurs vermieden werden können. Als relevante Größen wurden Gewicht und Transportentfernung identifiziert. Beide Parameter können im Tool beliebig variiert werden. Für ein anderes Transportmittel wäre eine Anpassung möglich. Für die Analyse wurden die Transportentfernungen mit Hilfe eines Routenplaners³¹ ermittelt.

Montage Der Erdgasanschluss der Betriebsstätte ist bereits vorhanden, da dieser für das bereits verwendete Heizkraftwerk benötigt wird. Für das BHKW existiert in der Druckluftzentrale des Kesselhauses eine mögliche Betriebsstätte³². Durch Rücksprache mit MAN Nutzfahrzeuge AG konnte sichergestellt werden, dass die Anlage an dem vorgesehenen Ort unterzubringen ist. Ein ehemaliger Turbinentisch ist vorhanden und könnte als Fundament genutzt werden. Da keine genaueren Daten vorliegen, bzw. nicht vorhersehbar sind, werden keine Energieflüsse betrachtet. Stoffflüsse sind Schmieröl und Kühlwasser. Stoff- und Energieflüsse sowie Emissionen, die direkt bei der Montage anfallen, können aus Mangel an Informationen nicht berücksichtigt werden.

Betrieb Es wird eine Nutzungsdauer von zwölf Jahren bei einer jährlichen Volllaststundenanzahl von 7500 angenommen. Diese Werte können im Tool variiert werden. Ebenfalls kann im Tool die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) - Option eingeschaltet werden. Als Energieinput wird der Brennstoffmassenstrom des Erdgases über die Nutzungsdauer berücksichtigt. Es werden auch die Vorketten der Erdgasbereitstellung einbezogen. Zusätzlich werden der Schmierölverbrauch und die Zuluftmenge als Inputgrößen erfasst. Energie-

³¹ GOOGLE (Hrsg.) (2009)

³² Daten aus Abschlussbericht

outputs sind die nutzbare Wärmemenge der Anlage und die elektrische Netzleistung. Emissionen, die während der Betriebszeit anfallen werden ebenfalls betrachtet. Des Weiteren wird die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung in Form eines Bonus zusätzlich erfasst. Durch die Bereitstellung von elektrischem Strom wird in gleicher Höhe Strom, welcher sonst aus dem Netz entnommen werden müsste, eingespart. Die Ressourcenverbräuche, Energieinputs und Emissionen, die somit eingespart werden können, fließen mit einem negativen Vorzeichen in die Bilanz ein. Für die Wärmeversorgung wird kein Bonus vergeben, da bereits auch ohne das Kraftwerk genug Wärme bereitgestellt wird. Die Werte für die erreichten Leistungen der Anlage können ebenfalls direkt variiert werden.

Demontage/Entsorgung Zunächst müssen alle Stoff- und Energieflüsse, die bei der Demontage anfallen, erfasst werden. Es liegen ausschließlich Werte für das eingesetzte Wasser und Schmieröl vor. Direkte Stoff- und Energieflüsse, die durch die Demontage entstehen, sind nicht bekannt. Die betrachteten Systemgrenzen schließen den Abtransport der Materialien ein. Es wird davon ausgegangen, dass alle verwendeten Materialien wiederverwertbar sind. In Folge dieser Annahme können die Materialgewichte als Materialoutputs wieder in die Bilanz einfließen. Sie heben sich somit mit den Materialinputs der Herstellung auf und es werden nur die Größen betrachtet, die in Folge der Herstellung angefallen sind. Es wird eine Transportleistung, analog zu der im Abschnitt Transport beschriebenen, durchgeführt, welche die Materialien von dem Werk abtransportiert.

3.4.2.3. Sachbilanz Brennstoffzelle

Grundsätzlich wird die gleiche Vorgehensweise wie beim Blockheizkraftwerk gewählt. Es werden im Folgenden nur die Besonderheiten und Anpassungen dargestellt. Die Übersicht der verwendeten Daten ist dem Anhang (Tabelle 26) zu entnehmen.

Herstellung Für die Brennstoffzelle müssen während der angenommenen Nutzungsdauer drei Zellstacks hergestellt werden (siehe 1.5.2). Dieser Parameter kann in Kombination mit der Nutzungsdauer im Tool verändert werden.

Transport Da die Zellstacks zu unterschiedlichen Zeitpunkten geliefert werden, wird mit der dreifachen Transportentfernung gerechnet. Die weiteren Module bleiben davon ausgenommen.

Montage Die Brennstoffzelle braucht aufgrund ihrer Dimensionierung einen anderen Betriebsort. Gängige Unterbringungsmöglichkeit ist die Aufstellung innerhalb eines Glaskastens. Es wird aufgrund fehlender Daten angenommen, dass das Gebäude aus 100 % Glas besteht. Zusätzlich müsste ein Fundament gegossen werden. Diese Werte können direkt im

Tool verändert werden. Mit diesen Materialien wird analog verfahren, wie mit denen der Herstellung. Der anschließende Transport ist ebenfalls berücksichtigt. Stoff- und Energieflüsse sowie Emissionen, die direkt bei der Montage anfallen, können aus Mangel an Informationen nicht berücksichtigt werden.

3.4.2.4. Wirkungsbilanz

Bei der Erstellung der Wirkungsbilanz wird gemäß Kapitel 3.3.4 vorgegangen.

Wirkungsbilanz BHKW Die absoluten Ergebnisse der Ökobilanz der einzelnen Wirkungskategorien sind Tabelle 27 im Anhang zu entnehmen. Des Weiteren sind in Tabelle 28 die Ergebnisse auf die funktionelle Einheit bezogen dargestellt.

Wirkungsbilanz Brennstoffzelle Die absoluten Ergebnisse der Ökobilanz der einzelnen Wirkungskategorien sind Tabelle 27 im Anhang zu entnehmen. Des Weiteren sind in Tabelle 28 die Ergebnisse auf die funktionelle Einheit bezogen, dargestellt.

3.4.2.5. Ergebnisse

Die durchgeführte Ökobilanzierung liefert für die beiden Alternativen folgende Ergebnisse: Absolut betrachtet weist die Brennstoffzelle in elf von zwölf Kategorien geringere Werte auf (Tabelle 27 im Anhang). Da sie jedoch auch nur einen kleinen Teil der Leistung des BHKW liefern könnte und somit einen geringeren Nutzen hätte, werden die Ergebnisse bezogen auf die funktionelle Einheit (1 MWh) dargestellt. In den Abbildungen 32 und 33 werden die Ergebnisse der Ökobilanz für das BHKW und die Brennstoffzelle unter Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung dargestellt.

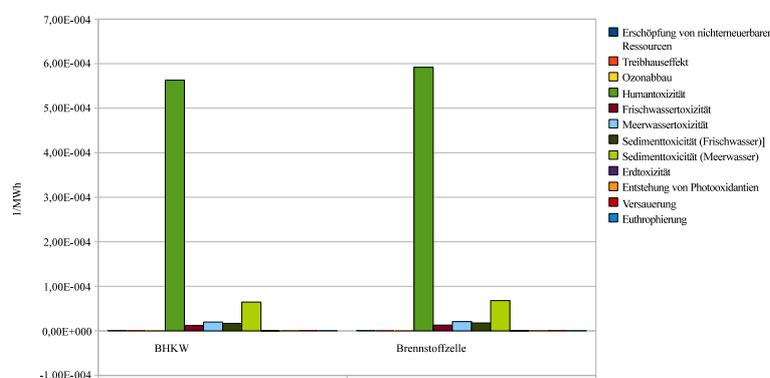


Abbildung 32.: Vergleich BHKW - Brennstoffzelle (Eigene Darstellung.)

Sowohl beim BHKW, als auch bei der Brennstoffzelle sind die Kategorien, welche die Toxizität auf Mensch, Wasser, Sediment und Erde darstellen, am stärksten ausgeprägt. Aus den Ergebnissen wird zunächst deutlich, dass der Kategorie „Humantoxizität“ die größte Bedeutung zugesprochen werden muss. Die Werte der beiden Alternative weisen in allen Kategorien keine großen Differenzen auf. In der Kategorie „Treibhauseffekt“ sind die Werte beider Alternativen negativ, d.h. sie sparen CO_2 - Äquivalente ein. Auch bei den Kategorien „Versauerung“ und „Euthrophierung“ weist die Brennstoffzelle in beiden Kategorien negative Werte auf, jedoch sind die erzielten Bilanzergebnisse gering. Ebenfalls geringe Bedeutung kann den Kategorien „Entstehung von Photooxidantien“, „Ozonabbau“ und „Erschöpfung nicht-erneuerbaren Ressourcen,“ zugesprochen werden.

Die Ergebnisse der Analyse des ökologischen Zusatznutzens der Kraft-Wärme-Kopplung sind in den nachfolgenden Abbildungen 33 und 34 für beide Alternativen dargestellt.

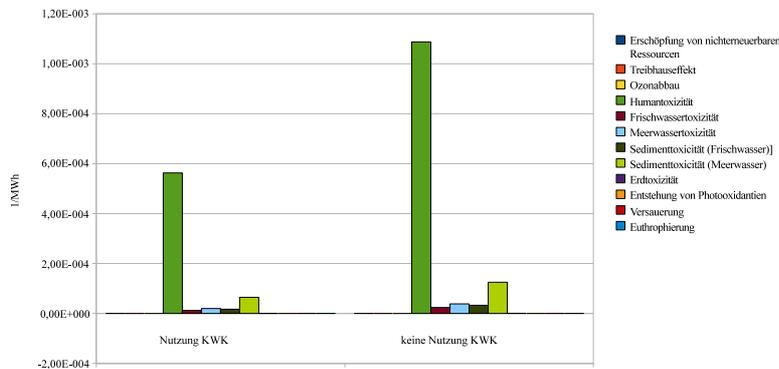


Abbildung 33.: Ergebnisse BHKW Kraft-Wärme-Kopplung (Eigene Darstellung.)

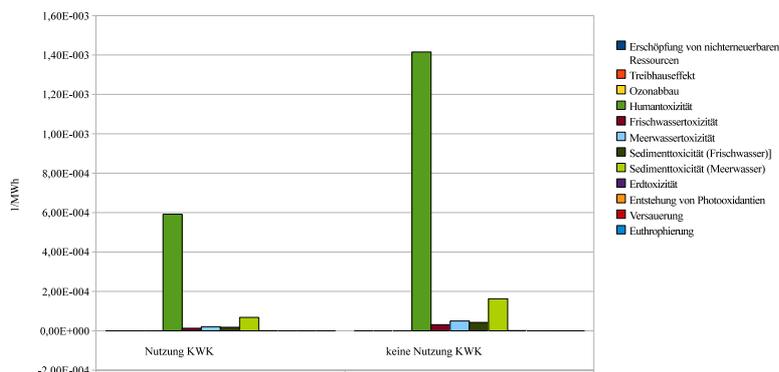


Abbildung 34.: Ergebnisse Brennstoffzelle Kraft-Wärme-Kopplung (Eigene Darstellung.)

Deutlich wird, dass die Kraft-Wärme-Kopplung einen Einfluss auf die Bilanzergebnisse bei der Alternativen hat. Es ergeben sich ohne die KWK-Option höhere Werte in allen betrachteten Wirkungskategorien. Die Werte der Kategorien verdoppeln sich mindestens. Die Werte für die „Eutrophierung“, „Versauerung“ und „Entstehung von Photooxidantien“ verändern

sich deutlich stärker, sind jedoch weiterhin auf einem sehr niedrigen Niveau. Negative Werte sind in keiner Kategorie vorhanden.

Für die Sensitivitätsanalyse der Parameter Laufzeit, Materialeinsatz und Gesamtwirkungsgrad der Anlage wurde die Kategorie Humantoxizität untersucht, da ihr die größte Priorität zugesprochen wurde. Für das BHKW und die Brennstoffzelle sind die Ergebnisse in den folgenden Abbildungen 35 und 36 dargestellt.

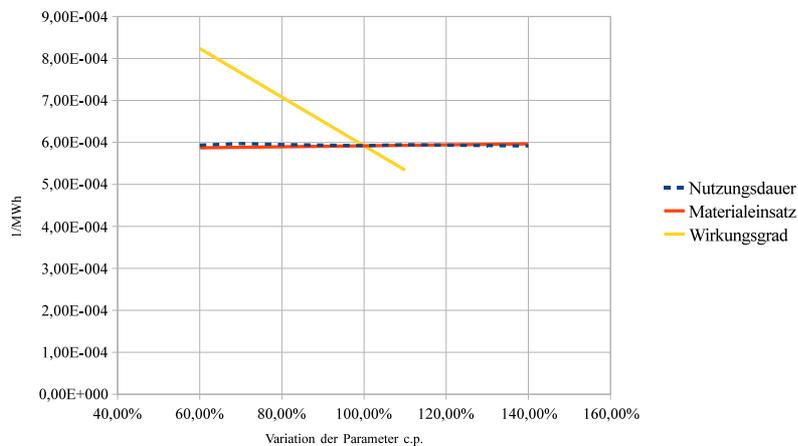


Abbildung 35.: Humantoxizität BHKW pro MWh (Eigene Darstellung.)

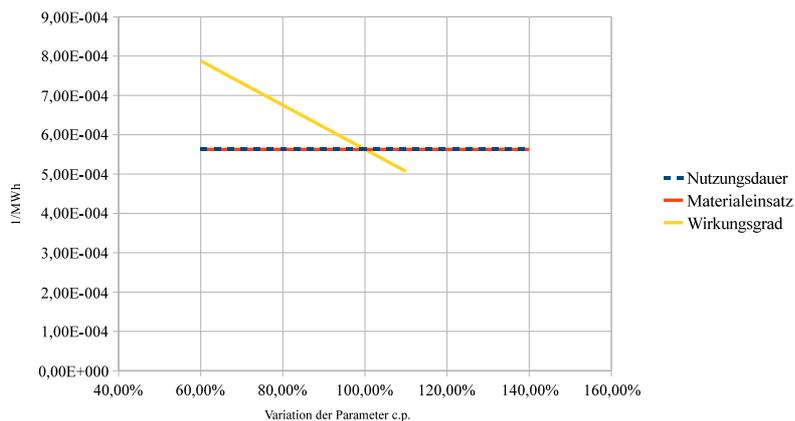


Abbildung 36.: Humantoxizität Brennstoffzelle pro MWh (Eigene Darstellung.)

Für beide Alternativen wird das gleiche Ergebnis beobachtet. Es wird deutlich, dass sowohl die Laufzeit, als auch der Materialeinsatz keinen signifikanten Einfluss auf die Kategorie „Humantoxizität“ haben. Der Gesamtwirkungsgrad konnte als Belastungstreiber identifiziert werden.

3.4.2.6. Fazit und Handlungsempfehlungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse mit Bezug auf die Untersuchungsfragen bewertet und Handlungsempfehlungen gegeben. Zunächst ist das primäre Untersuchungsziel, die Identifikation der ökologischeren Alternative, zu betrachten. Absolut betrachtet ist die Investition Brennstoffzelle vorzuziehen, da sie in elf von zwölf betrachteten Kategorien geringere Werte aufweist. Für die gleiche Leistung müssten jedoch sieben Brennstoffzellen installiert werden. Durch den Bezug auf die funktionelle Einheit konnte gezeigt werden, dass selbst sieben Brennstoffzellen im Vergleich zu dem BHKW, in den bedeutendsten Kategorien, geringe Differenzen aufweisen. In drei Kategorien ergeben sich sogar geringere und negative Werte. Die Abweichungen von sieben Brennstoffzellen gegenüber einem BHKW sind gering. Aus rein ökologischer Sicht wäre eine Installation von sieben Brennstoffzellen immer noch eine interessante Alternative.

Das erste Unterziel, die ökologische Beurteilung der Kraft-Wärme-Kopplung wird als nächstes betrachtet. Bei beiden Alternativen kann eindeutig eine ökologischer Mehrnutzen durch die zusätzliche Stromeinspeisung aufgezeigt werden. Die Kraft-Wärme-Kopplung ist in diesem Fall ökologisch vorteilhaft. Für beide Alternativen kann somit die Nutzung der KWK-Option empfohlen werden.

Die Analyse der Belastungstreiber, für die bedeutendste Kategorie Humantoxizität, hat ergeben, dass die Laufzeit und der Materialeinsatz keinen signifikanten Einfluss haben. Da hauptsächlich die Effizienz der Anlagen das Bilanzergebnis beeinflusst, kann die Art und Weise der Nutzung das Bilanzergebnis kaum beeinflusst werden. Die weitere Verbesserung der Ökobilanzen hängt somit von einer weiteren Effizienzsteigerung der Technologien ab. Insbesondere bei der Brennstoffzelle sind noch Potenziale zu vermuten, da die Technologie relativ noch nicht ausgereift ist. Eine Beobachtung des technischen Fortschritts wird daher angeraten. Da die Schmelzkarbonatbrennstoffzelle in Versuchen bereits sehr gute Wirkungsgrade mit biogenen Brennstoffen erzielen konnte³³, könnte eine Substitution des Erdgases durch Biogas einen interessanten Ansatzpunkt für weitere Analysen darstellen. Außerdem könnten die Fahrweisen der Kraftwerke untersucht werden, da diese aufgrund der Annahme des Betriebs unter Volllast bisher nicht berücksichtigt wurden. Des Weiteren ist das Zusammenwirken mit den bereits vorhandenen Heizkesseln ein möglicher Analyseansatz. Die Kraftwerke würden dann in die Systemgrenze einbezogen werden.

3.5. Fazit

Die durchgeführten Analysen zu den beiden Fallbeispielen ergaben, dass für die betrachteten Anlagen, der Toxizität auf Mensch, Natur und Erde die größte Bedeutung zugesprochen werden muss.

Aus den Analyseergebnissen zeigt sich, dass als Kriterium für die ökologische Beschaffung (vgl. Kapitel 1.4) eine Anlage mit hohem Wirkungsgrad zu wählen ist. Während des Betriebs

³³ BERGER, P. (2003), S. 44.

besteht für MAN Nutzfahrzeuge AG die Möglichkeit, die Ökobilanz durch die beschriebene KWK-Option entscheidend zu verbessern.

Auch die nachträgliche ökologische Bewertung, der sich im Bau befindlichen Lackieranlage, musste differenziert betrachtet werden. Das Potential der Ökobilanzierung kann nur teilweise genutzt werden, da für die ökologische Beschaffung keine Handlungsempfehlung gegeben werden kann. Jedoch ist aus den Analyseergebnissen für die Achslackieranlage ersichtlich, dass sich durch Erhöhung des Outputs die Bilanzergebnisse signifikant verbessern. Demnach ist aus ökologischer Sicht als Handlungsempfehlung die Outputmaximierung anzustreben.

