

LOGFOR

Verbundprojekt LOGFOR

Logistik Online Forwarding 2020

Logistik-Forschung und Logistik-Ausbildung Ruhr

Dipl.-Kff. Alessa Münchow-Küster, Dipl.-Kfm. Babak Mirheli

Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des Carbon Footprints als Zertifizierung für das Supply Chain Management

gefördert durch:



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



LOGFOR-Projektbericht Nr. 1

ISSN 1866-9255

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungs- und Akronymverzeichnis.....	III
Symbolverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
1 Einleitung in die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des Carbon Footprints als Zertifizierung für das Supply Chain Management.....	1
1.1 Wissenschaftliche Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	6
2 Grundlagen zum Supply Chain Management	8
2.1 Definition von Supply Chains	8
2.2 Definition und Ziele des Supply Chain Managements	10
3 Carbon Footprint als Zertifizierung	14
3.1 Definition des Carbon Footprints.....	14
3.2 Bestrebungen zur Standardisierung des Carbon Footprints	16
3.3 Carbon Reduction Label als Zertifizierung des Carbon Footprints	18
4 Grundlagen zum System-Dynamics-Ansatz.....	20
4.1 Definition von System Dynamics	20
4.2 System Dynamics als allgemeine Strukturtheorie.....	21
4.2.1 Geschlossene Systemgrenze	21
4.2.2 Feedback-Schleifen.....	22
4.2.3 Bestands- und Flussgrößen	27
4.2.4 Entscheidungsregeln	29
4.3 Phasen systemdynamischer Modellierung	30
5 Systemdynamische Modellierung zur Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung einer Carbon-Footprint-Zertifizierung für das Supply Chain Management ...	33
5.1 Eingrenzung des Modells	33
5.2 Formulierung dynamischer Annahmen.....	34

5.3	Simulationsexperiment.....	45
	5.3.1 Entwicklung eines Simulationsmodells	45
	5.3.2 Validierung und Anwendung des Simulationsmodells.....	57
5.4	Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung einer Carbon-Footprint-Zertifizierung für das Supply Chain Management.....	64
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	72
	Literaturverzeichnis	73
	Anhang	91

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

Aufl.	Auflage
BASF	Badische Anilin- und Sodafabrik
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BSI	British Standards Institution
BWL	Betriebswirtschaftslehre
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CF	Carbon Footprint
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
de	Deutschland
DECC	Department of Energy & Climate Change
Defra	Department for Environment, Food and Rural Affairs
d. h.	das heißt
Dr.	Doktor
ed.	edition
E-Mail	Electronic Mail
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	et alii
e. V.	eingetragener Verein
f.	folgende

ff.	fortfolgende
FML	Fördertechnik Materialfluss Logistik
GHG	Greenhouse Gas
GI	Gesellschaft für Informatik
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GWP	Global Warming Potential
HFCs	Fluorkohlenwasserstoffe
Hrsg.	Herausgeber
http	hypertext transfer protocol
i. d. R.	in der Regel
IEA	International Energy Agency
i. H. v.	in Höhe von
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
Iss.	Issue
IT	Informationstechnik
Jg.	Jahrgang
LCA	Life Cycle Assessment
N ₂ O	Distickstoffmonoxid
No.	Number
Nr.	Nummer
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
o. S.	ohne Seitenangabe
p.	page

PAS	Publicly Available Specification
PFC	Perfluorcarbone
pp.	pages
R/3	Realtime/3
S.	Seite
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
SC	Supply Chain oder Supply Chains
SCM	Supply Chain Management
SF ₆	Schwefelhexafluorid
sog.	sogenannte
Str.	Straße
THG	Treibhausgase
TU	Technische Universität
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UNDIM	undimensioniert
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
URL	Uniform Resource Locator
US	United States
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WRI	World Resources Institute
WWF	World Wide Fund For Nature

www

world wide web

z. B.

zum Beispiel

Symbolverzeichnis

Deskriptive Symbole

\$	Dollar
®	registered trademark

Mathematische Symbole

+	Additionsoperator
/	Divisionsoperator
=	gleich
$\int_{t_0}^t f(s) ds$	Integral von t_0 bis t über $f(s)$ ds
*	Multiplikationsoperator
%	Prozent
-	Subtraktionsoperator

Lateinische Symbole

$S(t)$	Bestand in Abhängigkeit von t
&	Ersatzzeichen für das Wort „und“
$f(\dots)$	Funktion abhängig von „...“
t	Zeit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der wissenschaftlichen Problemstellung	5
Abbildung 2: Überblick über den Aufbau der Arbeit	7
Abbildung 3: Exemplarische Darstellung einer Supply Chain	9
Abbildung 4: Cradle-to-Grave-Perspektive des Carbon Footprints	15
Abbildung 5: Symbolik einer Ursache-Wirkungs-Beziehung	23
Abbildung 6: Beispiel einer positiven oder negativen Ursache-Wirkungs-Beziehung	24
Abbildung 7: Beispiel für eine Ursache-Wirkungs-Beziehung mit Verzögerung	24
Abbildung 8: Exemplarische Darstellung zusammenhängender Feedback-Schleifen	27
Abbildung 9: Phasen der systemdynamischen Modellierung	30
Abbildung 10: Ursache-Wirkungs-Diagramm 1	34
Abbildung 11: Ursache-Wirkungs-Diagramm 2	38
Abbildung 12: Ursache-Wirkungs-Diagramm 3	41
Abbildung 13: Darstellung des konstruierten Feedback-Diagramms	44
Abbildung 14: Darstellung des Bestands- und Flussgrößen-Diagramms	47
Abbildung 15: Wertebeziehung zwischen Energieverbrauch und CF	51
Abbildung 16: Wertebeziehung zwischen Preis und Normierungsgröße	53
Abbildung 17: Wertebeziehung hinsichtlich des Absatzes	56
Abbildung 18: Zielsuchende Feedback-Schleife des konstruierten Modells	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Simulationsergebnisse 1	58
Tabelle 2: Simulationsergebnisse 2	59
Tabelle 3: Simulationsergebnisse 3	60
Tabelle 4: Simulationsergebnisse 4	61
Tabelle 5: Simulationsergebnisse 5	62
Tabelle 6: Simulationsergebnisse 6	63
Tabelle 7: Simulationsergebnisse 7	63

1 Einleitung in die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des Carbon Footprints als Zertifizierung für das Supply Chain Management

1.1 Wissenschaftliche Problemstellung

Seit der Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro werden umwelt- und gesellschaftsbezogene Problemstellungen von der Öffentlichkeit und von vielen Unternehmen zunehmend global und übergreifend betrachtet.¹ Die Nachhaltige Entwicklung steht als Konzept für ein integriertes Leitbild für die Bereiche Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft.² In diesem Zusammenhang wird auch durch die seit 1994 in Kraft getretene Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen der Problematik des Klimawandels eine hohe Bedeutung zugeschrieben,³ da der Klimawandel mit negativen Folgen für die Umwelt⁴ und die Wirtschaft⁵ verbunden ist. Für die Ausgestaltung des Klimaschutzes im Rahmen der Klimarahmenkonventionen der Vereinten Nationen ist das sog. Kyoto-Protokoll entwickelt worden, welches den Rückgang von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen)⁶ – darunter auch Kohlenstoffdioxid (CO₂) – zum Ziel hat.⁷

Seitdem die Problematik der globalen Erwärmung zum Gegenstand des öffentlichen Interesses geworden ist, steht die Wirtschaft als Verursacher von THG zunehmend im Fokus der Betrachtungen.⁸ Neben politischen Rahmenbedingungen im Hinblick auf den Umweltschutz, die in Form von Gesetzen, Verordnungen und Auflagen die Unternehmenstätigkeiten betreffen können, sind Unternehmen dazu angehalten, ökologische Kriterien⁹ in ihrem Entscheidungskalkül zu berücksichtigen, um den Anforderungen ihrer internen und externen Stakeholder gerecht werden zu können.¹⁰ Dies spiegelt sich z. B. in dem sich verändernden Kaufverhalten der Kunden wider, die neben dem Preis zusätz-

¹ Vgl. HARDTKE/PREHN (2001), S. 13.

² Vgl. ECKELMANN (2006), S. 1; HARDTKE/PREHN (2001), S. 13.

³ Vgl. VÖLKER-LEHMKUHL (2006), S. 8.

⁴ Vgl. HASENMÜLLER (2009), S. 118 ff.; WEBER (2008), S. 35 ff. Der Klimawandel kann z. B. Einfluss auf die Anzahl und die Dauer von Trockenperioden haben und dadurch die Nahrungsmittelproduktion einschränken. Vgl. GERES (2010), S. 8.

⁵ Vgl. KÜLL (2009), S. 13 f. Schätzungen nach ist es möglich, bis zum Jahr 2050 durch politische Maßnahmen zum Klimaschutz Klimaschäden bis zu 200 Billionen US-\$ zu vermeiden, sofern diese schnell umgesetzt werden. Vgl. KEMFERT/PRAETORIUS (2005), S. 134.

⁶ Im Rahmen des Kyoto-Protokolls sind die Industrieländer dazu verpflichtet, in dem Zeitraum von 2008 bis 2012 ihre THG-Emissionen gegenüber dem Stand des Jahres 1990 um insgesamt 5,2 % zu senken. Vgl. WIESMETH (2003), S. 13.

⁷ Vgl. VÖLKER-LEHMKUHL (2006), S. 8.

⁸ Vgl. HASENMÜLLER (2009), S. 2.

⁹ So können Unternehmen z. B. gewährleisten, dass bei der Herstellung, beim Verbrauch und der Entsorgung von Produkten keine fossilen Energien verbraucht und keine toxischen Materialien eingesetzt werden. Vgl. ROGALL (2008), S. 140.

¹⁰ Vgl. BREIDENBACH (2002), S. 125.

lich auch klimarelevante Kriterien¹ in ihre Kaufentscheidungen einbeziehen.² Unternehmen, die im Rahmen ihrer Geschäftsstrategie den Klimaschutz nicht berücksichtigen, setzen sich der Gefahr aus, Reputationsverluste seitens der Konsumenten zu erleiden und ihre Wettbewerbsposition gegenüber Konkurrenten zu schwächen, die im Hinblick auf den Klimaschutz aktiv sind.³

Sowohl die Stakeholder als auch kostensteigernde Faktoren, wie z. B. die durch die Rohstoffverknappung steigenden Energie- und Rohstoffpreise⁴, sind ausschlaggebend dafür, dass sich Supply Chains (SC) mit dem Thema Umwelt- und Ressourcenschutz auseinandersetzen.⁵ Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen stehen Unternehmen unter Druck, ihre SC auf eine umweltfreundliche Art und Weise zu gestalten,⁶ da SC-Aktivitäten zur Verursachung von Emissionen (insbesondere von CO₂) beitragen.⁷ Das zunehmende Interesse der Stakeholder an klimarelevanten Informationen im Hinblick auf Produkte,⁸ zukünftige regulative Rahmenbedingungen sowie ein zunehmendes Umweltbewusstsein der Kunden⁹ stellen an die Unternehmen¹⁰ und damit auch an die SC¹¹ die Anforderung, umweltrelevante Informationen zu bestimmen und ihren Stakeholdern offenzulegen.¹² Da das Ziel des Supply Chain Managements (SCM) in der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC liegt, welche durch die Ausrichtung an den Kunden realisiert wird,¹³ ist es für das SCM von großer Bedeutung, dieser Anforderung nachzukommen. Um die Klimawirksamkeit bestimmen zu können, sind die Emissionen von Produkten über deren gesamten Produktlebenszyklus auszuweisen und machen somit die Betrachtung der gesamten SC erforderlich.¹⁴

¹ Als Beispiel können hier CO₂-Emissionen durch ein Produkt entlang seines Herstellungsprozesses angeführt werden. Vgl. EITELWEIN/GORETZKI (2010), S. 23.

² Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 113.

³ Vgl. FRITZSCHE/KAHLENBORN (2009), S. 150.

⁴ Die OECD/IEA prognostiziert, dass im Jahr 2035 1 Barrel Rohöl im Durchschnitt 113 US-\$ (in US-\$ vom Jahr 2009) kosten wird. Im Jahr 2009 betrug der Preis für 1 Barrel Rohöl hingegen durchschnittlich 60 US-\$. Vgl. OECD/IEA (2010), S. 6.

⁵ Vgl. STRAUBE/BORKOWSKI/NAGEL (2009), S. 208 f.

⁶ Vgl. BERNON (2009), S. 299.

⁷ Vgl. BERNON (2009), S. 307. Bis zu 75 % des Carbon Footprints eines Unternehmens werden durch die Logistik verursacht. Vgl. EYEFORTRANSPORT (2007), S. 4.

⁸ Vgl. SCHMIDT (2010), S. 32.

⁹ Hiermit sind Endkunden gemeint. Um begriffliche Inkonsistenzen zu vermeiden, wird im weiteren Verlauf der Arbeit die Bezeichnung Kunde im Sinne eines Endkunden verwendet. Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 256.

¹⁰ Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 256 f.

¹¹ Ein Unternehmen ist für gewöhnlich Mitglied in einer SC. Das Verhalten eines SC-Akteurs kann demnach Folgen für die gesamte SC haben, da Unternehmen nicht länger isoliert, sondern als Mitglieder einer SC wahrgenommen werden. Demnach sind auch SC von den oben ausgeführten Anforderungen betroffen. Zudem sind die oben ausgeführten Aussagen hinsichtlich der Wettbewerbsposition und des Reputationsverlustes auch auf SC zu übertragen, da der Wettbewerb nicht mehr zwischen Unternehmen, sondern zwischen SC stattfindet. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 780; MELZER-RIDINGER (2007), S. 10; SOMMER (2007), S. 90; CHRISTOPHER (2005), S. 18.

¹² Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 256 f.

¹³ Vgl. STADTLER (2008), S. 11 ff.

¹⁴ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

Hinsichtlich dieser Anforderung ist für das SCM ein Ansatz erwünscht, mit dessen Hilfe klimarelevante Emissionen von Produkten entlang der SC erfasst und an die Stakeholder ausgewiesen werden können.

In diesem Zusammenhang wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Ansatz des *Carbon Footprints als Zertifizierung* betrachtet. Der Carbon Footprint (CF) stellt nach der Definition der Europäischen Kommission die gesamte Menge an Emissionen von CO₂ und weiteren THG dar, die durch ein Produkt¹ entlang einer SC entstehen.² Derzeit gibt es verschiedene Initiativen, die sich intensiv mit dem Ansatz des CF auseinandersetzen, wie z. B. in Großbritannien, Japan, Schweden, Italien und den USA.³

Eine Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM ist aus *betriebswirtschaftlicher Sicht wünschenswert*, um aufzeigen zu können, inwiefern dieser Ansatz zur ökologieorientierten Ausgestaltung von SC geeignet ist, sodass hieraus Handlungsempfehlungen für das SCM abgeleitet werden können. Hierzu sind Kenntnisse über die Auswirkungen des CF als Zertifizierung auf das SCM erforderlich.

In der *bisherigen Literatur*⁴ findet die Thematik des CF u. a. im Hinblick auf die Implementierung eines Carbon Accountings und eines Carbon Controllings für Unternehmen Beachtung.⁵ Weiterhin werden methodische Herausforderungen zur Erfassung von THG-Emissionen sowie die Notwendigkeit eines international harmonisierten Standards (wie z. B. die Entwicklung des ISO 14067) in der Literatur diskutiert.⁶ Des Weiteren wird der Einsatz des CF als Kommunikationsinstrument von Unternehmen (sog. Carbon Label) berücksichtigt.⁷ Jedoch liegt keine Untersuchung über dessen betriebswirtschaftliche Bedeutung für das SCM vor. Dies resultiert möglicherweise daraus, dass die Auswirkungen des CF als Zertifizierung auf das SCM noch unbekannt sind.

Demzufolge liegt eine *Diskrepanz* zwischen dem betriebswirtschaftlichen Ist-Zustand dieser Thematik und der betriebswirtschaftlich wünschenswerten Beurteilung der Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM vor. Da die Auswirkungen des CF als Zertifizierung auf das SCM in der Literatur bisher nicht untersucht worden sind, liegt eine *nicht-triviale Diskrepanz* zwischen dem *betriebswirtschaftlichen Ist-* und dem *betriebswirtschaftlich wünschenswerten Soll-Zustand* vor. Hieraus ergibt sich ein *Erkenntnisproblem*, welches die wissenschaftliche Problemstellung der vorliegenden Arbeit darstellt.

¹ Der Begriff Produkt schließt sowohl Sachgüter als auch Dienstleistungen mit ein. Vgl. BMU/BDI (2010), S. 18.

² Vgl. EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

³ Vgl. STICHNOTHE (2009), S. 43.

⁴ Mit der Bezeichnung Literatur ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Fachliteratur gemeint.

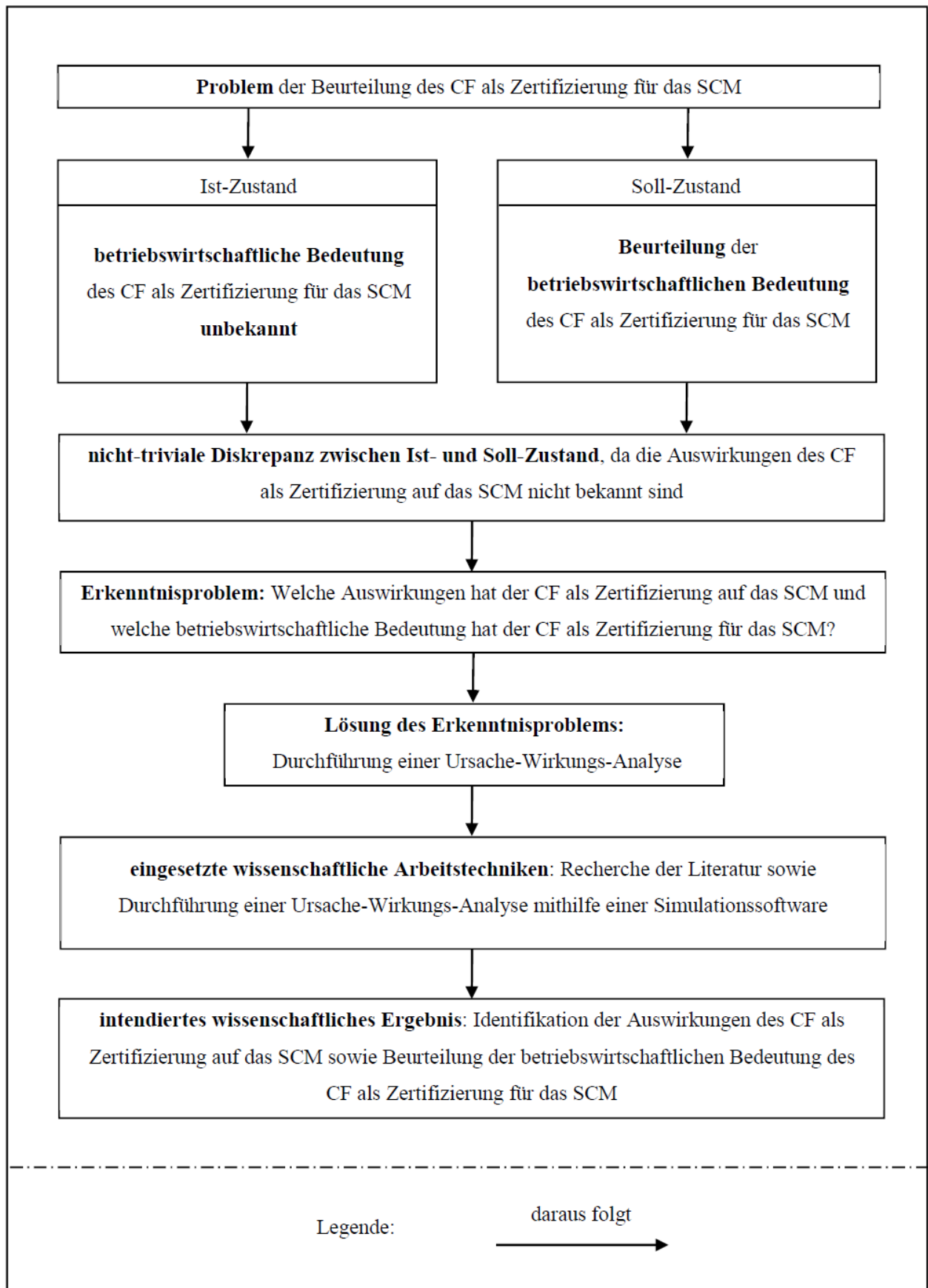
⁵ Vgl. EITELWEIN/GORETZKI (2010), S. 23 ff.

⁶ Vgl. STICHNOTHE (2009), S. 41 ff.

⁷ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 175 ff.

Die Recherche der Literatur sowie die Durchführung einer Ursache-Wirkungs-Analyse mithilfe einer Simulationssoftware stellen hierbei die *wissenschaftlichen Arbeitstechniken* zur Lösung des Erkenntnisproblems dar.

Die Kenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen des CF als Zertifizierung auf das SCM und die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM bilden *die intendierten wissenschaftlichen Ergebnisse* der vorliegenden Arbeit. Die folgende Abbildung soll dem Leser die wissenschaftliche Problemstellung verdeutlichen.

Abbildung 1: Darstellung der wissenschaftlichen Problemstellung¹¹ Eigene Darstellung.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Lösung des Erkenntnisproblems durch die Anwendung einer Ursache-Wirkungs-Analyse mithilfe einer Simulationssoftware sowie durch die Recherche der Literatur.

Die Arbeit gliedert sich in 6 Kapitel.

Im ersten Kapitel erfolgt eine Einleitung in die Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM, indem die wissenschaftliche Problemstellung erläutert wird. Um dem Leser die wissenschaftliche Problemstellung zu verdeutlichen und eine bessere Übersicht über den Aufbau der vorliegenden Arbeit zu ermöglichen, werden sowohl die wissenschaftliche Problemstellung als auch der Aufbau der Arbeit anhand von zwei Abbildungen dargestellt.

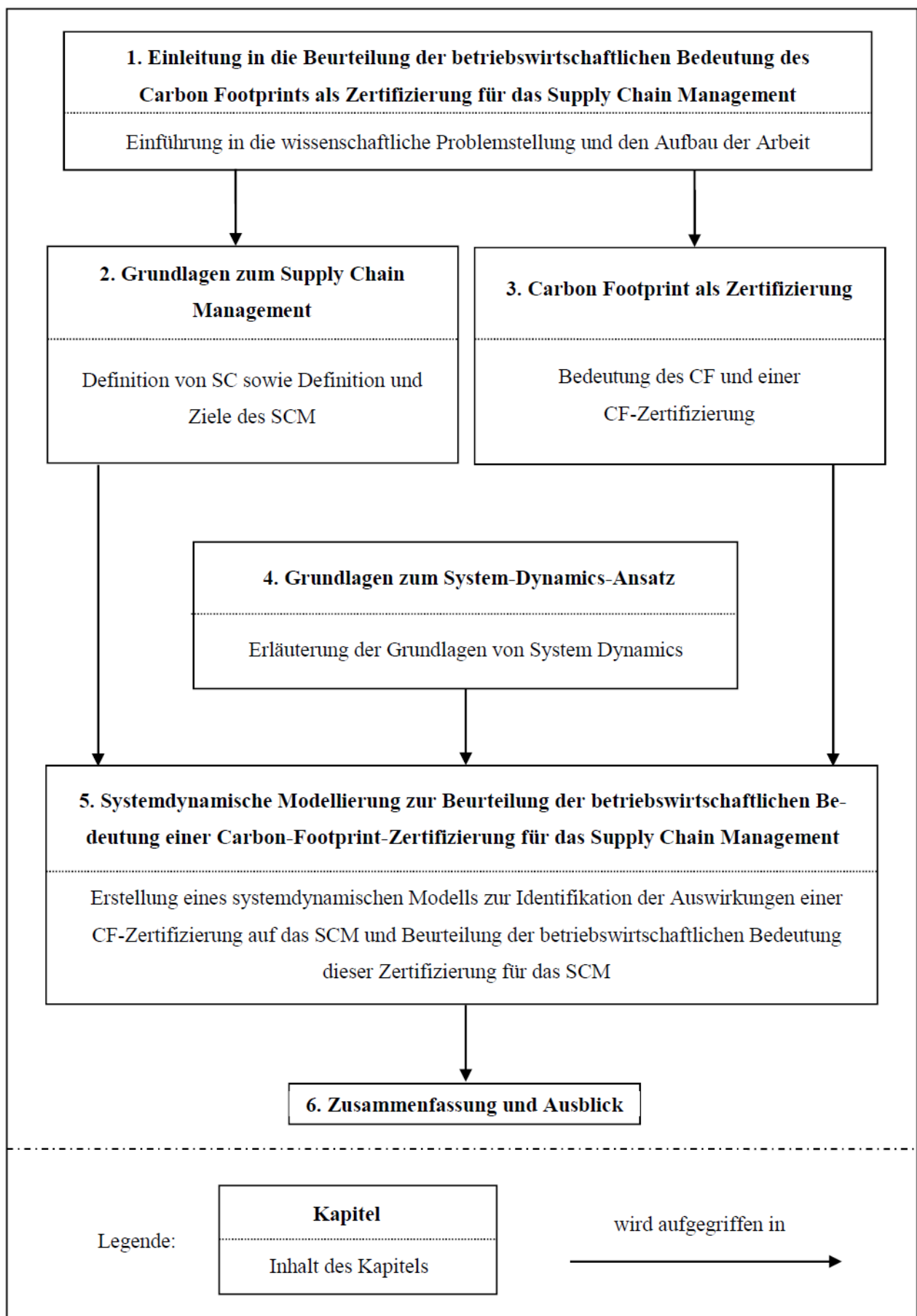
Da das SCM einen wesentlichen Bestandteil dieser Arbeit bildet, werden in Kapitel 2 die Grundlagen des SCM erläutert. Diesbezüglich werden SC sowie das SCM definiert und die Ziele des SCM erläutert.

Eine CF-Zertifizierung im Rahmen des SCM stellt den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit dar. Daher erfolgen im dritten Kapitel eine Definition des CF sowie Erläuterungen zu ausgewählten Standardisierungsbestrebungen. Zudem wird dargelegt, was unter einer CF-Zertifizierung zu verstehen ist, und festgelegt, welche Form der CF-Zertifizierung hier betrachtet wird.

Die Durchführung einer Ursache-Wirkungs-Analyse mithilfe einer Simulationssoftware ist die wissenschaftliche Arbeitstechnik, die in der vorliegenden Arbeit eingesetzt wird. Hierbei wird der Ansatz des System Dynamics verwendet. Um dem Leser ein besseres Verständnis dieses Ansatzes zu ermöglichen, werden die Grundlagen des System Dynamics in Kapitel 4 erläutert.