Die Ergebnisse der Analysen müssen jedoch kritisch diskutiert werden. Mögliche Fehlerquellen sind die getroffenen Annahme, die Einschränkungen und nicht vollständige bzw. veraltete Daten. Des Weiteren ergaben sich bei der CML-Methode im Bezug auf die Charakterisierung Schwierigkeiten, da nicht alle Emissionen in der CML-Datenbank hinterlegt bzw. bisher keine Umwelteinwirkungen bekannt sind. Weitere Verbesserung und Aktualisierung dieser Daten sind ebenso notwendig, wie eine konsistente Weiterentwicklung der Ökobilanzdatenbanken wie z. B. ProBas.

Ökobilanzierung kann, als paralleles Instrument zu der Lebenszykluskostenrechnung, eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Durch die Lebenszyklusbetrachtung können Potenziale identifiziert und im Sinne der Unternehmensziele genutzt werden. Dabei sind insbesondere ökonomisch bewertete Energieströme, wie z.B. Erdgas und elektrischen Strom, zu beachten. Diese haben neben ihrem Einfluss auf die Ökobilanz auch monetäre Auswirkungen. In dem Fallbeispiel BHKW würde eine Reduzierung des Erdgaseinsatzes bei gleicher Leistung sowohl einen ökologischen als auch ökonomischen Gewinn darstellen. Die Ökobilanzierung kann somit als Erweiterung des Informationskonzeptes bei Investitionsentscheidungen dienen.

4. Hemmnisanalyse

Ziel des folgenden Abschnittes ist es, im Rahmen einer quantitativen und qualitativen Analyse Hemmnisse im Beschaffungsentscheidungsprozess der MAN Nutzfahrzeuge AG zu identifizieren, zu bewerten und Strategien zu deren Überwindung anzuregen.¹

Nach einer kurzen Einleitung und Darlegung der Ziele der Hemmnisanalyse werden im Kapitel 4.1 zunächst die Forschungsfragen und der Stand der Forschung behandelt. Außerdem wird im Rahmen der Erläuterung von Forschungsdesign und Forschungsmethode auf das Vorgehen bei den Leitfadeninterviews, der Hemmnisanalyse zur Identifikation der wahrgenommenen Hemmnisse, die Inhaltsanalyse sowie die Art der statistischen Auswertung eingegangen. Im Kapitel 4.2 werden die Ergebnisse der Hemmnisanalyse ausgewertet und zusammengefasst. Abschließend sollen im Kapitel 4.3 Handlungsempfehlungen zur Überwindung der identifizierten Hemmnisse abgeleitet werden und Empfehlungen für weiterführende Forschungsarbeiten gegeben werden.

4.1. Forschungsdesign

Als Basis für die Durchführung der Hemmnisanalyse werden nachfolgend in Kapitel 4.1.1 der Untersuchungsgegenstand und die zu beantwortenden Forschungsfragen aufgeführt. Der derzeitige Stand der Forschung wird in Kapitel 4.1.2 kurz umrissen, bevor in Kapitel 4.1.3 näher auf die Untersuchungsmethode eingegangen wird.

4.1.1. Untersuchungsgegenstand und Forschungsfragen

Untersuchungsgegenstand Ziel dieser Arbeit ist es, Hemmnisse im Beschaffungsentscheidungsprozess zu untersuchen. Hierbei sollen einerseits reale Barrieren, aber auch subjektive Hürden der verschiedenen unternehmensinternen Stakeholder analysiert werden. Dabei wird der Schwerpunkt dieser Arbeit auf die folgenden Entscheidungsträger gelegt: Finanzbereich, allgemeine Beschaffung, Produktion, Planung und das Umweltmanagement.

Forschungsfragen Im Rahmen der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist es erforderlich, eindeutige Forschungsfragen aufzustellen, anhand derer dann mutmaßliche Ursachen-Wirkungs-Beziehungen im Beschaffungsentscheidungsprozess aufgefunden und anhand von Hypothesentests überprüft werden können.²

Folgende Forschungsfragen sollen im Rahmen der Hemmnisanalyse beantwortet werden:

¹ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005a), S. 155.

² TÖPFER, A. (2009), S. 146.

- Welche Hemmnisse lassen sich identifizieren?
 - Handelt es sich dabei um wahrgenommene und/ oder reale Hemmnisse?
 - Wie homogen sind die Antworten der Befragten in Bezug auf diese Hemmnisse?
 - Inwiefern konnten bzw. können ggf. Hemmnisse überwunden werden?
- Wie beeinflussen die verschiedenen Akteure im Beschaffungsprozess den Abbau von Hemmnissen?

Vor der Beantwortung dieser Fragen wird zunächst auf den aktuellen Stand der Hemmnisforschung eingegangen.

4.1.2. Stand der Forschung

Dresdner Hemmnisanalyse Die Dresdner Hemmnisanalyse wurde ursprünglich für den öffentlichen Sektor entwickelt, wurde aber 2004 auch für den privaten Sektor angepasst. Seit-her gibt es nach Wissen der Autoren erst eine Studie zur Hemmnisanalyse in privaten Unternehmen³, weshalb diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur allgemeinen Etablierung dieser Methode leisten soll.

Neben der Dresdner Hemmnisanalyse gibt es wenige alternative Konzepte, die insbesondere auf Hemmnisse in Bezug auf Umweltaspekte eingehen. Hier sei auf die Analysen von SCHLEICH⁴ und SARDIANOU⁵ verwiesen. Dort wurde der Schwerpunkt auf die ökonometrische Auswertung gelegt.

Hemmnisse Hemmnisse im Beschaffungsentscheidungsprozess sind Barrieren, die eine umweltfreundliche Beschaffung verlangsamen oder verhindern können, falls nicht gezielt Maßnahmen zur Überwindung ergriffen werden.⁶ Dabei können jede Stufe des Beschaffungsprozesses (vgl. Kap. 1.4) und jeder Stakeholder eine mögliche Quelle für Hemmnisse sein, wobei sich intra-elementare und inter-elementare Hemmnisse unterscheiden lassen. Intra-elementare Hemmnisse treten auf einer Stufe oder in einem Bereich auf, während inter-elementare Hemmnisse mehrere Stufen oder Bereiche umfassen.⁷

Organisationstheoretische Ansätze In der Organisationstheorie gibt es zahlreiche Ansätze zur Beschreibung und Erklärung von Hemmnissen, wobei für die Dresdner Hemmnisanalyse die Promotorentheorie und die Theorie der Machtbasen zugrunde gelegt wurden.

³ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005b), S. 6.

⁴ GEISSDOERFER (2009), S. 2150.

⁵ SARDIANOU, E. (2008), S. 1416.

⁶ HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. (1999), S. 13.

⁷ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005a), S. 155.

Die Promotorentheorie unterscheidet „kognitive Widerstände des Nicht-Wissens, psychische Widerstände des Nicht-Wollens, organisatorische Widerstände des Nicht-Dürfens [sowie] finanzielle Widerstände des Nicht-Könnens“⁸. Darauf aufbauend geht sie der Fragestellung nach, inwiefern diese Widerstände durch Machtpromotoren kraft ihrer hierarchischen Stellung auf der strategischen Ebene bzw. operativ tätige Fachpromotoren kraft ihres Fachwissens überwunden und Entscheidungen herbeigeführt werden können.⁹

Die Theorie der Machtbasen identifiziert verschiedene Quellen sozialer oder organisationaler Macht, über welche Entscheidungsträger im Unternehmen verfügen können. Diese Quellen lassen sich zu folgenden Hemmnistypen zusammenfassen: fehlende Ziele, fehlende Regelungen, fehlendes Wissen sowie fehlendes Anreiz- und Sanktionssystem.¹⁰

Darüber hinaus möchten die Autoren zur Bewertung der identifizierten Hemmnisse die Transaktionskostenökonomik heranziehen. Dieser Ansatz ist ursprünglich dafür entwickelt worden, die Wahl der Organisationsform (z. B. make-or-buy-Entscheidungen) für bestimmte Transaktionen zu erklären, kann aber auch auf die Abwicklung von Transaktionen in Organisationen selbst angewendet werden. Transaktionskosten sind, einfach gesagt, diejenigen Kosten, die keine Produktionskosten sind. Dabei werden ex-ante- und ex-post-Transaktionskosten unterschieden. Ex-ante-Transaktionskosten sind die Kosten der Suche, Information, Verhandlung und Entscheidung, während die ex-post-Transaktionskosten die Kosten der Vertragsumsetzung, der internen Organisation und Koordination sind. Ziel einer Organisation ist es, die Summe aus Produktions- und Transaktionskosten zu minimieren. Hemmnisse, v. a. in Form von Informationsasymmetrien, können entstehen, da sich einerseits die beteiligten Akteure ggf. opportunistisch verhalten können und nur begrenzt rational sind, d. h. über neurophysiologische und sprachliche Grenzen der Informations- und Wissensverarbeitung verfügen. Andererseits kann die Situation durch Unsicherheit, Komplexität und eine geringe Anzahl an „Spielern“ geprägt sein. Daraus folgt, dass verschiedene Akteure unterschiedlich gut informiert sein können.¹¹

Hemmnisgruppen In früheren Studien der Dresdner Hemmnisanalyse konnten als Ursachen für Hemmnisse die Komplexität des Entscheidungsfeldes, die zentrale bzw. dezentrale Organisation des Beschaffungsprozesses mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen, die unzureichende Regelung der Zuständigkeiten der Akteure/ Bereiche, die Verhandlungsmacht einzelner Akteure/ Bereiche, einschränkende organisationale und individuelle Routinen sowie fehlendes persönliches Engagement von Akteuren/Bereichen herausgearbeitet werden. Daraus können Hemmnisse resultieren, welche den folgenden Hemmnisgruppen basierend auf dem Promotoren- und Machtbasenmodell zugeordnet werden können:

- fehlende Ziele,
- fehlende Regelungen,

⁸ HAUSCHILDT, J. (1998), S. 3.

⁹ HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. (1999), S. 13.

¹⁰ FRENCH, J. R. P.; RAVEN, B. (1959), S. 165.

¹¹ WILLIAMSON, O. E. (1975), S. 40.

- fehlende Informationen,
- fehlendes Wissen,
- fehlendes Anreiz- und Sanktionssystem.¹²

Der Klarheit und Übersichtlichkeit halber erfolgt hier keine Gruppierung nach der Transaktionskostentheorie, da sich die genannten Theorien inhaltlich überschneiden.

Doch inwiefern sind die aufgeführten Hemmnisgruppen auch für die MAN Nutzfahrzeuge AG relevant? Um das herauszufinden, muss zunächst in reale und wahrgenommene Hemmnisse unterschieden werden. Die Identifikation wahrgenommener Hemmnisse ist Ziel der Leitfadenterviews. Diese sind dann mit Hilfe der Marktanalyse (siehe Kap. 1.3) darauf zu überprüfen, ob sie auch tatsächlich existieren. In diesem Fall wird auch von realen Hemmnissen gesprochen. Darüber hinaus ist auch zu überprüfen, welche Hemmnisse in der Vergangenheit bereits erfolgreich behoben werden konnten¹³

4.1.3. Untersuchungsmethode Hemmnisanalyse

Ziel einer Hemmnisanalyse ist es, Hemmnisse innerhalb einer Institution zu identifizieren, um letztlich Strategemaßnahmen zu deren Überwindung entwickeln zu können. In diesem Fall liegt der Schwerpunkt auf der Analyse von umweltrelevanten Hemmnissen bei Beschaffungsprozessen der MAN Nutzfahrzeuge AG. Dabei stehen die verschiedenen Akteure des Entscheidungsprozesses (vgl. Kap. 4.2.3) im Vordergrund.¹⁴ Die Dresdner Hemmnisanalyse ist ein internetbasiertes Selbstevaluationstool und damit ein nützliches Werkzeug, das es Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen ermöglicht, eine Hemmnisanalyse selbstständig durchzuführen. Dabei ist die Bedienung intuitiv und ermöglicht im Idealfall eine Auswertung ohne zusätzlichen Aufwand. Die vorgegebenen Fragen können von verschiedenen Organisationen genutzt werden. Dennoch hat jede Organisation bestimmte Besonderheiten und spezifische Probleme, die von einem allgemeinen Fragebogen kaum abgedeckt werden können und tiefer gehende Analysen benötigen.

Nachfolgend werden nun die einzelnen Schritte der Hemmnisanalyse dargestellt. Als erstes wird die Befragungsmethode erläutert. Anschließend wird auf die Methode der Inhaltsanalyse zur inhaltlichen Auswertung eingegangen. Als Letztes folgt die Darlegung der statistischen Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

Befragung Als Erstes wurden die Daten für die Untersuchung erhoben. Dazu wurden sechs Mitarbeiter der strategischen und operativen Ebenen aus den oben genannten Bereichen befragt. Aufgrund der geringen Anzahl der Befragten wurde keine gesonderte schriftliche

¹² GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005a), S. 156 ff.

¹³ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005a), S. 162 f.

¹⁴ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2006), S. 5.

Befragung vorgenommen. Die Autoren entschieden sich, die Befragung in mündlicher Form im Rahmen von sog. Experteninterviews durchzuführen, um so die Einstellungen und Sichtweisen der Befragten besser hinterfragen und offene Fragen und Widersprüche klären zu können. Ein Experteninterview ist demnach eine anwendungsfeldbezogene Variante von Leitfadeninterviews, kein phänomenologisch-sinnverstehender Ansatz.¹⁵

Im Rahmen der mündlichen Befragungen, die jeweils 45 bis 60 Minuten dauerten, sollten die Unternehmensebenen und der jeweilige Einflussbereich der Befragten beleuchtet, der Beschaffungsprozess aus Sicht der jeweiligen Ebene erklärt und schließlich die spezifischen Hemmnisse ermittelt werden. Diese haben die Autoren zur gedanklichen Unterstützung der Befragten basierend auf den Hemmnisgruppen in folgende Bereiche unterteilt (wobei ein Statement nicht zwangsläufig nur einer Kategorie zuzuordnen ist):

- Fehlende Ziele
- Fehlende Regelungen
- Fehlende Informationen
- Fehlendes Wissen
- Fehlende Anreize/ Sanktionen/ Motivation

Eine ausführliche Zuordnung der Statements findet sich im Anhang (siehe Tabelle 29) .

Den Befragten wurden verschiedene Thesen vorgestellt, welche sie bestätigen oder widerlegen konnten. Auf diese Weise können die wahrgenommenen Hemmnisse aufgedeckt werden. Die Antwortskala basiert auf der Likert-Skala¹⁶, welche sich v. a. für die Messung von Einstellungen eignet.¹⁷ Sie reicht dabei von „stimme zu“ bis „stimme nicht zu“, wobei die neutrale, unentschiedene Stufe weggelassen wurde, damit die Befragten sich für eine Tendenz entscheiden „mussten“.

Für die Interviews wurde ein Leitfaden entwickelt (siehe A.3), der auf den standardisierten Fragebögen der Dresdner Hemmnisanalyse basiert.¹⁸ Das Ziel des Leitfadens besteht darin, für die einzelnen Fragen das „Warum“ einer Antwort zu hinterfragen. Nach den Befragungen erfolgte eine Transkription der Interviews, einerseits um sie den Befragten auch in schriftlicher Form zur Verfügung stellen zu können und andererseits als Basis für die Inhaltsanalyse.

Inhaltsanalyse zur inhaltlichen Auswertung Zur Auswertung der Befragungen werden die transkribierten Interviews anhand einer Inhaltsanalyse untersucht. Das Ziel besteht in der Prüfung der unter 4.1.1 gestellten Fragen und der Untersuchung der subjektiven und realen Hemmnisse. Außerdem werden Probleme und neue Fragestellungen, die sich während der Interviews ergaben, analysiert.

Das Kategoriensystem kann empirie- oder theoriegeleitet gebildet werden. Dieses soll al-

¹⁵ KRUSE, J. (2008), S. 47.

¹⁶ GÜNTHER, E.; KLAUKE, I.; SCHEIBE, L. (2005), S. 8.

¹⁷ WITHERTON, P. G. H. . (o. A.), o. S.

¹⁸ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2003), S. 43 - 46.

le thematischen Gebiete abdecken, eindeutig und disjunkt sein.¹⁹ Die Kategorien orientieren sich am Aufbau des Fragebogens. Dabei sollten vor allem die Gründe für die jeweilige Antwort hinterfragt werden. Da die Kodierung durch lediglich eine Person erfolgte, war ein Test bezüglich der Intracoder- und Intercoder-Objektivität nicht erforderlich. Das eigentliche Kodieren erfolgte dann mithilfe des Computerprogramms MAXQDA, weil es selbst in der Demo-Version über ausreichend Funktionalitäten verfügt. Die Benutzung des Kodiersystems innerhalb des Programms ist intuitiv und erleichtert die Analyse. Die automatische Kodierung erweist sich teilweise als wenig hilfreich, da gerade bei qualitativen Daten der Kontext mit in die Betrachtung einfließen muss. Nützlich ist die Exportfunktion der binären Daten für Excel oder SPSS.

Die Auswertung durch Inhaltsanalyse soll die Antworten den verschiedenen Hemmnistypen zuordnen.²⁰ So kann zu jedem Bereich oder Akteur eine Hemmniseinordnung erfolgen, die einen Vergleich zwischen den Akteuren ermöglicht. Dabei liegt das Gewicht bei einer Untersuchung, die allein auf Interviews basiert, auf der qualitativen Auswertung.

Nach der Kodierung stehen die Daten für eine statistische Auswertung zur Verfügung. Dann werden sie in ein geeignetes Programm (z. B. Excel oder SPSS) exportiert und mit verschiedenen statistischen Verfahren ausgewertet, die im Rahmen der Hemmnisanalyse näher vorgestellt werden.

Statistische Auswertung Die weitere Auswertung der Hemmnisse erfolgt durch statistische Verfahren. Doch bei kleinen Stichproben stößt die Aussagekraft solcher Tests an ihre Grenzen.²¹ Als erster Bewertungsschritt werden die durch die Antworten identifizierten Hemmnisse anhand ihrer mittleren Relevanz geordnet. Danach werden die Streuungen und Abweichungen von den Mittelwerten errechnet. Diese Ergebnisse werden mittels folgender Darstellungsformen visualisiert:

- Das Hemmnisprofil bildet den Mittelwert und die Streuung jeder Frage ab. Hier lassen sich erste Aussagen treffen, ob eine Problematik tatsächlich als Hemmnis wahrgenommen wird.
- Das Hemmnisportfolio nutzt die Mittelwerte und Abweichungen, um die Hemmnisse in Gruppen zu klassifizieren. Hier können erste Tendenzen abgeleitet werden, auf welche Hemmnisse beim Abbau der Schwerpunkt gelegt werden sollte.
- Die bewertete Hemmnismatrix verwendet die allgemeine Hemmnismatrix, die Bestandteil der Dresdner Hemmnisanalyse ist, und quantifiziert die einzelnen Hemmnisse mittels Kreisen, die je nach Größe des Radius den Mittelwert des wahrgenommenen Hemmnisses abbilden. Ziel ist es, die ermittelten Hemmnisse im Beschaffungsprozess abzubilden und entsprechend die beteiligten Akteure zuzuordnen.