In Kapitel 5 erfolgt eine systemdynamische Modellierung zur Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung einer CF-Zertifizierung für das SCM. Es wird zunächst ein generisches Feedback-Diagramm konstruiert, welches dann in ein systemdynamisches Modell überführt wird. Hierzu wird das Modell quantifiziert, um eine Simulation durchzuführen, die es ermöglicht zu erkennen, wie sich eine CF-Zertifizierung auf ein Unternehmen einer SC auswirkt. Auf dieser Grundlage und anhand der Literatur werden die Auswirkungen einer CF-Zertifizierung auf das SCM identifiziert und der CF als Zertifizierung hinsichtlich seiner betriebswirtschaftlichen Bedeutung für das SCM beurteilt.

Im letzten Kapitel erfolgen abschließend eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf noch offene Fragestellungen. Die folgende Abbildung stellt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit dar.

Abbildung 2: Überblick über den Aufbau der Arbeit¹¹ Eigene Darstellung.

2 Grundlagen zum Supply Chain Management

2.1 Definition von Supply Chains

In der Literatur wird eine Unterscheidung zwischen unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden SC vorgenommen.¹

Die unternehmensinterne SC stellt die Aktivitäten eines Unternehmens zur Leistungserstellung dar, die sich über die Beschaffung bis hin zum Kundenservice erstrecken können.²

Im Gegensatz hierzu liegt der Fokus bei einer unternehmensübergreifenden SC³ nicht lediglich auf einem Unternehmen, sondern die Betrachtung erstreckt sich über die Grenzen des Unternehmens hinweg.⁴ Eine unternehmensübergreifende SC kann definiert werden als eine Verkettung von Beziehungen zwischen Kunden und Lieferanten⁵ mit dem Ziel, die Nachfrage nach fertiggestellten Produkten gemeinsam zu befriedigen,⁶ und umfasst die Material- und Informationsflüsse entlang dieser Kette.⁷

Die Reichweite erstreckt sich hierbei vom „Urlieferanten“ bis zum „Endkunden“⁸ und umschließt sowohl die wechselseitigen Aktivitäten der Lieferanten untereinander als auch die Koordination mit den Kunden.⁹ Eine unternehmensübergreifende SC besteht aus miteinander verknüpften Unternehmen, die ihren Input jeweils aus der Leistungserstellung der vorgelagerten Unternehmen beziehen, wobei sich der Kunde am Ende der SC befindet.¹⁰ Der Kunde gibt seine Nachfrage an ein Unternehmen am Ende der SC an, die dann zwischen den SC-Akteuren weitergegeben wird und schließlich den Materialfluss auslöst.¹¹ Die Grundlage für den Aufbau der Leistungsbeziehungen zwischen den SC-Akteuren bildet folglich der Informationsfluss.¹² Denn erst wenn die Informationen zum Kundenbedarf zwischen den Unternehmen der SC weitergereicht werden, wird

¹ Vgl. WERNER (2010), S. 7; KORTUS-SCHULTES/FERFER (2005), S. 5; HANDFIELD/NICHOLS (1999), S. 42 f.

² Vgl. KORTUS-SCHULTES/FERFER (2005), S. 5. So sind z. B. Lagerstätten ein Bestandteil von unternehmensinternen SC. Vgl. AMANN (2009), S. 90.

³ Die Begriffe SC, Lieferkette, unternehmensübergreifende Wertschöpfungskette, Versorgungskette und Logistikkette werden in der Literatur synonym verwendet. Vgl. VAHRENKAMP (2007), S. 24; Busch/DANGELMAIER (2004), S. 4.

⁴ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 784.

⁵ Vgl. NEHER (2003), S. 34.

⁶ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 784.

⁷ Vgl. HANDFIELD/NICHOLS (1999), S. 2. In der wissenschaftlichen und praxisorientierten Literatur sind verschiedene Ansätze zur Definition von SC vorzufinden. Die Bezeichnung SC wird im weiteren Verlauf im Sinne einer unternehmensübergreifenden SC verwendet. Vgl. POLUHA (2010), S. 13 f.

⁸ Vgl. STEVENS (1989), S. 3.

⁹ Vgl. BUSCH/DANGELMAIER (2004), S. 4. Zum einen ist hier anzumerken, dass eine SC aus einer Vielzahl von Lieferanten besteht und diese aus praktischen Gründen auf eine überschaubare Anzahl (ca. 3-5) von verketteten SC-Akteuren eingegrenzt wird. Zum anderen gibt es bisher kein Unternehmen, das selbst keine Vorleistungen bezieht und somit den Ursprung einer SC darstellt. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 780.

¹⁰ Vgl. BUSCH/DANGELMAIER/PAPE ET AL. (2003), S. 5.

¹¹ Vgl. GÖPFERT (2004), S. 29 f.

¹² Vgl. GÖPFERT (2004), S. 30.

der erforderliche Materialfluss zwischen den Wertschöpfungsstufen in Gang gesetzt.¹ Dabei bewegt sich der Materialfluss in Richtung der Kunden, während der Informationsfluss in entgegengesetzter Richtung verläuft.² Dies wird in der Abbildung 3 an einer beispielhaften SC mit ihren zugehörigen Material- und Informationsflüssen dargestellt.

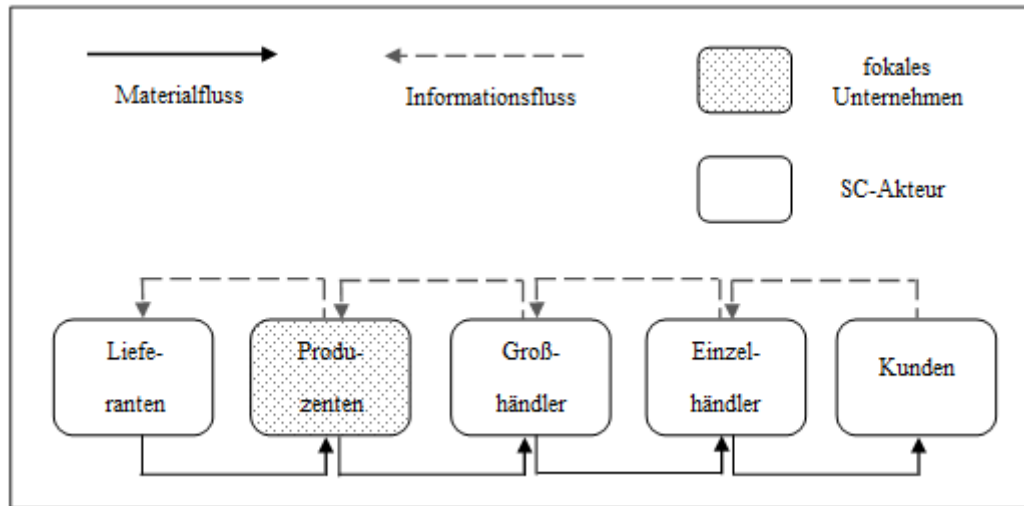


Abbildung 3: Exemplarische Darstellung einer Supply Chain³

Hierbei handelt es sich bei einem Unternehmen der SC um ein fokales Unternehmen, da eine SC häufig ein fokales Unternehmen aufweist.⁴

Dieses Unternehmen hat eine dominante Stellung gegenüber den anderen SC-Akteuren.⁵

Ein wesentliches Merkmal der SC liegt in der ganzheitlichen Betrachtungsweise, die dadurch zum Ausdruck kommt, dass die an der SC beteiligten Unternehmen ihre Entscheidungen nicht mehr isoliert im Sinne einzelwirtschaftlicher Interessen treffen, sondern bestrebt sind, ihre Material- und

¹ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 2; KIENER/MAIER-SCHEUBECK/OBERMAIER ET AL. (2009), S. 12.

² Vgl. CORSTEN/GÖSSINGER (2008), S. 97; ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 782.

³ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 782. Allerdings ist die Abbildung hier modifiziert. Tatsächlich sind auf jeder Stufe einer SC mehrere Akteure beteiligt, sodass in der Praxis kaum lineare SC vorzufinden sind. Die Akteure einer SC-Stufe (z. B. die Produzenten) beziehen ihre Vorprodukte von mehreren Lieferanten und die Endprodukte werden an eine Vielzahl von Kunden abgesetzt. In der obigen Abbildung sind die Akteure zu Gruppen der jeweiligen SC-Stufe zusammengeführt. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 780 f.

Zudem gehören Unternehmen zumeist mehreren SC an, sodass die zugrundeliegenden Strukturen netzwerkartig sind und es sich eigentlich um SC-Netzwerke (sog. Supply Networks) handelt. Hiervon wird allerdings im weiteren Verlauf abgesehen. Im Folgenden wird eine lineare SC zugrunde gelegt, da die Betrachtung von Supply Networks für die vorliegende Arbeit zu komplex ist. Denn eine Betrachtung von Supply Networks im Rahmen dieser Arbeit würde erfordern, dass mehrere miteinander verflochtene SC mitberücksichtigt werden müssten. Diese Betrachtungsweise würde den Umfang dieser Arbeit „sprengen“. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 780 f.; STEVEN (2007), S. 400; BUSCH/DANGELMAIER/PAPE ET AL. (2003), S. 5 f.

⁴ Vgl. WINKLER (2005), S. 19. Jedoch ist hier anzumerken, dass es sich in der Abbildung 3 um eine SC aus der Konsumgüterindustrie handelt, in der Handelsunternehmen einen erheblichen Einfluss haben. Hier wurde allerdings die Annahme getroffen, dass es sich bei dem Produzenten um ein fokales Unternehmen handelt, wie es z. B. in der Automobilindustrie vorkommt. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 781; VAHRENKAMP (2007), S. 26.

⁵ Vgl. CORSTEN/GÖSSINGER (2008), S. 18; VAHRENKAMP (2007), S. 26.

Informationsflüsse aufeinander abzustimmen.¹ Um die Koordination der Material- und Informationsflüsse zwischen den Unternehmen effizient gestalten zu können, hat sich das SCM entwickelt.²

2.2 Definition und Ziele des Supply Chain Managements

Im Hinblick auf die Definition des SCM sind in der Literatur unterschiedliche Ansätze vorzufinden.³ Basierend auf dem bereits ausgeführten Begriffsverständnis der SC, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit das SCM wie folgt definiert:

Das SCM beinhaltet die unternehmensübergreifende Koordination der Material- und Informationsflüsse vom Rohstofflieferanten bis zum Kunden⁴ sowie die Integration aller an der SC beteiligten Akteure zur Befriedigung der Kundennachfrage mit dem Ziel, die SC in ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.⁵

Neben der Koordination der Material- und Informationsflüsse findet auch der Ansatz der Integration⁶ in der obigen Definition Berücksichtigung. Durch diese Integrationsaufgabe wird deutlich, dass im Rahmen des SCM die SC als eine Einheit wahrgenommen wird.⁷ Es stehen nämlich nicht länger vereinzelte Unternehmen im Wettbewerb zueinander, sondern ganze SC.⁸ Daher strebt das SCM nicht nach optimalen Lösungen für ein SC Mitglied, sondern zielt darauf ab, die gesamte SC zu optimieren.⁹

Nach SEURING lassen sich in der Literatur die Grundprinzipien Effektivität, Effizienz und Kundenorientierung für das SCM erkennen.¹⁰

¹ Vgl. CORSTEN/GÖSSINGER (2008), S. 96.

² Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 3.

³ Vgl. MENTZER/DEWITT/KEEBLER ET AL. (2001), S. 5 ff. Hinsichtlich der Einteilung der Definitionsansätze des SCM in Denkschulen vgl. BECHTEL/JAYARAM (1997), S. 16 f.

⁴ Vgl. SCHOLZ-REITER/JAKOBZA (1999), S. 8.

⁵ Vgl. STADTLER (2008), S. 11. In der Literatur wird häufig als wesentliche Ursache für den Einsatz des SCM auf die Problematik des sog. Bullwhip-Effekts hingewiesen. Dieser Effekt (auch Peitscheneffekt genannt) beschreibt, dass geringe Veränderungen der Kundennachfrage die Schwankungen der Bestellmenge entlang der SC ansteigen lassen, wobei die Schwankungen mit zunehmender Entfernung vom Kunden immer größer werden. Informationsverzerrungen, die in Form von Bestellungen entlang der SC weitergegeben werden, können zu einem Anstieg des Bullwhip-Effekts führen. Vgl. ARNDT (2010), S. 74; FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 6; LEE/PADMANABHAN/WHANG (1997), S. 546.

⁶ Hierbei werden Lieferanten, Hersteller, Warenlager sowie Händler in die SC integriert. Vgl. SIMCHI-LEVI/KAMINSKY/SIMCHI-LEVI (2008), S. 1.

⁷ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 785.

⁸ Vgl. MELZER-RIDINGER (2007), S. 10; CHRISTOPHER (2005), S. 18.

⁹ Vgl. MELZER-RIDINGER (2007), S. 10.

¹⁰ Vgl. SEURING (2001), S. 11.

Das SCM zielt auf eine Verbesserung der Effektivität und der Effizienz ab, um Wettbewerbsvorteile zu erreichen.¹ Durch die Kundenorientierung soll im Rahmen des SCM ein Nutzen für den Kunden geschaffen werden, was letztendlich zur Kundenzufriedenheit führt.²

Das SCM verfolgt ein Zielsystem, welches mehrere Ziele umfasst.³ Das entscheidende Ziel des SCM stellt die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC dar.⁴ Zur Um-setzung dieses wenig konkreten Ziels sind folgende Ziele (Zielkategorien) im Rahmen des SCM zu verfolgen:⁵

- Steigerung des Kundennutzens
- Verwirklichung von Zeitvorteilen
- Steigerung der Qualität
- Senkung der Kosten.

Steigerung des Kundennutzens

Alle Akteure entlang der SC, angefangen beim Lieferanten bis zum Händler, arbeiten zusammen, um einen Nutzen für den Kunden zu schaffen.⁶ Bei der Auswahl von Produkten unterschiedlicher SC entscheidet sich der Kunde nämlich für das Produkt, welches ihm einen maximalen Nutzen bringt.⁷ Nach LANGLEY/HOLCOMB sind demnach im Rahmen des SCM die Aktivitäten der SC so aufeinander abzustimmen, dass für den Kunden der größtmögliche Nutzen geschaffen wird.⁸

Die nachfolgenden Zeit-, Qualitäts- und Kostenziele werden demnach an dem Nutzen gemessen, der für die Kunden geschaffen wird.⁹

Verwirklichung von Zeitvorteilen

Das SCM ermöglicht es, in den meisten Funktionsbereichen von Unternehmen Zeitvorteile zu realisieren.¹⁰ So führt die Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten im Rahmen der Produktentwicklung zu einer Verringerung der Entwicklungszeiten.¹¹ Durch die Vermeidung von

¹ Vgl. MENTZER/DEWITT/KEEBLER ET AL. (2001), S. 15. Die Effektivität stellt den Grad der Zielerreichung dar, d. h., sie drückt aus, inwiefern ein festgelegtes Ziel erreicht worden ist. Die Effizienz setzt hingegen das Ergebnis (Output) ins Verhältnis zum Einsatz (Input). Durch die Effizienz soll ein möglichst günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis erreicht werden. Die Effektivität und die Effizienz des SCM werden durch die Anwendung von Informationssystemen bestimmt. Denn diese können zur Entscheidungsunterstützung beitragen und ermöglichen einen schnellen Informationsaustausch. Vgl. WERNER (2010), S. 25; TÖPFER (2007), S. 75 f.; STEVEN/KRÜGER (2004), S. 174.

² Vgl. MENTZER/DEWITT/KEEBLER ET AL. (2001), S. 7.

³ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 785; HEUSLER (2004), S. 16 ff.

⁴ Vgl. HERMANN (2010), S. 35 f.; STADLER (2008), S. 11; HEUSLER (2004), S. 16.

⁵ Vgl. HEUSLER (2004), S. 16 ff. HEUSLER kommt nach der Sichtung der einschlägigen Literatur zu dem Schluss, dass eine Übereinstimmung im Hinblick auf die oben aufgeführten Ziele des SCM vorherrscht. Vgl. HEUSLER (2004), S. 16 ff. Die oben genannten Ziele beziehen sich auf diese Quelle.

⁶ Vgl. LAMB/HAIR/MCDANIEL (2009), S. 333. Der Kundennutzen ist der gesamte Nutzen, der einem Kunden aus einem Produkt oder einer Dienstleistung abzüglich der damit entstandenen Kosten zukommt. Vgl. TREACY/WIERSEMA (1995), S. 19 f.

⁷ Vgl. VAHRENKAMP (2007), S. 27.

⁸ Vgl. LANGLEY/HOLCOMB (1992), S. 15.

⁹ Vgl. PFOHL (2000), S. 9.

¹⁰ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 9; BUSCH/DANGELMAIER (2004), S. 9.

¹¹ Vgl. BUSCH/DANGELMEIER (2004), S. 9

Ineffizienzen bei den Beständen sowie eine gemeinsame und unternehmensübergreifende Planung der Herstellungs- und Distributionsprozesse können zudem die Lieferzeiten entlang der SC bis hin zum Kunden reduziert werden.¹ Die erzielten Zeitvorteile können auch Einfluss auf die Kosten haben, da durch kürzere Lieferzeiten die Kapitalbindung reduziert werden kann und somit niedrigere Lagerhaltungskosten anfallen.²

Steigerung der Qualität

Die Qualität bringt zum Ausdruck, inwiefern ein Produkt den Anforderungen eines Kunden entspricht, um dessen Bedürfnisse befriedigen zu können.³ Die Zusammenarbeit der SC-Akteure in der Forschung und Entwicklung und ein offener Informationsfluss ermöglichen es, die Qualitätsplanung, -steuerung und -kontrolle durchgehend zu gestalten und somit Qualitätsvorteile zu erzielen.⁴ Indem das unterschiedliche Wissen der SC-Akteure in die Produktentwicklung eingebunden wird, kann eine Qualitätssteigerung der Produkte herbeigeführt werden.⁵ Als Kennzahl für die Qualität kann z. B. die Liefertreue⁶ oder die Anzahl von versandten Waren mit Fehlern bestimmt werden.⁷

Senkung der Kosten

Neben den bereits erwähnten Zielkategorien verfolgt das SCM das Ziel, die Bestände innerhalb der SC zu reduzieren und somit Lagerhaltungskosten zu senken.⁸ Dies geschieht auf der Grundlage einer durchgehenden Abstimmung von Angebot und Nachfrage sowie der Verfügbarkeit über Lagerbestandsinformationen der SC, sodass die Bestände, die zur Sicherung der Lieferfähigkeit aufgebaut wurden, reduziert und folglich Lagerhaltungskosten gesenkt werden können.⁹ Das SCM zielt auf eine Reduzierung von Transaktionskosten¹⁰ in der gesamten SC ab.¹¹ Eine Senkung der Transaktionskosten kann erreicht werden, indem durch das SCM die unternehmensübergreifenden Strukturen und Prozesse optimiert werden.¹²

¹ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 9.

² Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 793.

³ Vgl. ARNDT (2010), S. 132.

⁴ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 9.

⁵ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 9.

⁶ Vgl. ARNDT (2010), S. 132.

⁷ Vgl. KORTUS-SCHULTES/FERFER (2005), S. 56. Die Liefertreue gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Lieferung zum vereinbarten Termin erfolgt. Vgl. ARNDT (2010), S. 132.

⁸ Vgl. VAHRENKAMP (2008), S. 13.

⁹ Vgl. FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009), S. 8.

¹⁰ Transaktionskosten umfassen alle Kosten, die mit einer Transaktion verbunden sind. Eine Transaktion liegt dann vor, wenn eine Übertragung eines bestimmten Objekts aus dem Wirkungsbereich eines Akteurs in den Wirkungsbereich eines anderen Akteurs stattfindet. Dabei kann es sich bei dem Objekt um ein physisches und/oder um ein immaterielles Gut handeln. Transaktionskosten können z. B. durch die Beschaffung von Informationen oder durch Preis- oder Mengenänderungen verursacht werden. Vgl. WERNER (2010), S. 39; STOCKER (2009), S. 166; CORSTEN/GÖSSINGER (2007), S. 3.

¹¹ Vgl. WERNER (2010), S. 5.

¹² Vgl. STABERHOFER/ROHRHOFER (2007), S. 40.

An dieser Stelle soll jedoch angemerkt werden, dass die Zielkategorien des SCM nicht voneinander unabhängig sind.¹ Beispielsweise führt eine hohe Qualität dazu, dass Maßnahmen zur Behebung von Fehlern und Qualitätsmängeln und die damit verbundenen Kosten eingespart werden können.² Zudem treten im SCM auch Zielkonflikte auf.³ Im Gegensatz zum vorher genannten Beispiel kann eine Qualitätssteigerung eines Produktes durch die Inanspruchnahme längerer Fertigungszeiten auch zusätzliche Kosten verursachen.⁴

¹ Vgl. HEUSLER (2004), S. 16.

² Vgl. TÖPFER (2007), S. 891.

³ Vgl. WERNER (2010), S. 204.

⁴ Vgl. ARNDT (2010), S. 125.

3 Carbon Footprint als Zertifizierung

3.1 Definition des Carbon Footprints

In der Literatur gibt es unterschiedliche Definitionen des CF sowie verschiedene Ansichten, wie der CF zu messen ist.¹ Der CF stellt nach der Definition der Europäischen Kommission die gesamte Menge an Emissionen von CO₂ und weiteren THG dar, die durch ein Produkt entlang der SC entstehen.²

Ob der CF lediglich CO₂-Emissionen oder sämtliche THG-Emissionen³ erfasst, unterscheidet sich in der Literatur von Autor zu Autor.⁴ In der vorliegenden Arbeit wird die Definition des CF nach der Europäischen Kommission zugrunde gelegt.⁵ Es besteht Einigkeit darüber, dass bei der Bestimmung des CF die durch die eigene Wertschöpfung direkt sowie die durch die Energieversorgung und die vorgelagerten Stufen der SC indirekt verursachten THG-Emissionen zu erfassen sind.⁶ Der CF schließt den gesamten Lebenszyklus eines Produktes mit ein, sodass sich die Betrachtung von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling und zur Verwertung des Produktes erstreckt (Cradle to Grave).⁷ Dabei werden alle verursachten THG entlang der SC erfasst.⁸ Dies wird in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

¹ Vgl. WIEDMANN/MINX (2007), S. 2. Für einen Überblick über die verschiedenen Definitionen des CF vgl. WIEDMANN/MINX (2007), S. 4.

² Vgl. EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1. In der Literatur ist häufig vorzufinden, dass für die Bezeichnung des CF auch die Bezeichnung Product Carbon Footprint oder im deutschen Sprachgebrauch die Bezeichnung CO₂-Fußabdruck verwendet wird. Im weiteren Verlauf wird jedoch weiterhin vom CF gesprochen, da es oft als eine kürzere Bezeichnung für den Product Carbon Footprint verwendet wird. Vgl. BMU/BDI (2010), S. 18; WERNER (2010), S. 194 f.; GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63.

³ In der Literatur wird im Rahmen der Thematik des CF häufig von CO₂-Emissionen oder allgemein von Emissionen gesprochen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird gemäß der Definition des CF die Bezeichnung THG-Emissionen verwendet. Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 77 f.; KRANKE (2008), S. 12 ff.; EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

⁴ Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 255. Beispielsweise berücksichtigen WIEDMANN/MINX lediglich Emissionen von CO₂ in ihrer Definition. Vgl. WIEDMANN/MINX (2007), S. 5.

⁵ Vgl. EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

⁶ Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 255.

⁷ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 82.

⁸ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 82.

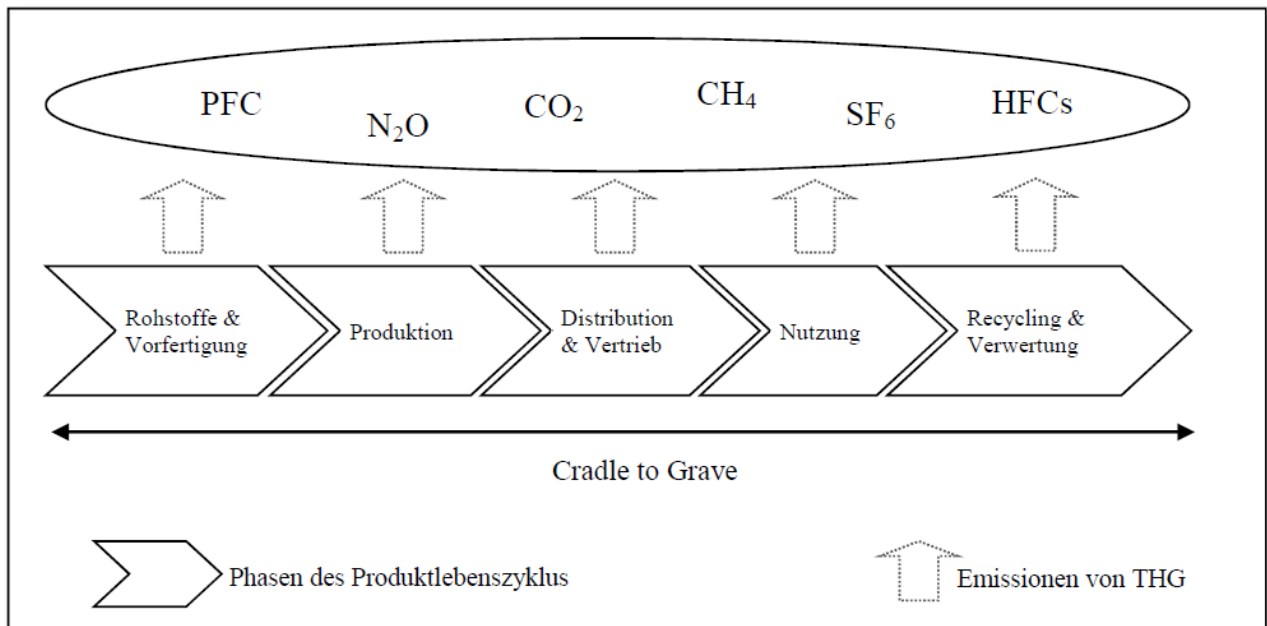


Abbildung 4: Cradle-to-Grave-Perspektive des Carbon Footprints¹

Bei den THG, die beim CF zu berücksichtigen sind (siehe Abbildung 4), handelt es sich um die THG, die im Kyoto-Protokoll festgelegt worden sind.²

Die Auswirkungen der verschiedenen THG auf die Erdatmosphäre sind allerdings unterschiedlich.³ Um eine einheitliche Berechnung zu ermöglichen, werden diese THG in sog. CO₂-Äquivalente überführt.⁴ Hierzu wird das sog. Global Warming Potential (GWP) verwendet.⁵ Das GWP drückt aus, wie sich die Emission eines THG im Vergleich zur Emission derselben Menge CO₂ über einen bestimmten Zeitraum auf die Erderwärmung auswirkt.⁶ Der Betrachtungszeitraum liegt hierbei für gewöhnlich bei 100 Jahren.⁷ So hat z. B. Methan (CH₄) eine 21-mal stärkere Auswirkung auf die Erderwärmung als Kohlenstoffdioxid (CO₂).⁸

Der entscheidende Nutzen der Bestimmung des CF liegt darin, dass Unternehmen dadurch die Möglichkeit haben, Transparenz hinsichtlich der THG-Emissionen ihrer Produkte herbeizuführen und daraus Potenziale zur Reduktion der THG-Emissionen über den Produktlebenszyklus zu erkennen und zu nutzen.⁹

¹ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 82.

² Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 84; UNITED NATIONS (1998) S. 19.

³ Vgl. BRENTON/EDWARDS-JONES/JENSEN (2009), S. 247.

⁴ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 84; WERNER (2010), S. 195; WICK/KOPPERS/KLUMPP (2010), S. 590.

⁵ Vgl. WICK/KOPPERS/KLUMPP (2010), S. 590. Das GWP wird zu Deutsch als Treibhauspotenzial bezeichnet. Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63.

⁶ Vgl. CULLINANE/EDWARDS (2010), S. 35; LUCHT (2005), S. 1.

⁷ Vgl. CULLINANE/EDWARDS (2010), S. 35; LUCHT (2005), S. 1.

⁸ Vgl. CULLINANE/EDWARDS (2010), S. 35; MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 84; BERNON (2009), S. 307.

⁹ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 22. Beispielsweise ist es dem Unternehmen PepsiCo gelungen, ca. 4800 Tonnen an THG-Emissionen zu verhindern, indem es den CF eines seiner Produkte um 7 % verringern konnte. Vgl. OTTMAN (2011), S. 62.

In Deutschland arbeiten einige Unternehmen, darunter Henkel und Tchibo, mit dem WWF, der Agentur Thema1, dem Öko-Institut sowie mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung zusammen, um Verfahren zur Ermittlung von CO₂ in der SC auszuarbeiten und zu testen.¹

3.2 Bestrebungen zur Standardisierung des Carbon Footprints

Bisher existiert kein internationaler Standard, der es ermöglicht, den CF von Produkten konsistent zu ermitteln.² Dies hat zur Folge, dass in der Praxis bei der Bestimmung des CF eines bestimmten Produktes Abweichungen von über 200 % auftreten können.³ Es ist jedoch erforderlich, einen internationalen Standard zu entwickeln und Mindestanforderungen zu formulieren, die sicherstellen, dass die Methoden zur Messung und Bewertung des CF verständlich und transparent sind.⁴ Andernfalls ist es nicht möglich, die Ergebnisse miteinander zu vergleichen und Neutralität zu gewährleisten, sodass ein gewisses Maß an Vertrauen in den CF geschaffen werden kann.⁵

Es gibt unterschiedliche Bestrebungen, um eine Standardisierung des CF zu schaffen.⁶ Im Folgenden werden die Standards PAS 2050 und ISO 14067 kurz dargestellt.

*PAS 2050 (Publicly Available Specification)*⁷

Der PAS 2050 stellt einen britischen Standard zur Bestimmung des CF dar.⁸ Dieser Standard legt die Anforderungen zur Messung von THG-Emissionen über den Lebenszyklus von Produkten fest.⁹ Der PAS 2050 ist seit 2008 verfügbar und wurde von dem britischen Unternehmen Carbon Trust, der British Standards Institution (BSI) sowie der britischen Umweltbehörde (Defra) entworfen.¹⁰ Die Grundlage für diesen Standard bildet der Ansatz des Life Cycle Assessments (LCA)¹¹, basierend auf der ISO 14040 und der ISO 14044.¹² Weiterhin werden die Methoden der IPCC Guidelines¹³

¹ Vgl. KRANKE (2008), S. 16.

² Vgl. BRADY/NOBLE (2008), S. 22; WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

³ Vgl. BRADY/NOBLE (2008), S. 22.

⁴ Vgl. BRETZKE/BARKAWI (2010), S. 65.

⁵ Vgl. BRETZKE/BARKAWI (2010), S. 65.

⁶ Vgl. STICHNOTHE (2009), S. 42.

⁷ Vgl. DEFRA/DECC/BSI (2011), S. 1 ff.

⁸ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177.

⁹ Vgl. FINKBEINER (2009), S. 91.

¹⁰ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177.

¹¹ Das LCA ist die englische Bezeichnung für eine Ökobilanz und ist ein Instrument des Umweltmanagements. Eine Ökobilanz stellt eine Methode dar, mit der die Auswirkungen auf die Umwelt, die Produkte und Prozesse über den Lebensweg hinweg verursacht, ermittelt und bewertet werden. Vgl. HAFNER (2010), S. 536; NIEMANN (2003), S. 823 f.

¹² Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35.

¹³ Die 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories beinhalten Methoden, die es ermöglichen sollen, Emissionen aus Quellen sowie Senken von THG, die durch Menschen verursacht werden, auf nationaler Ebene zu ermitteln. Vgl. PENMAN/GYTARSKY/HIRAISHI ET AL. (2006), S. 4.

sowie des GHG Protocol¹ eingebunden.² Mittlerweile ist die aktuelle Version PAS 2050:2011 erschienen.³

*ISO 14067 – Carbon Footprint of Products*⁴

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) hat bereits mit der Entwicklung des ISO 14067 begonnen, um einen internationalen Standard für die Bestimmung und Kommunikation des CF von Produkten zu schaffen.⁵

Dieser internationale Standard soll aus zwei Teilen bestehen.⁶ Der erste Teil beinhaltet die Quantifizierung des CF, während der zweite Teil die Kommunikation dessen umfasst.⁷ Die Berechnung des CF im Rahmen dieses Standards baut ebenfalls auf dem Ansatz des LCA, vor allem der ISO 14040 und der ISO 14044 auf.⁸ Auch hierbei soll auf Bestandteile bereits existierender Standards (wie z. B. des PAS 2050:2008 oder des GHG Protocol) zurückgegriffen werden.⁹ Der ISO 14067 wird voraussichtlich im Jahr 2012 veröffentlicht.¹⁰

Nach FINKBEINER gibt es zahlreiche wissenschaftliche Herausforderungen, die es bei der Entwicklung eines Standards zur Bestimmung des CF noch zu bewältigen gilt.¹¹ Beispielsweise ist zu klären, wie die Nutzungsphase eines Produktes zu bestimmen ist, um sie in die Berechnung einbeziehen zu können, oder wie die Speicherung von CO₂ oder Anlagegüter zu berücksichtigen sind.¹² Weitere Probleme sind z. B. Ungenauigkeiten bei der Bestimmung des CF, die sich u. a. daraus ergeben, dass Daten aus verschiedenen Quellen und unterschiedlicher Qualität verwendet werden.¹³ Zudem ist u. a. in einem zukünftigen Standard festzulegen, zu welchem Anteil primäre Daten zu verwenden sind.¹⁴ DRESEN/HERZOG haben eine Zusammenfassung der wichtigsten Probleme im Hinblick auf die Ermittlung eines CF aufgestellt.¹⁵

¹ Der GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard ist ein Standard zur Berechnung der THG-Emissionen von Organisationen. Vgl. WBCSD/WRI (2004), S. 3.

² Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35.

³ Vgl. DEFRA/DECC/BSI (2011), S. 1 ff.

⁴ Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 91.

⁵ Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35; FINKBEINER (2009), S. 91.

⁶ Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35; DRESEN/HERZOG (2009), S. 91; FINKBEINER (2009), S. 91.

⁷ Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35; DRESEN/HERZOG (2009), S. 91; FINKBEINER (2009), S. 91.

⁸ Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35.

⁹ Vgl. WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010), S. 35.

¹⁰ Vgl. THEMA1 (2011), o. S.

¹¹ Vgl. FINKBEINER (2009), S. 92.

¹² Vgl. FINKBEINER (2009), S. 92. Hinsichtlich einer Übersicht über die wissenschaftlichen Herausforderungen einer Standardisierung zur Ermittlung des CF vgl. FINKBEINER (2009), S. 92.

¹³ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 22.

¹⁴ Vgl. STICHNOTHE (2009), S. 41. Grundsätzlich sind primäre Daten, also Daten, die aus den Prozessen der SC ermittelt werden, gegenüber sekundären Daten (Daten, die nicht in der SC direkt gemessen werden und somit aus anderen Quellen bezogen werden) vorzuziehen. Jedoch kann die Erhebung von primären Daten mit hohen Kosten verbunden sein und viel Zeit in Anspruch nehmen. Dies trifft vor allem für SC zu, die international über Grenzen hinweg agieren. Vgl. BRENTON/EDWARDS-JONES/JENSEN (2009), S. 256.

¹⁵ Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 93 f. Darunter fällt z. B. die Gewährleistung der Qualität und Aktualität der erforderlichen Daten. Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 93.

Auf eine Darstellung der Berechnungsmethoden zur Erstellung des CF wird an dieser Stelle verzichtet, da die Berechnung des CF nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist.¹

Vor dem Hintergrund der angeführten und noch weiteren Herausforderungen sollte die Problematik der Berechnung der THG eines Produktes entlang der SC in zukünftigen wissenschaftlichen Arbeiten behandelt werden. Denn die Entwicklung von sog. Carbon Labels, die Gegenstand des nachfolgenden Kapitels sind, setzt die Berechnung des CF voraus.²

3.3 Carbon Reduction Label als Zertifizierung des Carbon Footprints

Ein sog. Carbon Label ist ein Etikett, das auf Produktverpackungen aufgedruckt wird³ und es ermöglicht, bestimmte Informationen, wie z. B. den CF, an die Konsumenten zu kommunizieren.⁴ Mit der Verwendung von Carbon Labels seitens der Unternehmen soll den Konsumenten die Möglichkeit geboten werden, den Aspekt der THG-Emissionen in ihre Kaufentscheidungen einzubeziehen, indem ihnen die entsprechenden Informationen zur Verfügung gestellt werden.⁵

Es lassen sich verschiedene Formen von Carbon Labels identifizieren, die sich in ihrer ökologischen Kommunikationsstrategie unterscheiden lassen.⁶ WALTER/SCHMIDT haben eine Systematisierung von Carbon Labels aus der Sicht des Marketings vorgenommen und diese jeweils nach ihrer Kernbotschaft und den enthaltenen Informationen in verschiedene Arten von Carbon Labels eingeteilt.⁷

So gibt das Carbon Reduction Label⁸ den CF eines bestimmten Produktes in Gramm an, wobei die Nutzungsphase allerdings nicht berücksichtigt wird.⁹ Damit ein Unternehmen das Carbon Reduction Label zugesprochen bekommt, muss es sich dazu verpflichten, innerhalb von zwei Jahren den jeweiligen CF zu senken.¹⁰ Wird diese Verpflichtung nicht eingehalten, so ist es dem Unternehmen untersagt, dieses Label weiterhin zu verwenden.¹¹ Die Zertifizierung mit dem Carbon Reduction Label erfolgt durch die Carbon Trust Footprinting Certification Company.¹²

Durch den Aufdruck des Carbon Reduction Labels wird kommuniziert, dass in der SC fortdauernd Maßnahmen zur Verringerung von THG-Emissionen unternommen werden.¹³ Falls die Reduktions-

¹ Hier sei auf die Ausführungen zur Erhebung und Berechnung des CF des BMU verwiesen. Vgl. BMU/BDI (2010), S. 30 ff.

² Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

³ Vgl. KRANKE (2008), S. 13 f.

⁴ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176 ff. In der vorliegenden Arbeit wird ein Carbon Label im Sinne einer CF-Zertifizierung verstanden.

⁵ Vgl. BRENTON/EDWARDS-JONES/JENSEN (2009), S. 252.

⁶ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

⁷ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176 ff.

⁸ Das Carbon Reduction Label ist von Carbon Trust, ein durch die britische Regierung gegründetes Unternehmen, entwickelt worden. Vgl. ROGERS (2010), S. 45.

⁹ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

¹⁰ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 46; WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

¹¹ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

¹² Vgl. CARBON TRUST CERTIFICATION LIMITED (2011), o. S.

¹³ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177.

ziele vom Unternehmen quantitativ formuliert werden, bietet diese Art des Carbon Labels den Kunden zudem die Möglichkeit, die Reduktionsziele des Unternehmens mit klimapolitischen Zielen, die national und international beschlossen werden, zu vergleichen.¹ Weiterhin enthält das Label zusätzliche Hinweise, die es den Kunden z. B. ermöglichen, Produkte miteinander zu vergleichen, oder die den Kunden Informationen liefern, wie sie den CF während der Nutzungsphase verringern können.²

Als ein Beispiel aus der Praxis lässt sich der britische Einzelhändler Tesco nennen, der im Jahr 2008 das Carbon Label für einige seiner Produkte (wie z. B. Orangensaft und Energieeffiziente Glühbirnen) eingeführt hat.³ Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Carbon Trust strebt Tesco die Ermittlung der Menge an emittierten CO₂-Äquivalenten über den gesamten Produktlebenszyklus an.⁴ Mittlerweile hat Tesco für 120 seiner Produkte Carbon Labels eingeführt.⁵ Problematisch ist jedoch, dass die Berechnung des CF zum einen mit hohen Kosten verbunden ist und es zum anderen, wie bereits schon erwähnt, bisher keinen internationalen Standard zur Berechnung gibt.⁶

Dennoch haben zahlreiche Unternehmen, wie z. B. Kimberley Clark, Coca-Cola und Cadbury-Schweppes, den CF einiger ihrer Produkte bestimmt und an die Kunden ausgewiesen.⁷ In der vorliegenden Arbeit wird das Carbon Reduction Label betrachtet, da es wahrscheinlich das derzeit bekannteste Carbon Label darstellt.⁸

¹ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177.

² Vgl. BMU/BDI (2010), S. 46. So enthält das Carbon Label eines flüssigen Waschmittels von Tesco den Hinweis, dass der CF des Produktes um 160 Gramm verringert werden kann, wenn der Nutzer eine Waschttemperatur von 30 Grad statt 40 Grad Celsius wählt. Vgl. KRANKE (2008), S. 13.

³ Vgl. OTTMAN (2011), S. 149.

⁴ Vgl. OTTMAN (2011), S. 149.

⁵ Vgl. TESCO (2010), o. S.

⁶ Vgl. WERNER (2010), S. 195 f.; WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

⁷ Vgl. ARRETZ (2008), S. 226.

⁸ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 46.

4 Grundlagen zum System-Dynamics-Ansatz

4.1 Definition von System Dynamics

Ein System setzt sich aus einer Menge von Elementen zusammen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie zueinander in Beziehung stehen.¹ Die Struktur eines Systems ergibt sich aus der Menge der Systemelemente und ihren Beziehungen zueinander.²

Durch die Wechselwirkungen der Systemelemente weist ein System die Eigenschaft der Komplexität auf und dies führt dazu, dass es schwierig ist, Aussagen über das künftige Systemverhalten zu treffen.³ Eine weitere Charakteristik, die ein System haben kann, welche zu unvorhersehbaren Eigenschaften führt, ist die Dynamik.⁴ Ein dynamisches System liegt vor, falls die Eigenschaften der Beziehungen und/oder der Elemente im System im Zeitverlauf andere Ausprägungen aufzeigen.⁵ Die Steuerung und Kontrolle eines Systems setzt ein Verständnis über die Systemmerkmale voraus, die das Systemverhalten wesentlich beeinflussen.⁶

Ein Ansatz, der zur Analyse von Systemen angewendet werden kann, ist System Dynamics.⁷ System Dynamics stellt ein Verfahren zur Computermodellierung dar, mit dessen Hilfe das reale Verhalten von Systemen unter Berücksichtigung der Zeit simuliert werden kann.⁸ Dieser Ansatz ermöglicht es, die Komplexität von Systemen beherrschbar zu machen und das Systemverhalten auf dessen Ursachen hin zu untersuchen.⁹ Hierzu werden beim System-Dynamics-Ansatz formale Modelle und die Computersimulation eingesetzt.¹⁰

Durch die systemdynamische Modellierung wird letztendlich das Ziel verfolgt, ein betrachtetes Problem, welches durch ein Modell abgebildet wird, zu lösen oder zu minimieren.¹¹ Die Grundlage für den Einsatz von System Dynamics ist die Erkenntnis, dass die Struktur eines Systems, d. h. die miteinander verflochtenen Beziehungen der Systemelemente, entscheidend für das Systemverhalten

¹ Vgl. TRIER/BOBRIK/NEUMANN ET AL. (2007), S. 62; SCHIEMENZ/SCHÖNERT (2005), S. 3.

² Vgl. TRIER/BOBRIK/NEUMANN ET AL. (2007), S. 61.

³ Vgl. TRIER/BOBRIK/NEUMANN ET AL. (2007), S. 65 f.

⁴ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 32.

⁵ Vgl. TRIER/BOBRIK/NEUMANN ET AL. (2007), S. 69.

⁶ Vgl. MILLING (2002), S. 18.

⁷ Vgl. MILLING (1984), S. 507. Ursprünglich wurde der Begriff Industrial Dynamics verwendet, da dieser Ansatz im Hinblick auf den Einsatz in industriellen Unternehmen entwickelt worden ist. Aufgrund der Einsatzmöglichkeiten des Ansatzes in unterschiedlichen Forschungsgebieten wird allgemein von System Dynamics gesprochen. Vgl. SCHMIDT (2009), S. 124.

⁸ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 305. Die Bezeichnungen System Dynamics und systemdynamische Modellierung werden in der Literatur synonym verwendet. Dies wird im Folgenden beibehalten. Vgl. SCHWARZ/EWALDT (2008), S. 411.

⁹ Vgl. MILLING (1984), S. 507.

¹⁰ Vgl. MILLING (1984), S. 507.

¹¹ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 2.

sind.¹ Die Betrachtung im Rahmen von System Dynamics richtet sich demnach auf die Wechselwirkungen der verschiedenen Größen² im Zeitverlauf – und nicht lediglich auf vereinzelte Größen – eines Modells.³ Ein Modell stellt hierbei einen vereinfachten Ausschnitt aus der Realität dar.⁴

Im Rahmen von System Dynamics wird die Annahme getroffen, dass das Systemverhalten aus dem Zusammenspiel von Feedback-Schleifen⁵ im System hervorgeht.⁶ Eine Feedback-Schleife stellt einen fortdauernden Prozess der Entscheidungsfindung dar.⁷ Hierbei werden Entscheidungen beschrieben als eine Umwandlung von Informationen in Aktionen.⁸

Bezogen auf Unternehmen der Industrie, werden nach FORRESTER im Rahmen von System Dynamics Informationsrückkopplungen untersucht, um aufzuzeigen, inwiefern Organisationsstrukturen und Verzögerungen in Entscheidungen und Aktivitäten aufeinander einwirken, sodass der Erfolg des Unternehmens beeinflusst werden kann.⁹ Systemdynamische Modelle ermöglichen es, Annahmen sowie unterschiedliche Management-Strategien zu testen.¹⁰ Der System-Dynamics-Ansatz stellt dar, wie Systeme aufgebaut sind, und kann als eine generische Strukturtheorie von Systemen verstanden werden.¹¹ Der Systemaufbau gliedert sich in die folgenden vier Hierarchiestufen:¹²

- (1) geschlossene Systemgrenze
- (2) Feedback-Schleifen
- (3) Bestands- und Flussgrößen
- (4) Entscheidungsregeln.

Diese vier Hierarchiestufen werden in Kapitel 4.2 erläutert.

4.2 System Dynamics als allgemeine Strukturtheorie

4.2.1 Geschlossene Systemgrenze

Bei der Anwendung von System Dynamics wird eine geschlossene Systemgrenze zugrunde gelegt.¹³ Dies ergibt sich daraus, dass die innere Struktur eines Systems für das Systemverhalten ver-

¹ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 7.

² In der Literatur zu System Dynamics werden die Bezeichnungen Variable und Größe häufig synonym verwendet. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Bezeichnung Größe benutzt. Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 74; SCHÖNEBORN (2004), S. 34.

³ Vgl. SCHWARZ/EWALDT (2008), S. 413; SCHÖNEBORN (2004), S. 34. Hinsichtlich der Überlegenheit von systemdynamischen Modellen gegenüber mentalen Modellen vgl. STROHHECKER (2008a), S. 30 ff.

⁴ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 2.

⁵ Eine ausführliche Darstellung von Feedback-Schleifen erfolgt in Kapitel 4.2.2.

⁶ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 119.

⁷ Vgl. MILLING (1984), S. 507.

⁸ Vgl. MILLING (1984), S. 507.

⁹ Vgl. FORRESTER (1973), S. 13.

¹⁰ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 2. Hinsichtlich der Einsatzpotenziale von systemdynamischen Modellen im strategischen Management vgl. LIEHR (2004), S. 5 ff.

¹¹ Vgl. MILLING (1984), S. 509 f.

¹² Vgl. MILLING (1984), S. 509 f. Die folgenden Hierarchiestufen beziehen sich auf diese Quelle.

¹³ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 119; GRONAU (2006), S. 153.

antwortlich ist.¹ Damit ist gemeint, dass das Zusammenwirken der Systemelemente ausreicht, um das Systemverhalten zu begründen.² Bei der Festlegung der Systemgrenze sind die in Wechselbeziehung zueinander stehenden Größen, die die Problemstellung beeinflussen, in das Modell einzu beziehen.³

Es handelt sich dann um ein geschlossenes System, wenn das System derart eingegrenzt ist, dass alle Größen, die das Systemverhalten wesentlich bestimmen, innerhalb der Systemgrenze eingeschlossen sind.⁴ Diese Größen werden als endogene Größen bezeichnet.⁵ Ihr dynamisches Verhalten ergibt sich hauptsächlich durch die Wechselbeziehungen der endogenen Größen untereinander.⁶ Exogene Größen hingegen werden nicht oder nur sehr schwach von endogenen Größen bestimmt und beeinflussen das System von außerhalb der Systemgrenze.⁷ Exogene Größen können in System Dynamics allerdings in Form von Zu- und Abflüssen berücksichtigt werden.⁸

Bei der Bestimmung einer exogenen Größe ist sicherzustellen, dass keine bedeutsamen rückkopplenden Wirkungen von endogenen Größen auf die potenzielle exogene Größe bestehen.⁹ Liegt jedoch eine solche Rückkopplung vor, so ist die Systemgrenze zu erweitern, um die betrachtete Größe zu endogenisieren.¹⁰

Feedback-Schleifen bilden den zentralen Bestandteil der Systemstruktur und bestimmen das Systemverhalten.¹¹ Demnach ist bei der Systemeingrenzung darauf zu achten, dass Feedback-Schleifen, die für die zu untersuchende Problemstellung von Bedeutung sind, nicht durchschnitten werden.¹²

4.2.2 Feedback-Schleifen

Um ein besseres Verständnis für die Bedeutung von Feedback-Schleifen zu ermöglichen, wird im Folgenden kurz auf die Darstellung und Bedeutung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen eingegangen.

¹ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 119; GRONAU (2006), S. 153.

² Vgl. MILLING (1984), S. 510.

³ Vgl. JACKSON (2000), S. 140. Nach FORRESTER sollte die Eingrenzung des Systems so erfolgen, dass die kleinste Anzahl von Modellgrößen, die zulässig und für den Zweck der Untersuchung erforderlich ist, eingeschlossen wird. Denn eine zu weit gefasste Systemgrenze kann zu einem verwirrenden Modell und zum Abbruch des gesamten Vorhabens führen. Vgl. FORRESTER (1973), S. 117; FORRESTER (1968), S. 84.

⁴ Vgl. MILLING (1984), S. 510.

⁵ Vgl. STROHHECKER (2008b), S. 67. STROHHECKER spricht hier zwar von einer Problemgrenze, jedoch wird dies vor dem Hintergrund des System-Dynamics-Ansatzes wie auch bei MILLING als Systemgrenze verstanden. Vgl. STROHHECKER (2008b), S. 67; MILLING (1984), S. 510.

⁶ Vgl. STROHHECKER (2008b), S. 67.

⁷ Vgl. STROHHECKER (2008b), S. 67.

⁸ Vgl. MILLING (1984), S. 510. Die Definition geschlossener Systeme unterscheidet sich hier von der Definition in der allgemeinen Systemtheorie. Denn in der allgemeinen Systemtheorie wird ein System dann als geschlossen bezeichnet, wenn es keine Beziehungen zur Umwelt aufweist. Vgl. MILLING (1984), S. 510.

⁹ Vgl. STERMAN (2004), S. 95 f.

¹⁰ Vgl. STERMAN (2004), S. 96.

¹¹ Vgl. MILLING (1984), S. 510.

¹² Vgl. MILLING (1984), S. 510.

Komplexe Systeme können anhand von Wirkungsdiagrammen als Ursache-Wirkungs-Beziehungen dargestellt werden.¹ Die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen zwei Größen wird als Pfeil abgebildet, wobei die Richtung des Einflusses durch die Pfeilspitze angegeben wird.² Dies wird in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht.

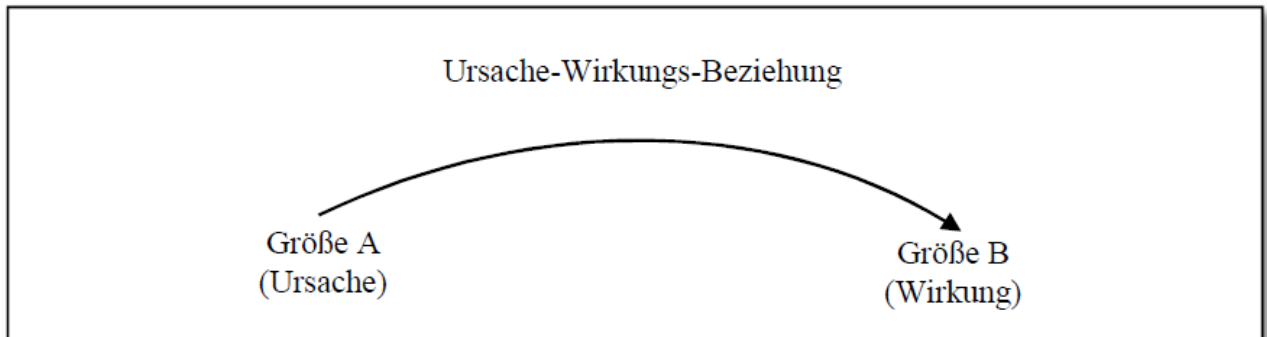


Abbildung 5: Symbolik einer Ursache-Wirkungs-Beziehung³

Dabei ist die Beziehung zwischen der Ursache und der Wirkung entweder positiv oder negativ.⁴ Verlaufen die Veränderungen von Ursache und Wirkung in dieselbe Richtung, so handelt es sich um eine positive Beziehung, welche mit einem (+) gekennzeichnet wird.⁵ Sind die Veränderungsrichtungen jedoch entgegengerichtet, liegt eine negative Beziehung vor, die mit einem (-) symbolisiert wird.⁶

Diese Ursache-Wirkungs-Beziehungen werden in der Abbildung 6 anhand von zwei Beispielen verdeutlicht. Ein Anstieg des Lagerbestands führt aufgrund von entgangenen Zinsen durch gebundenes Kapital zu einem Anstieg der Kapitalbindungskosten.⁷ Demzufolge führt eine Verringerung des Lagerbestands auch zu einer Verringerung der Kapitalbindungskosten.⁸ Folglich handelt es sich um eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung, da die Veränderungen des Lagerbestands und der Kapitalbindungskosten in die gleiche Richtung verlaufen.⁹

¹ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 21.

² Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 74.