¹⁹ FRÜH, W. (2007), S. 105.

²⁰ FRÜH, W. (2007), S. 334 ff.

²¹ MOSLER, K. C. (2006), S. 174ff.

Interpretation der Ergebnisse Nach der Bewertung existiert nun ein Ansatz, um Hemmnisse innerhalb einer Institution abzubauen. Innerhalb eines Prozesses sollte geklärt werden, welche Akteure des Entscheidungsprozesses Einfluss auf die Hemmnisse nehmen können und somit entscheidend Einfluss auf den Abbau haben können.²² Ebenso lassen sich die Entscheidungspunkte, bei den Hemmnisse auftreten, auffinden.

Der wohl wichtigste Schritt besteht anschließend darin, innerhalb der Institution zu klären, welche Hemmnisse als Erstes abgebaut werden sollen, da praktischerweise kaum alle Hemmnisse auf einmal gelöst werden können (Best Practice Sharing).²³ Mittels der „Critical Incident Technique“²⁴ können auch kritische Vorfälle durch die beteiligten Akteure analysiert und besprochen und resultierend Maßnahmen gebildet werden. Alternativ können auch typische Entscheidungssituationen für Hemmnisse beschrieben werden, die die Ursachen von Hemmnissen aufdecken können. Grundsätzlich existiert aber kein Standardkatalog für den Abbau von Hemmnissen und Lösungen müssen von jeder Organisation selbst erarbeitet werden.

4.2. Ergebnisse

Zu Beginn wird anhand des Hemmnisprofils ein Überblick der verschiedenen Hemmnisse gegeben. Weiterhin wird auf die Ausprägung der gegebenen Antworten und auf die zugehörigen Erklärungen während der Interviews eingegangen. In Kap. 4.2.2 werden die wahrgenommenen Hemmnisse zusammengefasst und analysiert. Nach der Visualisierung und Bewertung des Beschaffungsprozesses in Kap. 4.2.3 erfolgen eine kritische Würdigung der durchgeführten Hemmnisanalyse (Kap. 4.2.4) und eine kurze Abschlussbetrachtung (Kap. 4.2.5).

4.2.1. Auswertung der Hemmnisgruppen

Hemmnisprofil Einen ersten Überblick über die Ergebnisse der Befragung gibt das Hemmnisprofil (siehe Abb. 37) auf Basis der Mittelwerte und Streuungen der Antworten. Das Hemmnisprofil ist absteigend sortiert, d. h. je eher einem Hemmnis entsprochen wird, desto weiter links befindet sich das Statement in der Abbildung. Lediglich bei 25 % der Statements entsprechen die Antworten der Befragten eindeutig keinem Hemmnis. Alle weiteren Statements bedürfen nun einer näheren Analyse, bevor festgestellt werden kann, ob tatsächlich ein Hemmnis im Beschaffungsentscheidungsprozess vorliegt.

²² HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. G. (1999), S. 152.

²³ SCHEIBE, L.; GÜNTHER, E. (2006), S. 236.

²⁴ GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2003), S. 34.

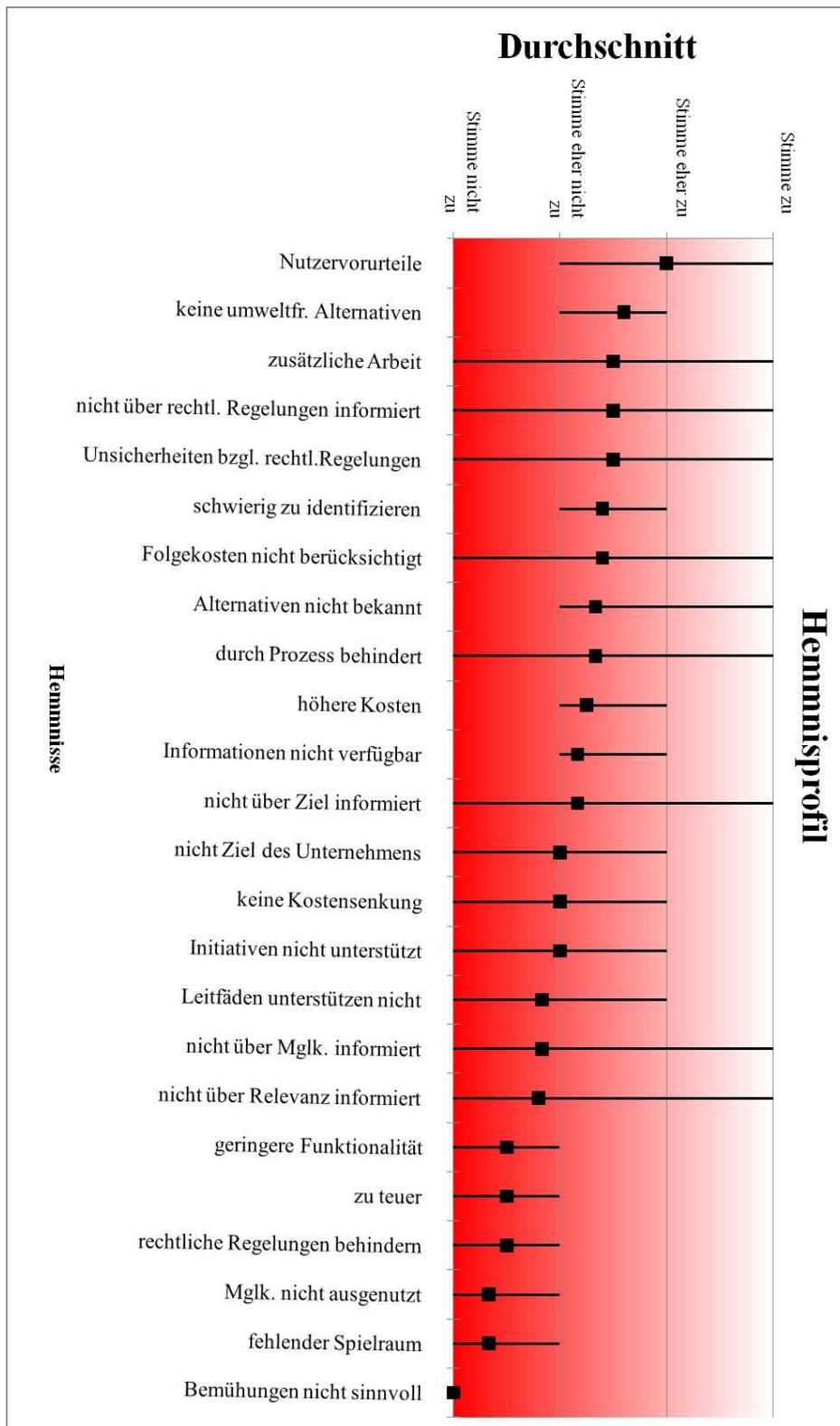


Abbildung 37.: Hemmnisprofil (Selbstevaluationstool der Dresdner Hemmnisanalyse.)

Auswertung der Hemmnisse Mit Hilfe des Promotorenmodells (s. a. Kap. 4.1.2) wird nun näher untersucht, welche wahrgenommenen Hemmnisse die Befragten bei der MAN

Nutzfahrzeuge AG im Rahmen der Hemmnisanalyse identifiziert haben.

Ziele Als erstes wird untersucht, inwiefern Unternehmensziele bezüglich umweltfreundlicher Beschaffung verankert sind (Zuordnung der Statements siehe Anhang Tabelle 29). Alle Befragten halten umweltfreundliche Investitionen gleichermaßen für sinnvoll. Hier liegt also eindeutig kein Hemmnis vor. In Bezug auf die Unternehmensziele lässt sich feststellen, dass umweltfreundliche Beschaffung als Unternehmensziel erkannt wird. Allerdings konnten die Befragten die Ziele kaum konkretisieren und es war nicht feststellbar, ob speziell die umweltfreundliche Beschaffung ein eigenständiges Ziel ist, das auch so kommuniziert wird. Dies ist auch erkennbar an der sehr inhomogenen Beantwortung der Frage, ob die Befragten hinreichend über umweltfreundliche Beschaffung als Unternehmensziel informiert sind. Die Mehrheit der Befragten konnte hierzu keine konkreten Angaben machen bzw. verwies auf Umweltberichte, die ggf. als Ergebnis, aber nicht als Ziel aufzufassen sind. Interessant dabei ist, dass die Mitarbeiter sich dennoch mit diesem abstrakten Unternehmensziel identifizieren und auch von sich aus motiviert sind, Umweltschutzziele im Unternehmen zu etablieren.

Regelungen Aufbauend auf der Verankerung als Unternehmensziel wird nun näher betrachtet, in welchem Umfang es Regelungen gibt, die die umweltfreundliche Beschaffung unterstützen (Zuordnung der Statements siehe Anhang Tabelle 29). Interessanterweise stimmen die Beteiligten der Aussage eher zu, dass innerhalb eines bestimmten Kostenrahmens umweltfreundliche Beschaffungsalternativen auswählbar sind. Einschränkend lässt sich allerdings feststellen, dass der Spielraum dabei, derzeit erst recht aufgrund der Wirtschaftskrise, relativ gering ist. Der Spielraum stellt für die Befragten eher weniger ein Hemmnis dar, vielmehr treten andere Auswahlkriterien wie Kosten, Qualität und Leistung in den Vordergrund. Umweltschutz wird dabei als sekundäres Ziel betrachtet. Die Befragten stimmen ebenso einheitlich der Aussage zu, dass rechtliche Regelungen umweltfreundliche Beschaffung unterstützen, und befürworten diese auch. Allerdings ist zu vermuten, dass die Bemühungen umweltfreundliche Beschaffung zu etablieren zumindest bisher über die Einhaltung von Mindeststandards und Grenzwerten wenig hinausgingen. Die Beschaffungsleitfäden unterstützen im Allgemeinen Investitionsentscheidungen. Dabei können Umweltaspekte von den Anwendern berücksichtigt werden. Derzeit gibt es Bemühungen, die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei der Beschaffung zu standardisieren und auszubauen. Hinsichtlich der Vorgaben des Beschaffungsprozesses variieren die Meinungen der Befragten sehr stark. Einerseits werden natürlich je nach Bereich Hindernisse für eine umweltfreundliche Beschaffung, z. B. Verfügbarkeit, technologischer Stand, hervorgehoben, an anderer Stelle werden wiederum keine hinderlichen Vorgaben erkannt.

Informationen Eine weitere wichtige Hemmnisgruppe umfasst die „fehlenden Informationen“, die ggf. eine umweltfreundliche Beschaffung behindern können (Zuordnung der Statements siehe Anhang Tabelle 29). Im Durchschnitt fühlen sich die Befragten eher gut über die Umweltrelevanz der Produkte der MAN Nutzfahrzeuge AG informiert. Dabei gilt

für als umweltrelevant eingestufte Beschaffungen, dass die Umweltschutzabteilung in den weiteren Beschaffungsprozess mit einzubeziehen ist. Die Umweltrelevanz der Endprodukte, z. B. während der Nutzungs- oder Entsorgungsphase, wird nicht einbezogen. Die Befragten fühlen sich über die Möglichkeiten und rechtlichen Regelungen bezüglich umweltfreundlicher Beschaffung ausreichend informiert. Dabei hat nicht jeder Bereich sämtliche Informationen, weiß aber, wo diese verfügbar sind. Die Informationsbeschaffung ist ein aktiver Prozess, bei dem z. B. extern im Markt Informationen entsprechend eingeholt bzw. die Rechtsabteilung bei Bedarf einbezogen werden.

Wissen Es stellt sich nun die Frage, inwieweit die Informationen der vorigen Ebene genutzt werden, um Wissen zu generieren (Zuordnung der Statements siehe Anhang Tabelle 29). Innerhalb dieser Hemmnisgruppe war das Antwortverhalten relativ homogen. Die Befragten gaben an, dass Alternativen durchaus durch verschiedene Mechanismen identifizierbar sind. Das Problem bestehe eher darin, dass derzeit lediglich in ca. 20 % der Fälle echte umweltfreundliche Alternativen verfügbar sind.

Grundsätzlich stimmen die Befragten der Aussage zu, dass bestehende Möglichkeiten, umweltfreundliche Kriterien in die Beschaffungsentscheidung einzubeziehen, genutzt werden. Allerdings hat die Befragung auch ergeben, dass dies nur für umfangreichere Investitionen zutrifft. Bei Investitionen mittleren Umfangs und laufenden Beschaffungsprozessen wiederum erfolgt der Einbezug v. a. bei besonderer Umweltrelevanz bzw. wenn bestimmte Grenzwerte einzuhalten sind. Als Beispiel sind hier Lösemittel für die Lackierung zu nennen. Bei der quantitativen Auswertung in Bezug auf Unsicherheiten aufgrund von rechtlichen Regelungen scheint das Antwortverhalten durchweg inhomogen zu sein. Die weitere qualitative Auswertung der Antworten ergibt allerdings, dass aufgrund der Aufgabenteilung zwischen den Abteilungen Informationen und Wissen immer dort verfügbar sind, wo sie benötigt werden. Tatsächliche Unsicherheiten könnten sich aber durch die seit 2007 gültige Gefahrstoffverordnung REACH²⁵ ergeben, wenn beispielsweise unklar ist, ob bestimmte Stoffe noch beschafft werden können, die als sog. hochbedenkliche Stoffe deklariert werden.

Anreize, Sanktionen Als letzte Hemmnisgruppe werden nun die „fehlenden Anreize oder Sanktionen“ analysiert, um festzustellen, ob vorhandene Anreiz- und Sanktionsmechanismen Hürden darstellen (Zuordnung der Statements siehe Anhang Tabelle 29). Interessanterweise stimmen die Befragten den Aussagen, dass umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen eine geringere Funktionalität haben oder zu teuer sind, einheitlich nicht bzw. eher nicht zu. In Bezug auf die Funktionalität stellt sich daneben auch die Frage, wie viel Leistung eine Maschine beispielsweise tatsächlich benötigt. Hier erhoffen sie sich einen Paradigmenwechsel im Unternehmen und in der Gesellschaft, der weg von der maximalen hin zu der tatsächlich benötigten Leistung führt.

Die nachfolgenden Statements zu Anreizen und Sanktionen fallen durch ein besonders inhomogenes Gesamtbild auf (s. a. Abb. 37). Es lässt sich demnach weder eine eindeutige

²⁵ Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 18. Dezember 2006

Aussage dazu treffen, dass umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen Möglichkeiten zur Kostensenkung eröffnen, noch dass sie zusätzliche Kosten verursachen. Auch die Berücksichtigung von Folgekosten wird unterschiedlich dargestellt. Dies bedarf einer genaueren Analyse. Die qualitative Auswertung ergibt, dass selten tatsächliche Einsparungen aus umweltfreundlichen Produkten entstehen. I. d. R. sind diese gleich teuer oder teurer. Letztere lassen sich bisher dennoch rechtfertigen, wenn sich z. B. Energie- und Entsorgungskosten im laufenden Produktionsprozess reduzieren lassen. Darüber hinaus gibt es bisher wenige Lebenszyklus-Ansätze im Unternehmen, wobei das Standardisierungstool, das derzeit in diesem Zusammenhang in Nürnberg erarbeitet wird, hier bereits ansetzt.

Trotz Streuung werden vorhandene Beschaffungsmassnahmen positiv bewertet. Einige Befragte nannten hierbei das Ideenmanagement, wobei anderweitig einschränkend erwähnt wurde, dass Ideen nur umgesetzt werden, wenn sich das finanziell auch auszahlt. Der reine ideale Wert einer ökologisch orientierten Idee reicht nicht aus. Auch in Bezug auf zusätzliche Arbeit durch umweltfreundliche Beschaffung fallen die Antworten ganz unterschiedlich aus. Diese Arbeit wird dennoch nicht als negativ bewertet. Einerseits ist umweltfreundliche Beschaffung ein zusätzliches Kriterium, andererseits ermöglicht das oben genannte Standardisierungstool eine Lebenszyklusbetrachtung, die zukünftig deutlich geringeren Aufwand benötigt.

Die Frage nach bestehenden Vorurteilen wurde insgesamt am kritischsten bewertet. Wenngleich die Befragten selbst dem Umweltschutz gegenüber sehr aufgeschlossen sind, vermuten sie, dass es dennoch Mitarbeiter gibt, die damit negative Assoziationen verbinden. Hier setzt allerdings spätestens seit der breiten öffentlichen Klimadebatte ein Paradigmenwechsel ein.

4.2.2. Zusammenfassung der wahrgenommenen Hemmnisse

Zusammenfassend werden nun die wahrgenommenen Hemmnisse aufgeführt, um eine Analyse der realen Hemmnisse zu ermöglichen. Außerdem soll das Antwortverhalten der Befragten näher analysiert werden. In der folgenden Tabelle wird für jedes Statement des Fragebogens angegeben, in welchem Umfang es sich dabei um ein wahrgenommenes Hemmnis handelt. Die Kreuze in Klammern bedeuten dabei, dass sich das Hemmnis im Rahmen der qualitativen Auswertung relativiert hat, weshalb die Autoren sich für eine andere Zuordnung entschieden haben (s. Kap. 4.2.1).

In der Befragung ließen sich folgende weitere Hemmnisse (s. a. Tab. 30 im Anhang) feststellen, welche im Rahmen der Fallstudien näher dargestellt werden:

- kein eindeutiges Ziel der Unternehmensführung,
- Regelungen bezüglich der Entsorgungskosten stellen zu geringe Anreize zur Abfallsparung dar,

	Hemmnisgruppe	wahrgenommenes Hemmnis		
		eher nicht	mittel	eher hoch
Bemühungen nicht sinnvoll	Ziele	x		
nicht Ziel des Unternehmens	Ziele		x	
nicht über Ziel informiert	Ziele		x	
fehlender Spielraum	Regelungen	x		
rechtliche Regelungen behindern	Regelungen	x		
Leitfäden unterstützen nicht	Regelungen	x		
durch Prozess behindert	Regelungen		x	
nicht über Relevanz informiert	Informationen	x		
nicht über Möglichkeiten informiert	Informationen	x		
Informationen nicht verfügbar	Informationen	x	(x)	
nicht über rechtliche Regelungen informiert	Informationen	x	(x)	
Möglichkeiten nicht ausgenutzt	Wissen	x		
Alternativen nicht bekannt	Wissen	x	(x)	
schwierig zu identifizieren	Wissen		x	
Unsicherheiten bzgl. rechtlicher Regelungen	Wissen		x	
keine umweltfreundliche Alternativen	Wissen		x	
geringere Funktionalität	Motivation	x		
zu teuer	Motivation	x		
keine Kostensenkung	Motivation		x	
Initiativen nicht unterstützt	Motivation		x	
höhere Kosten	Motivation		x	
Folgekosten nicht berücksichtigt	Motivation		x	
zusätzliche Arbeit	Motivation		x	
Nutzervorurteile	Motivation			x

Tabelle 15.: Hemmniseinordnung auf Basis des Mittelwertes [1 - 1,9: kein wahrgenommenes Hemmnis; 2 - 2,9: mittleres wahrgenommenes Hemmnis, 3 - 4: eindeutig wahrgenommenes Hemmnis] (Eigene Darstellung.)

- zu hohe Investitionskosten für Nutzarmachung der umweltfreundlichen Alternative (verschärft durch die Wirtschaftskrise),
- zu wenig Zeit für Realisierung verfügbar sowie
- zu geringe Verfügbarkeit.

Die hohen Investitionskosten beispielsweise spiegeln sich auch als Hemmnis bei der Entscheidung Wasserlack vs. Acryllack wider, wobei in diesem Fall bereits ein Überwindungsprozess in Gang gekommen ist. Motivator hierfür ist die Reduzierung der Lösemittelbilanz, welche in den vergangenen Jahren häufig grenzwertig ausfiel. Hier waren es also rechtliche Regelungen, die ein Umdenken im Unternehmen auslösten, was die wichtige Rolle staatlicher Aktivitäten aufzeigt.²⁶

Entscheidungsbaum Auf die Deutung der identifizierten Hemmnisse wird nun mit Hilfe des Entscheidungsbaums²⁷ eingegangen, welcher eine sukzessive Einteilung der Hemmnisgruppen zeigt. So können z. B. Regelungen nur wirklich im Unternehmen verankert sein, falls auch die Ziele klar gestellt und veröffentlicht werden. Für die Hemmnisse bedeutet das, wenn in einer Hemmnisgruppe größere Hemmnisse zu finden sind, ist zu erwarten, dass in den nachfolgenden Gruppen die Hemmnisse noch stärker auftreten.

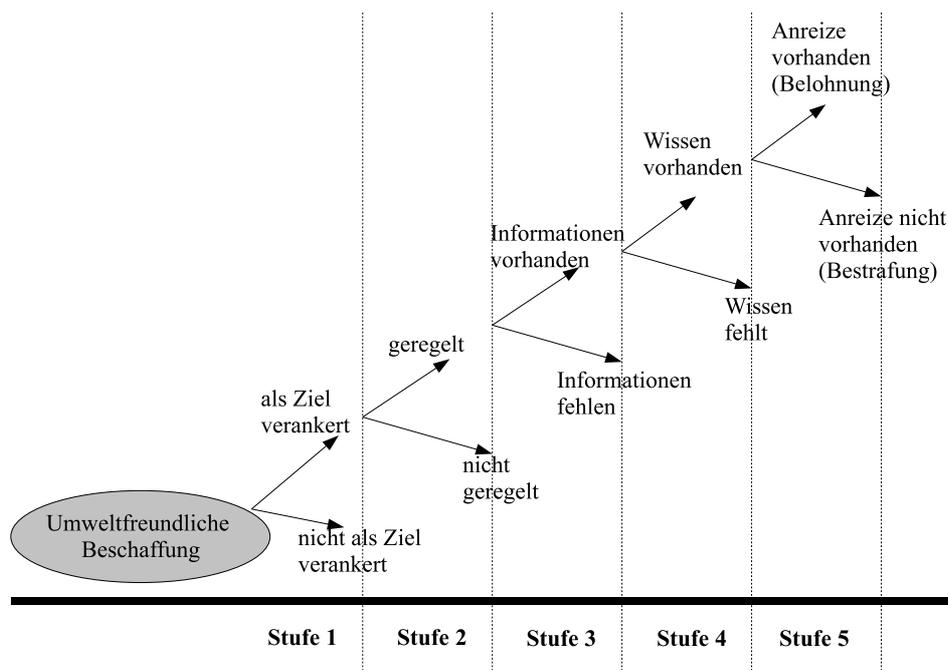


Abbildung 38.: Entscheidungsbaum (FICHTNER, W. u. a. (2005), S. 10.)

Tatsächlich wird bei einem Vergleich der mittleren Hemmnisstärke der Hemmnisgruppen deutlich, dass eine Hierarchie existiert, die das Vorgehen anhand des Entscheidungsbaums unterstützt. Auf die Sonderstellung der Gruppe Anreize/Sanktionen wird später eingegangen. Ziele bilden die erste Gruppe und stellen mit dem geringsten Mittelwert das kleinste Hemmnis dar. Aufbauend auf festen Zielen können konkrete Regelungen formuliert werden. Der

²⁶ DEL RÍO GONZÁLEZ, P. (2009), S. 870.

²⁷ FICHTNER, W. u. a. (2005), S. 10.

Mittelwert liegt hier nur geringfügig höher als bei den Zielen. Die Fragen bezüglich der Informationen wurden nicht nur im Durchschnitt kritischer beantwortet, sondern hier existiert auch eine höhere Abweichung. In dieser Gruppe wirken scheinbar Hemmnisse stärker, was sich wiederum auf Wissen und Anreize/ Sanktionen auswirkt. Die Hemmnisgruppe Anreize/ Sanktionen, die auch als persönliche Hemmnisse bezeichnet werden könnten²⁸, müsste eigentlich noch in intrinsische und extrinsische Motivation unterteilt werden. Der Mittelwert der extrinsischen Motivation würde etwas höher liegen. Insgesamt lässt sich aber der Ansatz bestätigen.

Bereits bei der Betrachtung der Hemmnisgruppe Ziele wird deutlich, dass sie zwar den geringsten Mittelwert aufzeigt, die qualitative Inhaltsanalyse aber gewisse Unstimmigkeiten ergab. So konnte z. B. das Ziel der umweltfreundlichen Beschaffung nicht näher definiert werden. Bei Betrachtung der Mittelwerte wird auch deutlich, dass der Unterschied zwischen allen Gruppen kleiner als eine halbe Antwortskala ist. Somit kann nicht von einer deutlichen Hierarchisierung, wie es der Entscheidungsbaum vorsieht, gesprochen werden. Mit einer größeren Stichprobe könnte die Theorie hinreichender überprüft werden.

Insgesamt lässt sich auch die Theorie der Transaktionskostenökonomik (s. Kap. 4.1.2) bestätigen. Aufgrund der Unternehmensgröße, der Komplexität des Beschaffungsprozesses und der größeren Anzahl an beteiligten Bereichen wirken sich unterschiedliche Informations- und Wissensstände negativ auf den Informationsfluss und damit den Beschaffungsprozess aus. Auch die Transaktionskosten der internen Organisation stellen einen nicht zu vernachlässigenden Faktor dar. Aufgrund der Problematik der begrenzten Rationalität lassen sich diese Probleme zwar nicht vollständig beheben, durch Erhöhung der Transparenz des Beschaffungsprozesses aber bspw. reduzieren.

Hemmnisportfolio Bei der Betrachtung des Hemmnisportfolios fällt als Erstes auf, dass sich keine homogenen Gruppen gebildet haben, sondern dass die Hemmnisse eine große Punktwolke bilden. Die Hemmnisse im Bereich Entscheidungsanalyse befinden sich eher an den Grenzen und müssten einzeln weiter untersucht werden. Interessant sind die Hemmnisse im Bereich der Problemanalyse. Dass ein Drittel der Antworten komplett heterogen beantwortet wurde, lässt auf eine große Informationsasymmetrie schließen. Ein Grund könnte in der Arbeitsteilung großer Unternehmen liegen, in der die einzelnen Bereiche über das jeweilige Expertenwissen verfügen, welches sie für ihre Aufgaben im Beschaffungsprozess benötigen. Daneben ist der Informationsfluss in einem globalen Unternehmen wie der MAN Nutzfahrzeuge AG weltweit schwieriger zu gestalten. Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen im Anschluss an die Hemmnisanalyse werden im Kap. 4.3 gegeben.

²⁸ FICHTNER, W. u. a. (2005), S. 10.

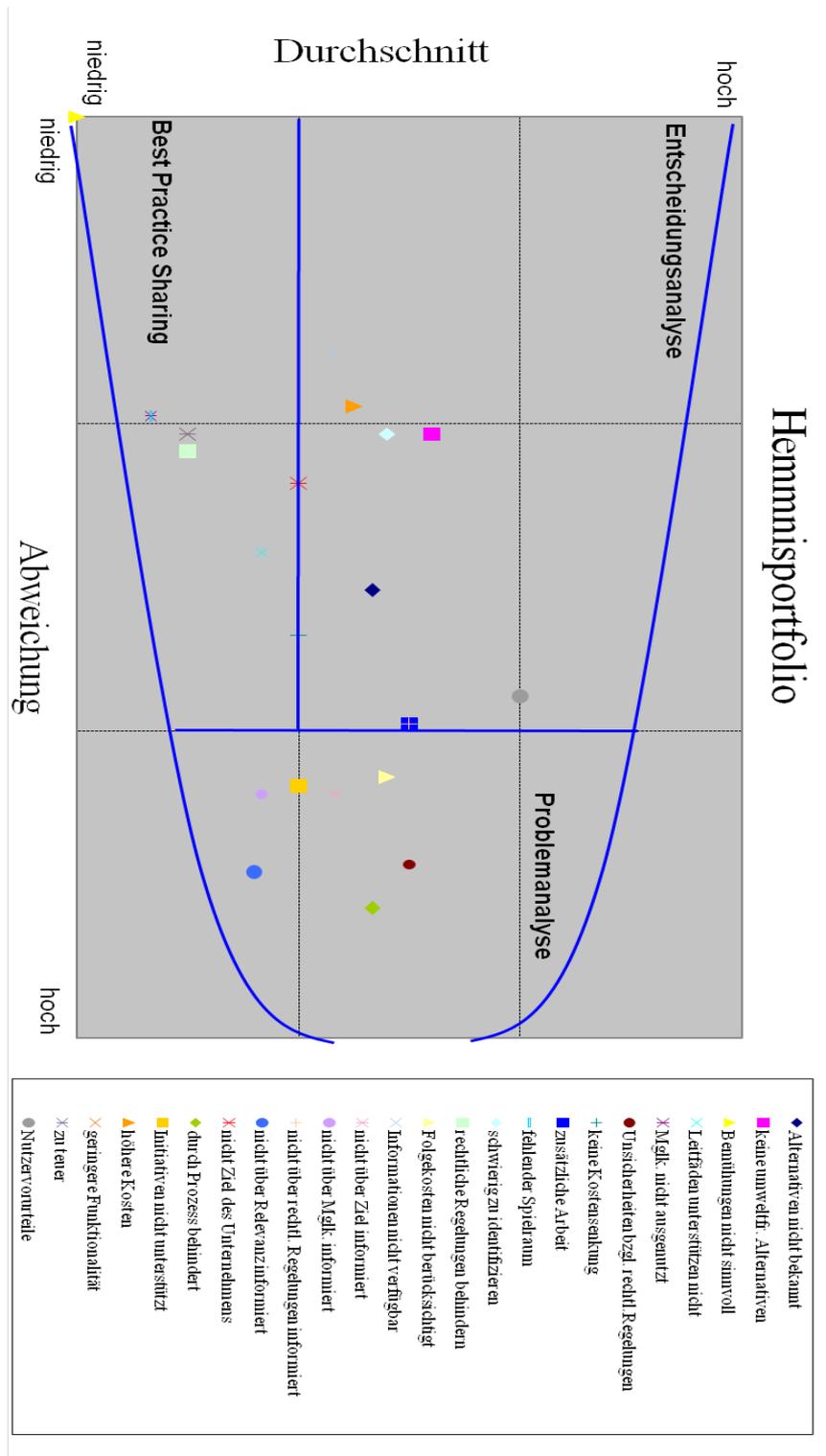


Abbildung 39.: Hemmnisportfolio (Selbstevaluationstool der Dresdner Hemmnisanalyse)

4.2.3. Auswertung des Beschaffungsprozesses

Ziel dieses Abschnittes ist es, die Akteure der MAN Nutzfahrzeuge AG sowie die ermittelten Hemmnisse im Beschaffungsprozess abzubilden.

Einfluss-Bemühungen-Matrix Als Erstes werden hierzu Einfluss und Bemühungen bzgl. umweltfreundlicher Beschaffungen dargestellt (s. Abb. 40). Es zeigt sich, dass alle Abteilungen ein Mindestmaß an Einfluss, aber auch Interesse an umweltfreundlicher Beschaffung haben. Die Umweltabteilung stellt nach Meinung der Befragten die größten Bemühungen an Beschaffung und Produktion haben wiederum die größten Einflussmöglichkeiten. Im Gegensatz dazu scheinen der Finanz- und Rechtsbereich in puncto umweltfreundliche Beschaffung trotz relativ hoher Einflussmöglichkeiten am wenigsten aktives Handeln zu zeigen, weshalb hier am ehesten Handlungsbedarf gesehen wird.

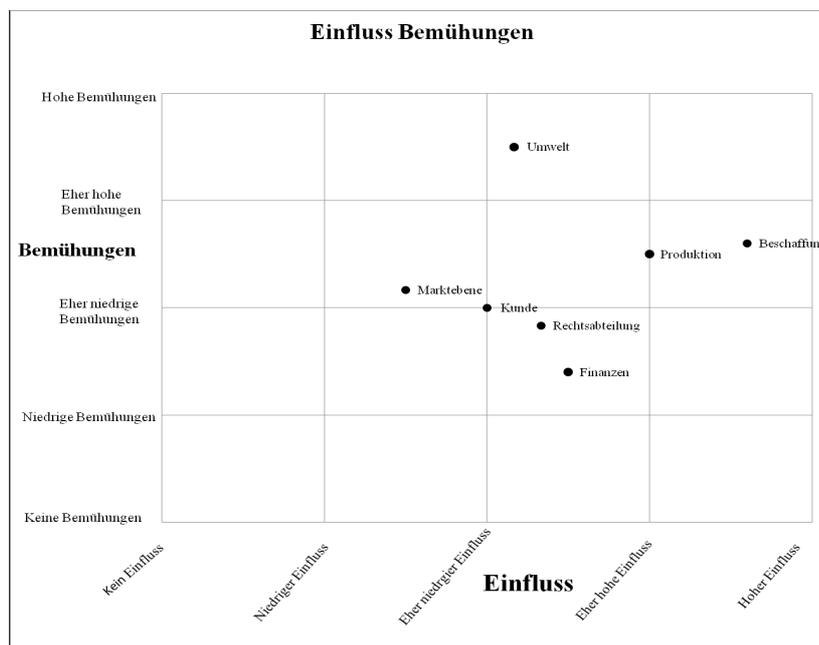


Abbildung 40.: Einfluss-Bemühungen-Matrix (Eigene Darstellung)

Beschaffungsentscheidungsprozess Auch bei näherer Betrachtung des konkreten Beschaffungsentscheidungsprozesses lässt sich die Vermutung aufrecht erhalten, dass der Finanz- und Rechtsbereich am Prozess umweltfreundlicher Beschaffung intensiver teilhaben sollten. Für den Finanzbereich wäre denkbar, dass sie die einzelnen Abteilungen im Planungsprozess dabei unterstützen, umweltfreundliche Kriterien in den Beschaffungsentscheidungsprozess mit einzubeziehen, indem sie bspw. Subventionierungsmöglichkeiten von umweltfreundlichen Investitionen verstärkt kommunizieren und im Abwägungsprozess neben den internalisierten auch externe (Umwelt)-Kosten berücksichtigen. Am Kontrollprozess ist der Finanzbereich zwar beteiligt, allerdings könnte der Soll-Ist-Vergleich systematischer stattfinden, als das bisher der Fall ist.

Aus den Befragungen hat sich ergeben, dass die einzelnen Abteilungen den Rechtsbereich in die Planung einbeziehen, sofern Unsicherheiten bzgl. rechtlicher Regelungen vorliegen. Hier käme z. B. im Rahmen der Gefahrenstoffverordnung REACH (vgl. Kap. 4.2.1) eine verbesserte Aufklärung über die Verwendung alternativer statt hochbedenklicher Stoffe in Frage.

	Funktionsbereiche						
	Beschaffung	Produktion	Materialmanagement	Umweltbereich	Finanzbereich	Rechtsbereich	Weitere
Zielvorgabe/ Zielbildung	x (niedrig)	x	x				
Alternativen-auswahl	x	x	x	x		(x)	
Bewertung und Entscheidung	x	x	x	x			Immissions- schutz, Qualitäts- und Technikabt.
Durchführung	x		x				
Kontrolle		x	x	x	x		Qualitätsabt., Modulleiter, der die Anlage übergeben be- kommt

Tabelle 16.: Beschaffungsentscheidungsprozess bei der MAN Nutzfahrzeuge AG (Eigene Darstellung basierend auf Gesprächen mit Frau Dr. Sarstedt und den Interviews zur Hemmnisanalyse.)

Neben der Untersuchung des Beschaffungsentscheidungsprozesses nach Funktionsbereichen lässt sich dieser auch nach den hierarchischen Positionen untersuchen. Hierbei fällt auf, dass die Werksleitung als Machtpromotor im Regelfall bei der Zielvorgabe oder Zielbildung involviert ist, eine darüber hinausgehende Unterstützung umweltfreundlicher Beschaffung ist nicht zu erkennen.²⁹ Gerade die große Streuung der Antworten in der Hemmnisgruppe „fehlende Anreize/Sanktionen“ unterstützt diese Vermutung.

Auch wenn der Einfluss der externen Stakeholder in dieser Seminararbeit nicht näher untersucht wird, ist den Autoren durchaus bewusst, dass dieser sehr bedeutend ist. Gerade in Bezug auf fehlende rechtliche Regelungen seitens des Staates oder auf das relativ geringe Interesse der Kunden an einer umweltfreundlichen Produktion der Lkws geht es hier aber darum, was die MAN Nutzfahrzeuge AG trotz solcher teilweise fehlenden Impulse anstoßen kann.

²⁹ HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. (1999), S. 13.