³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 74; SHERWOOD (2003), 87.

⁴ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 87.

⁵ Vgl. KUNATH (2009), S. 155; STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 76 f.; SHERWOOD (2003), S. 100 f.; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 26.

⁶ Vgl. KUNATH (2009), S. 155; STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 76 f.; SHERWOOD (2003), S. 100 f.; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 26.

⁷ Vgl. DYCKHOFF (2006), S. 316.

⁸ Vgl. DYCKHOFF (2006), S. 316.

⁹ Vgl. KUNATH (2009), S. 155; STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 76 f.; DYCKHOFF (2006), S. 316; SHERWOOD (2003), S. 100 f.; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 26.

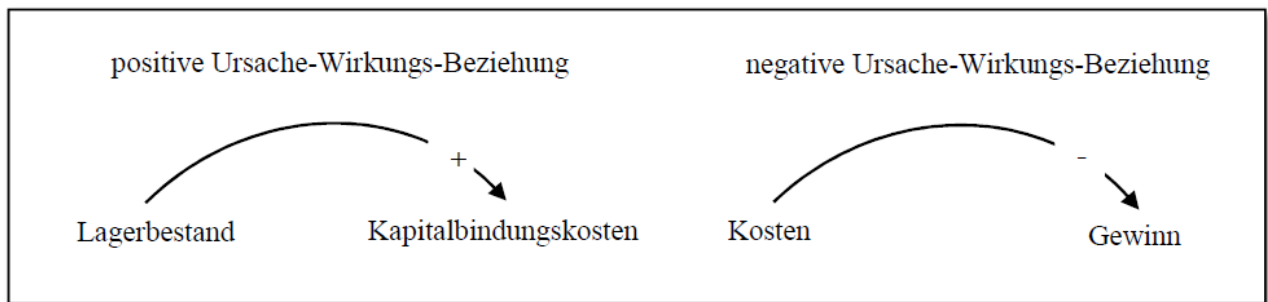


Abbildung 6: Beispiel einer positiven oder negativen Ursache-Wirkungs-Beziehung¹

Das rechte Beispiel stellt die negative Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Kosten und Gewinn dar.² Eine Steigerung der Kosten geht einher mit einer Reduzierung des Gewinns eines Unternehmens.³ Sinken die Kosten jedoch, führt das zu einer Gewinnerhöhung im Unternehmen.⁴ Da sich die Veränderungen in diesem Fall in entgegengesetzte Richtungen bewegen, liegt eine negative Ursache-Wirkungs-Beziehung vor.⁵

Setzt die durch eine Veränderung der Ursache ausgelöste Wirkung erst mit einer zeitlichen Verzögerung ein, liegt eine Verzögerung vor, die am Pfeil mit einem Doppelstrich symbolisiert wird.⁶ Dies wird in der Abbildung 7 exemplarisch dargestellt.

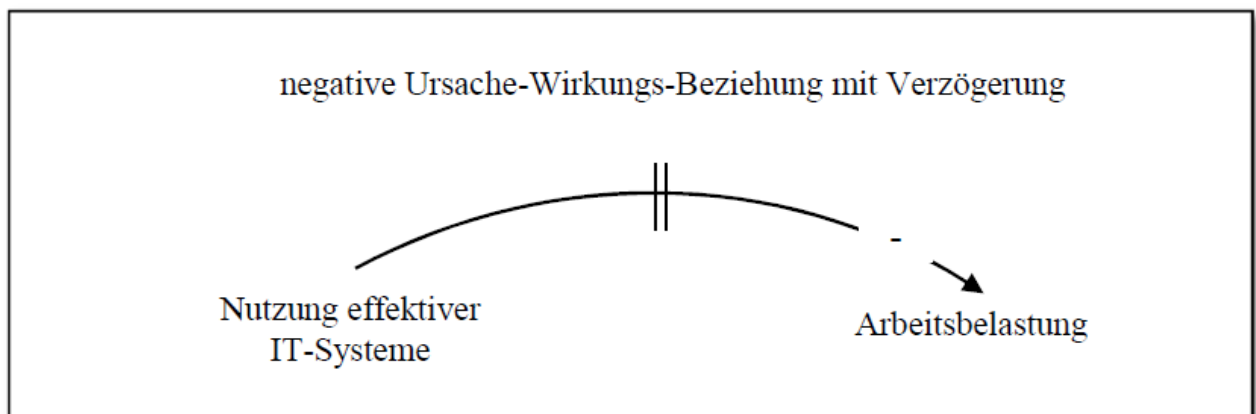


Abbildung 7: Beispiel für eine Ursache-Wirkungs-Beziehung mit Verzögerung⁷

So ermöglicht beispielsweise ein zunehmender Einsatz effektiver IT-Systeme den Mitarbeitern eines Unternehmens, große Transaktionsmengen zu bewältigen und somit ihre Arbeitsbelastung zu

¹ Das linke Beispiel in dieser Abbildung basiert auf den Ausführungen von DYCKHOFF, die hier in Form einer Ursache-Wirkungs-Beziehung abgebildet werden. Das rechte Beispiel geht auf STROHHECKER/FISCHER zurück. Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 77; DYCKHOFF (2006), S. 316.

² Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 77.

³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 77.

⁴ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 77.

⁵ Vgl. KUNATH (2009), S. 155; STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 76 f.; SHERWOOD (2003), S. 100 f.; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 26.

⁶ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 79 f.

⁷ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 55.

verringern.¹ Diese Auswirkung tritt jedoch aufgrund der benötigten Zeit für die Einführung des IT-Systems zeitlich verzögert ein.²

Eine besondere Form von Ursache-Wirkungs-Beziehungen bilden sog. Feedback-Schleifen.³ Wie bereits erwähnt, wird das Systemverhalten durch das Zusammenspiel von Feedback-Schleifen des Systems bestimmt.⁴ Es handelt sich dann um eine Feedback-Schleife, wenn mindestens zwei Größen mit Ursache-Wirkungs-Beziehungen vorliegen, die sich gegenseitig beeinflussen und eine rückkoppelnde Struktur aufweisen, die die Form einer Schleife hat.⁵ Dies liegt dann vor, wenn eine Größe X eine Auswirkung auf eine Größe Y hat und die Größe Y wiederum aufgrund möglicher Ursachen und Wirkungen die Größe X beeinflusst, also auf diese rückkoppelnd wirkt.⁶ Feedback-Schleifen können demnach definiert werden als eine geschlossene Abfolge von Ursachen und Wirkungen.⁷ Sie können unterschieden werden in positive (selbstverstärkende) Feedback-Schleifen oder in negative (zielsuchende) Feedback-Schleifen.⁸

Eine positive Feedback-Schleife liegt dann vor, wenn sich die anfängliche Veränderung aufgrund der Rückkopplung einer anderen Größe verstärkt.⁹ Diese Charakteristik positiver Feedback-Schleifen kann sowohl Wachstums- als auch Schrumpfungsprozesse verursachen.¹⁰ Führt die Rückkopplung hingegen zu einer Verringerung der anfänglichen Veränderung, handelt es sich um eine negative Feedback-Schleife.¹¹ Diese Art von Feedback-Schleife sorgt dafür, dass sich der Zustand des Systems in Richtung eines bestimmten Ziels (eines angestrebten Systemzustands) bewegt.¹² Diagramme, die Feedback-Schleifen abbilden, werden auch als Feedback-Diagramme¹³ oder als causal loop diagrams bezeichnet.¹⁴

¹ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 54.

² Vgl. SHERWOOD (2003), S. 54. Allerdings sind nur Verzögerungen zu berücksichtigen, die für das betrachtete Problem wichtig sind. Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 80.

³ Vgl. KUNATH (2009), S. 155. Feedback-Schleifen werden in der Literatur auch als Rückkopplungskreise, Rückkopplungsschleifen, Regelkreise oder Feedback-Loops bezeichnet. Im Folgenden wird die Bezeichnung Feedback-Schleife verwendet. Vgl. KUNATH (2009), S. 155; STERMAN (2004), S. 12 f.; MILLING (1984), S. 507.

⁴ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 119.

⁵ Vgl. KUNATH (2009), S. 155.

⁶ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 7.

⁷ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 4.

⁸ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 81 f.; COYLE (1996), S. 6 f. Die Art der Feedback-Schleife wird auch als Polarität bezeichnet. Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 81; MILLING (1984), S. 508.

⁹ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 81 f. Positive Feedback-Schleifen werden auch als eskalierende Feedback-Schleifen oder reinforcing loops bezeichnet. Für negative Feedback-Schleifen werden hingegen auch die Bezeichnungen stabilisierende Feedback-Schleifen oder balancing loops verwendet. Vgl. STERMAN (2004), S. 142; SHERWOOD (2003), S. 166.

¹⁰ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 119.

¹¹ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 81 f.

¹² Vgl. STERMAN (2004), S. 111. Hinsichtlich der häufig auftretenden Arten von dynamischem Systemverhalten vgl. STERMAN (2004), S. 108 ff.

¹³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 72.

¹⁴ Vgl. STERMAN (2004), S. 137 f.

Die Identifizierung von positiven und negativen Feedback-Schleifen ist ein wichtiger Bestandteil des System-Dynamics-Ansatzes, da es hierdurch möglich ist, das dynamische Verhalten des betrachteten Systems zu erkennen.¹

Feedback-Schleifen können eine Vielzahl an Größen enthalten.² STERMAN empfiehlt zur Unterscheidung von positiven und negativen Feedback-Schleifen, die Auswirkungen einer kleinen Änderung einer Größe entlang der Feedback-Schleife zu verfolgen.³ Führt diese Änderung aufgrund der Rückkopplung zu einer Verstärkung der ursprünglichen Veränderung, liegt eine positive Feedback-Schleife vor.⁴ Ist die Veränderungsrichtung nach dem Durchlaufen der Feedback-Schleife der ursprünglichen Veränderung entgegengerichtet, handelt es sich um eine negative Feedback-Schleife.⁵ Reale Systeme lassen sich jedoch i. d. R. nicht mit einer einzelnen Feedback-Schleife abbilden.⁶ Die Darstellung realer Systeme umfasst eine Vielzahl von positiven und negativen Feedback-Schleifen, die netzartig miteinander verflochten sind und sich gegenseitig beeinflussen.⁷ Eine negative Feedback-Schleife hat dabei eine bremsende (abschwächende) Wirkung auf eine positive Feedback-Schleife.⁸ Dies wird anhand der Abbildung 8 verdeutlicht. Die Abbildung enthält zwei miteinander verbundene Feedback-Schleifen.⁹ Eine Zunahme der Bevölkerung hat für gewöhnlich zur Folge, dass die Anzahl der Geburten steigt und dies führt wiederum zu einer steigenden Bevölkerungszahl. Diese positive Feedback-Schleife führt alleine zu einem exponentiellen Wachstum der Bevölkerung. Die Geburtenrate bestimmt hierbei die Anzahl der Geburten und gibt an, wie schnell das Wachstum erfolgt.

¹ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 8.

² Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 83.

³ Vgl. STERMAN (2004), S. 144.

⁴ Vgl. STERMAN (2004), S. 144.

⁵ Vgl. STERMAN (2004), S. 144. Eine schnellere Möglichkeit zu bestimmen, ob es sich um eine positive oder negative Feedback-Schleife handelt, ist das Zählen der negativen Beziehungen (der Pfeile mit einem Minuszeichen) innerhalb einer Feedback-Schleife. Ist die Anzahl der Minuszeichen gerade, so handelt es sich um eine positive Feedback-Schleife. Bei einer ungeraden Anzahl von Minuszeichen liegt eine negative Feedback-Schleife vor. Diese Methode setzt allerdings voraus, dass das erstellte Modell hinsichtlich der Bestimmung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen keine Fehler enthält. Zudem kann es bei komplexen Wirkungsdiagrammen leicht dazu kommen, dass Fehler beim Zählen der Minuszeichen auftreten. Demnach ist die oben dargestellte Methode vorzuziehen. Vgl. STERMAN (2004), S. 144.

⁶ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 183.

⁷ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 183.

⁸ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 187 f.

⁹ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 196 ff. Der folgende Abschnitt bezieht sich auf diese Quelle.

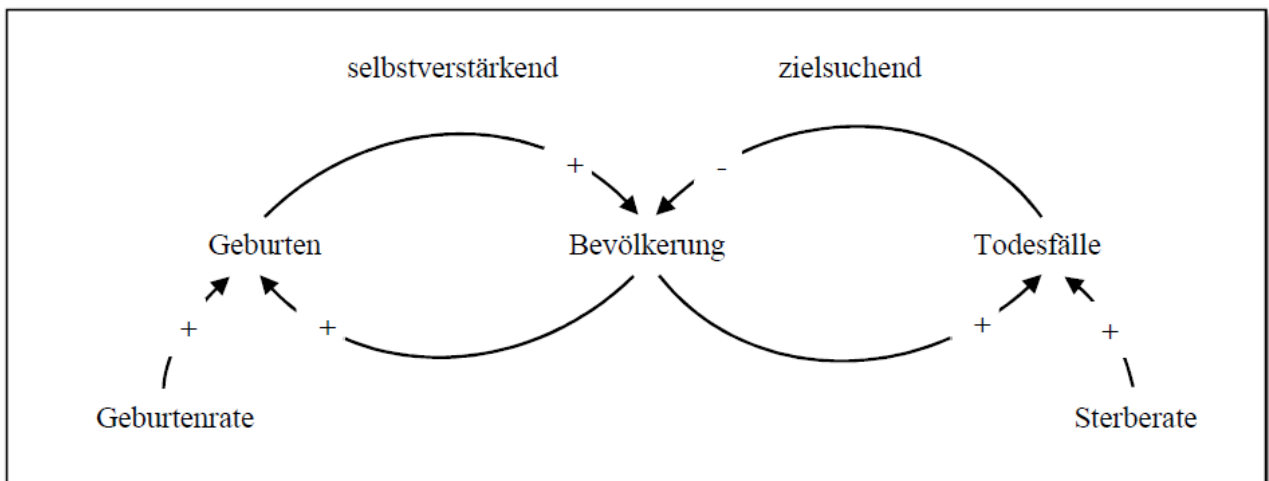


Abbildung 8: Exemplarische Darstellung zusammenhängender Feedback-Schleifen¹

Ein weiterer Aspekt, der Einfluss auf die Anzahl der Bevölkerung hat, ist die Anzahl von Todesfällen.² Dieser Aspekt wird durch die negative Feedback-Schleife rechts in der Abbildung 8 berücksichtigt. Steigt die Bevölkerungsanzahl, so nimmt auch die Anzahl der Todesfälle zu. Diese führt jedoch zu einer Verringerung der Bevölkerungsanzahl, wobei die Anzahl der Todesfälle von der Sterberate bestimmt wird. Diese beiden Feedback-Schleifen beeinflussen sich gegenseitig, wobei die negative Feedback-Schleife eine abschwächende Wirkung auf die positive Feedback-Schleife hat.³

Strukturen, die oft in Systemen vorzufinden sind und aus wenigen miteinander verbundenen Feedback-Schleifen bestehen, werden auch als Archetypen bezeichnet.⁴

4.2.3 Bestands- und Flussgrößen

Beim System-Dynamics-Ansatz werden die Größen eines Systems in Bestands- und Flussgrößen unterteilt.⁵ Durch diese Größen ist es möglich, Feedback-Schleifen abzubilden und somit komplexe Systeme darzustellen.⁶

¹ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 198.

² Vgl. SHERWOOD (2003), S. 196 ff. Der folgende Abschnitt bezieht sich auf diese Quelle.

³ Um das Beispiel einfach zu halten, wurde zum einen die Verzögerung nicht berücksichtigt, die sich daraus ergibt, dass die Neugeborenen das Erwachsenenalter erreichen müssen, sodass eine Zunahme der Bevölkerungszahl zu einer Zunahme der Geburten führt. Zum anderen wurde die durchschnittliche Lebensdauer, die Einfluss auf die Bevölkerungszahl hat, außer Acht gelassen. Vgl. SHERWOOD (2003), S. 196.

⁴ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 188.

⁵ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 305. Für den Begriff der Bestandsgröße werden auch die Bezeichnungen Zustandsgröße, level oder stock verwendet. Eine Flussgröße wird auch als Stromgröße, Bewegungsgröße, rate oder flow bezeichnet. Vgl. SCHWARZ (2002), S. 148.

⁶ Vgl. MILLING (1984), S. 510 f.

Bestandsgrößen sind Akkumulationen von Veränderungen, die durch Flussgrößen verursacht werden,¹ und stellen den Systemzustand zu einem bestimmten Zeitpunkt dar.² Als ein Beispiel für eine Bestandsgröße kann der Lagerbestand angeführt werden.³

Flussgrößen sind hingegen Größen, die eine Veränderung von Bestandsgrößen herbeiführen.⁴ Handelt es sich bei den Flussgrößen um Zuflüsse, so bewirken diese, dass sich die Bestandsgröße erhöht.⁵ Abflüsse hingegen verringern die Bestandsgrößen.⁶ Als Beispiele für Flussgrößen können die Warenauslieferung oder die Einstellung oder Entlassung von Mitarbeitern genannt werden.⁷

Die Beziehung zwischen Bestands- und Flussgrößen kann formalsprachlich wie folgt dargestellt werden:

$$S(t) = \int_{t_0}^t [Zufluss(s) - Abfluss(s)] ds + S(t_0)^8$$

Diese Formel gibt den Bestand als eine Akkumulation der um die Abflüsse verminderten Zuflüsse zu jedem Zeitpunkt s zwischen dem Anfangszeitpunkt t_0 und dem Zeitpunkt t an.⁹ Dabei wird der Anfangsbestand zum Zeitpunkt t_0 mitberücksichtigt.¹⁰

Um bestimmen zu können, ob eine Bestands- oder Flussgröße vorliegt, kann die Betrachtung der jeweiligen Einheiten hilfreich sein.¹¹ Die Einheiten von Bestands- und Flussgrößen unterscheiden sich dahingehend, dass die Einheiten von Flussgrößen immer einen zeitlichen Bezug aufweisen.¹² Somit werden Flussgrößen in Einheiten pro Periode gemessen, wohingegen Bestandsgrößen diesen zeitlichen Bezug nicht haben.¹³

Eine weitere Methode zur Unterscheidung von Bestands- und Flussgrößen ist der sog. Schnappschusstest.¹⁴ Hierbei wird angenommen, dass die Zeit gestoppt wird,¹⁵ die Flussgrößen quasi angehalten werden.¹⁶ In diesem Fall wären Bestandsgrößen noch zu erkennen, da diese den

¹ Vgl. MILLING (1984), S. 511.

² Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 120.

³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 106.

⁴ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 120.

⁵ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 106.

⁶ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 106.

⁷ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 106.

⁸ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 118; STERMAN (2004), S. 194.

⁹ Vgl. STERMAN (2004), S. 194 f.

¹⁰ Vgl. STERMAN (2004), S. 195. Die Bedeutung von Bestands- und Flussgrößen wird in der Literatur häufig am Beispiel einer Badewanne angeführt. Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 117 ff.; BOBRIK/TRIER (2007), S. 121 ff.; STERMAN (2004), S. 193 ff.

¹¹ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 119; STERMAN (2004), S. 198; SHERWOOD (2003), S. 316.

¹² Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 119; STERMAN (2004), S. 198; SHERWOOD (2003), S. 316.

¹³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 119; SHERWOOD (2003), S. 316. Die Anzahl der Weinkisten (z. B. fünfzig Stück) kann als Bestandsgröße für den Lagerbestand eines Weinhändlers herangezogen werden. Als Flussgröße kann z. B. der Umsatz mit zehn Kisten pro Woche betrachtet werden. Vgl. SHERWOOD (2003), S. 316.

¹⁴ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 119; STERMAN (2004), S. 199; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 176 f.

¹⁵ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 121; RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 176 f.

¹⁶ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 176 f.

Systemzustand zu einem bestimmten Zeitpunkt darstellen.¹ Die Bestände könnten nämlich weiterhin gemessen werden, während die Flussgrößen zum Erliegen kämen.² Flussgrößen wären in diesem Fall nicht mehr vorhanden.³ Denn die Messung von Flussgrößen ist nur über die Zeit hinweg möglich.⁴

Eine Schwäche von Feedback-Diagrammen (wie z. B. in Abbildung 8) ist, dass sie die Systemstruktur nicht anhand der Unterscheidung zwischen Bestands- und Flussgrößen erfassen können.⁵ Die Abbildung von Bestands- und Flussgrößen erfolgt daher anhand von sog. Bestands- und Flussgrößen-Diagrammen (stock and flow diagrams).⁶

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Software CONSIDEO MODELER zur systemdynamischen Modellierung verwendet. Die Notation dieser Software zur Darstellung von Bestands- und Flussgrößen unterscheidet sich allerdings von der in der Literatur weitgehend verwendeten Notation.⁷ Die Notation von Bestands- und Flussgrößen mithilfe der Software CONSIDEO MODELER wird in Kapitel 5.3.1 beschrieben.

4.2.4 Entscheidungsregeln

Auf der vierten Stufe der Strukturhierarchie werden in den Gleichungen von Flussgrößen Entscheidungsregeln, sog. policies, formuliert.⁸ Durch diese Entscheidungsregeln werden Informationen über den Zustand eines Systems in Aktionen umgewandelt.⁹

Welche Informationen Auswirkungen auf die Zu- und Abflüsse von Bestandsgrößen haben und wie diese Auswirkungen beschaffen sind, wird folglich durch Gleichungen von Flussgrößen festgelegt.¹⁰ Entscheidungsregeln sind von einzelnen Entscheidungen zu unterscheiden.¹¹ Jede Entscheidungsregel konkretisiert, wie verfügbare Informationen vom Entscheidungsträger verwendet werden.¹² Eine Entscheidungsregel kann demnach als ein Ablauf der Informationsverarbeitung gesehen werden.¹³ Entscheidungen sind hingegen als das Resultat der Anwendung von Entscheidungsregeln zu verstehen.¹⁴

¹ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 121.

² Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 177.

³ Vgl. MILLING (1984), S. 511.

⁴ Vgl. SHERWOOD (2003), S. 312.

⁵ Vgl. STERMAN (2004), S. 191.

⁶ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 9 f.; STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 107 f.; STERMAN (2004), S. 192 f.

⁷ Hinsichtlich der in der Literatur häufig verwendeten Symbolik zur Darstellung von Bestands- und Flussgrößen vgl. STERMAN (2004), S. 193.

⁸ Vgl. MAIER (1995), S. 180.

⁹ Vgl. MILLING (1984), S. 511.

¹⁰ Vgl. STROHHECKER (2008c), S. 145.

¹¹ Vgl. STERMAN (2004), S. 514; MILLING (1984), S. 511.

¹² Vgl. STERMAN (2004), S. 514.

¹³ Vgl. STERMAN (2004), S. 515.

¹⁴ Vgl. STERMAN (2004), S. 514 f. Zudem kann eine Entscheidungsregel ungeachtet vom Systemzustand über einen langen Zeitraum gelten, wohingegen eine einzelne Entscheidung sich auf eine gegenwärtige Situation des Systems bezieht. Vgl. MILLING (1984), S. 511.

Anhand von Entscheidungsregeln wird festgelegt, welche Informationen zur Ermittlung der Abweichung zwischen dem gewünschten Zielwert und dem Ist-Zustand des Systems heranzuziehen sind und wie diese Ermittlung erfolgt.¹ Weiterhin definiert eine Entscheidungsregel, wie eine Aktion aus einer Abweichung zu bestimmen ist, sodass sich der Systemzustand zum Zielwert hinbewegt.²

4.3 Phasen systemdynamischer Modellierung

Die systemdynamische Modellierung ist selbst als ein Feedback-Prozess zu betrachten, da sie nicht lediglich als eine lineare Abfolge von Schritten zu verstehen ist.³ Sie stellt vielmehr einen iterativen und an einem Problem ausgerichteten Prozess dar, aus dem neue Erkenntnisse gewonnen werden sollen.⁴ Die nachfolgende Abbildung stellt die Phasen der systemdynamischen Modellierung dar:

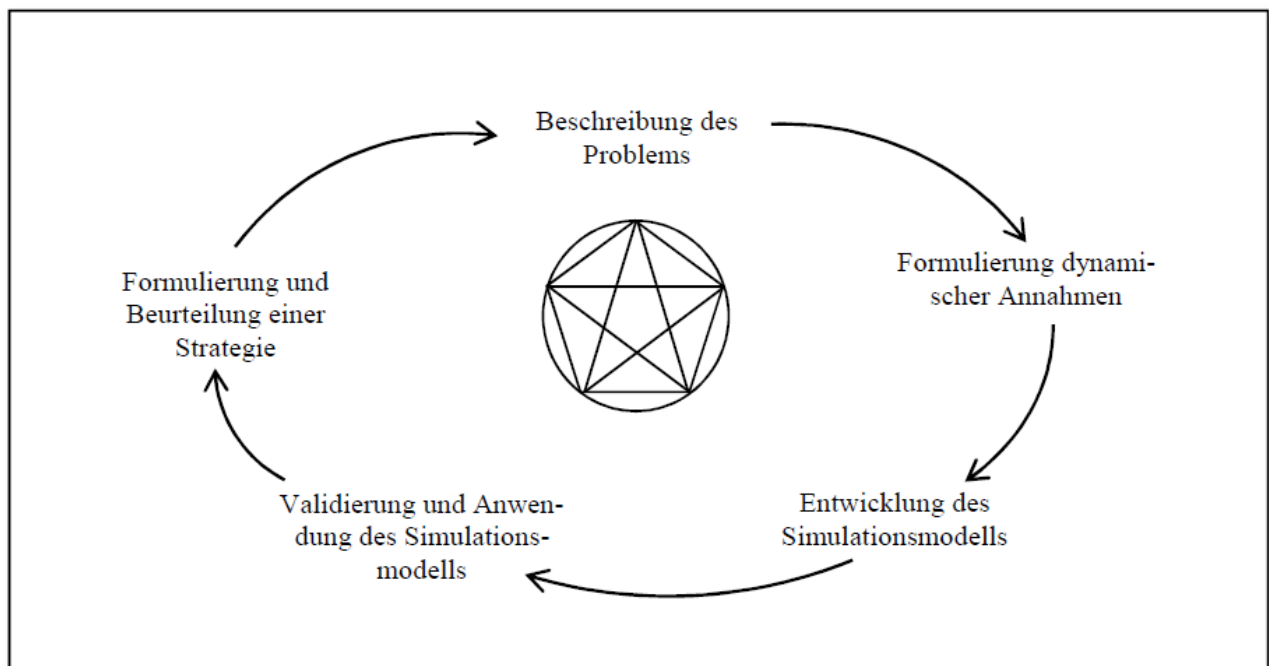


Abbildung 9: Phasen der systemdynamischen Modellierung⁵

¹ Vgl. MILLING (1984), S. 511.

² Vgl. MILLING (1984), S. 511. Die Formulierung von Entscheidungsregeln hat dabei so zu erfolgen, dass diese auch in extremen Situationen standhalten, also robust sind. Dies liegt dann vor, wenn selbst bei extremen Eingabewerten Entscheidungsregeln physikalisch mögliche und sinnvolle Ergebnisse liefern. Wenn z. B. der Lagerbestand 0 beträgt, müssen die Auslieferungen aus demselben Lager ebenfalls auf 0 zurückfallen. Vgl. STERMAN (2004), S. 519.