4.2.4. Kritische Würdigung

Zum einen kann in Grenzen, die allgemein für die Dresdner Hemmnisanalyse gelten, und zum anderen in spezielle Grenzen dieser durchgeführten Hemmnisanalyse unterteilt werden. Eine Hemmnisanalyse hängt sehr stark von der Kooperation einer Organisation ab. Für die Beantwortung des Fragebogens muss genügend Zeit eingeplant werden und es ist notwendig, sich die eigenen Strukturen bewusst zu machen und regelmäßig neu zu überdenken. Bei dieser Hemmnisanalyse lag eine große Herausforderung darin, die Umfrage auf wenige Interviews zu beschränken und dennoch verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Durch diese sehr kleine Stichprobe kann keine Repräsentativität gewährleistet werden. Es kann ggf. sogar ein systematischer Fehler vermutet werden, da bei der Ausschreibung für die Interviews explizit auf das Thema Umweltschutz verwiesen wurde und somit anzunehmen ist, dass sich eher umweltfreundliche Mitarbeiter für das Interview bereit erklärten.

Ein weiteres Problem waren die verschiedenen Auffassungen über entscheidende Begriffe. Auch wenn diese am Anfang eines jeden Interviews definiert wurden, kam es häufiger zu Abweichungen von den gegebenen Definitionen. Viele Antworten, die meist auf mehrere Aspekte eines möglichen Hemmnisses eingehen, sind sehr schwer in eine Kategorie einzuordnen. Bei der Ergebnisanalyse ist erkennbar, dass die gegebenen Antworten nicht unbedingt mit den Erklärungen übereinstimmen. An manchen Stellen haben sich die Befragten auch indirekt widersprochen.

Weiterhin ist fragwürdig, ob Mitarbeiter in einem Unternehmen wie der MAN Nutzfahrzeuge AG überhaupt die Möglichkeit haben den gesamten Beschaffungsprozess zu überschauen und somit z. B. den Einfluss der anderen Bereiche beurteilen zu können.

Als weiteres Problem könnte angeführt werden, dass die Befragten wussten, dass es sich um eine Hemmnisanalyse handelt und ggf. entsprechend voreingenommen waren. Da es sich aber um Experteninterviews handelte, entschieden sich die Autoren für eine transparente Gesprächsführung.

4.2.5. Abschlussbetrachtung

Bei der Betrachtung der Analyse werden zwei Aspekte deutlich. Einerseits sehen die Befragten eher weniger Hemmnisse im Unternehmen, andererseits sind fast alle Antworten durch eine hohe Streuung geprägt.

Bei 24 Statements wurde nur eins mehrheitlich kritisch gesehen. Dies lässt auf eine positive Grundeinstellung bei den Mitarbeitern der MAN Nutzfahrzeuge AG schließen. Auch haben die Befragten vorurteilsfrei und offen auf die Fragen geantwortet, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Umweltschutz bei der MAN Nutzfahrzeuge AG zumindest thematisiert wird.

Das problematische Ergebnis ist aber die Streuung der Antworten. Bei der Mehrheit der Fragen wurden mindestens drei von vier Antwortmöglichkeiten genannt. Bei einer Stichprobe von sechs Mitarbeitern deutet dies auf eine starke Informationsasymmetrie hin. Die Streuung lässt sich aber auch relativieren, indem die Erklärungen verglichen werden. Hier sind häufig

die Unterschiede geringer und es können Gemeinsamkeiten innerhalb der Antworten aufgezeigt werden.

4.3. Fazit

Abschließend werden Empfehlungen zur Überwindung der identifizierten Hemmnisse abgeleitet und für weiterführende Forschungsarbeiten gegeben.

Handlungsempfehlungen Im Anschluss an diese Hemmnisanalyse empfiehlt es sich für die MAN Nutzfahrzeuge AG bei der weiteren Problem- oder Entscheidungsanalyse auf diejenigen Hemmnisse einzugehen, die in Kap. 4.2.2 als mittleres oder eher hohes Hemmnis eingestuft wurden. Ziel ist es, die wahrgenommenen Hemmnisse dahingehend zu überprüfen, ob es sich dabei auch um reale Hemmnisse handelt. Dies kann erfolgen, indem die Akteure des Beschaffungsentscheidungsprozesses gemeinsam Erfahrung und Wissen austauschen, überprüfen, ob ein Hemmnis real besteht, und letztlich z. B. in Form von Workshops entsprechende Lösungsansätze entwickeln. Dafür können auch die Ergebnisse der Marktanalyse herangezogen werden (s. Kap. 1.3). Für eine solide Hemmnisanalyse sollte die Befragung in regelmäßigen Abständen wiederholt und mit einer deutlich größeren Stichprobe durchgeführt werden. Der Fragebogen sollte dann weiter auf die Bedürfnisse der MAN Nutzfahrzeuge AG zugeschnitten werden.

Ein wichtiger Schritt zur Überwindung der Hemmnisse ist der Abbau der Informationsasymmetrie. Die Asymmetrie deutet auf einen nicht-transparenten Beschaffungsprozess hin. Inwieweit es überhaupt möglich ist, bei einem Weltunternehmen alle Beteiligten komplett zu informieren, ist fraglich. Der Abbau dieser Asymmetrie ist aber ein entscheidender Schritt, um im Beschaffungsprozess auch Umweltaspekte berücksichtigen zu können.

Eine Möglichkeit zur Umsetzung umweltfreundlicher Beschaffung bei der MAN Nutzfahrzeuge AG wäre die Bildung konkreter Ziele und Vorgaben. Diese könnten für das Unternehmen und für die einzelnen Bereiche formuliert werden. Jede Abteilung müsste sich an der Zielerreichung messen und es könnten mögliche Schwachpunkte identifiziert werden.

Letztlich wurde bei den Interviews wiederholt der Finanzbereich als nicht involviert wahrgenommen. Dabei existieren viele Möglichkeiten mit rein monetären Verfahren stärker auf Umweltaspekte einzugehen. Dies kann durch eine Lebenszyklusbetrachtung oder allein durch die Verlängerung des Investitionshorizontes erfolgen.

Letztlich ist zu sagen, dass diese Hemmnisanalyse nur als Anfang gesehen werden kann und die Ergebnisse sehr kritisch betrachtet werden müssen.

5. Schlussfolgerungen und Fazit

Schlussfolgerungen Ziel dieser Arbeit war, in eine Beschaffungsentscheidung neben der Berücksichtigung ökonomischer zusätzlich ökologische Aspekte einzubeziehen. Mit Hilfe einer Lebenszyklusbetrachtung wurden Kosten und Umweltauswirkungen ermittelt. Diese Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt, mit dem Ziel eine Handlungsempfehlung ableiten zu können.

Beide Methoden, die Lebenszykluskostenrechnung sowie die Ökobilanzierung, ergeben in Bezug auf die Investitionsalternativen Blockheizkraftwerk vs. Brennstoffzelle, dass beim absoluten Vergleich die Brennstoffzelle die ökonomisch und ökologisch bessere Alternative ist. Allerdings lässt sich mit einer einzigen Brennstoffzelle nicht dieselbe Leistung wie mit einem Blockheizkraftwerk erzielen. Ein sinnvoller Vergleich ist nur auf Basis gleicher funktioneller Einheiten möglich. Um die Leistung eines Blockheizkraftwerkes zu erreichen wären ungefähr sieben Brennstoffzellen notwendig. In diesem Fall aber liefern beide Alternativen ähnliche Werte und es kann keine eindeutige Handlungsempfehlung gegeben werden. Bei Änderung der Stellgrößen Leistungsvorgabe, Lebensdauer oder Zinssatz würde sich dies allerdings zugunsten einer der Alternativen wenden. Wenn z. B. die Leistungsvorgabe die Leistung einer Brennstoffzelle nicht überschreitet, ist diese vorzuziehen. Wird allerdings mehr Leistung benötigt, ist eine weitere Analyse erforderlich. Zusätzlich müssen dann Platzbedarf und Ergebnisse konventioneller Methoden, wie Kapitalbindungskosten und Finanzierungsmöglichkeiten, einbezogen werden. Des Weiteren sind auch der technologische Fortschritt und die Marktreife zu berücksichtigen.

Die Bewertung der Achslackieranlage mit Hilfe des Life Cycle Costing ergibt Lebenszykluskosten i. H. v. 53.210.049 €. Die stärksten Einflussfaktoren sind der Diskontierungszins, die Rohstoffkosten und die Lebensdauer. Unter ausschließlicher Bewertung der ökologischen Aspekte mittels LCA verursacht die Achslackieranlage v. a. in den Kategorien Frischwasser- und Meerwassertoxizität die stärksten Umweltauswirkungen. Die Effekte auf den Ozonabbau sowie die Erschöpfung der nicht-erneuerbaren Ressourcen sind dagegen am geringsten. Aus ökologischer Sicht ist die Nachschaltung einer regenerativen Nachverbrennungsanlage nicht zwingend notwendig. Allerdings ist die MAN Nutzfahrzeuge AG durch den Einsatz der RNV auf zukünftige rechtliche Änderungen oder Veränderungen der Angebotstruktur auf dem Lackmarkt vorbereitet. Verschärfte Grenzwerte können durch die RNV in jedem Fall eingehalten werden. Somit wird die Position der MAN Nutzfahrzeuge AG im Wettbewerb gestärkt. Für den Fall der Achslackieranlage konnte kein Alternativenvergleich erfolgen, weshalb eine reine Bewertung vorgenommen wurde. Eine Handlungsempfehlung kann somit nicht gegeben werden.

Eine ex post Kontrolle der getroffenen Entscheidungen ist notwendig, da sich insbesondere durch Abstraktion, Festlegen von Annahmen aufgrund unsicherer Daten und subjektiven Einfluss die Ergebnisse ändern können. Durch regelmäßiges Hinterfragen und Anpassen lässt sich somit der Beschaffungsprozess kontinuierlich verbessern und das Lernen der Unternehmung wird gefördert. Ergänzend empfiehlt sich die wiederholte Durchführung der Hemm-

nisanalyse. Als einziges und eindeutig wahrgenommenes Hemmnis wurde in der diesjährigen Analyse bei der MAN Nutzfahrzeuge AG das Vorhandensein von Nutzervorurteilen ermittelt. Des Weiteren deutet eine hohe Streuung im Antwortverhalten auf Diskrepanzen hin. Um Hemmnisse bezüglich umweltfreundlicher Beschaffung mittelfristig abbauen zu können, sollten die Ziele umweltfreundlicher Beschaffung näher konkretisiert, der Beschaffungsprozess insgesamt transparenter und Informationsasymmetrien abgebaut werden.

Abschließend lässt sich zur Beantwortung der eingangs aufgeführten globalen Forschungsfragen feststellen, dass es durchaus sinnvoll ist, Lebenszykluskostenrechnung und Ökobilanzierung parallel anzuwenden. Einzeln betrachtet führt keine der Methoden zu einem befriedigenden Ergebnis, gemeinsam jedoch kann eine umfassendere Entscheidungsgrundlage geschaffen werden. Es hat sich auch gezeigt, dass sich unter Einbezug der Lebenszyklusbetrachtung eine ursprünglich ökonomisch nachteiligere Alternative als vorteilhaftere Alternative ergeben kann. Letztlich ließ sich feststellen, dass es eine Reihe von Stellgrößen gibt, die Beschaffungsentscheidungen stark beeinflussen, worauf weiter oben in diesem Kapitel schon eingegangen wurde.

Fazit Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die MAN Nutzfahrzeuge AG verschiedene Investitionsentscheidungen mittels ökologieorientierter Entscheidungsinstrumente und der Beschaffungsentscheidungsprozess mittels Hemmnisanalyse beleuchtet. Es ließ sich zeigen, dass die Methoden gemeinsam eine umfassende Entscheidungsgrundlage bieten und den Lernprozess im Unternehmen positiv unterstützen können. Hierin besteht auch das Potential für die Realisierung eines Unternehmensziels umweltfreundlicher Beschaffung.

Zukünftige Arbeiten sollten darauf hinwirken, möglichst die Abstraktion zu verringern und geschätzte Daten durch erhobene oder berechnete Daten zu ersetzen. Um die Mehrarbeit, die sich durch die Einführung solcher Methoden in der kurzen Frist ergibt, auszugleichen, empfiehlt es sich standardisierte Verfahren einzuführen, die ggf. extern verifiziert werden. Auch eine Berücksichtigung der Wirkung von Marketingmaßnahmen und Technologieführerschaft auf die Beschaffungsinitiativen bietet sich an. Des Weiteren könnte eine Plattform zum Erfahrungs- und Datenaustausch entwickelt werden.

A. Anhang

A.1. Lebenszykluskostenrechnung

Strompreis	Wert	Quelle
Startwert	0,022 GE/kWH	MAN Nutzfahrzeuge AG
jährliche Steigerung	8 %	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	$7,3 \cdot 10^{-3}$	
Gaspreis	Wert	Quelle
Startwert	0,0516 GE/kWH	MAN BHKW Rechnung
jährliche Steigerung	8 %	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Bei folgenden Kostenpositionen wurde eine jährliche Steigerung von 1,82 % und eine Volatilität von 0,05 angenommen.		
Mitarbeiter	7000 /a*Ma	MAN Nutzfahrzeuge AG
Reinigungsmittel	1,77 GE/kg	MAN Nutzfahrzeuge AG
Grundlack	0,886 GE/kg	MAN Nutzfahrzeuge AG
Decklack	0,886 GE/kg	Annahme Preis Grundlack = Preis Decklack
Härter	1,77 GE/kg	Eigene Rechnung aus Grundlack und Härter
Wasser	0,278 GE/m ³	SWM Wasserpreis
Abwasser	0,312 GE/m ³	SWM Abwasserpreis

Tabelle 17.: Annahmen Achslackieranlage

Berechnung Kostenprofile Für Tabelle 18 und 19 sind folgende Punkte zu beachten:

- es werden wieder jeweils Preissteigerung = Inflation von 1,82 % und eine Volatilität von 0,05 angenommen
- Gas und Strompreissteigerung von 8 % und 0,1 Volatilität
- CO₂ Preissteigerung von 5 % und 20 % Volatilität
- Die Hohe Volatilität bei der CO₂ Preisveränderung kann erklärt werden durch die unsichere Verteilung der Zertifikate nach 2012.

Strompreis		
Startwert	9,1	MAN Nutzfahrzeuge AG
jährliche Steigerung	0,08	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Gaspreis		
Startwert	0,0	MAN BHKW Rechnung
jährliche Steigerung	0,08	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Weitere Ausgangsdaten		
Vollaststunden	7125	MAN
Versicherung	7239 GE/a	MAN Nutzfahrzeuge AG
Vollwartung	102130 GE/a	MAN Nutzfahrzeuge AG
Personal	14478 GE/a	MAN Nutzfahrzeuge AG
CO ₂ Entstehung	0,237 g/kWh	MAN Nutzfahrzeuge AG
CO ₂ Preis	13 GE/t CO ₂	EEX, 7.7.2009
Verfügbarkeit	99 %	

Tabelle 18.: Annahmen BHKW

Strompreis		
Startwert	9,1	MAN Nutzfahrzeuge AG
jährliche Steigerung	0,08	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Gaspreis		
Startwert	0,04	MAN BHKW Rechnung
jährliche Steigerung	0,08	MAN Nutzfahrzeuge AG
Volatilität	0,1	
Weitere Ausgangsdaten		
Vollaststunden	7600	MAN Nutzfahrzeuge AG
Betriebskosten	76950 GE/a	MAN Nutzfahrzeuge AG
Personal	14478 GE/a	gleich wie BHKW
CO ₂ Entstehung	0,237 g/kWh	MAN Nutzfahrzeuge AG
CO ₂ Preis	13 GE/t CO ₂	EEX, 7.7.2009
Verfügbarkeit	99%	

Tabelle 19.: Annahmen Brennstoffzelle

A.2. Ökobilanzierung

A.2.1. Achslackierungsanlage

Herstellung	
Stahlherstellung ¹	inklusive Vorketten
Edelstahlherstellung ²	inklusive Vorketten
Kupferherstellung ³	inklusive Vorketten
Keramikherstellung ⁴	inklusive Vorketten
Aluminiumherstellung ⁵	inklusive Vorketten
PVC-Herstellung ⁶	inklusive Vorketten
Transport	
LKW-Transport ⁷	ohne Vorketten
Montage	
Stromproduktion ⁸	inklusive Vorketten
Betrieb	
Erdgaseinsatz ⁹	inklusive Vorketten

Tabelle 20.: Datenbasis Achslackierungsanlage

A.2.2. BHKW vs. Brennstoffzelle

BHKW - TCG 2020 V16		
Größe	Gewicht	Bemerkung/Berechnung
Gesamtgewicht	13800 kg	Herstellerangabe
Gewichtsanteil Generator	4800 kg	Herstellerangabe
Gewichtsanteil Motor	5800 kg	Herstellerangabe
Gewichtsanteil Rohrleitungen, Kabel	3200 kg	Gesamtgewicht - Generatorgewicht - Motorgewicht = Rohrleitungen, Kabel

¹ PROBAS (Hrsg.) (2009a)

² PROBAS (Hrsg.) (2009b)

³ PROBAS (Hrsg.) (2009c)

⁴ PROBAS (Hrsg.) (2009d)

⁵ PROBAS (Hrsg.) (2009m)

⁶ PROBAS (Hrsg.) (2009o)

⁷ PROBAS (Hrsg.) (2009h)

⁸ PROBAS (Hrsg.) (2009p)

⁹ PROBAS (Hrsg.) (2009l)

Brennstoffzelle		
Größe	Gewicht	Bemerkung/Berechnung
Gesamtgewicht Brennstoffzelle	15000kg	Annahme: Anlage in Bielefeld (siehe Kap. 1.5)
Gesamtgewicht Hot-Module	7500 kg	Annahme: 50% des Gesamtgewichts
Gewichtsanteil Zellstack	5000 kg	Annahme: 5000 kg des Hot-Modules
Gewichtsanteil Gehäuse und Rohrleitungen Hot-Module	2500 kg	Annahme: Gesamtgewicht Hot-Module – Gesamtgewicht Zellstack = Gewicht Gehäuse und Rohrleitungen
Reformer und Erdgasaufbereitung	3750 kg	Annahme: 25% des Gesamtgewichts
Wechselrichter und Steuerung	3750 kg	Annahme: 25% des Gesamtgewichts

Tabelle 21.: Gewichtsverteilungen BHKW und Brennstoffzelle (vgl. MWM (Hrsg.) (2008); MWM (Hrsg.) (2009).)