³ Vgl. KUNATH (2009), S. 146; STERMAN (2004), S. 87.

⁴ Vgl. KUNATH (2009), S. 146 f.

⁵ Vgl. KUNATH (2009), S. 147; STERMAN (2004), S. 87 ff. Durch das Symbol in der Mitte der Abbildung wird zum Ausdruck gebracht, dass zwischen allen Phasen der systemdynamischen Modellierung Iterationen auftreten können. Die Entwicklung von systemdynamischen Modellen lässt sich im Prinzip entsprechend den in Kapitel 4.2 dargestellten Stufen der Strukturhierarchie vornehmen. Jedoch wird hier kurz der Prozess der systemdynamischen Modellierung nach STERMAN vorgestellt, da dieser die Phase der Problembeschreibung sowie der Formulierung und Beurteilung einer Strategie enthält und aus Sicht des Verfassers die systemdynamische Modellierung als iterativen Prozess besser abbildet. Vgl. MAIER (1995), S. 181; STERMAN (2004), S. 87.

Beschreibung des Problems

Die Beschreibung des Problems verdeutlicht, zu welchem Zweck die systemdynamische Modellierung erfolgt, und stellt folglich einen wichtigen Schritt der systemdynamischen Modellierung dar.¹ Damit ein Modell verwendbar ist, muss es sich an einem bestimmten Problem ausrichten und eine Vereinfachung des betrachteten Systems darstellen.² Die Entwicklung eines Modells zielt nicht darauf ab, die Realität exakt wiederzugeben, sondern hinsichtlich der Problemstellung den relevanten Ausschnitt aus der Realität vereinfacht abzubilden.³ Der Zweck bestimmt, welche Größen bei der Modellerstellung vernachlässigt werden können, sodass lediglich die für die Zweckerfüllung erforderlichen Größen im Modell enthalten sind.⁴ Denn ohne eine deutliche Problemdefinition bleibt unklar, nach welchen Kriterien die Größen und Beziehungen auszuwählen sind, die im Modell dargestellt werden sollen.⁵

Formulierung dynamischer Annahmen

Nachdem die Problembeschreibung beendet ist, erfolgt die Aufstellung dynamischer Annahmen.⁶ Es geht darum zu erklären, wie das beschriebene Problem zustande gekommen ist,⁷ d. h., welche Ursachen es hat.⁸ Dynamische Annahmen können in Form von Feedback-Diagrammen und Bestands- und Flussgrößen-Diagrammen dargestellt oder als Feststellungen formuliert werden.⁹ Dabei handelt es sich um Annahmen, weil der Modellierungsprozess und die reale Welt Lerneffekte mit sich bringen und diese zu Überarbeitungen oder zur Aufgabe der vorläufig erstellten Annahmen führen können.¹⁰

Entwicklung des Simulationsmodells

Feedback-Strukturen, die bei realen Problemen vorzufinden sind, erweisen sich häufig als so komplex, dass das Verhalten, das sie im Zeitverlauf verursachen, nur durch Einsatz einer Simulation bestimmt werden kann.¹¹ Zur Entwicklung einer Simulation werden Feedback-Diagramme in Bestands- und Flussgrößen-Diagramme überführt.¹² Dies stellt den ersten Schritt zur Entwicklung eines Simulationsmodells im System-Dynamics-Ansatz dar, da hierdurch die Bestimmung der Größentypen ermöglicht wird.¹³ Durch den Einsatz spezieller Software können Bestands- und Flussgrößen

¹ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 44; STERMAN (2004), S. 89.

² Vgl. STERMAN (2004), S. 89.

³ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 41.

⁴ Vgl. STERMAN (2004), S. 89.

⁵ Vgl. MILLING (1984), S. 511.

⁶ Vgl. STERMAN (2004), S. 94 f.

⁷ Vgl. STERMAN (2004), S. 95.

⁸ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 7.

⁹ Vgl. RANGANATH/RODRIGUES (2008), S. 8.

¹⁰ Vgl. STERMAN (2004), S. 95.

¹¹ Vgl. RICHARDSON/PUGH III (1981), S. 7. Durch Computersimulationen sind selbst sehr komplexe systemdynamische Modelle lösbar. Vgl. STROHHECKER (2008a), S. 32.

¹² Vgl. WOLSTENHOLME (1999), S. 422.

¹³ Vgl. MÁRQUEZ (2010), S. 9.

ßen-Diagramme in mathematische Gleichungen überführt und Simulationen durchgeführt werden.¹ Software zur Konstruktion und Simulation von systemdynamischen Modellen sind z. B. CONSIDERO MODELER, Ithink/Stella, Powersim oder Vensim.²

Validierung und Anwendung des Simulationsmodells

In dieser Phase der systemdynamischen Modellierung wird durch eine Simulation getestet, ob das Modell bereits beobachtetes Systemverhalten nachbilden kann.³ Stellt das Modell ein unrealistisches Verhalten des Systems dar, wird das Modell solange überarbeitet, bis ein gewisses Maß an Vertrauen erreicht ist, dass das Modell ein Systemverhalten aufzeigt, das dem der realen Welt entspricht.⁴ Weiterhin ist jede formulierte Gleichung hinsichtlich der Konsistenz der verwendeten Einheiten zu überprüfen.⁵ Zudem muss das Modell auch unter extremen Bedingungen getestet werden, um sicherzustellen, dass es auch dann ein sinnvolles Verhalten aufzeigt.⁶

Formulierung und Beurteilung von Strategien

Nach dem Testen des Simulationsmodells kann das Modell dazu verwendet werden, Strategien zu entwickeln und zu beurteilen, um das Systemverhalten positiv zu beeinflussen.⁷ So können Simulationen mit veränderten Parameterwerten durchgeführt werden, um die Auswirkungen solcher Veränderungen aufzuzeigen.⁸ Darüber hinaus beinhaltet die Strategieformulierung auch die Entwicklung neuer Entscheidungsregeln sowie die Änderung von dominanten Feedback-Schleifen durch die Umgestaltung der Strukturen von Bestands- und Flussgrößen.⁹

¹ Vgl. SCHWARZ/EWALDT, S. 415 f.

² Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 47 f.

³ Vgl. STERMAN (2004), S. 103.

⁴ Vgl. FINK/SIEBE (2006), S. 164 f.

⁵ Vgl. STERMAN (2004), S. 103.

⁶ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 48; STERMAN (2004), S. 103. Würde eine Bank z. B. von ihren Kunden eine Kontoführungsgebühr von 1 Million Euro im Monat fordern, so würde sie alle ihre Kunden an die Konkurrenten verlieren. Dies müsste dann in dem entsprechenden systemdynamischen Modell aufgezeigt werden. Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 48 f.

⁷ Vgl. STERMAN (2004), S. 103.

⁸ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 49.

⁹ Vgl. STERMAN (2004), S. 104.

5 Systemdynamische Modellierung zur Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung einer Carbon-Footprint-Zertifizierung für das Supply Chain Management

5.1 Eingrenzung des Modells

Zur Lösung des Erkenntnisproblems erfolgt in diesem Kapitel eine systemdynamische Modellierung.¹ Das hier konstruierte Modell bildet die Einführung eines Carbon Reduction Labels bei einem Unternehmen ab, das Mitglied einer SC ist. Um den Umfang der vorliegenden Arbeit nicht zu „sprengen“, ist die Systemgrenze bei dem nachfolgenden Modell derart eingegrenzt, dass ein Unternehmen (der Produzent) einer linearen SC betrachtet wird und Konkurrenten (darunter auch konkurrierende SC) ausgeschlossen werden. Die Betrachtung eines SC-Akteurs im Rahmen der hier durchgeführten systemdynamischen Modellierung kann wie folgt begründet werden:

Da Unternehmen für gewöhnlich Mitglieder in einer SC sind² und auch als solche wahrgenommen werden, hat das Verhalten eines SC-Akteurs Folgen für die gesamte SC.³ Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Einführung eines CF als Zertifizierung bei einem Unternehmen, welches Mitglied in einer SC ist, auch mit Folgen für die gesamte SC verbunden ist. Die hier vorgenommene systemdynamische Modellierung, in der nur ein SC-Akteur betrachtet wird, ermöglicht es, somit die Auswirkungen einer CF-Zertifizierung auf das SCM eines SC-Akteurs herauszuarbeiten und durch die Betrachtung ausgewählter Größen (wie z. B. den Gewinn) Schlussfolgerungen für die SC zu ziehen.

Aus Gründen der Komplexitätsreduktion umfasst das in dieser Arbeit erstellte Modell eine überschaubare Anzahl an endogenen Größen, die zur Lösung des Erkenntnisproblems beitragen. Das Modell ist auf der Grundlage von Annahmen aufgebaut, die erläutert werden. Zudem werden vereinfachende Annahmen getroffen,⁴ um das Modell nicht mit Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu überfrachten und eine Simulation im Rahmen dieser Arbeit zu ermöglichen. Das auf S. 47 konstruierte Feedback-Diagramm stellt ein vereinfachtes generisches Modell⁵ dar, welches in Kapitel 5.3.1 in ein Bestands- und Flussgrößen-Diagramm überführt und exemplarisch simuliert wird. Auf der

¹ Auf die Beschreibung des Problems wird an dieser Stelle verzichtet, da die wissenschaftliche Problemstellung bereits im Kapitel 1.1 ausgeführt wird.

² Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 780.

³ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

⁴ Beispielsweise werden keine Abschreibungen berücksichtigt. Weitere vereinfachende Annahmen werden im jeweiligen Abschnitt genannt.

⁵ Dieses Modell bezieht sich allerdings nur auf Unternehmen, die Konsumgüter herstellen.

Grundlage dieser Ergebnisse wird eine Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM vorgenommen.

Die Abbildungen der Ursache-Wirkungs-Beziehungen und die Entwicklung eines Simulationsmodells werden in der vorliegenden Arbeit mit der Software CONSIDERO MODELER vorgenommen.

5.2 Formulierung dynamischer Annahmen

In diesem Kapitel werden Annahmen formuliert, um ein qualitatives Modell in Form eines Feedback-Diagramms zu erstellen. Hierzu werden die Annahmen als Ursache-Wirkungs-Beziehungen in Ursache-Wirkungs-Diagrammen veranschaulicht.

Die Abbildung 10 stellt dar, welche Auswirkungen die Einführung eines Carbon Reduction Labels zunächst hat.

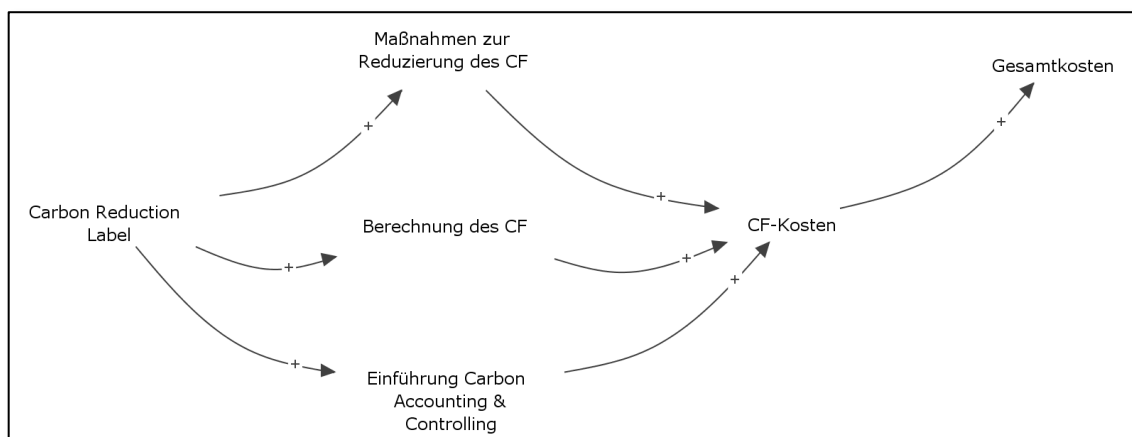


Abbildung 10: Ursache-Wirkungs-Diagramm 1

Das Carbon Reduction Label kommuniziert, dass in der SC fortdauernd Maßnahmen zur Verringerung von THG-Emissionen unternommen werden.¹ Folglich führt die Einführung des Carbon Reduction Labels dazu, dass Maßnahmen zur Reduzierung des CF durchzuführen sind.² Um die THG-Emissionen zu reduzieren, wird i. d. R. ein niedriger Energie- und Ressourceneinsatz angestrebt.³ So werden in der Distribution Rohstoffe, insbesondere Mineralöl verbraucht und aufgrund des Güterverkehrs THG-Emissionen verursacht.⁴ Als Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen können die Lieferanten z. B. ihre Transporteffizienz erhöhen, indem sie die Auslastung der Transportmittel steigern und die Anzahl der Transporte reduzieren.⁵ Da Transportmittel die Umwelt unterschiedlich stark belasten, können Unternehmen durch die Wahl ihrer Transportmittel Einfluss auf

¹ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177.

² Denn wie bereits in Kapitel 3.3 erwähnt, führt eine Nichteinhaltung dieser Verpflichtung dazu, dass es dem betreffenden Unternehmen untersagt wird, dieses Label weiterhin zu verwenden. Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

³ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

⁴ Vgl. DYCKHOFF/SOUREN (2008), S. 203 f.

⁵ Vgl. SOUREN (2000), S. 155.

den Verbrauch von Energie und die Höhe der verursachten THG-Emissionen nehmen.¹ Beispielsweise ist der Transport mit einem Schiff im Vergleich zum Transport über den Luftweg mit geringeren THG-Emissionen verbunden.² Auch die Kombination von Verkehrsträgern (z. B. der Transport per Schiff und Flugzeug) kann zu einer Reduzierung von THG-Emissionen beitragen.³ Durch den Einsatz einer IT-basierten Ladungsoptimierung und Routenplanung ist es ferner möglich, den Energieverbrauch und die THG-Emissionen zu reduzieren, indem optimierte Tourenpläne ermittelt werden.⁴ Des Weiteren können Unternehmen durch technische Maßnahmen, wie z. B. den Einsatz von energieeffizienten Maschinen, die Energieeffizienz steigern⁵ und durch die Substitution emissionsintensiver Brennstoffe (wie z. B. Öl) durch Biokraftstoffe ihre THG-Emissionen reduzieren.⁶ Da der CF den gesamten Produktlebenszyklus einschließt,⁷ sollte bei der Durchführung von Reduzierungsmaßnahmen die Einbindung aller SC-Akteure angestrebt werden.⁸ Denn das umweltbezogene Verhalten von vor- und nachgelagerten Unternehmen kann nicht unmittelbar durch die Entscheidung eines einzelnen Unternehmens verändert werden.⁹ Die Betrachtung des Produktlebenszyklus erfordert nämlich, dass die beteiligten SC-Akteure (also die Lieferanten und die Händler) zusammenarbeiten.¹⁰ Ansätze zur Senkung von Umweltbelastungen (wie im vorliegenden Fall zur Senkung des CF) können lediglich im Management der SC-Akteure festgestellt und durch kooperative Maßnahmen verwirklicht werden.¹¹ Dem Aspekt der Kooperation kann hierbei eine wesentliche Bedeutung zugeschrieben werden, da Lösungen im Umweltschutz, die auf einzelbetrieblicher Basis erfolgen, auf den vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen unzureichend umgesetzt werden und somit inkonsequent sind.¹² Einzelbetriebliche Maßnahmen zum Umweltschutz können dazu führen, dass sich die Umweltbelastungen der gesamten SC sogar erhöhen.¹³

¹ Vgl. DYCKHOFF/SOUREN (2008), S. 205.

² Vgl. ARRETZ (2008), S. 240.

³ Vgl. ARRETZ (2008), S. 241.

⁴ Vgl. LEHRSTUHL FML TU MÜNCHEN/TRILOGQA/LOGISTIK HEUTE (2010), S. 52.

⁵ Vgl. ENGELFRIED (2011), S. 85. Nach ARRETZ lassen sich die Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen im Rahmen der Logistik nach den Handlungsfeldern technische und logistische Optimierung, Einsatz alternativer Antriebsformen, Verlagerung auf alternative Transportmittel sowie Kompetenzförderung (z. B. Fahrertrainings) aufteilen. Vgl. hierzu ausführlich ARRETZ (2008), S. 231 ff.

⁶ Vgl. FAURE/HILDEBRANDT/ROGGE ET AL. (2005), S. 1.

⁷ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 82.

⁸ Vgl. HERRMANN (2010), S. 317. Die Vermeidung und Reduzierung von Umweltbelastungen sollte sich über die vor- und nachgelagerten Stufen erstrecken, um isolierte Lösungen, die nicht effizient sind, zu verhindern. Vgl. MEFFERT/KIRCHGEORG (1998), S. 20.

⁹ Vgl. SOMMER (2007), S. 70 f.

¹⁰ Vgl. HERRMANN (2010), S. 317. LORTZ/RAUSCH/ROGGE ET AL. zeigen am Beispiel der BASF, wie die durch den Gütertransport entstehenden THG-Emissionen ermittelt und hieraus Strategien zur Senkung von CO₂ abgeleitet werden können. Dabei befürworten die Autoren eine partnerschaftliche Kooperation des Unternehmens mit Transportdienstleistern, da sich Potenziale zur Senkung von CO₂ erst durch eine Zusammenarbeit realisieren lassen. Vgl. LORTZ/RAUSCH/ROGGE ET AL. (2010), S. 219 ff.

¹¹ Vgl. SOMMER (2007), S. 85. Zu einer Übersicht über die unterschiedlichen Maßnahmen des Umweltschutzes entlang der SC vgl. SOMMER (2007), S. 86 f.

¹² Vgl. SOMMER (2007), S. 88.

¹³ Vgl. SOMMER (2007), S. 88.

Damit THG-Emissionen auf der Managementebene zielgerichtet gesteuert werden können, ist die Einführung eines Carbon Accountings und eines Carbon Controllings erforderlich.¹ Durch ein Carbon Accounting werden die von einem Unternehmen ausgehenden THG-Emissionen erfasst und können auf monetärer und/oder nicht-monetärer Basis bewertet werden.² Dies kann sowohl zum Zweck der externen Rechnungslegung als auch einer THG-Berichterstattung erfolgen.³ Liegt der Zweck des Carbon Accountings hauptsächlich darin, die Entscheidungsfindung sowie die Steuerung zu unterstützen, handelt es sich um ein Carbon Controlling.⁴ Durch das Carbon Controlling können insbesondere Ziele festgelegt und kontrolliert werden, die die CO₂-Effizienz und die Leistung des Unternehmens erhöhen.⁵ Unternehmen, die sich mit dem Carbon Reduction Label zertifizieren, sollten daher langfristig gesehen ein Carbon Accounting und Controlling implementieren oder letzteres in ihr bestehendes Controllingsystem integrieren.⁶ Dies trifft folglich auf alle Akteure der betreffenden SC zu.⁷

Da das Carbon Reduction Label den CF in Gramm angibt,⁸ ist es erforderlich, den CF zu berechnen.⁹ Nach der Definition des CF wird die gesamte SC eines bestimmten Produktes betrachtet.¹⁰ Die Erfassung von Umweltwirkungen von Produkten bedingt die Bereitstellung der erforderlichen Daten (hier der THG-Emissionen) durch die unmittelbar vorgelagerten Lieferanten der SC.¹¹ Da die Standards zur Erfassung von CO₂ (und somit auch zur Erfassung des CF) überwiegend nicht einheitlich sind, sind die Unternehmen dazu angehalten, Durchschnittswerte zu verwenden oder ihre Lieferanten zu überzeugen, selbst Berechnungen vorzunehmen und weiter-zugeben.¹² Denn zur Ermittlung des CF sind Informationen hinsichtlich des gesamten Produktlebenszyklus erforderlich.¹³ Darunter fällt z. B. die Menge an emittierten THG, die bei der Rohstoffherstellung oder durch den

¹ Vgl. EITELWEIN/GORETZKI (2010), S. 23.

² Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63 ff.

³ Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63 ff.

⁴ Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63 ff.

⁵ Vgl. EITELWEIN/GORETZKI (2010), S. 25.

⁶ Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 65.

⁷ Um Ziele festzulegen und zu kontrollieren, die die CO₂-Effizienz und die Leistung der gesamten SC erhöhen, sollte die Entwicklung eines Carbon Controllings angestrebt werden, welches die gesamte SC einschließt. Bisher ist in der Literatur ein solches Controlling-Konzept nicht vorzufinden. So könnte erforscht werden, inwieweit das SC-Controlling um die Berücksichtigung von THG-Emissionen der SC erweitert werden kann.

⁸ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

⁹ Vgl. WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176. Denn die Entwicklung von Carbon Labels setzt die Berechnung des CF voraus. Zudem werden Reduktionsmaßnahmen auf der Grundlage eines berechneten CF durchgeführt, da es hierdurch möglich ist die Emissionstreiber zu erkennen. Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 76; WALTER/SCHMIDT (2008), S. 176.

¹⁰ Vgl. EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

¹¹ Vgl. FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008), S. 895. Die erforderlichen Daten liegen den Lieferanten derzeit i. d. R. nicht vor, sodass diese aus spezifischen Datenbanken bezogen werden, damit die Umweltwirkungen von Produkten geschätzt werden können. Beispiele hierfür sind die LCA-Datenbank der Schweiz (<http://www.ecoinvent.ch/>) oder die der Europäischen Union (<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>). Vgl. FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008), S. 895

¹² Vgl. EITELWEIN/GORETZKI (2010), S. 30.

¹³ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 85.

Handel entstehen.¹ Als Standard zur Messung des CF dient derzeit noch der Standard PAS 2050.² Die Berechnung kann auch durch externe Beratungsunternehmen erfolgen.³

Die Berechnung des CF kann einen hohen Einsatz an Personal und Geld erfordern sowie Zeit in Anspruch nehmen.⁴ Kosten können z. B. für die Durchführung einer Prozessanalyse zur Ermittlung des CF⁵ und im Rahmen einer Primärdatenerhebung anfallen.⁶ Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die Berechnung des CF für das jeweilige Unternehmen (und für die Akteure der betreffenden SC) mit hohen Kosten verbunden ist.⁷ Es wird hier angenommen, dass auch die Einführung eines Carbon Accountings und Controllings sowie die Durchführung von Maßnahmen zur Reduzierung des CF Kosten für das betreffende Unternehmen und somit auch für die SC verursachen.⁸ Kosten für Maßnahmen zur Reduzierung des CF fallen z. B. durch die Einrichtung von Bewegungsmeldern, mit deren Hilfe THG-Emissionen bei Immobilien (z. B. bei Warenlagern) gesenkt werden können,⁹ oder durch die Beschaffung energieeffizienter Maschinen an.¹⁰ Die Kosten, die durch Maßnahmen zur Reduzierung des CF, durch die Berechnung des CF sowie durch die Einführung eines Carbon Accountings und Controllings verursacht werden, werden im Folgenden als CF-Kosten bezeichnet.

Da es sich hier um Kosten handelt, wird in diesem Modell die Annahme getroffen, dass die CF-Kosten eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung zu den Gesamtkosten eines Unternehmens aufweisen.

Die Abbildung 11 stellt u. a. die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen dem CF und der Kundenzufriedenheit bzw. der Zufriedenheit weiterer Stakeholder dar.

¹ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 85 f.

² Vgl. KRANKE (2008), S. 16.

³ Vgl. KRANKE (2008), S. 16.

⁴ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 41.

⁵ Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 255.

⁶ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 86.

⁷ Vgl. WERNER (2010), S. 195.

⁸ Beispielsweise wären zusätzliche Personalkosten für den Aufbau einer Carbon-Accounting- und Controlling-Abteilung in einem Unternehmen denkbar. Zudem können Kosten für die Beschaffung von Technologie zur Reduzierung von THG-Emissionen anfallen. Vgl. GÜNTHER/STECHEMESSER (2010), S. 63.

⁹ Vgl. LEHRSTUHL FML TU MÜNCHEN/TRILOGQA/LOGISTIK HEUTE (2010), S. 23 f.

¹⁰ Vgl. ENGELFRIED (2011), S. 85.

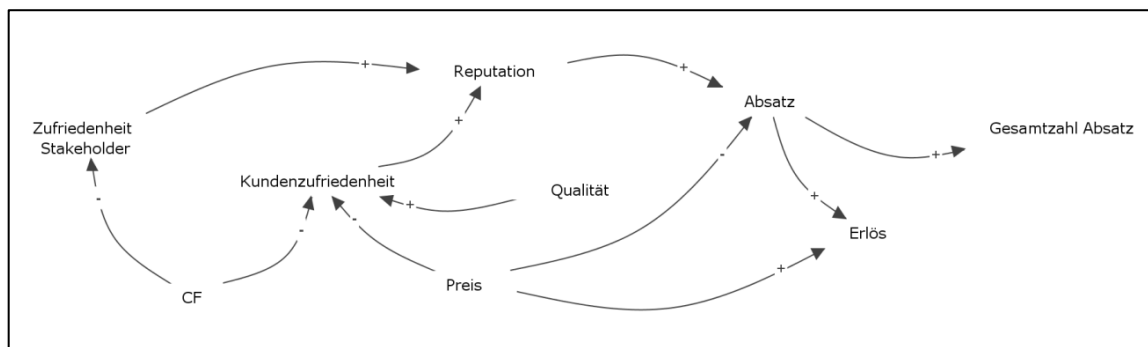


Abbildung 11: Ursache-Wirkungs-Diagramm 2¹

Werden mehr Maßnahmen zur Reduzierung des CF getroffen, so führt dies folglich zu einer Verringerung des CF.² Ferner wird folgende Ursache-Wirkungs-Beziehung angenommen: Je stärker der CF sinkt, desto höher ist die Zufriedenheit der Kunden.

Denn im Rahmen einer Studie aus dem Jahr 2007 haben 75 % der Befragten angegeben, dass sie eine CO₂-Kennzeichnung als sinnvoll erachten.³ 89 % der Befragten sind der Ansicht, dass sie unzureichend über die CO₂-Emissionen von Produkten informiert sind.⁴

Eine aktuellere Bevölkerungsumfrage des BMU zum Umweltbewusstsein in Deutschland aus dem Jahr 2010 hat ergeben, dass 51 % der Befragten bereit sind, einen höheren Preis für klimaverträgliche Produkte zu bezahlen.⁵ Außerdem geben 67 % der Befragten an, dass sie bewusst Produkte kaufen, die eine niedrige Umweltbelastung verursachen.⁶ Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Klimaverträglichkeit von Produkten (und somit auch ein niedriger CF) für einen hohen Anteil von Kunden wichtig ist und daher eine Reduzierung des CF zu einer steigenden Zufriedenheit der Kunden führt.⁷

Da neben den Kunden auch weitere Stakeholder⁸ von Unternehmen fordern, im Rahmen ihrer wirtschaftlichen Tätigkeiten (und damit auch bei der Herstellung von Produkten) ökologisch nachhaltig

¹ Eigene Darstellung.