Herstellung	
Stahlherstellung ¹⁰	inklusive Vorketten
Edelstahlherstellung ¹¹	inklusive Vorketten
Kupferherstellung ¹²	inklusive Vorketten
Keramikherstellung ¹³	inklusive Vorketten
Aluminiumherstellung ¹⁴	inklusive Vorketten
Herstellung von verzinktem Stahl ¹⁵	inklusive Vorketten
Bahntransport ¹⁶	ohne Vorketten
Transport	
LKW-Transport ¹⁷	ohne Vorketten
Montage	
Glasherstellung ¹⁸	inklusive Vorketten
Betonherstellung ¹⁹	inklusive Vorketten
Betrieb	
Stromeinsparung ²⁰	inklusive Vorketten
Erdgaseinsatz ²¹	inklusive Vorketten

Tabelle 22.: Datenbasis BHKW und Brennstoffzelle

¹⁰ PROBAS (Hrsg.) (2009a)

¹¹ PROBAS (Hrsg.) (2009b)

¹² PROBAS (Hrsg.) (2009c)

¹³ PROBAS (Hrsg.) (2009d)

¹⁴ PROBAS (Hrsg.) (2009m)

¹⁵ PROBAS (Hrsg.) (2009f)

¹⁶ PROBAS (Hrsg.) (2009g)

¹⁷ PROBAS (Hrsg.) (2009h)

¹⁸ PROBAS (Hrsg.) (2009i)

¹⁹ PROBAS (Hrsg.) (2009j)

²⁰ PROBAS (Hrsg.) (2009k)

²¹ PROBAS (Hrsg.) (2009l)

BHKW-Modul (Gesamtgewicht = 9000 kg)			
Komponente	Material	Parameter	Bemerkung/Berechnung
Motorblock und Hauptteile	Stahl (Annahme)	4060 kg	Annahme: 70% des Motorgewichts (5800 kg siehe Kapitel 1.5.2)
Gehäuse	Stahl (Annahme)	1160 kg	Annahme: 20% des Motorgewichts
Kupplung und Lagerung	Stahl (Annahme)	522 kg	Annahme: 9% des Motorgewichts
Kühlwasserrohrleitungen	Stahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel (3200kg siehe Kapitel 1.5.2)
Gasversorgung (Rohrleitungen)	Stahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Frisch- und Altölleitungen	Stahl (Empfehlung des Herstellers)	79,01 kg	Annahme: 1/27 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel, da 3 Materialien
	Edelstahl (Empfehlung des Herstellers)	79,01 kg	Annahme: 1/27 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel, da 3 Materialien
	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	79,01 kg	Annahme: 1/27 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel, da 3 Materialien
Stahl für Zuluftrohrleitungen	Stahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Kondensatleitungen	Edelstahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Schmieröl-Rohrleitungen	Edelstahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Abgasrohrleitungen	Edelstahl (Empfehlung des Herstellers)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Anschlussschiene Motor	Kupfer (Herstellerangabe)	58 kg	Annahme: 1% des Motorgewichts
Generatorleistungskabel	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	213,33 kg	Annahme: 1/5 von 1/3 Rohrleitungen, Kabel

Versorgungsleitungen für Hilfsantriebe	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	213,33 kg	Annahme: 1/5 von 1/3 Rohrleitungen, Kabel
Signalübertragungsleitungen	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	213,33 kg	Annahme: 1/5 von 1/3 Rohrleitungen, Kabel
Steuerleitungen	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	213,33 kg	Annahme: 1/5 von 1/3 Rohrleitungen, Kabel
Kabel ins Freie	Kupfer (Empfehlung des Herstellers)	213,33 kg	Annahme: 1/5 von 1/3 Rohrleitungen, Kabel
Abgaswärmtauscher	Keramik (Annahme)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Kühlwasserwärmtauscher	Keramik (Annahme)	237,04 kg	Annahme: 1/9 von 2/3 Rohrleitungen, Kabel
Generator (Gesamtgewicht = 4800 kg)			
Komponente	Material	Parameter	Bemerkung/Berechnung
Generatorblock	Stahl (Herstellerangabe)	3360 kg	Gewicht: Annahme
Rohrleitungen (Kühlluft)	Stahl (Annahme)	480 kg	Gewicht: Annahme
Wicklungen	Kupfer (Herstellerangabe)	960 kg	20% des Generatorgewichts

Tabelle 23.: Komponenten der Module des BHKW (vgl. MWM (Hrsg.) (2008).)

Reformer und Erdgasaufbereitung			
Komponente	Material	Parameter	Bemerkung/Berechnung
Gehäuse	Stahl (Literaturangabe)	3670 kg	Annahme
Aktivkohlefilter	Stahl (Herstellerangabe)	16 kg	Annahme 2 Filter (Typ AF100)
	Aktivkohle (Herstellerangabe)	64 kg	Annahme 2 Filter (Typ AF100)
Hot-Module			
Komponente	Material	Parameter	Bemerkung/Berechnung
Gehäuse und Rohrleitungen	Stahl (Literaturangabe)	1666,66 kg	Annahme: 2/3 des Gewichtsanteil Gehäuse und Rohrleitungen Hot-Module
	Keramik (Literaturangabe)	833,33 kg	Annahme: 1/3 des Gewichtsanteil Gehäuse und Rohrleitungen Hot-Module
Zellstack	Stahl (Literaturangabe)	3333,33 kg	Annahme: 2/3 des Stackgewichts
	Nickel (Literaturangabe)	833,33 kg	Annahme: 1/6 des Stackgewichts
	Keramik (Literaturangabe)	833,33 kg	Annahme: 1/6 des Stackgewichts
Wechselrichter/Steuerung			
Komponente	Material	Parameter	Bemerkung/Berechnung
Gehäuse	Stahl (Literaturangabe)	2812,5 kg	Annahme: 3/4 des Gewichts
	Kupfer (Literaturangabe)	937,5 kg	Annahme: 1/4 des Gewichts

Tabelle 24.: Komponenten der Module der Brennstoffzelle (OERTEL, D.; FLEISCHER, T. (2001), S. 46.)

Herstellung			
Größe	Einheit	Wert	Beschreibung/Berechnung
Stahl	kg	103800	Summe der Stahlgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Edelstahl	kg	790	Summe der Edelstahlgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Kupfer	kg	2163,68	Summe der Kupfergewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Keramik	kg	474,07	Summe der Keramikgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Transport			
Größe	Einheit	Wert	Beschreibung/Berechnung
Transportentfernung BHKW-Modul	km	350	Transport MWM Mannheim zu MAN München
Transportentfernung Generator	km	504	Transport MarelliMotori (I) zu MAN München
Montage			
Wassereinsatz Motor	dm^3	151	Herstellerangabe MWM
Wassereinsatz Gemischtkühler	dm^3	28	Herstellerangabe MWM
Schmieröl	dm^3	856	Herstellerangabe MWM
Betrieb			
Nutzungsdauer	a	12	Siehe Kapitel 1.5.2
Volllaststunden	h	7500	Siehe Kapitel 1.5.2
Nutzung KWK		1	1: Nutzung von KWK ; 0: keine Nutzung von KWK
Brennstoffleistung	kW	3666	Siehe Kapitel 1.5.2
Mechanische Leistung des Motors	kW	1550	Siehe Kapitel 1.5.2
Thermische Leistung	kW	1584	Siehe Kapitel 1.5.2
Nutzwärmeleistung	kW	1537	Siehe Kapitel 1.5.2
Elektrische Bruttoleistung	kW	1511	Siehe Kapitel 1.5.2
Elektrische Nettoleistung	kW	1433	Siehe Kapitel 1.5.2
Abgasmenge	kg/h	8259	Siehe Kapitel 1.5.2
CO ₂ -Emissionen	mg/m_n^3	300	Siehe Kapitel 1.5.2

NO_x -Emissionen	mg/m_n^3	500	Siehe Kapitel 1.5.2
Demontage/Entsorgung			
Transport	km	400	Annahme

Tabelle 25.: Parameter Sachbilanz BHKW (vgl. MWM (Hrsg.) (2009).)

Herstellung			
Größe	Einheit	Wert	Beschreibung/Berechnung
Stahl	kg	18165,15	Summe der Stahlgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Aktivkohle	kg	64	Summe der Aktivkohlegewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Nickelanteil	kg	2500	Summe der Nickelgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Kupferanteil	kg	937,5	Summe der Kupfergewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Keramikanteil	kg	3333,32	Summe der Keramikgewichte (siehe Tabelle Gewichte)
Stackzahl	Stk.	3	Anzahl der benötigten Stacks über die Lebensdauer (siehe technischen Details)
Transport			
Transportentfernung	km	200	Herstellerwerk in Friedrichshafen zu MAN
Montage			
Glasmenge Gebäude	kg	4940	Annahme: VSG-Glas (8mm), benötigte Glasfläche = 247 m^2 , Dichte von Floatglas = $2,5 \text{ g/cm}^3$
Betonmenge Gebäude	kg	720000	Annahme: 30 m^3 Beton, Dichte = 2400 kg/m^3
Betrieb			
Nutzungsdauer	a	12	Siehe Kapitel 1.5.2
Volllaststunden	h	7500	Siehe Kapitel 1.5.2
Nutzung KWK		1	1: Nutzung von KWK ; 0: keine Nutzung von KWK
Brennstoffleistung	kW	700	Siehe Kapitel 1.5.2
Thermische Leistung des Zellstacks	kW	363	Siehe Kapitel 1.5.2
Nutzwärmeleistung	kW	230	Siehe Kapitel 1.5.2
Gleichstromleistung	kW	363	Siehe Kapitel 1.5.2

Elektrische Nettoleistung	kW	320	Siehe Kapitel 1.5.2
Spezifische CO - Emissionen	mg/MJ	2	Siehe Kapitel 1.5.2
Spezifische NO _x - Emissionen	mg/MJ	1	Siehe Kapitel 1.5.2
Spezifische NMHC - Emissionen	mg/MJ	0,5	Siehe Kapitel 1.5.2
Demontage/Entsorgung			
Transport	km	400	Annahme

Tabelle 26.: Parameter Sachbilanz Brennstoffzelle (vgl. GIPPER, K. (1998), S. 71.)

Wirkungskategorie	BHKW	Brennstoffzelle
Erschöpfung von nichterneuerbaren Ressourcen	4,16E-005	7,95E-006
Treibhauseffekt	-1,25E-005	-2,84E-006
Ozonabbau	4,70E-007	8,22E-008
Humantoxizität	1,50E+002	2,93E+001
Frischwassertoizität	3,30E+000	6,42E-001
Meerwassertoizität	5,30E+000	1,03E+000
Sedimenttoizität (Frischwasser)]	4,52E+000	8,81E-001
Sedimenttoizität (Meerwasser)	1,73E+001	3,37E+000
Erdoizität	8,20E-002	1,60E-002
Entstehung von Photooxidantien	3,65E-007	1,32E-007
Versauerung	4,85E-006	-1,85E-007
Euthrophierung	1,13E-006	-2,99E-008

Tabelle 27.: Absolute Werte Wirkungsbilanz

Wirkungskategorie	BHKW	Brennstoffzelle
Erschöpfung von nichterneuerbaren Ressourcen	1,55E-010	1,61E-010
Treibhauseffekt	-4,67E-011	-5,74E-011
Ozonabbau	1,76E-012	1,66E-012
Humantoxizität	5,63E-004	5,92E-004
Frischwassertoizität	1,23E-005	1,30E-005
Meerwassertoizität	1,98E-005	2,08E-005
Sedimenttoizität (Frischwasser)]	1,69E-005	1,78E-005
Sedimenttoizität (Meerwasser)	6,47E-005	6,80E-005
Erdoizität	3,07E-007	3,23E-007
Entstehung von Photooxidantien	1,37E-012	2,66E-012
Versauerung	1,81E-011	-3,74E-012
Euthrophierung	4,22E-012	-6,04E-013

Tabelle 28.: Wirkungsbilanz bezogen auf die funktionelle Einheit

A.3. Hemmnisanalyse

Statement	Hemmnisgruppe
Bemühungen nicht sinnvoll	Ziele
nicht Ziel des Unternehmens	Ziele
nicht über Ziel informiert	Ziele
fehlender Spielraum	Regelungen
rechtliche Regelungen behindern	Regelungen
Leitfäden unterstützen nicht	Regelungen
durch Prozess behindert	Regelungen
nicht über Relevanz informiert	Informationen
nicht über Mglk. informiert	Informationen
Informationen nicht verfügbar	Informationen
nicht über rechtl. Regelungen informiert	Informationen
Mglk. nicht ausgenutzt	Wissen
Alternativen nicht bekannt	Wissen
schwierig zu identifizieren	Wissen
Unsicherheiten bzgl. rechtl.Regelungen	Wissen
keine umweltfr. Alternativen	Wissen
geringere Funktionalität	Motivation
zu teuer	Motivation
keine Kostensenkung	Motivation
Initiativen nicht unterstützt	Motivation
höhere Kosten	Motivation
Folgekosten nicht berücksichtigt	Motivation
zusätzliche Arbeit	Motivation
Nutzervorurteile	Motivation

Tabelle 29.: Zuordnung der Statements des Fragebogens zu den Hemmnisgruppen

Leitfaden für Interview

Fragebogen zu Hemmnissen umweltfreundlicher Beschaffung



Für Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung!

TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften,
Lehrstuhl für BWL insb. Betriebliche Umweltökonomie
Tel: 0351/ 463 34313
Fax: 0351/ 463 37764
e-mail: bu@mailbox.tu-dresden.de

Interviewleitfaden (halbstrukturiert)

- Kurze Vorstellung des Interviewers,
- Intention für Durchführung des Interviews erklären,
- kurze Erklärung zum Aufbau des Interviews (ca. 60 min, z. T. offene Fragen),
- Anonymitätserklärung,
- Erlaubnis für Mitschnitt des Gesprächs einholen (nur für Auswertung, anonyme Behandlung aller Daten, später löschen) bzw. Erwähnen, dass dies keine Bedingung ist
- Integrität des Probanden wahren (keine Wertung von Meinungen, Äußerungen etc.),
- Eigene Ansichten und Bestätigungen zurückhalten (keine Beeinflussung durch Aussagen, wie „das kenne ich“ etc.),
- Proband sollte die meiste Zeit Gelegenheit haben zu sprechen; Vermeidung von Unterbrechungen oder Gestiken, die irritieren,
- Nicht auf gewollte Antworten hinleiten bzw. diese vorgeben,
- deutlich machen, dass es von großer Wichtigkeit ist, dass der Proband möglichst ausführliche Antworten gibt (Vermeiden von Kurzantworten wie „ja“ , „nein“ oder „weiß nicht“)
- es gibt keine „richtigen“ und „falschen“ Antworten, die Meinung bzw. Einstellung ist für uns wichtig
- Flexibel in der Befragung sein, d. h. auch neue Fragen einbinden,
- Alles genau mitschreiben, auch längere Pausen oder Widersprüchliches,
- Ansprechpartner für spätere Rückfragen: Interviewer oder Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie (Frau Stechemesser)

- Begriffsklärung
 - Hemmnisse
Hemmnisse im Beschaffungs-/Investitionsentscheidungsprozess sind Barrieren, die eine umweltfreundliche Beschaffung/Investition verlangsamen oder verhindern können, falls nicht gezielt Maßnahmen zur Überwindung ergriffen werden.
 - Beschaffung vs. Investition (Investition als besondere Beschaffungsaufgabe)
i. w. S. in der BWL: Beschaffung = kostenoptimale Bereitstellung aller Leistungsfaktoren für die betriebliche Leistungserstellung, auch Sachanlagevermögen → somit Investitionen enthalten
 - Umweltfreundliche Beschaffung/Investition
Einbeziehen von Umweltaspekten in Beschaffungsentscheidungen

A Allgemeiner Teil

1. Bitte ordnen Sie Ihr Unternehmen ein! (nicht Bestandteil der Befragung)

Zahl der Mitarbeiter: weltweit ca. 55.000 **Umsatz:** 15,5 mrd. EUR pro Jahr

2. Welcher **Branche** gehört Ihr Unternehmen an? (nicht Bestandteil der Befragung)

Fahrzeug-, Motoren- und Maschinenbauunternehmen

3. Welcher/n **Ebene/n** Ihres Unternehmens sind Sie zuzuordnen?

Unterscheiden Sie dabei nach strategisch und/oder operativ.

Unter **operativ** werden in dieser Untersuchung alle Mitarbeiter/innen verstanden, die die Sachbearbeitung (sonst Definition über sich selbst) im jeweils angegebenen Bereich vornehmen.

Die **strategische** Ebene beinhaltet all jene Mitarbeiter/innen, die im jeweiligen Bereich Managementaufgaben wahrnehmen.

Sind beide Aufgabenbereiche zusammengefasst, führen Sie bitte beides auf.

Ebene	operativ	strategisch
Beschaffungsbereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nutzer (intern)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Finanzbereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umweltbereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere interne Stakeholder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zu Planung: was sind Ihre konkreten Aufgabenfelder?

B Hemmnisse umweltfreundlicher Beschaffung

4. Auf welchen Ebenen werden Ihrer Meinung nach hauptsächlich **Entscheidungen** hinsichtlich der Beschaffung in z. B. umweltfreundlicher Produkte und Dienstleistungen für Ihr Unternehmen getroffen? (Mehrfachnennungen möglich)

Bei Bedarf nähere Definition/Erläuterung der einzelnen Ebenen (s.u.)

- Rechtsebene** (= alle rechtlich verbindlichen Regeln, die Ihr Unternehmen betreffen)

- Marktebene** (= Anforderungen, die aus Produkten / Dienstleistungen Ihrer Konkurrenten resultieren)

- Kundenebene** (= Anforderungen, die aus Kundenwünschen resultieren, z. B. Nichtverwendung bestimmter Inhaltsstoffe)
(=externe Nutzer)

- Beschaffungsbereich** (= Beschaffungsabwicklung und -management)

- Nutzer (intern)** (= Anforderungen an zum internen Gebrauch beschaffte Produkte und Dienstleistungen)

- Finanzbereich** (= Budgetrestriktionen)

- Umweltbereich** (= Vorgabe von Kriterienkatalogen etc.)

- Weitere interne Stakeholder** (z. B. F&E, Produktion etc.) (= Vorgabe von Kriterien, die beschaffte Materialien, (Vor)Produkte und Dienstleistungen erfüllen müssen.)

5. Welche Ebene nimmt aus Ihrer Sicht **Einfluss** auf Beschaffungsentscheidungen Ihres Unternehmens?

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Nennung der einzelnen Ebenen	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Wie stark ist aus Ihrer Sicht der Einfluss der entsprechenden Ebene? Wie ordnen Sie den Einfluss der folgenden (bisher nicht genannten) Bereiche ein?