² Dies setzt voraus, dass die Maßnahmen zur Reduzierung des CF erfolgreich umgesetzt werden.

³ Vgl. SEMPORA CONSULTING (2007), S. 17.

⁴ Vgl. SEMPORA CONSULTING (2007), S. 12.

⁵ Vgl. BMU/UBA (2010), S. 39.

⁶ Vgl. BMU/UBA (2010), S. 67.

⁷ Diese Ursache-Wirkungs-Beziehung trifft zwar nicht auf alle Kunden zu, jedoch wird unterstellt, dass die Zufriedenheit der Kunden, die ein hohes Umweltbewusstsein haben und klimaverträgliche Produkte bevorzugen, steigt und dies bei gleichbleibender Zufriedenheit der restlichen Kunden letztendlich zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit führt.

⁸ Als Stakeholder werden jene Gruppen oder Individuen bezeichnet, die die Leistung eines Unternehmens beeinflussen können oder durch diese betroffen sind. Darunter fallen neben den Kunden z. B. Mitarbeiter, Lieferanten, Regierungen und Konkurrenten. Vgl. FREEMAN (2010), S. 25. Konkurrenten werden, wie bereits schon erwähnt, hier ausgeschlossen. Dies gilt hier auch für die Kunden, da diese bereits durch die Kundenzufriedenheit als Größe berücksichtigt werden.

zu sein,¹ wird hier die Annahme getroffen, dass bei einer Reduzierung des CF entlang der SC die Zufriedenheit der weiteren Stakeholder steigt.²

¹ Vgl. STRAUBE/BORKOWSKI/NAGEL (2009), S. 205.

² Auf eine Differenzierung der Stakeholder wird verzichtet und allgemein von Stakeholdern gesprochen. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Senkung des CF nicht die Zufriedenheit aller Stakeholder erhöht bzw. nicht in gleichem Ausmaß erhöht. Hier wird unterstellt, dass eine Erhöhung der Zufriedenheit bei umweltbewussten Stakeholdern zutrifft, wie z. B. bei umweltbewussten Mitarbeiter und bei Lieferanten, die bereits eine Reduzierung der von ihnen verursachten THG-Emissionen anstreben.

Des Weiteren hat die Qualität eines Produktes Einfluss auf die Kundenzufriedenheit.¹ Steigt die Qualität, so hat dies zur Folge, dass die Kundenzufriedenheit ebenfalls steigt.²

Eine weitere Größe, die sich auf die Kundenzufriedenheit auswirkt, ist der Preis des Produktes.³ Eine Preissenkung kann zu einer Steigerung der vom Kunden wahrgenommenen Leistung und somit zu einer Erhöhung der Kundenzufriedenheit führen.⁴ Diese Ursache-Wirkungs-Beziehung wird in der vorliegenden Arbeit unterstellt

Ferner wird hier die Annahme getroffen, dass sowohl eine Erhöhung der Kundenzufriedenheit⁵ als auch der Zufriedenheit weiterer Stakeholder zu einer positiven Reputation⁶ für das Unternehmen führen. Denn bei erhöhter Kundenzufriedenheit berichten die jeweiligen Kunden in ihrem Umfeld (z. B. im Freundes- und/oder im Bekanntenkreis) positiv über das betreffende Unternehmen und beeinflussen somit durch verbale Kommunikation die Reputation des Unternehmens.⁷ Die Reputation eines Unternehmens stellt die Gesamtbewertung eines Unternehmens im Laufe der Zeit dar, die durch die Stakeholder vorgenommen wird.⁸ Daher wird hier angenommen, dass eine Erhöhung der Zufriedenheit der Stakeholder zu einer positiveren Gesamtbewertung eines Unternehmens und somit zu einer steigenden (positiven) Reputation führt.⁹

Eine hohe Reputation hat eine vertrauensschaffende Wirkung bei den Kunden zur Folge und steigert deren Bereitschaft zum erstmaligen Kauf von Produkten des betroffenen Unternehmens.¹⁰ Zudem veranlasst eine hohe Reputation die Kunden zu wiederholten Käufen¹¹ und fördert die Akquisition von Neukunden.¹² Aus diesen Gründen wird die Annahme getroffen, dass eine steigende Reputation zu einer Erhöhung der Absatzmenge des betreffenden Unternehmens und somit der SC führt.

¹ Vgl. SCHARNBACHER/KIEFER (2003), S. 13. Hier sei erwähnt, dass lediglich Qualität, die von den Kunden bevorzugt und wahrgenommen wird, deren Zufriedenheit beeinflusst. Vgl. BOKRANZ/KASTEN (2003), S. 497.

² Vgl. BOKRANZ/KASTEN (2003), S. 497. Dies trifft dann zu, falls die Qualität den Bedürfnissen der Kunden (also deren Wünschen und Erwartungen) entspricht. Vgl. BOKRANZ/KASTEN (2003), S. 499.

³ Vgl. HINTERHUBER (2009), S. 503.

⁴ Vgl. HINTERHUBER (2009), S. 502 f. Dies kann damit begründet werden, dass die Kundenzufriedenheit definiert werden kann als die Abweichung zwischen der Leistung, die der Kunde vom Unternehmen erwartet, und der Leistung, die dieser tatsächlich wahrnimmt. Kundenzufriedenheit geht nämlich dann hervor, wenn die vom Kunden wahrgenommene Leistung größer ist als die erwartete Leistung. Die vom Kunden wahrgenommene Leistung wiederum kann beschrieben werden als die Differenz zwischen der Leistung, die der Kunde vom Unternehmen bezieht, und dem, was der Kunde als Leistung erbringen muss (insbesondere den Preis). So kann eine Preissenkung zu einer Steigerung der vom Kunden wahrgenommenen Leistung und somit zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit führen. Vgl. HINTERHUBER (2009), S. 502 f.; HINTERHUBER/HANDBAUER/MATZLER (2003), S. 15.

⁵ Vgl. ROTHENBERGER (2005), S. 50.

⁶ Die Bezeichnung Reputation wird im weiteren Verlauf der Arbeit im Sinne einer Unternehmensreputation verwendet.

⁷ Vgl. ROTHENBERGER (2005), S. 50. Demgegenüber hat die Unzufriedenheit der Kunden eine negative Mund-zu-Mund-Propaganda zur Folge. Vgl. FESTGE (2006), S. 92.

⁸ Vgl. GOTSI/WILSON (2001), S. 29.

⁹ Vgl. GOTSI/WILSON (2001), S. 29.

¹⁰ Vgl. HELM (2007), S. 220.

¹¹ Vgl. FOMBRUN/VAN RIEL (2004) S. 5.

¹² Vgl. FOMBRUN/WIEDMANN (2001), S. 46.

Da bei einer aggregierten Preisabsatzfunktion eine Steigerung des Preises zu einer Verringerung der abgesetzten Menge führt,¹ liegt zwischen dem Preis und dem Absatz eine negative Ursache-Wirkungs-Beziehung vor.²

Der Erlös wird durch die Multiplikation der abgesetzten Menge eines Produktes mit dem zugehörigen Preis einer Produkteinheit ermittelt.³ Demnach haben sowohl der Preis als auch der Absatz eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung zum Erlös.

Je höher der Absatz innerhalb der einzelnen Perioden ausfällt, desto höher ist die Gesamtmenge des Absatzes am Ende des Betrachtungszeitraums. Weitere Ursache-Wirkungs-Beziehungen werden in der Abbildung 12 dargestellt.

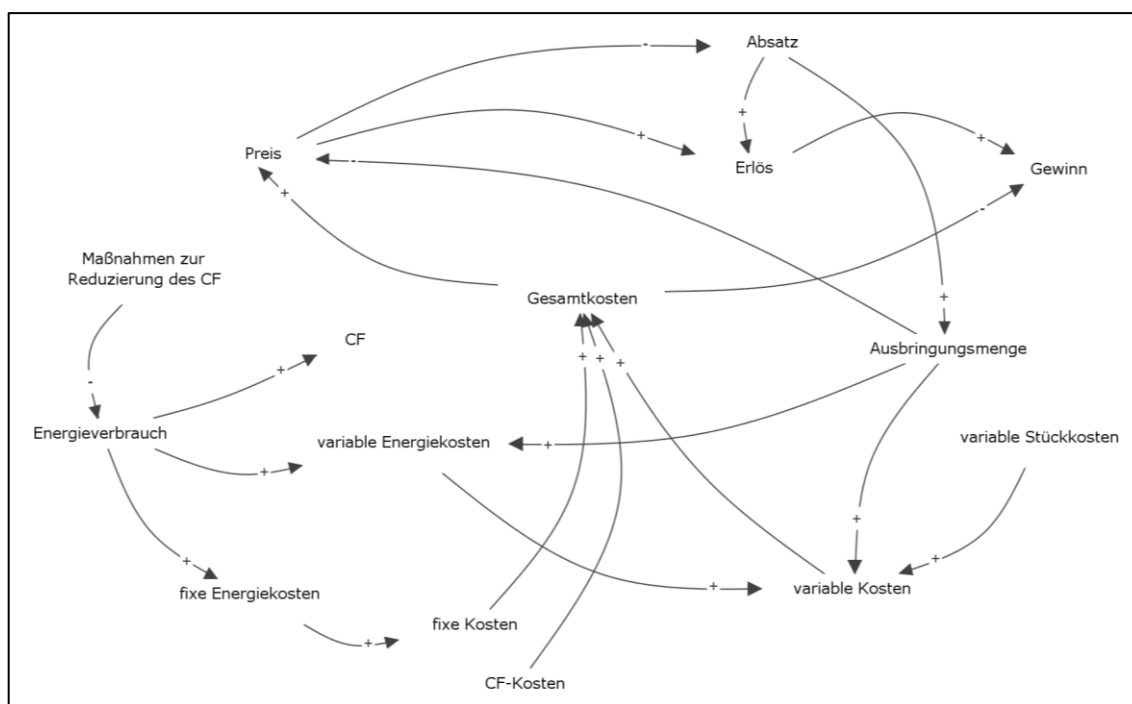


Abbildung 12: Ursache-Wirkungs-Diagramm 3⁴

Um Auswirkungen auf die Umwelt zu verhindern, liegt der Fokus beim CF in der Bestrebung der Unternehmen, klimawirksame THG-Emissionen zu reduzieren.⁵ Die Reduzierung von THG-Emissionen werden üblicherweise durch einen geringen Ressourcen- und Energieverbrauch erreicht, indem z. B. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ergriffen werden.⁶ Daher wird unterstellt, dass die Maßnahmen zur Reduzierung des CF Maßnahmen zur Senkung des Energiever-

¹ Vgl. SIMON/FASSNACHT (2009), S. 93. Wie stark eine Preisänderung zu einer Änderung der abgesetzten Menge führt, lässt sich anhand der Preiselastizität bestimmen. Vgl. HUTZSCHENREUTER (2009), S. 183; SIMON/FASSNACHT (2009), S. 94 f.

² Diese Ursache-Wirkungs-Beziehung stellt den üblichen Zusammenhang zwischen dem Preis und der Absatzmenge dar. Hiervon abweichende Verläufe, die z. B. durch den Snob-Effekt auftreten können, werden hier ausgeschlossen. Vgl. BUSCH/FUCHS/UNGER (2008), S. 275 ff.

³ Vgl. STELLING (2009), S. 117.

⁴ Eigene Darstellung.

⁵ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 77.

⁶ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

brauchs beinhalten¹ und somit zu einer Senkung des Energieverbrauchs im Unternehmen und der SC führen und dies wiederum eine Reduzierung des CF zur Folge hat.² Demnach wird angenommen, dass zwischen dem Energieverbrauch und dem CF eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung vorliegt.³

Energiekosten sind sog. Mischkosten,⁴ d. h., sie enthalten sowohl fixe als auch variable Kostenbestandteile.⁵ Daher wird in der Abbildung 12 zwischen fixen und variablen Energiekosten unterschieden. Durch den Verbrauch von Energie werden Energiekosten verursacht.⁶ Folglich liegt zwischen dem Energieverbrauch und den fixen bzw. den variablen Energiekosten eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung vor. Da sich variable Kosten bei einem Anstieg der Ausbringungsmenge erhöhen,⁷ liegt hier zwischen der Ausbringungsmenge und den variablen Energiekosten eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung vor.

Ferner wird davon ausgegangen, dass eine Steigerung der fixen Energiekosten zu einer Steigerung der fixen Kosten in einem Unternehmen führt und eine Steigerung der variablen Energiekosten eine Steigerung der variablen Kosten zur Folge hat.⁸

Variable Kosten stellen das Produkt aus variablen Stückkosten und der Ausbringungsmenge dar.⁹ Daher haben diese beiden Größen eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung zu den variablen Kosten eines Unternehmens. Die Gesamtkosten werden gebildet, indem die variablen Kosten und die fixen Kosten addiert werden.¹⁰ Demnach führt sowohl eine Erhöhung von fixen als auch von variablen Kosten zu einer Steigerung der Gesamtkosten.¹¹

Der Preis wird hier kostenorientiert bestimmt, indem ein Gewinnzuschlag auf die Selbstkosten hinzuaddiert wird.¹² Die Selbstkosten einer Produkteinheit werden durch eine Division der Gesamtkosten durch die Ausbringungsmenge einer Periode ermittelt.¹³ Folglich führen eine Erhöhung der Gesamtkosten und eine Verringerung der Ausbringungsmenge zu einer Erhöhung des Preises.¹⁴

¹ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78. Unterschiedliche Arten von Energie, die in Industrieunternehmen zum Einsatz kommen, sind u. a. Wärme-Energie (z. B. Dampf) und elektrische Energie (Strom). Vgl. HOITSCH/LINGNAU (2007), S. 118 f.

² Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

³ Die Menge an THG-Emissionen ist vom Energieverbrauch abhängig. Auf der Grundlage der Definition des CF lässt sich schlussfolgern, dass auch die Höhe des CF vom Energieverbrauch abhängt. Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78; EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

⁴ Vgl. HAAS (2000), S. 59.

⁵ Vgl. STEGER (2010), S. 129; HAAS (2000), S. 59. Als ein Beispiel für den fixen Anteil von Energiekosten kann der leistungsunabhängige Energieverbrauch der Beleuchtung genannt werden. Vgl. FRIEDL (2010), S. 454.

⁶ Vgl. SCHUSTER (2002), S. 91.

⁷ Vgl. WALTER/WÜNSCHE (2005), S. 60.

⁸ Vgl. STEGER (2010), S. 129; HAAS (2000), S. 59.

⁹ Vgl. OTT (2011), S. 37.

¹⁰ Vgl. FANDEL/FEY/HEUFT ET AL. (2009), S. 19 f.

¹¹ Vgl. FANDEL/FEY/HEUFT ET AL. (2009), S. 19 f.

¹² Vgl. BRECHT (2005), S. 70.

¹³ Vgl. OSSADNIK (2008), S. 183 f.

¹⁴ Vgl. OSSADNIK (2008), S. 183 f. Wobei hier unterstellt wird, dass keine Änderung am Gewinnzuschlag vorgenommen wird.

Ferner wird hier die Annahme getroffen, dass zwischen dem Absatz und der Ausbringungsmenge eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung vorliegt. Es wird unterstellt, dass eine Steigerung des Absatzes ein Unternehmen dazu veranlasst, die Ausbringungsmenge ebenfalls zu erhöhen, um die Nachfrage der Kunden auch zukünftig befriedigen zu können.¹

Der Gewinn ergibt sich durch die Subtraktion der Gesamtkosten vom Erlös.² Daher handelt es sich zwischen den Gesamtkosten und dem Gewinn um eine negative Ursache-Wirkungs-Beziehung³ und zwischen dem Erlös und dem Gewinn, um eine positive Ursache-Wirkungs-Beziehung.

Die in diesem Kapitel aufgestellten und erläuterten Annahmen sind in der Abbildung 13 zusammengeführt und in Form eines Feedback-Diagramms dargestellt.

¹ Eigene Annahme.

² Vgl. PINDYCK/RUBINFELD (2009), S. 366.

³ Vgl. STROHHECKER/FISCHER (2008), S. 77.

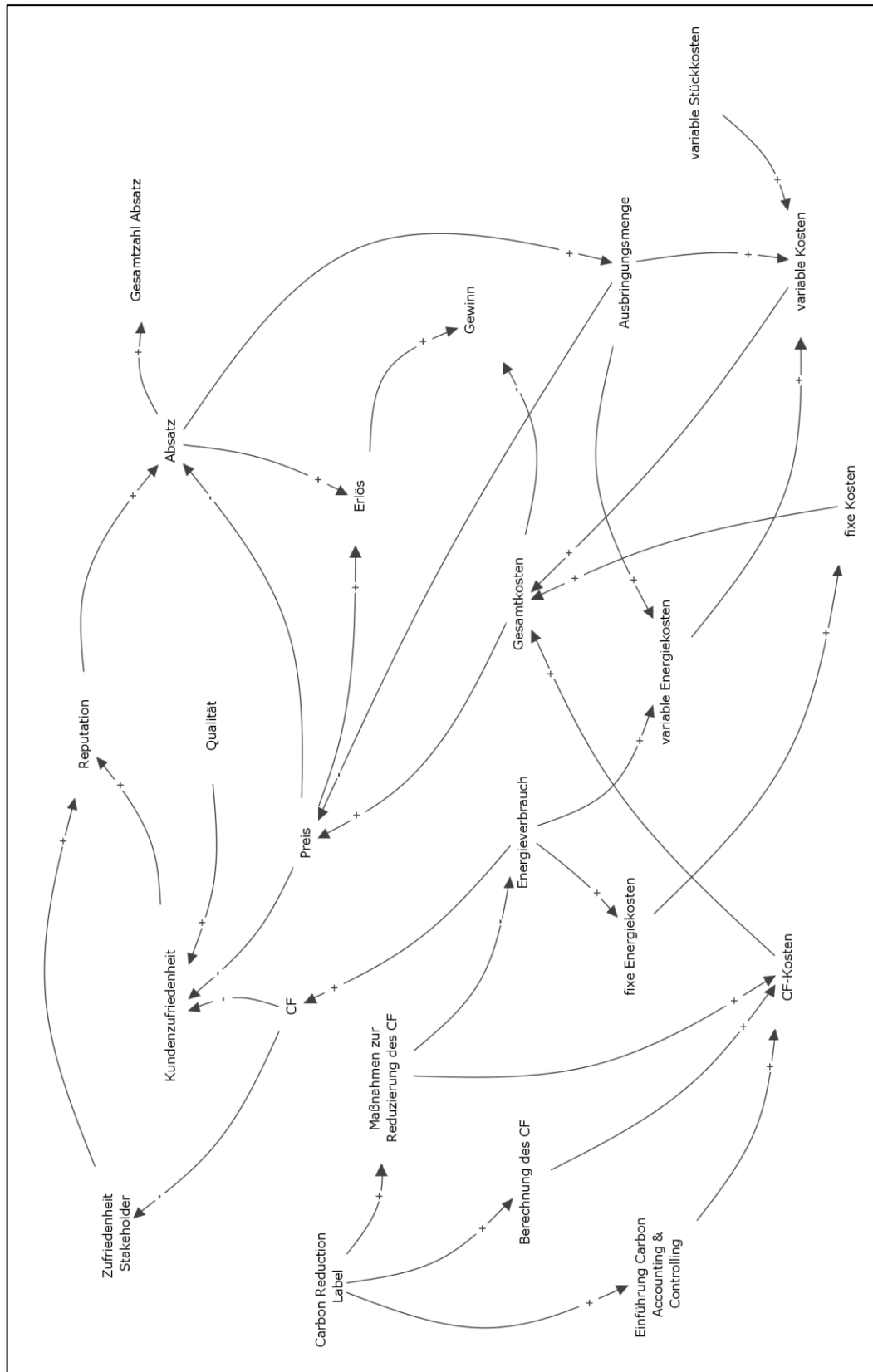


Abbildung 13: Darstellung des konstruierten Feedback-Diagramms¹

¹ Eigene Darstellung.

5.3 Simulationsexperiment

5.3.1 Entwicklung eines Simulationsmodells

In diesem Kapitel wird das Feedback-Diagramm (siehe Abbildung 13) in ein Bestands- und Flussgrößen-Diagramm überführt. Hierzu wird zunächst festgelegt, welche der oben aufgeführten Größen Bestandsgrößen sind.¹ Alle weiteren Größen werden durch die CONSIDEO MODELER Software in den richtigen Typ überführt. Hierbei wird neben Bestands- und Flussgrößen noch zwischen Informations- und Inputgrößen unterschieden. Dabei sind Bestandsgrößen mit einem balkenähnlichen Symbol (■), Flussgrößen mit einem Wasserhahn (⚗) und Informationsgrößen mit einem Kompass (⊗) gekennzeichnet. Handelt es sich bei Inputgrößen um Wertereihen, so werden diese mit einem Graphen (↗) symbolisiert. Liegen konstante Werte vor, so findet das Symbol f(x) Verwendung.²

Informationsgrößen werden hier im Sinne von Hilfsgrößen verstanden.³ Hilfsgrößen werden in einem System als Hilfsmittel verwendet und können z. B. in Form von Zwischengrößen, die sich mathematisch berechnen lassen,⁴ oder als Zählgrößen auftreten.⁵ Konstanten werden bei Berechnungen, die im zugrundeliegenden Modell durchgeführt werden, nicht verändert.⁶ Als Inputgrößen können auch Wertereihen verwendet werden, die durch die Benutzung von Graphen festgelegt werden können.⁷ Hierbei kann mithilfe der Eingabe eines bestimmten Wertes in einer Tabelle eine Skalierung vorgenommen werden.⁸ Weiterhin ist es durch die CONSIDEO MODELER Software möglich, zwischen zwei Größen eine Wertebeziehung festzulegen.⁹ Hierzu wird durch die Eingabe einer Gleichung in einem sog. Formeleditor festgelegt, in welcher Abhängigkeit eine bestimmte Größe zu anderen Größen steht.¹⁰ Mithilfe des Feldes „Benutze Wertebeziehung“ der Software ist es dann möglich, Wertepaare und damit auch einen Wertebereich zu definieren sowie durch die Verwendung eines Graphen den Abhängigkeitsverlauf von Größen darzustellen.¹¹ Formeln werden für bestimmte Größen in den zugehörigen Eigenschaftsfenstern eingefügt.¹² Dabei werden alle Größen, die mit einer bestimmten Größe in einer Beziehung stehen, abgebildet und sind in der entsprechen-

¹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 25. Der folgende Abschnitt bezieht sich auf diese Quelle.

² Vgl. NEUMANN (2010), S. 25.

³ Eigene Annahme.

⁴ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 120.

⁵ Vgl. SCHÖNEBORN (2004), S. 32.

⁶ Vgl. SCHÖNEBORN (2004), S. 32.

⁷ Vgl. NEUMANN (2010), S. 26.

⁸ Vgl. NEUMANN (2010), S. 26.

⁹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

¹⁰ Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

¹¹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

¹² Vgl. NEUMANN (2010), S. 27.

den Formel zu berücksichtigen.¹ In dem Eingabefeld „Beschreiben“ im Arbeitsbereich der Software werden der Zeitraum und die Zeiteinheiten (also die Schrittweite) der Simulation festgelegt.² Die Abbildung 14 stellt die Ursache-Wirkungs-Beziehungen in einem Bestands- und Flussgrößen-Diagramm dar.³

¹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 27.

² Vgl. NEUMANN (2010), S. 25. Hinsichtlich weiterer Ausführungen zum Einsatz der CONSIDEO-MODELER-Software im Rahmen von System Dynamics vgl. NEUMANN (2010), S. 25 ff.

³ In diesem Bestands- und Flussgrößen-Diagramm sind zusätzlich die Größen „Normierungsgröße“, „Grad der Umsetzung“ und „Anfangsmenge“ sowie Verzögerungen enthalten, die im weiteren Verlauf der Arbeit erläutert werden.

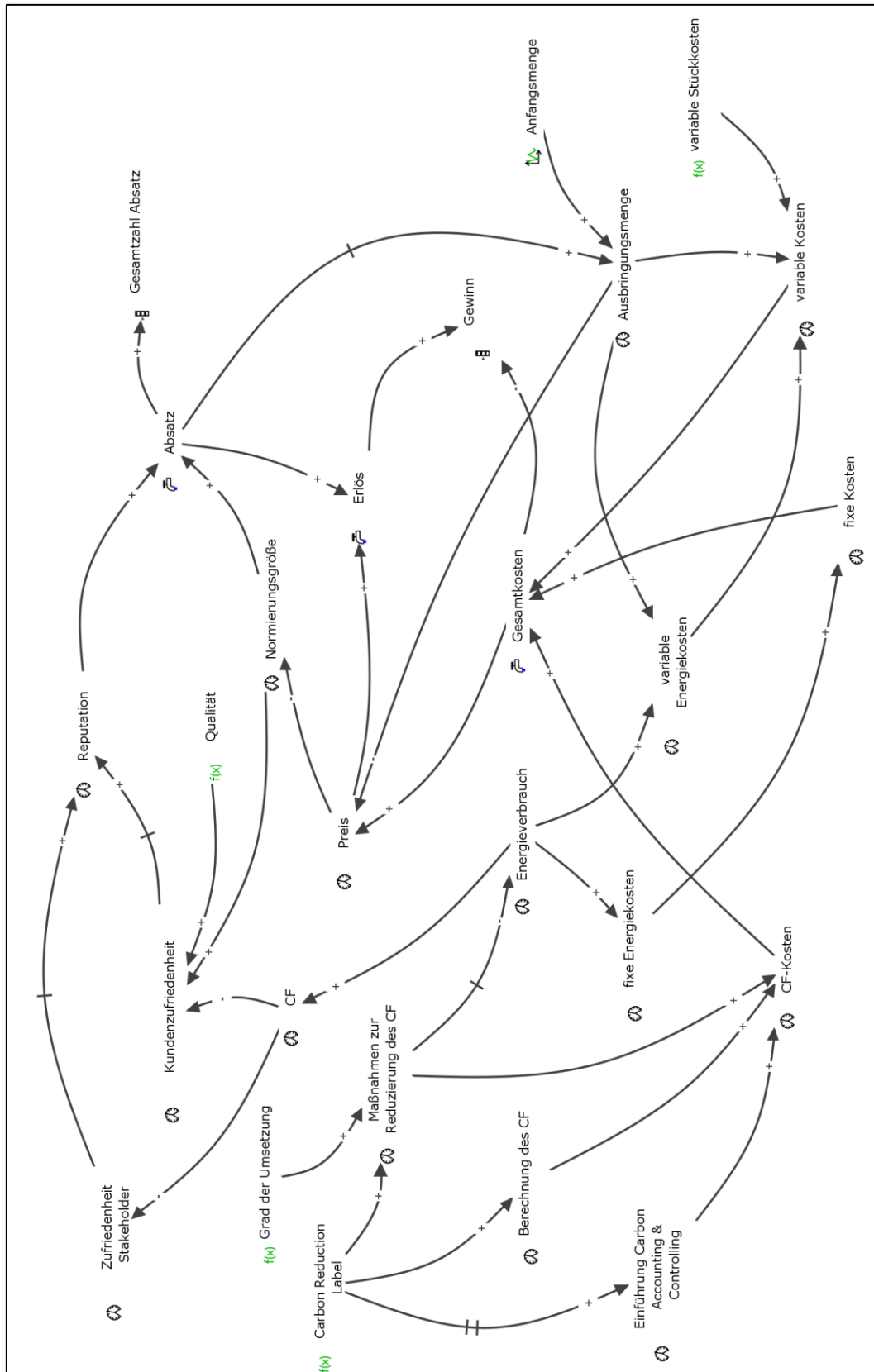


Abbildung 14: Darstellung des Bestands- und Flussgrößen-Diagramms¹

Zur Entwicklung eines Simulationsmodells wird hier ein fiktives Unternehmen zugrunde gelegt, das T-Shirts herstellt und Mitglied einer SC ist. Es wird unterstellt, dass dieses Unternehmen als Produ-

¹ Eigene Darstellung.

zent tätig ist und die für die Produktion erforderlichen Rohstoffe von Lieferanten bezieht. Das Produkt (T-Shirts) wird über Einzelhändler an die Kunden abgesetzt. Die im Folgenden angenommenen Werte stellen lediglich fiktive Werte dar.