Ebene	hoch	eher hoch	eher niedrig	niedrig	kein Einfluss
Rechtsebene	<input type="checkbox"/>				
Marktebene	<input type="checkbox"/>				
Kundenebene	<input type="checkbox"/>				
Beschaffungsbereich	<input type="checkbox"/>				
Nutzer (intern)	<input type="checkbox"/>				
Finanzbereich	<input type="checkbox"/>				
Umweltbereich	<input type="checkbox"/>				
Weitere interne Stakeholder	<input type="checkbox"/>				

6. Welche Ebene **bemüht sich** Ihrer Meinung nach um die Implementierung umweltfreundlicher Beschaffung?

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Nennung der einzelnen Ebenen	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Wie stark ist aus Ihrer Sicht das Bemühen der entsprechenden Ebene? Wie ordnen Sie das Bemühen der folgenden (bisher nicht genannten) Bereiche ein?

Ebene	hoch	eher hoch	eher niedrig	niedrig	kein Einfluss
Rechtsebene	<input type="checkbox"/>				
Marktebene	<input type="checkbox"/>				
Kundenebene	<input type="checkbox"/>				
Beschaffungsbereich	<input type="checkbox"/>				
Nutzer (intern)	<input type="checkbox"/>				
Finanzbereich	<input type="checkbox"/>				
Umweltbereich	<input type="checkbox"/>				
Weitere interne Stakeholder	<input type="checkbox"/>				

7. In welchen Teil des Beschaffungsprozesses können Sie **persönlich Einfluss** auf die Implementierung umweltfreundlicher Beschaffung nehmen?

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Nennung der einzelnen Ebenen	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter?	Wie stark ist aus Ihrer Sicht das Bemühen der entsprechenden Ebene?

Ebene	hoch	eher hoch	eher niedrig	niedrig	kein Einfluss
Zielvorgabe/Zielbildung	<input type="checkbox"/>				
Planung (Ist-Analyse und Alternativensuche)	<input type="checkbox"/>				
Entscheidung (Prognose und Bewertung)	<input type="checkbox"/>				
Durchführung	<input type="checkbox"/>				
Kontrolle (Analyse des neuen Ist, Soll-Ist-Vergleich, Erhebung des neuen Ist)	<input type="checkbox"/>				

8. Bitte bewerten Sie aus Ihrer Sicht die folgenden Statements hinsichtlich ihrer Richtigkeit.

Fragen zu fehlenden Zielen

Statement	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Umweltfreundliche Beschaffung ist ein Ziel Ihres Unternehmens .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wo ist das konkretisiert? Agenda oder tatsächliches Ziel? Akzeptiert auf den einzelnen Ebenen?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Sie sind hinreichend über das Unternehmensziel Umweltfreundliche Beschaffung informiert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wie erfahren Sie davon?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Woran könnte das liegen?

Bemühungen , umweltfreundlich zu investieren, sind aus Ihrer Sicht sinnvoll .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Individuelle Ziele vs. Organisationale Ziele?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Fragen zu fehlenden Regelungen

Statement	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Beschaffungsleitfäden Ihres Unternehmens unterstützen umweltfreundliche Beschaffungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Gibt es überhaupt Beschaffungsleitfäden? Sind sie bekannt und verfügbar? Verfügt der Befragte über ausreichend Wissen und Informationen? Werden die Leitfäden durch alle am Beschaffungsprozess Beteiligten berücksichtigt/ verwendet? Inwieweit unterstützen sie die umweltfreundliche Beschaffung oder warum ggf. nicht?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Umweltfreundliche Beschaffung wird durch Vorgaben des Beschaffungsprozesses behindert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Vorgaben sind das konkret? Bereichsspezifisch: - Finanzbereich: monetäre Aspekte - Maschinenbau: funktionale Aspekte - Umweltabteilung: Umweltaspekte Welche Möglichkeiten der Einflussnahme auf den Prozess haben die Mitarbeiter?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Fragebogen zu Hemmnissen umweltfreundlicher Beschaffung

7

Es ist möglich , in einem intern festgelegten Kostenrahmen alternative , auch umweltfreundliche, Produkte und Dienstleistungen zu beschaffen .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wie groß ist der Spielraum? Wie ist die Resonanz?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Existierende rechtliche Regelungen unterstützen umweltfreundliche Beschaffung in Ihrem Unternehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Regelungen sind das konkret? Bereichsspezifisch: - Finanzbereich: monetäre Aspekte - Maschinenbau: funktionale Aspekte - Umweltabteilung: Umweltaspekte	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Fragen zu fehlenden Informationen

Statement	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Sie sind über Möglichkeiten , umweltfreundlich zu investieren, informiert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wie kommen Sie an relevante Informationen? Nutzerfreundlich? Wo verfügbar? Art und Umfang?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Informationen (Kriterien, Preise, Leistungen) zu umweltfreundlichen Produkten und Dienstleistungen sind verfügbar .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wie kommen Sie an relevante Informationen? Nutzerfreundlich? Wo verfügbar? Intern? Art und Umfang?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Sie sind über die Umweltrelevanz der von Ihrem Unternehmen beschafften Produkte und Dienstleistungen informiert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Worin besteht die Umweltrelevanz konkret?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Sie sind über die relevanten rechtlichen Regelungen umweltfreundlicher Beschaffungen informiert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Regelungen sind das konkret? Bereichsspezifisch: <ul style="list-style-type: none"> - Finanzbereich: monetäre Aspekte - Maschinenbau: funktionale Aspekte - Umweltabteilung: Umweltaspekte 	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Wo bestehen Ihrer Ansicht nach Defizite?

Fragen zu fehlendem Wissen

Statement	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Alternative , umweltfreundliche Materialien, Produkte und Dienstleistungen für Ihr Unternehmen sind Ihnen bekannt .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Ganz kurz: Ja/nein	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Am Markt sind für Ihre Bedarfe ausreichend umweltfreundliche Beschaffungsmöglichkeiten verfügbar .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Beschaffungsalternativen gibt es üblicherweise? Wie viele? Handelt es sich um „echte“ Alternativen (z. B. umweltfreundlich vs. nicht umweltfreundlich)	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Bestehende Möglichkeiten , umweltfreundliche Kriterien in die Beschaffungsentscheidung einzubeziehen, werden genutzt .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Möglichkeiten sind das? In welchem Umfang?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Fragebogen zu Hemmnissen umweltfreundlicher Beschaffung

II

Es ist schwierig , umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen am Markt zu identifizieren .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Wie erfolgt die Identifikation? Durch wen?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Bezüglich der rechtlichen Regelungen umweltfreundlicher Beschaffungen existieren Unsicherheiten (z. B. aus Komplexitätsgründen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Unsicherheiten auf welcher Ebene? Welche Unsicherheiten konkret?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Fragen zu fehlenden Anreizen/Sanktionen/Motivation

Statement	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Die Beschaffung in umweltfreundliche Produkte eröffnet Möglichkeiten zur Kostensenkung .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche Möglichkeiten?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Die Beschaffung in umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen verursacht zusätzliche Arbeit .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Welche konkret? In welchem Umfang?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Umweltfreundliche Beschaffungsinitiativen der Mitarbeiter werden unterstützt und gefördert .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Umfang und Art der Unterstützung? Durch wen?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls nein: Warum denken Sie ist das so?

Folgekosten werden bisher nicht in Beschaffungsentscheidungen berücksichtigt .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Umweltfreundliche Beschaffung verursacht höhere Kosten .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen haben eine geringere Funktionalität .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Fragebogen zu Hemmnissen umweltfreundlicher Beschaffung

14

Umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen sind zu teuer .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Warum denken Sie ist das so?

Viele Nutzer haben Vorurteile gegenüber umweltfreundlichen Produkten und Dienstleistungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Inhaltliche Aspekte	Aufrechterhaltungsfragen	Nachfragen
Worin könnten die Vorurteile bestehen?	Gibt es sonst noch etwas? Und sonst? Und weiter? Und dann? Können Sie das genauer beschreiben? Was meinen Sie damit konkret?	Falls ja: Woran könnte dies liegen?

Weitere Fragen

9. Fallen Ihnen Situationen in der Vergangenheit ein, in denen Hemmnisse bezüglich umweltfreundlicher Beschaffungen Beschaffungsentscheidungen beeinflusst haben können? (neben Achlackierung und BHKW/Sommerkessel)

10. Wie oft sind die Hemmnisse in der Vergangenheit aufgetreten?

11. Konnten sie überwunden werden?

12. Was konnten Sie konkret beeinflussen?

13. Was möchten Sie uns noch sagen?

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Hemmnis- gruppe	Beispielsituationen in der Vergangenheit	Wie Überwindung -> Anreiz?	Akteure
			(wer sollte handeln)
Ziel	Behauptung: Umweltschutz kein wirkliches Ziel der Unternehmensführung (Prestigeobjekt LKW) -> weder Vorbildwirkung noch unterstützende Wirkung erkennbar		
Regelungen	Entsorgungskosten: in Deutschland relativ niedrig, weshalb z. B. keine besseren Abwasserreinigungsanlagen errichtet oder Sondermüllmengen nicht maximal reduziert werden		Staat allein?
			Was kann MAN tun?
Investitions- kosten und Gesundheit/ Sicherheit	Wasserlack vs. Lösemittellack: Wasserlacke sind einerseits wesentlich teurer als Lösemittellacke, benötigen aber andererseits wesentlich weniger Lösemittel	Derzeit Überwindungsprozess:	
	Daneben: Wasserlacke gesundheitschädlicher, da sie beim Hautkontakt direkt durch die Haut gehen und sich im Körper verteilen können	Reduzierung der Lösemittelbilanz	
	Problem: hohe Investitionskosten, derzeit Nachfrage nach LKWs mit Wasserlack höher als Angebot	Nachfragedruck durch niedrigere Preise für LKW mit Wasserlack	
Investitions- kosten (Wirt- schaftskrise)	Steuerung der Klimatisierung der Lackierkabine in Abhängigkeit der Außenluft		
Zeit	Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung auf Neubau: Umsetzungsplanung und Geldfreigabe erfolgt, aber tatsächliche Realisierung misslang aufgrund von Zeitmangel der Planer		

Verfügbar- keitshemmnis	Biologische Abluftreinigungsanla- ge war technologisch durchaus um- setzbar		
Verfügbar- keitshemmnis	Unsicherheiten darüber, ob eine neue umweltfreundliche Variante hundertprozentige Verfügbarkeit ge- währleisten kann		

Tabelle 30.: Beispiele für wahrgenommene Hemmnisse

Literaturverzeichnis

- ADENSAM, H. u. a. (2000): Wieviel Umwelt braucht ein Produkt?
- ANKELE, K.; RUBIK, F. (2001): Handbuch Umweltcontrolling Bundesumweltministerium & Umweltbundesamt (Hrsg.) Verlag Franz Vahlen, 2. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage.
- BAGOCKJ, V. (2009): Fuel Cells. Hoboken, USA 2009.
- BALZER, A. H. . (o.J.): MAN/Scania/Volkswagen: Die großen Drei rücken näher zusammen. In: manager magazin Online GmbH, 2009. Jg., o. J., Heft 06/06, 14.24.
- BAUM, H.; COENENBERG, A.; GÜNTHER, E. (2000): Betriebliche Umweltökonomie in Fällen, Band II: Umweltmanagement und ökologieorientierte Instrumente, München 2000.
- BAUM, H. G.; COENENBERG, A. G.; GÜNTHER, T. (2007): Strategisches Controlling, 4. überarbeitete Auflage, Band 78. Stuttgart 2007.
- BAUMANN, H.; TILLMAN, A. (2004): The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application, Sweden 2004.
- BERGER, P. (2003): Dezentale Kraft-Wärme-Kopplung. Das mtu-Brennstoffzellen-Hot-Module. In: VDI-Berichte, Band 1752.
- BEUERMANN, G.; HALFMANN, M.; BÖHM, M. (1995): Ökologieorientiertes Controlling (I). In: WISU Das Wirtschaftsstudium, 4. Jg., 1995, S. 335–343.
- BLEUEL, H.-H. P. D. (2006): Monte-Carlo-Analysen im Risikomanagement mittels Software-Erweiterungen zu MS-Excel, Band 7.
- BRUGGER, R. (o. J.): IT Projekte strukturiert planen.
- COENENBERG, A.; FISCHER, T.; GÜNTHER, T. (2007): Kostenrechnung und Kostenanalyse, 6. überarb. und erw. Auflage. Stuttgart 2007.
- DROSSE, V.; VOSSEBEIN, U. (1997): Investition Intensivtraining.
- DUNLAP, R. E.; YORK, R. (2008): The Globalization of environmental concern and the limits of the postmaterialist values explanation: Evidence from Four Multinational Surveys. In: Sociological Quarterly, 49. Jg., 2008, Heft 3, S. 529–563 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1533-8525.2008.00127.x>, Stand: o. A.].
- INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, L. U. (Hrsg.) (2008): CML-IA. Online im Internet: <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/index.html>, Stand: 09.2008, Abfrage: 27.07.2009, 16:29 Uhr.

- ETTERLIN, G.; HÜRSCH, P.; TOPF, M. (1992): Ökobilanzen: Ein Leitfadens für die Praxis, Mannheim 1992.
- FABRYCKY, W. J.; BLANCHARD, B. S. (1991): Life-cycle cost and economic analysis. Virginia Polytechnic Institut and State University 1991.
- FICHTNER, W. u. a. (2005): Barriers of Interorganisational Environmental Management: Two Case Studies on Industrial Symbiosis. In: Progress in Industrial Ecology, 2. Jg., 2005, Heft 1, S. 73–88.
- FLEISCHER, J.; LANZA, D. G.; WAWERLA, D.-I. M. (2007): ViLMA Abschlussbericht 2007. Technischer Bericht.
- FRENCH, J. R. P.; RAVEN, B. (1959): The bases of social power. Studies in social power, S. 150–167.
- FRÜH, W. (2007): Inhaltsanalyse : Theorie und Praxis, 6. überarb. Auflage, Band 2501. Konstanz 2007 [[auch elektronisch veröffentlicht, <http://www.gbv.de/dms/hebis-darmstadt/toc/189156244.pdf>, Stand: o. A.].
- GEISSDOERFER (2009): Total Cost of Ownership (TCO) und Life Cycle Costing (LCC) : Einsatz und Modelle ; ein Vergleich zwischen Deutschland und USA. ID: 17.
- GIPPER, K. (1998): Friedrich Tabellenbuch Bautechnik 2006/07: Technologie/fachkunde/fachtheorie. Technische Mathematik/fachrechnen. Technisches zeichnen/technische Kommunikation. Baubetrieb und Baurecht. Arbeits- und Umweltschutz.
- GÜNTHER, E.; KLAUKE, I.; SCHEIBE, L. (2005): Öffentliche Beschaffung und Ökoeffizienz - Potentiale und Hemmnisse. Materialeffizienz. Potentiale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern. München 2005, S. 73–84.
- GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2003): The Hurdles Analysis- A method to identify and analyse hurdles for green procurement in municipalities. In: Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre, 80. Jg., 2003, Heft 04 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:swb:14-1074594203546-41307>, Stand: o. A.].
- GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005a): Analyse der Hemmnisse. 1. Auflage, Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Innovationspotentiale, Hemmnisse, Strategien., Heidelberg 2005, S. 143–183.
- GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2005b): Selbstevaluation der Hemmnisse zur Strategiefindung. 1. Auflage, Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Innovationspotentiale, Hemmnisse, Strategien., Heidelberg 2005, S. 313–340.

- GÜNTHER, E.; SCHEIBE, L. (2006): The hurdle analysis. A self-evaluation tool for municipalities to identify, analyse and overcome hurdles to green procurement. In: Corporate Social Responsibility & Environmental Management, 13. Jg., 2006, Heft 2, S. 61–77 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=20507291&site=ehost-live>, Stand: o. A.].
- GÜNTHER, E. u. a. (2002): Life Cycle Assessment. In: Dresdner Beiträge zur Lehre der Betrieblichen Umweltökonomie, 2002.
- GOOGLE (Hrsg.) (2009): Google Maps Deutschland. Online im Internet: maps.google.de, Stand: o. A., Abfrage: 14.07.2009, 18:20 Uhr.
- GÖTZE, U. (1995): Investitionsrechnung. Berlin 1995.
- GUINÉE, J. (2002): Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards.
- GÜNTHER, E. (2008): Ökologieorientiertes Management: Um (weltorientiert)-denken in der BWL, Stuttgart 2008.
- GÜNTHER, T. u. a. (2003): Ökobilanzen als Controllinginstrument (Stand 1996).- 2003 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:swb:14-1058872326328-99042>. Stand: o. A.].
- HAUSCHILDT, J. (1998): Promotoren – Antriebskräfte der Innovation.
- HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. (1999): Promotoren: Champions der Innovation. Wiesbaden 1999.
- HAUSCHILDT, J.; GEMÜNDEN, H. G. G. (1999): Promotoren : Champions der Innovation. Wiesbaden 1999.
- HEIJUNGS, R. u. a. (1992): Environmental life cycle assessment of products, Guide-October 1992. In: Centre of Environmental Science, Leiden, Netherlands, 1992.
- HENGARTNER, W.; THEODORESCU, R. (1978): Einführung in die Monte-Carlo-Methode. Berlin 1978.
- HERMANN, D. (1991): Zukunftsplanung mit Szenariotechnik. Wien 1991.
- HILLER, T. (2004): Methoden und Werkzeuge zur Optimierung des Störungsmanagements in Verteilungsnetzen. Dresden 2004.
- (HRSG.), E. (2009): MAN AG steigt bei Sinotruk ein. Band 2009. Stand: o. A., Abfrage: .
- (HRSG.), M. N. A. (2009): Unterwegs im Jahre 2020. In: Jahresmagazin 08/09, 2009, Heft 1, S. 18–28.

- HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (2008): Environmental Life Cycle Costing. New York 2008.
- KARATZAS, I.; SHREVE, S. E. (1991): Brownian Motion and Stochastic Calculus.
- KIRCHGÄSSNER, H. (1995): Informationsinstrumente einer ökologieorientierten Unternehmensführung: Ökobilanz-EU-Öko-Audit-Industrielle Kostenrechnung, Wiesbaden 1995.
- KLEMPIEN, D. (2009): SWOT-Analyse. Band 2009. Online im Internet: <http://www.controllingportal.de/Fachinfo/Grundlagen/SWOT-Analyse.html>, Stand: o.A., Abfrage: 28.6, 00:07 Uhr.
- KOSOW, H.; GASSNER, R. (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Berlin 2008.
- KRUSCHWITZ (2007): Investitionsrechnung, Band 11. Auflage.
- KRUSE, J. (2008): Einführung in die Qualitative Interviewforschung. Freiburg 2008.
- LOMBORG, B.; RUBIN, O. (2002): LIMITS to Growth – A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind, S. 42–42.
- LUNGI, P.; BOVE, R.; DESIDERI, U. (2004): LCA of a molten carbonate fuel cell system. In: Journal of Power Sources, 137. Jg., 2004, Heft 2, S. 239–247 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=14785360&site=ehost-live>, Stand: o. A.].
- MOOSMÜLLER, G. (2004): Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung. München 2004.
- MOSLER, K. C. (2006): Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik mit 7 Tabellen. Berlin ; Heidelberg u.a. 2006.
- MWM (Hrsg.) (2008): Aufbau von Energieanlagen. Online im Internet: <http://www.mwm.net/modules/wfdownloads/visit.php?cid=8&lid=25>, Stand: o.A., Abfrage: 03.06.2009, 14:32 Uhr.
- MWM (Hrsg.) (2009): TCG 2020. Online im Internet: <http://www.mwm.net/modules/wfdownloads/visit.php?cid=7&lid=47>, Stand: o.A., Abfrage: 10.06.2009, 11:20 Uhr.
- OERTEL, D.; FLEISCHER, T. (2001): Brennstoffzellen-Technologie: Hoffnungsträger für den Klimaschutz.
- PERRIDON, L.; STEINER, M. (2007): Finanzwirtschaft der Unternehmung. München 2007.