Es wird ein Zeitraum von 2 Jahren (von 10.2011 bis einschließlich 09.2013) betrachtet und als Zeiteinheiten werden Monate festgelegt. Durch die in der Abbildung 14 verwendeten Symbole wird verdeutlicht, ob es sich bei den Größen um Bestands-, Fluss-, Informations- oder Inputgrößen handelt.¹ Durch die Wahl der Bestandsgrößen des Modells sind die übrigen Größen durch die CONSIDERO MODELER Software automatisch in die entsprechenden Typen überführt.² Da Flussgrößen die Veränderungen von Bestandsgrößen verursachen,³ sind hier die Größen „Erlös“, „Gesamtkosten“ und „Absatz“ als Flussgrößen definiert.

An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass sog. „weiche“ Größen (wie z. B. die Kundenzufriedenheit)⁴ nur beschränkt erfasst und hinsichtlich ihrer Ursache-Wirkungs-Beziehungen quantitativ bestimmt werden können.⁵ Zur Messung dieser Größen in einem quantitativen Modell kann jedoch ein denkbarer minimaler und ein maximaler Wert prozentual festgelegt werden.⁶ So kann z. B. die 0 als minimaler Wert und die 1 als ein maximaler Wert definiert und somit eine ordinale Skalierung ermöglicht werden.⁷ Des Weiteren sind alle „weichen“ Größen dimensionslos.⁸

Im Folgenden werden die einzelnen Größen der Abbildung 14 quantifiziert und kurz erläutert. Am Anfang jedes Abschnitts wird zusätzlich zur Bezeichnung der Größe die entsprechende Einheit angegeben. Mit Ausnahme der Einheiten der Bestandsgrößen werden alle nachfolgenden Einheiten pro Monat betrachtet, da als Zeiteinheit Monat festgelegt wird.

Carbon Reduction Label [UNDIM]

Diese Größe bildet die Einführung des Carbon Reduction Labels für das fiktive Unternehmen ab. Es stellt hier eine Konstante dar, die entweder den Wert 0 oder den Wert 1 annehmen soll. Wird der Wert 1 angegeben, so wird unterstellt, dass das Carbon Reduction Label eingeführt wird. Bei dem Wert 0 hingegen wird keine Einführung seitens des Unternehmens vorgenommen.

¹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 25.

² Vgl. NEUMANN (2010), S. 25.

³ Vgl. BOBRIK/TRIER (2007), S. 120.

⁴ Vgl. NEUMANN (2010), S. 73.

⁵ Vgl. BALDEWEG (2006), S. 135.

⁶ Vgl. NEUMANN (2010), S. 73.

⁷ Vgl. GROSSMANN (2003), S. 39. Diese Herangehensweise wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit zur Quantifizierung von bestimmten Größen verwendet. Dies trifft hier insbesondere auf „weiche“ Größen zu. Denn „weiche“ Größen und ihre Ursache-Wirkungs-Beziehungen lassen sich nicht in Form einer kardinalen Skalierung bestimmen. Vgl. BALDEWEG (2006), S. 135 f.

⁸ Vgl. GROSSMANN (2003), S. 39. Größen, die in der vorliegenden Arbeit dimensionslos sind, also keine Einheiten haben, erhalten die Abkürzung UNDIM.

Einführung Carbon Accounting & Controlling [UNDIM]

Da diese Größe in einer Ursache-Wirkungs-Beziehung zu der Größe „Carbon Reduction Label“ steht und somit mit dieser verbunden ist, ist die Größe „Carbon Reduction Label“ in der Formel für die hier vorliegende Größe zu berücksichtigen.¹ In dem Formeleditor dieser Größe ist lediglich „Carbon Reduction Label“ einzugeben. Demnach wird hier folgende Formel zugrunde gelegt:

$$\text{Einführung Carbon Accounting \& Controlling} = [\text{Carbon Reduction Label}]^2$$

Demnach nimmt diese Größe in Abhängigkeit von der Größe „Carbon Reduction Label“ entweder den Wert 0 oder 1 an. Diese Formel bringt zum Ausdruck, dass das fiktive Unternehmen nur bei einer Einführung des Carbon Reduction Labels ein Carbon Accounting und Controlling einführt. Es wird angenommen, dass bei dieser Ursache-Wirkungs-Beziehung eine Verzögerung³ von 6 Monaten vorliegt.⁴

Grad der Umsetzung [UNDIM]

Durch diese Konstante soll festgelegt werden, wie stark die Maßnahmen, die in dem fiktiven Unternehmen zur Reduzierung des CF getroffen werden, umgesetzt werden. Der Wert kann hier zwischen 0 und 1 liegen, wobei 0 zum Ausdruck bringt, dass von dem Unternehmen keine Maßnahmen, und 1 hingegen, dass entsprechende Maßnahmen gänzlich umgesetzt werden. Als Wert wird hier 0,6 unterstellt.

Berechnung des CF [UNDIM]

Diese Informationsgröße ist abhängig von der Ursache „Carbon Reduction Label“. Die zugehörige Formel lautet:

$$\text{Berechnung des CF} = [\text{Carbon Reduction Label}]$$

Hiermit wird zum Ausdruck gebracht, dass ohne die Einführung des Carbon Reduction Labels⁵ das Unternehmen keine Berechnung des CF durchführen ließe. Für den Fall, dass das Unternehmen das Carbon Reduction Label einführt, wird angenommen, dass die Berechnung durch ein externes Beratungsunternehmen vorgenommen wird.⁶ Der Wert dieser Größe kann aufgrund der hier zugrunde liegenden Formel entweder 0 oder 1 betragen.

¹ Vgl. NEUMANN (2010), S. 27.

² Die Darstellungsweise von Formeln in der vorliegenden Arbeit ist so gewählt, dass sie der Eingabe im Formeleditor der hier benutzten Software entspricht. Daher sind die Größen in einer Formel und die entsprechenden Einheiten mit eckigen Klammern umschlossen, da diese durch die Software automatisch generiert werden.

³ Verzögerungen können über die Verbindungseigenschaften zwischen zwei Größen bestimmt werden. Vgl. NEUMANN (2010), S. 25.

⁴ Denn es wird unterstellt, dass es in einem Unternehmen eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, bis eine solche Abteilung aufgebaut ist und die Mitarbeiter eingearbeitet sind.

⁵ Also für den Fall, dass der Wert vom „Carbon Reduction Label“ 0 ist.

⁶ Vgl. KRANKE (2008), S. 16. Denn die Bestimmung der THG-Emissionen eines Produktes, die außerhalb des Produktionsbereichs eines Unternehmens liegen, erfordert Fachwissen. Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 95.

Maßnahmen zur Reduzierung des CF [UNDIM]

Diese Größe ist abhängig vom „Grad der Umsetzung“ und vom „Carbon Reduction Label“. Die Formel lautet daher:

$$\text{Maßnahmen zur Reduzierung des CF} = [\text{Grad der Umsetzung}] * [\text{Carbon Reduction Label}]$$

Wird kein Carbon Reduction Label eingeführt, so hat das zur Folge, dass keine Maßnahmen zur Reduzierung des CF unternommen werden. In diesem Fall würde der Wert dieser Größe bei 0 liegen. Bei einer Einführung hingegen kann der Wert dieser Größe in Abhängigkeit vom Umsetzungsgrad zwischen 0 und 1 liegen. Da für den Umsetzungsgrad ein Wert von 0,6 unterstellt worden ist, liegt der Wert dieser Größe im Fall einer Einführung des Carbon Reduction Labels ebenfalls bei 0,6.

CF-Kosten [Euro]

Die zugehörige Formel, die dieser Größe unterstellt wird, lautet:

$$\text{CF-Kosten} = ([\text{Maßnahmen zur Reduzierung des CF}] * 30.000 + [\text{Berechnung des CF}] * 50.000 + [\text{Einführung Carbon Accounting \& Controlling}] * 10.000) / 24$$

Die CF-Kosten setzen sich aus den Größen „Maßnahmen zur Reduzierung des CF“, „Berechnung des CF“ und „Einführung des Carbon Accounting & Controlling“ zusammen. Es wird unterstellt, dass die Kosten, die für die Maßnahmen zur Reduzierung des CF anfallen, maximal 30.000 Euro betragen. Nimmt die Größe „Maßnahmen zur Reduzierung des CF“ beispielsweise den Wert 0,5 an, so betragen die zugehörigen Kosten 15.000 Euro. Zudem wird angenommen, dass die Berechnung des CF durch ein externes Beratungsunternehmen Kosten i. H. v. 50.000 Euro¹ und die Einführung eines Carbon Accountings und Controllings Kosten i. H. v. 10.000 Euro verursachen. Die anfallenden Kosten werden durch 24 geteilt, um diese auf die einzelnen Monate des Simulationszeitraums von 2 Jahren, d. h. 24 Monaten zu verteilen.

Energieverbrauch [UNDIM]

Der Energieverbrauch des Unternehmens kann hier einen maximalen Wert von 1 annehmen. Es wird die Annahme getroffen, dass der maximale Wert 1 den Energieverbrauch wiedergibt, den das Unternehmen haben würde, falls es keine Maßnahmen zur Reduzierung des CF ergreifen würde. Dabei wird unterstellt, dass ein Energieverbrauch von mindestens 0,6 erforderlich ist, um die Herstellung von T-Shirts überhaupt zu ermöglichen. Die Formel für den Energieverbrauch des Unternehmens lautet:

$$\text{Energieverbrauch} = 0,6 + 0,4 * (1 - [\text{Maßnahmen zur Reduzierung des CF}])$$

¹ So verursacht die Ermittlung des CF eines Produktes durch Beratungsunternehmen Kosten zwischen 30.000 und 70.000 Euro. Vgl. KRANKE (2008), S. 16.

Hierdurch soll zum Ausdruck gebracht werden, dass mit einer Zunahme der Größe „Maßnahmen zur Reduzierung des CF“ ein niedrigerer Energieverbrauch verbunden ist. Allerdings kann der Energieverbrauch i. H. v. 0,6 nicht unterschritten werden. Ferner enthält die Größe „Maßnahmen zur Reduzierung des CF“ eine Verzögerung¹ von 2 Monaten, da hier unterstellt wird, dass das Unternehmen diese Zeit benötigt, bis die Maßnahmen festgelegt und umgesetzt werden.

CF [UNDIM/Stück]

Da der CF vom Energieverbrauch abhängig ist,² wird folgende Wertebeziehung zwischen diesen beiden Größen unterstellt:

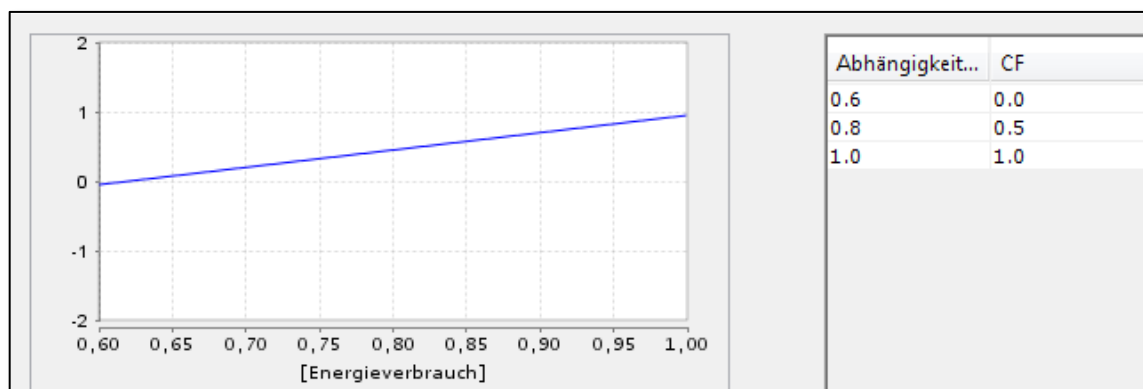


Abbildung 15: Wertebeziehung zwischen Energieverbrauch und CF³

Die Abbildung enthält auf der rechten Seite eine Tabelle mit den jeweiligen Werten der Größen. Die linke Spalte enthält die Wertereihe des Energieverbrauchs. In der rechten Spalte sind die Werte des CF eines T-Shirts in Abhängigkeit vom Energieverbrauch abgebildet. Der Wert des CF kann hier einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Wert von 1 wird unterstellt, dass der CF eines T-Shirts 7 Kilogramm CO₂ beträgt.⁴ Bei einem Wert von 0 wird angenommen, dass es dem fiktiven Unternehmen und dessen SC-Partnern gelungen ist, den CF auf maximal 4,5 Kilogramm CO₂ zu reduzieren.⁵ In der Wertebeziehung in Abbildung 15 ist zwar die Abhängigkeit des CF vom

¹ Verzögerungen von bis zu zwei Monaten werden hier mit nur einem Strich auf dem Verbindungspfeil symbolisiert. Vgl. NEUMANN (2010), S. 16.

² Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

³ Eigene Darstellung. Diese und die nachfolgenden Abbildungen sind mithilfe der Software CONSIDERO MODELER erstellt worden und werden anhand von Screenshots dargestellt. Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

⁴ Vgl. ARRETZ (2008), S. 227. Ein T-Shirt, welches in Asien produziert wird, hat ungefähr einen CF von 7 Kilogramm CO₂. Diese Berechnung umfasst die Menge an CO₂, die vom Rohstoffanbau (Baumwolle) bis zum Point of Sale ausgestoßen wird, und schließt somit die Nutzungsphase durch den Kunden nicht mit ein. Vgl. ARRETZ (2008), S. 227.

⁵ Hierdurch soll zum Ausdruck gebracht werden, dass der CF nur bis zu einem bestimmten Grad reduziert werden kann. Denn es ist nicht denkbar, dass eine SC die Nachfrage nach T-Shirts befriedigen kann, ohne THG-Emissionen zu verursachen.

Energieverbrauch des Unternehmens abgebildet, jedoch ist die Höhe des CF auch von den Aktivitäten der übrigen SC-Akteure abhängig.¹

Zufriedenheit Stakeholder [UNDIM]

Folgende Formel wird für diese Größe unterstellt:

$$\text{Zufriedenheit Stakeholder} = 1 - 0,2 * [CF]$$

Bei dieser Größe wird angenommen, dass die Zufriedenheit der Stakeholder des Unternehmens bei einem CF von 1 bei 0,8 liegt. Je näher der Wert dieser Größe sich dem maximalen Wert 1 annähert, desto größer ist die Zufriedenheit der Stakeholder. Demnach ist die Zufriedenheit der Stakeholder umso größer, je stärker der CF reduziert wird.

Kundenzufriedenheit [UNDIM]

Die Kundenzufriedenheit ist annahmegemäß abhängig von den Größen „CF“, „Preis“² und „Qualität“³. Es wird unterstellt, dass die Größe „Qualität“ einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen kann. Der minimale Wert 0 drückt aus, dass die Qualität der T-Shirts gering ist. Es wird angenommen, dass bei einem steigenden Wert die Qualität der T-Shirts steigt. Die Qualität wird als eine Konstante angenommen, wobei der Wert hier bei 0,7 festgelegt wird.

Die für die Kundenzufriedenheit entsprechende Formel lautet:

$$\text{Kundenzufriedenheit} = 0,2 + 0,4 * [\text{Qualität}] - 0,2 * [CF] + 0,4 * [\text{Normierungsgröße}]$$

Der Einfluss der einzelnen Größen auf die Kundenzufriedenheit wird durch eine (intuitive) Gewichtung vorgenommen. Es wird unterstellt, dass die Qualität mit 40 %, der CF mit 20 % und der Preis mit 40 % in die Kundenzufriedenheit einfließen. Durch den Wert 0,2 am Anfang der Formel soll sichergestellt werden, dass die Kundenzufriedenheit keinen Wert kleiner als 0 annimmt,⁴ da hier unterstellt wird, dass der Wert 0 die Unzufriedenheit der Kunden zum Ausdruck bringt.

Da der Preis eines T-Shirts die Einheit [EURO/Stück] besitzt und die anderen Größen dimensionslos sind, ergibt sich eine Inkonsistenz hinsichtlich der Einheiten.⁵ Um dieses Problem zu lösen, wird hier mithilfe einer „Normierungsgröße“ die Einheit des Preises „aufgelöst“. Hierzu wird eine Wertbeziehung zwischen dem Preis einer Produkteinheit und der Normierungsgröße festgelegt, sodass der Preis in [Euro/Stück] einen Wert zwischen 0 und 1 annimmt.⁶ Die Abbildung 16 stellt die Wertbeziehung dar.

¹ Dies lässt sich aus der Definition des CF schlussfolgern. So kann z. B. der Transport die Höhe des CF maßgeblich beeinflussen. Vgl. ARRETZ (2008), S. 227; EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

² Vgl. HINTERHUBER (2009), S. 503.

³ Vgl. SCHARNBACHER/KIEFER (2003), S. 13.

⁴ Also für den Fall, dass für die Qualität der Wert 0 angegeben wird, die „Normierungsgröße“ ebenfalls den Wert 0 annehmen würde und der CF einen Wert 1 hat.

⁵ Vgl. STERMAN (2004), S. 103.

⁶ Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

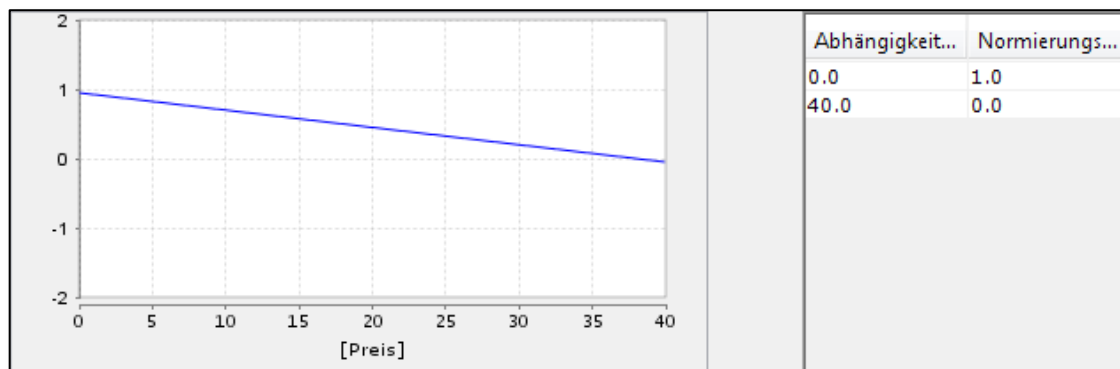


Abbildung 16: Wertebeziehung zwischen Preis und Normierungsgröße¹

Je stärker sich die Normierungsgröße dem maximalen Wert 1 nähert, desto zufriedener sind die Kunden, da dies eine Preissenkung darstellt.² Die negative Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen dem CF und der Kundenzufriedenheit wird in der Formel durch einen Subtraktionsoperator berücksichtigt.

Reputation [UNDIM]

Für die Reputation des fiktiven Unternehmens wird hier vereinfachend folgende Formel angenommen:

$$\text{Reputation} = 0,7 * [\text{Kundenzufriedenheit}] + 0,3 * [\text{Zufriedenheit Stakeholder}]$$

Es wird unterstellt, dass die Kundenzufriedenheit mit 70 % und die Zufriedenheit der Stakeholder mit 30 % gewichtet sind. Ferner enthalten sowohl die Kundenzufriedenheit als auch die Zufriedenheit der Stakeholder als Ursachen jeweils eine Verzögerung von einem Monat.³

Preis [Euro/Stück]

Der Preis eines T-Shirts wird hier wie folgt bestimmt:

$$\text{Preis} = ([\text{Gesamtkosten}] / [\text{Ausbringungsmenge}]) + 5$$

Der Preis wird ermittelt, indem die monatlichen Gesamtkosten durch die Ausbringungsmenge dividiert werden und ein Gewinnzuschlag von 5 Euro hinzuaddiert wird.⁴

¹ Eigene Darstellung.

² Vgl. HINTERHUBER (2009), S. 502 f.

³ Hier wird angenommen, dass eine bestimmte Zeit verstreicht, bis die Kundenzufriedenheit und die Zufriedenheit der Stakeholder sich verbreiten und somit die Reputation des Unternehmens beeinflussen.

⁴ Vgl. BRECHT (2005), S. 70.

Gesamtkosten [Euro]

Die monatlichen Gesamtkosten des Unternehmens werden als Flussgröße wie folgt errechnet:

$$\text{Gesamtkosten} = [\text{fixe Kosten}] + [\text{variable Kosten}]^1 + [\text{CF-Kosten}]$$

Hier wird angenommen, dass die CF-Kosten, die dem fiktiven Unternehmen durch die Einführung des Carbon Reduction Labels anfallen, pauschal in den Gesamtkosten enthalten sind.

fixe Kosten [Euro]

Es wird angenommen, dass die fixen Kosten des Unternehmens ohne fixe Energiekosten 12.000 Euro pro Monat betragen. Unter Berücksichtigung der fixen Energiekosten lautet die Formel:

$$\text{fixe Kosten} = 12000 + [\text{fixe Energiekosten}]$$

variable Stückkosten [Euro/Stück]

Es wird hier die Annahme getroffen, dass die variablen Stückkosten eines T-Shirts einen konstanten Wert von 1,20 Euro haben.

variable Kosten [Euro]

Die variablen Kosten werden beeinflusst durch die Größen „variable Stückkosten“, „Ausbringungsmenge“² und „variable Energiekosten“. Die Formel lautet demnach:

$$\text{variable Kosten} = ([\text{variable Stückkosten}] * [\text{Ausbringungsmenge}])^3 + [\text{variable Energiekosten}]^4$$

Erlös [Euro]

Der monatliche Erlös des fiktiven Unternehmens ergibt sich durch die Multiplikation der Anzahl verkaufter T-Shirts pro Monat und dem Preis pro T-Shirt.⁵ Die zugehörige Formel lautet daher:

$$\text{Erlös} = [\text{Absatz}] * [\text{Preis}]^6$$

Gesamtzahl Absatz [Stück]

Da hier am Ende des Simulationszeitraums die gesamte Anzahl verkaufter T-Shirts betrachtet werden soll, wird diese Größe als eine Bestandsgröße festgelegt. Folgende Formel wird hier zugrunde gelegt:

$$\text{Gesamtzahl Absatz} = 0,0 + \int_0^{24} [\text{Absatz}] dt$$

¹ Vgl. FANDEL/FEY/HEUFT ET AL. (2009), S. 19 f.

² Vgl. OTT (2011), S. 37.

³ Vgl. OTT (2011), S. 37.

⁴ In dieser Formel wird unterstellt, dass die variablen Stückkosten keine variablen Energiekosten enthalten. Hierdurch soll eine doppelte Berücksichtigung der variablen Energiekosten ausgeschlossen werden. Die Größe „variable Energiekosten“ wird hier als Block zu den variablen Kosten hinzuaddiert.

⁵ Vgl. STELLING (2009), S. 117.

⁶ Vgl. STELLING (2009), S. 117.

Dabei erfolgt die Akkumulation des Absatzes über den festgelegten Simulationszeitraum von 24 Monaten.¹ Der Wert 0,0 stellt hier den Anfangsbestand des Absatzes dar.²

Gewinn [Euro]

Um erkennen zu können, wie hoch der Gewinn am Ende des Simulationszeitraums ist, wird diese Größe ebenfalls als Bestandsgröße definiert. Die Software generiert auf der Basis der Größen, die den Gewinn des Unternehmens beeinflussen, die Formel:

$$\text{Gewinn} = 0,0 + \int_0^{24} ([\text{Erlös}] - [\text{Gesamtkosten}])dt$$

Diese Formel gibt den Gewinn als eine Akkumulation der um die Gesamtkosten verminderten Erlöse über den Simulationszeitraum von 24 Monaten an.³ Dabei beträgt hier der Anfangsbestand ebenfalls 0,0.⁴

Ausbringungsmenge [Stück]

Es wird angenommen, dass die Ausbringungsmenge (also die Anzahl hergestellter T-Shirts) von einer Anfangsmenge an hergestellten T-Shirts und vom Absatz zuzüglich 500 weiterer Produkteinheiten abhängig ist.⁵ Die Anfangsmenge beträgt in den ersten beiden Monaten jeweils 5.000 Stück.⁶ Hierdurch soll sichergestellt werden, dass die Ausbringungsmenge in den ersten beiden Monaten nicht zu niedrig ist. Denn durch eine zu geringe Ausbringungsmenge würde sich in diesem Modell ein Preis ergeben, der die festgelegte Zahlungsbereitschaft der Kunden übersteigt. Dies hätte zur Folge, dass die Verkäufe 0 betragen und somit ein „negativer Gewinn“ (also Verlust) zustande kommen würde. Durch einen erhöhten Lagerbestand soll hier das Risiko reduziert werden, dass die Nachfrage in einer Periode nicht befriedigt werden kann.⁷ Die Formel lautet demnach:

$$\text{Ausbringungsmenge} = [\text{Anfangsmenge}] + 500 + [\text{Absatz}]$$

¹ Vgl. STERMAN (2004), S. 194 f.

² Vgl. STERMAN (2004), S. 195.

³ Vgl. STERMAN (2004), S. 194 f.

⁴ Vgl. STERMAN (2004), S. 195.

⁵ Hierdurch wird die Annahme getroffen, dass die Ausbringungsmenge nicht 0 betragen kann.

⁶ Die Anfangsmenge wird durch eine Wertereihe festgelegt. Dabei wird unterstellt, dass die Anfangsmenge in den ersten beiden Monaten des Simulationszeitraums jeweils 5000 Stück beträgt. In allen anderen Monaten enthält die Wertereihe die Anfangsmenge 0. Vgl. NEUMANN (2010), S. 26.