- PROBAS (Hrsg.) (2009a): Metall/Stahl-DE-mix-2005. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={F180AA06-591A-4C86-92E9-FCAD3FB02EA9}&id=1&step=1&search=mix%20stahl&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 23.5.2009, 15:41 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009b): Stahl niedriglegiert. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={BD14FB6C-48F9-4BA7-90FE-5FD87519603C}&id=1&step=1&search=Stahl%20niedriglegiert&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 24.5.2009, 09:21 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009c): Metall/Kupfer-DE-mix-2005. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={979CEE6B-3465-4100-9F8B-35F094571B3B}&id=1&step=1&search=kupfer%20mix&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 23.5.2009, 15:41 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009d): Keramik. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={224FDF94-EC89-4196-94C5-4C8C945259DF}&id=1&step=1&search=keramik&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 23.5.2009, 14:12 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009f): Nickel ab Anreicherung. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={CB85CDBB-D20D-4235-854A-980779511CF4}&id=1&step=1&search=Nickel&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 8.6.2009, 21:46 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009g): Zug-Güter-DE-2000 (gemittelt). Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={74225A68-E0CB-4B61-97CF-9802FD43A302}&id=1&step=1&search=G%FCter&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 15.6.2009, 11:30 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009h): LKW-DE-2000-Zug-30t. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={0AB33AC7-7ED9-457D-8F40-B501F12E2CE0}&id=1&step=1&search=LKW%2030&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 15.6.2009, 11:35 Uhr.
- PROBAS (Hrsg.) (2009i): Steine-Erden/Glas-flach-DE-2010. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?>

&prozessid={62B755F8-E136-4224-899D-54A7FEAD62E3}&id=1&step=1&search=Glas&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198, Stand: o. A., Abfrage: 21.6.2009, 8:10 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009j): Steine-Erden/Beton. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={0E0B2C81-9043-11D3-B2C8-0080C8941B49}&id=1&step=1&search=Beton&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 21.6.2009, 8:13 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009k): El-KW-Park-DE-2010. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={D6224347-3305-4101-8FC1-EFFAC023D564}&id=1&step=1&search=el-kw&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 25.6.2009, 13:56 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009l): Pipeline/Erdgas-D. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid={D48F6E27-7881-4A4E-93C6-2CBE37CC32E5}&id=1&step=1&search=erdgas&b=1&PHPSESSID=c3f315c972596b8b3fdec1543e483198>, Stand: o. A., Abfrage: 15.7.2009, 16:51 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009m): Metall/Aluminium-Import-mix-DE-2010. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid=%7B351D8B48-ED79-497B-B41F-68E84DC6852D%7D&id=1&step=1&search=alu&b=1>, Stand: o. A., Abfrage: 24.6.2009, 09:24 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009o): Kunststoffe/Dichtungsbahn, PVC. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/volltextsuche.php?&prozessid=%7B0E0B29A8-9043-11D3-B2C8-0080C8941B49%7D&id=1&step=1&search=dichtung&b=1>, Stand: o. A., Abfrage: 24.6.2009, 09:28 Uhr.

PROBAS (Hrsg.) (2009p): El-KW-Park-DE-2005-Heizstrom-mix. Online im Internet: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/procid.php?&prozessid={A089B62B-9AC1-451F-8014-127A6D5FB0E7}&id=1&step=1&search=strom&b=1&prozessid={AABF6388-DDD9-47C2-8812-64FDE8D8FDE2}&style=procid>, Stand: o. A., Abfrage: 24.6.2009, 09:34 Uhr.

RAU, T. (1994): Betriebswirtschaftslehre für Städte und Gemeinden: Strategie, Personal, Organisation. München 1994.

REBITZER, G.; HUNKELER, D. (2003): Life Cycle Costing in LCM. In: International Journal of Life Cycle Assessment, 8. Jg., 2003, Heft 5, S. 253–256.

- RENNER, I.; KLÖPFER, W. (2003): Untersuchung der Anpassung von Ökobilanzen an spezifische Erfordernisse biotechnischer Prozesse und Produkte. In: Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben, 201. Jg., 2003, Heft 66, S. 306.
- DEL RÍO GONZÁLEZ, P. (2009): The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. In: Ecological Economics, 68. Jg., 2009, Heft 3, S. 861–878 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=35560270&site=ehost-live>, Stand: o. A.].
- SARDIANOU, E. (2008): Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. In: Journal of Cleaner Production, 16. Jg., 2008, Heft 13, S. 1416–1423.
- SCHALTEGGER, S.; STURM, A. (1992): Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen, 2.aktualisierte und erweiterte Auflage, Bern 1994.
- SCHEIBE, L.; GÜNTHER, E. (2006): The Hurdles Analysis: A Way to Greener Public Procurement. Management Models for Corporate Social Responsibility. Berlin 2006, S. 230–237.
- TÖPFER, A. (2009): Erfolgreich Forschen - ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden. Berlin ; Heidelberg 2009.
- THE OPEN UNIVERSITY (o. J.): Project Management.
- USA, D. (2009): MAN AG Company Profile. In: , 2009 [auch elektronisch veröffentlicht, <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=dmhls&AN=28DE8F08-71CE-49BB-A444-ACD5C91DCCD5&site=ehost-live>, Stand: o. A.].
- WILLIAMSON, O. E. (1975): Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization. New York 1975.
- WITHERTON, P. G. H. . (o. A.): Likert-Skala. Band 2009. Stand: o. A., Abfrage: 10.07, 23.12 Uhr.
- ZAHORANSKY, R. (2008): Energietechnik: Systeme zur Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf.

Gesetzes- und Normenverzeichnis

Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, Oktober 2006
(DIN EN ISO 14040:2006)

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (BImSchG)

Charakterisierung von Abfällen - Untersuchung des Auslaugungsverhaltens für die grundlegende Charakterisierung - Dynamisches Auslaugungsverfahren für monolithische Abfälle mit periodischer Erneuerung des Auslaugungsmittels unter festgelegten Prüfbedingungen, September 2008 (DIN EN ISO 15863)

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird der Beschaffungsprozess der MAN Nutzfahrzeuge AG analysiert. Zu diesem Zweck werden drei verschiedene Methoden angewendet. Das Ziel besteht darin herauszufinden, inwieweit die Berücksichtigung ökologischer Aspekte den Entscheidungsprozess beeinflusst, sodass nachhaltige Beschaffung eine sinnvolle Option bieten kann. Dazu werden verschiedene Beschaffungsalternativen unter Verwendung der Ansätze zur Lebenszykluskostenrechnung, Ökobilanzierung und Hemmnisanalyse verglichen. Ziel ist es, Empfehlungen für zukünftige Investitionsentscheidungen abzuleiten. Die vorliegende Ausarbeitung zeigt, dass die Ausweitung der Investitionsbetrachtung auf den gesamten Lebenszyklus weit über konventionelle Ansätze hinaus gehen.

Keywords BHKW, Kostenstrukturplan, CML, Entscheidungsfindung, Achslackierung, umweltorientierte Lebenszykluskostenbetrachtung, Nachhaltigkeit, Umweltverantwortung, Brennstoffzelle, grüne Beschaffung, Hemmnisanalyse, Einbeziehung ökologischer Aspekte, Ökobilanzierung (LCA), Lebenszykluskostenanalyse (LCC), Kapitalwert, Organisationsentwicklung, Sensitivitätsanalyse.

In dieser Reihe sind bisher erschienen:

<i>Nummer</i>	<i>Autoren</i>	<i>Titel</i>
01/1996	Günther, T. / White, M. / Günther E. (Hrsg.) Schill, O.	Ökobilanzen als Controllinginstrument  Download
02/1998	Günther, E. (Hrsg.) Salzmann, O.	Revisionäre Zeit- und Geschwindigkeitsbetrachtungen im Dreieck des Sustainable Development  Download
I/2000	Günther, E. (Hrsg.) Schmidt, A.	Auszug aus der Diplomarbeit: Umweltmanagement und betriebswirtschaftlicher Nutzen. Eine theoretischen Analyse und empirische Untersuchung am Beispiel ÖKOPROFIT München  Download
03/2000	Günther, E. / Schill, O. (Hrsg.) Klauke, I.	Kommunales Umweltmanagement: Theoretische Anforderungen und Einordnung vorhandener Ansätze  Download
04/2000	Günther, E. (Hrsg.) Krebs, M.	Aufgaben- und Organisationsstruktur der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland  Download
05/2000	Günther, E. / Schill, O. (Hrsg.) Sicker, B.	Umweltfreundliche Beschaffung und Abfallmanagement in öffentlichen Einrichtungen - Eine Untersuchung am Landratsamt Bautzen und Klinikum Bautzen-Bischofswerda  Download
	Günther, E. / Thomas, P. (Hrsg.) Wollmann, R.	Integration des Instrumentes Environment-oriented Cost Management in die Controllingprozesse von Unternehmen in Entwicklungsländern Ergebnisse der Zusammenarbeit mit dem Pilotvorhaben zur Unterstützung umweltorientierter Unternehmensführung in Entwicklungsländern (P3U) der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Erschienen in den Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre Nr. 50/01  Download

Fortsetzung:

06/2001	Günther, E. / Berger, A. (Hrsg.) Kaulich, S.	Ermittlung kritischer Erfolgsfaktoren für die Implementierung der Umwelleistungsmessung in Unternehmen, insbesondere für die Maschinenbaubranche  Download
07/2001	Günther, E. / Berger, A. (Hrsg.) Scheibe, L.	Konzeption eines Umweltkennzahlensystems zur Umwelleistungsmessung für Prozesse unter Beachtung der in Unternehmen vorliegenden Rahmenbedingungen  Download
08/2001	Krebs, P. / Günther, E. / Obenaus, G. (Hrsg.) Bölter, C.	Regenwassernutzung im nicht privaten Bereich Eine technische und wirtschaftliche Analyse dargestellt am Beispiel des Fraunhofer-Institutszentrum Dresden  Download
09/2001	Krause, W. / Günther, E. / Schulze, L. (Hrsg.) Huber, V.	Ökologische Bewertung von Reinigungsprozessen in der Oberflächentechnik - Möglichkeiten zum Einsatz integrierter Umweltschutztechnologien  Download
10/2001	Wingrich, H. / Günther, E. / Reißmann, F. / Kaulich, S. / Kraft, A. (Hrsg.) Seidel, T.	Vergleichende Untersuchungen zur Wasseraufbereitung mit getauchten Membranen  Download
11/2002	Koch, R. / Günther, E. / Fröhlich, J. / Jetschny, W. / Klauke, I. (Hrsg.) Sauer, T.	Aufbau eines integrierten Umweltmanagementsystems im universitären Bereich  Download
12/2003	Günther, E. / Berger, A. / Hochfeld, C. (Hrsg.) Tröltzsch, J.	Treibhausgas-Controlling auf Unternehmensebene in ausgewählten Branchen  Download

Fortsetzung:

13/2003	<p>Günther, E. / Neuhaus, R. / Kaulich, S. (Hrsg.) Becker, S. / Kornek, S. / Kreutzfeldt, C. / Opitz, S. / Richter, L. / Ulmschneider, M. / Werner, A.</p>	<p>Entwicklung von Benchmarks für die Umweltleistung innerhalb der Maschinenbaubranche</p> <p>Eine Benchmarkingstudie im Auftrag der Siemens AG</p> <p> Download</p>
	<p>Günther, T. / Günther, E. (Hrsg.) Hoppe, H.</p>	<p>Umweltaspekte und ihre Wertrelevanz für die Unternehmen: Eine Zusammenfassung existierender empirischer Forschungsergebnisse. Erschienen in den Dresdner Beiträgen zur Betriebswirtschaftslehre Nr. 81/04</p> <p> Download</p>
14/2004	<p>Günther, E. / Klauke, I. (Hrsg.) Kreutzfeldt, C.</p>	<p>Herausforderungen für die nachhaltige öffentliche Beschaffung in der Tschechischen Republik im Zuge der EU-Osterweiterung</p> <p> Download</p>
15/2004	<p>Günther, E. / Farkavcová, V. / Hoppe, H. (Hrsg.) Jacobi, R. / Scholz, F. / Umbach, F. / Wagner, B. / Warmuth, K.</p>	<p>Entwicklung eines integrierten Managementsystems bei einem mittelständischen Unternehmen der Entsorgungswirtschaft</p> <p>Verknüpfung von Umweltmanagement und Qualitätsmanagement unter besonderer Berücksichtigung der Transportprozesse in der Entsorgungsbranche</p> <p> Download</p>
16/2004	<p>Günther, E. / Will, G. / Hoppe, H. (Hrsg.) Ulmschneider, M.</p>	<p>Life Cycle Costing (LCC) und Life Cycle Assessment (LCA) – eine Übersicht bestehender Konzepte und deren Anwendung am Beispiel von Abwasserpumpstationen</p> <p> Download</p>
17/2005	<p>Günther, E. / Hoppe, H. / Klauke, I. (Hrsg.) Deuschle, T. / Friedemann, J. / Kutzner, F. / Mielecke, T. / Müller, M.</p>	<p>Einweg- und Mehrwegtextilien im Krankenhaus – das Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie</p> <p> Download</p>

Fortsetzung:

18/2005	Günther, T. / Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.) Mahlendorf, M.	Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Anwendung von Umweltkostenrechnungssystemen: Aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche  Download
19/2006	Günther, E. / Kaulich, S. (Hrsg.) Kornek, S.	Entwicklung einer Methodik eines integrierten Managementsystems von Umwelt-, Qualitäts- und Arbeitsschutzaspekten unter besonderer Betrachtung des Risikomanagements  Download
20/2006	Günther, E. / Lehmann-Waffenschmidt, W. (Hrsg.) Bolze, C. / Ernst, T. / Greif, S. / Krügler, S. / Nowotnick, M. / Schneider, A. / Steneberg, B.	Entschleunigung von Konsum- und Unternehmensprozessen  Download
21/2006	Günther, E. / Farkavcovà, V. (Hrsg.) König, J	Ökologische Bewertung von Transportprozessen - Systematisierung und Analyse existierender Bewertungsverfahren und Studien  Download
22/2006	Günther, E. / Becker, U. J. / Farkavcovà, V. (Hrsg.) Kutzner, F.	Emissionshandel im Verkehr - Konsequenzen aus einzelwirtschaftlicher Perspektive  Download
23/2006	Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.) Mielecke, T.	Erstellung einer Sachbilanz-Studie und Modellierung des Lebensweges von Operationstextilien  Download
24/2007	Günther, E. / Scheibe, L. (Hrsg.) Laitenberger, K. / Meier, K. / Poser, C. / Röhthig, D. / Stienen, J. / Tobiasian, S.	Umweltkennzahlen zur Prozessbewertung  Download

Fortsetzung:

25/2007	Günther, E. / Bilitewski B. / Hoppe, H. / Janz, A.(Hrsg.) Greif, S.	Ökonomische Analyse der Rückgewinnung von hochwertigen Metallen aus elektrischen und elektronischen Altgeräten in Deutschland  Download
26/2007	Günther, E. (Hrsg.) Steneberg, B.	Beschleunigung und Entschleunigung – eine empirische Untersuchung der Zahlungsbereitschaft für Entschleunigung.  Download
27/2007	Günther, E. / Becker, U./ Gerike, R. / Nowack, M. (Hrsg.) Friedemann, J.	Analyse von Verteilungswirkungen externer Effekte im Verkehr  Download
28/2007	Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.) Poser, C.	Komponenten und Einflussfaktoren der Umweltleistung eines Unternehmens: Strukturierung und Strukturanalyse auf Basis theoretischer und empirischer Ergebnisse  Download
29/2007	Günther, E./ Hoppe, H. (Hrsg.) Laitenberger, K.	Der Einfluss des Umweltschutzes auf die Wettbewerbsfähigkeit von Ländern und Industrien  Download
30/2008	Günther, E. (Hrsg.) Meier, K.	Die Umweltleistung in der Umweltberichterstattung von Unternehmen und deren Zusammenhang mit der ökonomischen Leistung  Download
31/2008	Günther, E./ Tränckner, J./ Nowack, M. (Hrsg.) Röthig, D.	Betriebswirtschaftliche Analyse der Kapazitätsauslastung in der Siedlungsentwässerung  Download
32/2008	Günther, E. / Tränckner, J. / Nowack, M. (Hrsg.) Gaitzsch, G.	Analyse der Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Siedlungsentwässerung mit Hilfe des Realoptionsansatzes  Download
33/2008	Günther, E. / Scheibe, L. (Hrsg.) Hüske, A.-K.	Hemmnisse in Entscheidungsprozessen  Download

Fortsetzung:

<p>34/2009</p>	<p>Günther, E. / Günther, T. / Nowack, M. (Hrsg.) John, S.</p>	<p>Bewertung der Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Abwasserbetriebe Bautzen mit Hilfe der Szenarioanalyse</p> <p> Download</p>
<p>35/2009</p>	<p>Günther, E. / Hüske, A.-K. / Hutter, K. / Soyez, K. / Stechemesser, K. (Hrsg.) Domke, T. / Geißler, M. / Gornickel, D. / Görtz, A. / Heide, N. / Hentschel, N. / Hildebrandt, S. / Kasten, M. / Loitsch, N. / Schmidt, M. / Starke, M. / Villalba, M.</p>	<p>Hemmnisse umweltfreundlichen Verhaltens</p> <p> Download</p>
<p>36/2009</p>	<p>Günther, E. / Stechemesser, K. (Hrsg.) Bergheim, K. / Gerbaulet, C. / Graßhoff, N. / Kittlaus, B. / Klapper, H. / Plischtil, M. / Rehm, F. / Scheel, R.</p>	<p>Anwendung monetärer und nicht-monetärer Entscheidungsinstrumente. Am Beispiel von Investitionsentscheidungen der MAN Nutzfahrzeuge AG.</p> <p> Download</p>