⁷ Vgl. THIEME (2006), S. 81. Denn ein zu niedriger Lagerbestand kann dazu führen, dass die Nachfrage nicht befriedigt werden kann und dadurch Fehlmengen entstehen. Vgl. STEVEN (2007), S. 195. Zum Zwecke der Vereinfachung werden die Lagermenge und die Lagerkosten in diesem systemdynamischen Modell außer Acht gelassen. Denn eine Berücksichtigung der Lagermenge und der damit verbundenen Kosten würde den Umfang des Modells noch zusätzlich erhöhen. Durch die Addition von 500 Produkteinheiten in der Ausbringungsmenge wird zudem sichergestellt, dass in der Formel für die Größe „Preis“ die Ausbringungsmenge als Nenner nicht den Wert 0 annimmt und die Formel somit gültig ist.

Damit das Unternehmen den Absatz eines Monats in der Ausbringungsmenge des nächst-en Monats berücksichtigen kann, enthält der Pfeil zwischen „Absatz“ und „Ausbringungsmenge“ eine Verzögerung von einem Monat.

Absatz [Stück]

Da der Absatz annahmegemäß sowohl von der Reputation des Unternehmens als auch vom Preis¹ in Form der „Normierungsgröße“ abhängig ist, sind diese beiden Größen in der nachfolgenden Formel enthalten.² Dabei wird die Reputation mit der Normierungsgröße multipliziert und eine Wertebeziehung zwischen diesem Produkt und dem Absatz formuliert. Hierdurch soll zum Ausdruck gebracht werden, dass gemäß den getroffenen Annahmen bei einer steigenden Reputation des Unternehmens und/oder bei einem sinkenden Preis³ der Absatz des fiktiven Unternehmens steigt. Da hier die Größe „Absatz“ vom Produkt aus der „Reputation“ und der „Normierungsgröße“ abhängt, nimmt diese Größe den Wert 0 an, falls die Normierungsgröße den Wert 0 besitzt.⁴

Folgende Wertebeziehung wird durch die Abbildung 17 unterstellt:

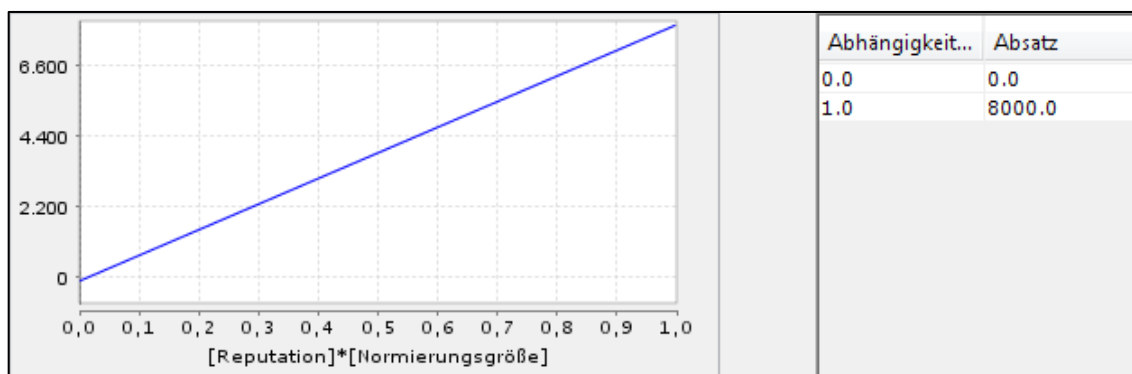


Abbildung 17: Wertebeziehung hinsichtlich des Absatzes⁵

Es wird hier die Annahme getroffen, dass maximal 8.000 T-Shirts im Monat verkauft werden können, falls das Produkt aus der „Reputation“ und der „Normierungsgröße“ den maximalen Wert 1 annimmt.⁶ Beträgt der Wert jedoch 0, so werden keine Produkte abgesetzt.

fixe Energiekosten [Euro]

Folgende Formel wird für die fixen Energiekosten des Unternehmens zugrunde gelegt:

$$\text{fixe Energiekosten} = 7.000 * [\text{Energieverbrauch}]$$

¹ Vgl. SIMON/FASSNACHT (2009), S. 93.

² Vgl. NEUMANN (2010), S. 27.

³ Ein sinkender Preis hat einen Anstieg der Normierungsgröße zur Folge.

⁴ Die Reputation kann in diesem Modell nicht den Wert 0 annehmen, da aus Gründen der Vereinfachung unterstellt wird, dass die Zufriedenheit der Stakeholder mindestens einen Wert i. H. v. 0,8 hat.

⁵ Eigene Darstellung. Vgl. NEUMANN (2010), S. 29.

⁶ Dieser Wert ergibt sich, falls die Größen „Reputation“ und „Normierungsgröße“ jeweils ihren maximalen Wert annehmen.

Die fixen Energiekosten des fiktiven Unternehmens können hier maximal 7.000 Euro betragen. Diese nähern sich dem maximalen Wert an, je höher der Energieverbrauch ist. Bei einem Energieverbrauch von z. B. 0,8 beträgt der Wert dieser Größe 5.600 Euro.

variable Energiekosten [Euro]

Für die Größe „variable Energiekosten“ wird folgende Formel zugrunde gelegt:

$$\text{variable Energiekosten} = 0,4 * [\text{Energieverbrauch}] * [\text{Ausbringungsmenge}]$$

Hierbei wird unterstellt, dass die variablen Energiekosten pro Produkteinheit in Abhängigkeit vom Energieverbrauch maximal 0,40 Euro betragen.¹ Durch die Multiplikation mit der Anzahl der hergestellten T-Shirts lassen sich die variablen Energiekosten bestimmen.

5.3.2 Validierung und Anwendung des Simulationsmodells

Zur Konstruktion eines validen Modells hat der Verfasser versucht, die hier festgelegten Ursache-Wirkungs-Beziehungen anhand von Literatur zu belegen und/oder durch plausible Argumentationen zu untermauern.² Zudem sind die Einheiten der Größen, die bei der Formulierung von Gleichungen festgelegt worden sind, soweit überprüft, dass keine Inkonsistenzen auftreten.³ Des Weiteren ist sowohl eine Simulation mit dem Wert 0 als auch eine Simulation mit dem Wert 1 für die Inputgrößen „Carbon Reduction Label“, „Grad der Umsetzung“ und „Qualität“ durchgeführt worden.⁴ Hierdurch soll sichergestellt werden, dass das Modell auch unter diesen (extremen) Bedingungen sinnvoll reagiert.⁵

Der CONSIDEO MODELER überprüft im Rahmen einer Simulation automatisch, ob gewisse Probleme im Modell vorhanden sind, und zeigt an, welche Größen noch zu bearbeiten sind.⁶

Durchführung der Simulation mit „Carbon Reduction Label“

In der Tabelle 1⁷ werden die Simulationsergebnisse für ausgewählte Größen des Modells abgebildet.

¹ D. h., bei einem Energieverbrauch des Unternehmens von 1 betragen die variablen Energiekosten pro T-Shirt 0,40 Euro.

² Vgl. hierzu Kapitel 5.2.

³ Vgl. STERMAN (2004), S. 103.

⁴ Vgl. hierzu die Tabellen im Anhang.

⁵ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 48; STERMAN (2004), S. 103. Für die Inputgröße „variable Stückkosten“ wird keine Simulation mit dem Wert 0 durchgeführt, da die Annahme getroffen wird, dass die Ausbringungsmenge nicht den Wert 0 annehmen kann. Die Herstellung von Produkten ohne eine Verursachung von Kosten ist nicht denkbar.

⁶ Vgl. NEUMANN (2010), S. 25. Allerdings werden nur bestimmte Fehler, wie z. B. das Fehlen einer Größe in einer Formel, aufgezeigt. Eine Überprüfung der Sinnhaftigkeit von Ursache-Wirkungs-Beziehungen und den formulierten Gleichungen kann nicht durch die Software vorgenommen werden. Vgl. NEUMANN (2010), S. 25.

⁷ Diese und die nachfolgenden Tabellen sind mithilfe der Software CONSIDEO MODELER erstellt worden und werden jeweils anhand eines Screenshots abgebildet.

Zeit	CF [[UNDIM]]	Kundenzufriedenheit [[UNDIM]]	Zufriedenheit Stakeholder [[UNDIM]]	Reputation [[UNDIM]]	Absatz [[STÜCK]/Monat]
10/2011	1,00	0,57	0,80	0,00	0,00
11/2011	1,00	0,57	0,80	0,64	3.778,92
12/2011	0,40	0,69	0,92	0,64	3.696,20
01/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.347,04
02/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.440,93
03/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.479,45
04/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.474,76
05/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.472,02
06/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,52
07/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,36
08/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,32
09/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
10/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
11/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
12/2012	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
01/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
02/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
03/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
04/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
05/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
06/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
07/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
08/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31
09/2013	0,40	0,69	0,92	0,76	4.471,31

Tabelle 1: Simulationsergebnisse 1¹

Der CF eines T-Shirts beträgt mit Ausnahme der ersten beiden Monate des Simulationszeitraums 0,4. Denn in den ersten beiden Monaten liegt keine Änderung des CF vor, da erst mit einer Verzögerung von 2 Monaten Maßnahmen zur Reduzierung CF getroffen werden und sich eine Reduzierung des Energieverbrauchs folglich erst nach dieser Zeit auf den CF auswirkt. Dies hat auch zur Folge, dass die Zufriedenheit der Stakeholder in den ersten beiden Monaten einen Wert von 0,8 hat. Die Kundenzufriedenheit nimmt ab der zweiten Periode einen Wert von 0,69 an. Aufgrund der getroffenen Annahme, dass die Zufriedenheit der Stakeholder und die Kundenzufriedenheit sich erst mit einer Verzögerung von einem Monat auf die Reputation auswirken, betragen die Reputation und somit auch der Absatz im ersten Monat 0.

In der Tabelle 2 sind die Simulationsergebnisse zu den CF-Kosten, zum Energieverbrauch, den Energiekosten sowie den Gesamtkosten aufgeführt.

¹ Eigene Darstellung.

Zeit	Energieverbrauch [[UNDIM]]	fixe Energiekosten [[Euro]]	variable Energiekosten [[Euro]]	CF-Kosten [[EURO]]	Gesamtkosten [[Euro]/Monat]
10/2011	1,00	7.000,00	2.200,00	2.833,33	30.633,33
11/2011	1,00	7.000,00	2.200,00	2.833,33	30.633,33
12/2011	0,76	5.320,00	1.300,79	2.833,33	26.588,83
01/2012	0,76	5.320,00	1.275,65	2.833,33	26.464,42
02/2012	0,76	5.320,00	1.473,50	2.833,33	27.443,28
03/2012	0,76	5.320,00	1.502,04	2.833,33	27.584,49
04/2012	0,76	5.320,00	1.513,75	3.250,00	28.059,09
05/2012	0,76	5.320,00	1.512,33	3.250,00	28.052,04
06/2012	0,76	5.320,00	1.511,50	3.250,00	28.047,92
07/2012	0,76	5.320,00	1.511,34	3.250,00	28.047,16
08/2012	0,76	5.320,00	1.511,29	3.250,00	28.046,92
09/2012	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,87
10/2012	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
11/2012	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
12/2012	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
01/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
02/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
03/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
04/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
05/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
06/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
07/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
08/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85
09/2013	0,76	5.320,00	1.511,28	3.250,00	28.046,85

Tabelle 2: Simulationsergebnisse 2¹

Nach einer Verzögerung von 2 Monaten führt der auf den Wert 0,76 reduzierte Energieverbrauch zu geringeren fixen und variablen Energiekosten als in den ersten beiden Monaten. Auch die Gesamtkosten sind im Vergleich zu den ersten beiden Monaten geringer. Die nicht konstanten Werte der Gesamtkosten und der variablen Energiekosten ergeben sich durch die Ursache-Wirkungs-Beziehungen und die auftretenden Verzögerungen, die unmittelbar und indirekt auf diese Größen Einfluss nehmen.² Da die Einführung eines Carbon Accountings und Controllings annahmegemäß 6 Monate in Anspruch nimmt, fallen die CF-Kosten in den ersten 6 Monaten jeweils geringer aus als in den Folgemonaten.

Da der Gewinn des Unternehmens in dem systemdynamischen Modell als Bestandsgröße definiert ist, stellt die Tabelle 3 den Gewinn als eine Akkumulation im Zeitverlauf dar.³

¹ Eigene Darstellung.

² Beispielsweise führt hier eine Erhöhung der Ausbringungsmenge sowohl direkt als auch über die Erhöhung der variablen Energiekosten zu höheren variablen Kosten, die wiederum die Gesamtkosten steigern. So ist die Ausbringungsmenge aufgrund der Anfangsmenge jeweils in den ersten beiden Monaten höher als in den restlichen Monaten und wirkt so auf die Gesamtkosten ein.

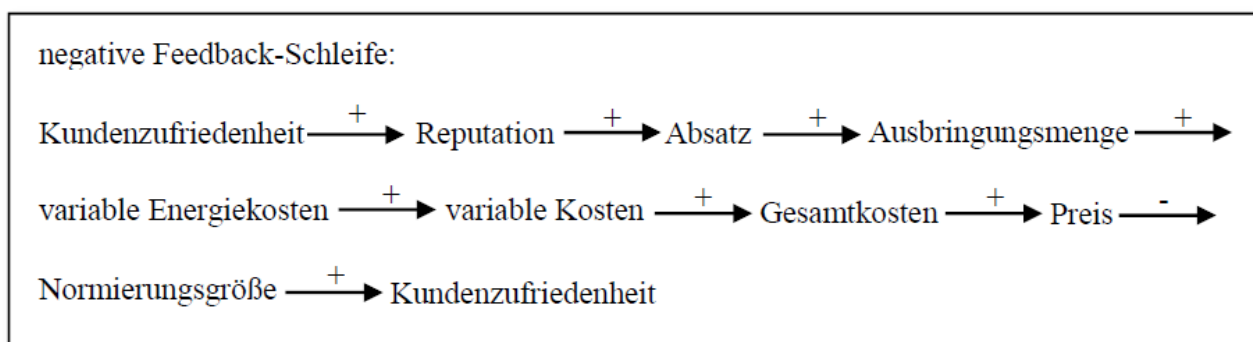
³ Vgl. STERMAN (2004), S. 194 f.

Zeit	fixe Kosten [[Euro]]	variable Kosten [[Euro]]	Preis [[EURO]/[STÜCK]]	Erlös [[Euro]/Monat]	Gewinn [[Euro]]
10/2011	19.000,00	8.800,00	10,57	0,00	0,00
11/2011	19.000,00	8.800,00	10,57	39.942,06	-30.633,33
12/2011	17.320,00	6.435,50	11,21	41.448,89	-21.324,60
01/2012	17.320,00	6.311,09	11,31	49.150,93	-6.464,54
02/2012	17.320,00	7.289,95	10,66	47.348,58	16.221,97
03/2012	17.320,00	7.431,16	10,58	47.405,35	36.127,26
04/2012	17.320,00	7.489,09	10,63	47.588,97	55.948,12
05/2012	17.320,00	7.482,04	10,64	47.577,29	75.478,01
06/2012	17.320,00	7.477,92	10,64	47.582,08	95.003,26
07/2012	17.320,00	7.477,16	10,64	47.582,28	114.537,41
08/2012	17.320,00	7.476,92	10,64	47.582,47	134.072,53
09/2012	17.320,00	7.476,87	10,64	47.582,50	153.608,08
10/2012	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,51	173.143,71
11/2012	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	192.679,38
12/2012	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	212.215,04
01/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	231.750,71
02/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	251.286,38
03/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	270.822,05
04/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	290.357,72
05/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	309.893,39
06/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	329.429,05
07/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	348.964,72
08/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	368.500,39
09/2013	17.320,00	7.476,85	10,64	47.582,52	388.036,06

Tabelle 3: Simulationsergebnisse 3¹

So ergibt sich z. B. nach dem ersten Monat ein Verlust i. H. v. 30.633,33 Euro, weil das Unternehmen einen Erlös von 0 Euro und Gesamtkosten von 30.633,33 Euro verursacht. Der kumulierte Gewinn am Ende des Simulationszeitraums beträgt 388.036,06 Euro.

Um ein besseres Verständnis über das Modellverhalten zu ermöglichen, wird in der Abbildung 18 die umfangreichste Feedback-Schleife, welche im Modell enthalten ist, dargestellt.

Abbildung 18: Zielsuchende Feedback-Schleife des konstruierten Modells²

Hier liegt eine negative Feedback-Schleife vor, da die Veränderungsrichtung nach dem Durchlaufen der Feedback-Schleife einer ursprünglichen Veränderung entgegengerichtet ist.³ Denn eine Steigerung der Kundenzufriedenheit führt nach einem Durchlauf der Feedback-Schleife zu einer Reduzierung der Kundenzufriedenheit.

¹ Eigene Darstellung.

² Eigene Darstellung.

³ Vgl. STERMAN (2004), S. 144.

Weder das „Carbon Reduction Label“ noch der „CF“ sind als Größen in dieser Feedback-Schleife enthalten. Allerdings trägt eine Reduzierung des CF annahmegemäß dazu bei, dass sich die Kundenzufriedenheit und die Zufriedenheit der Stakeholder erhöhen. Diese Wirkung schlägt sich dann in einer erhöhten Reputation des Unternehmens nieder und wird über die übrigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Feedback-Schleife „weitergetragen“.

Zur Identifikation der Auswirkungen einer Reduzierung des CF auf die Gesamtkosten und den Gewinn wird eine Erhöhung der Größe „Grad der Umsetzung“ von 0,6 auf 0,9 vorgenommen. Hierdurch wird unterstellt, dass das fiktive Unternehmen mehr Maßnahmen zur Reduzierung des CF umsetzt.

Zeit	CF [[UNDIM]]	Energieverbrauch [[UNDIM]]	fixe Energiekosten [[Euro]]	variable Energiekosten [[Euro]]	Gesamtkosten [[Euro]/Monat]
10/2011	1,00	1,00	7.000,00	2.200,00	31.008,33
11/2011	1,00	1,00	7.000,00	2.200,00	31.008,33
12/2011	0,10	0,64	4.480,00	1.092,45	25.901,62
01/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.078,26	25.820,95
02/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.337,86	27.297,43
03/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.375,23	27.509,93
04/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.389,23	28.006,23
05/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,64	28.002,89
06/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,15	28.000,09
07/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,07	27.999,67
08/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,55
09/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,52
10/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,52
11/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
12/2012	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
01/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
02/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
03/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
04/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
05/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
06/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
07/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
08/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51
09/2013	0,10	0,64	4.480,00	1.388,05	27.999,51

Tabelle 4: Simulationsergebnisse 4¹

Durch einen Vergleich der Simulationsergebnisse aus den Tabellen 1, 2 und 4 lässt sich erkennen, dass je stärker Maßnahmen zur Reduzierung des CF seitens des fiktiven Unternehmens umgesetzt werden, desto niedriger der Energieverbrauch und damit die fixen und variablen Energiekosten pro Periode ausfallen.² Die Gesamtkosten sind hier, im Vergleich zu den Gesamtkosten bei einem Grad der Umsetzung von 0,6,³ ab dem siebten Monat aufgrund der reduzierten Energiekosten geringer. Es ist zu erkennen, dass im Vergleich zu den Simulationsergebnissen der Tabelle 2 bei einer Reduzierung des CF pro T-Shirt geringere Energie- und Gesamtkosten anfallen. Die Auswirkungen eines reduzierten CF auf den Gewinn werden in der Tabelle 5 dargestellt.

¹ Eigene Darstellung.

² Mit Ausnahme der ersten beiden Monate.

³ Vgl. hierzu die Tabelle 2.

Zeit	Kundenzufriedenheit [[UNDIM]]	Zufriedenheit Stakeholder [[UNDIM]]	Reputation [[UNDIM]]	Absatz [[STÜCK]/Monat]	Erlös [[Euro]/Monat]	Gewinn [[Euro]]
10/2011	0,57	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
11/2011	0,57	0,80	0,64	3.767,36	40.076,77	-31.008,33
12/2011	0,75	0,98	0,64	3.711,96	41.090,27	-21.939,90
01/2012	0,75	0,98	0,82	4.726,03	52.602,50	-6.751,24
02/2012	0,76	0,98	0,82	4.871,98	49.807,99	20.030,31
03/2012	0,76	0,98	0,82	4.926,67	49.862,82	42.540,88
04/2012	0,76	0,98	0,83	4.924,37	50.035,82	64.893,77
05/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,45	50.023,99	86.923,36
06/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,17	50.027,59	108.944,47
07/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,08	50.027,66	130.971,98
08/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,77	152.999,96
09/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	175.028,19
10/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	197.056,45
11/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	219.084,73
12/2012	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	241.113,01
01/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	263.141,29
02/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	285.169,57
03/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	307.197,85
04/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	329.226,13
05/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	351.254,41
06/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	373.282,69
07/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	395.310,97
08/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	417.339,25
09/2013	0,76	0,98	0,82	4.922,06	50.027,79	439.367,53

Tabelle 5: Simulationsergebnisse 5¹

Ein geringerer CF führt hier annahmegemäß sowohl zu einer erhöhten Zufriedenheit der Kunden als auch der übrigen Stakeholder. Daraus entsteht eine erhöhte Reputation, die einen Anstieg des Absatzes und des Erlöses zur Folge hat. Im Vergleich zum ersten Fall² fällt der Gewinn bei einem höheren Grad der Umsetzung und folglich bei einem niedrigeren CF höher aus und beträgt am Ende des Simulationszeitraums kumuliert 439.367,53 Euro.

Durchführung der Simulation ohne Carbon Reduction Label

Im Folgenden wird eine Simulation ohne die Einführung des Carbon Reduction Labels durchgeführt, um einen Vergleich mit den bisherigen Ergebnissen zu ermöglichen. Hierbei wird im systemdynamischen Modell der Wert 0 für die Größe „Carbon Reduction Label“ eingegeben.

Die Tabelle 6 enthält u. a. die Simulationsergebnisse der Größen „Kundenzufriedenheit“ und „Reputation“ für den Fall, dass das fiktive Unternehmen keine CF-Zertifizierung einführt.

¹ Eigene Darstellung.

² Im Vergleich zu einem Grad der Umsetzung mit einem Wert von 0,6.

Zeit	CF [[UNDIM]]	Kundenzufriedenheit [[UNDIM]]	Zufriedenheit Stakeholder [[UNDIM]]	Reputation [[UNDIM]]	Absatz [[STÜCK]/Monat]
10/2011	1,00	0,58	0,80	0,00	0,00
11/2011	1,00	0,58	0,80	0,65	3.866,67
12/2011	1,00	0,57	0,80	0,65	3.750,89
01/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.699,28
02/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.687,46
03/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.683,61
04/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,56
05/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,25
06/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,16
07/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,13
08/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,13
09/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
10/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
11/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
12/2012	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
01/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
02/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
03/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
04/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
05/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
06/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
07/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
08/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12
09/2013	1,00	0,57	0,80	0,64	3.682,12

Tabelle 6: Simulationsergebnisse 6¹

Da in diesem Szenario das Carbon Reduction Label seitens des Unternehmens nicht eingeführt wird, werden annahmegemäß auch keine Maßnahmen zur Reduzierung des CF unternommen. Dies hat zur Folge, dass der CF nicht gesenkt wird.² Anhand der Simulationsergebnisse lässt sich erkennen, dass in diesem Fall die Kundenzufriedenheit und die Zufriedenheit der Stakeholder im Vergleich zu den bisherigen Ergebnissen geringer ausfallen. Damit verbunden sind auch eine niedrigere Reputation und ein geringerer Absatz. In der Tabelle 7 sind u. a. die Energie- und Gesamtkosten aufgeführt.

Zeit	Energieverbrauch [[UNDIM]]	fixe Energiekosten [[Euro]]	variable Energiekosten [[Euro]]	Gesamtkosten [[Euro]/Monat]	Gewinn [[Euro]]
10/2011	1,00	7.000,00	2.200,00	27.800,00	0,00
11/2011	1,00	7.000,00	2.200,00	27.800,00	-27.800,00
12/2011	1,00	7.000,00	1.746,67	25.986,67	-16.722,43
01/2012	1,00	7.000,00	1.700,36	25.801,43	-1.632,51
02/2012	1,00	7.000,00	1.679,71	25.718,84	13.515,76
03/2012	1,00	7.000,00	1.674,98	25.699,94	28.818,41
04/2012	1,00	7.000,00	1.673,44	25.693,78	44.144,16
05/2012	1,00	7.000,00	1.673,03	25.692,10	59.479,77
06/2012	1,00	7.000,00	1.672,90	25.691,60	74.817,75
07/2012	1,00	7.000,00	1.672,86	25.691,46	90.156,50
08/2012	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,41	105.495,45
09/2012	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	120.834,46
10/2012	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	136.173,49
11/2012	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	151.512,53
12/2012	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	166.851,57
01/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	182.190,61
02/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	197.529,65
03/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	212.868,69
04/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	228.207,73
05/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	243.546,77
06/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	258.885,81
07/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	274.224,85
08/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	289.563,89
09/2013	1,00	7.000,00	1.672,85	25.691,40	304.902,93

Tabelle 7: Simulationsergebnisse 7³

¹ Eigene Darstellung.

² Zwar kann davon ausgegangen werden, dass der CF über einen Zeitraum von 2 Jahren Schwankungen aufweist, jedoch wird hier zur Vereinfachung die Annahme getroffen, dass der CF unverändert bleibt.

³ Eigene Darstellung.

Der Energieverbrauch des Unternehmens wird innerhalb von 2 Jahren nicht reduziert, sodass aufgrund der aufgestellten Annahmen der Energieverbrauch über die einzelnen Perioden unverändert bleibt und somit höher liegt als im Fall einer Einführung des Carbon Reduction Labels. Folglich sind hier die Energiekosten höher als beim ersten Simulationsdurchlauf. Da hier keine CF-Zertifizierung eingeführt wird, entfallen demnach die Größen „Berechnung des CF“, „Maßnahmen zur Reduzierung des CF“ und „Einführung Carbon Accounting & Controlling“, sodass keine CF-Kosten für das Unternehmen anfallen. Dies hat zur Folge, dass die Gesamtkosten im Vergleich zu den bisherigen Szenarien geringer sind.¹ Der Gewinn liegt ohne die Einführung des Carbon Reduction Labels am Ende des Simulationszeitraums bei 304.902,93 Euro und fällt im Vergleich zu den anderen Szenarien geringer aus.²

An dieser Stelle sei explizit darauf hingewiesen, dass die vorliegenden Simulationsergebnisse entscheidend von den zuvor getroffenen Annahmen abhängen. Diese Annahmen führen dazu, dass die hier vorliegenden Simulationsergebnisse teilweise konstant sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass in der betrieblichen Praxis die Werte der hier abgebildeten Größen nicht derart konstante Verläufe aufzeigen. Bei den Werten, die in diesem systemdynamischen Modell zugrunde gelegt werden, handelt es sich lediglich um fiktive Werte, die als Annahmen im Rahmen der Entwicklung des Simulationsmodells formuliert worden sind. Es wird nicht der Anspruch erhoben, dass das Simulationsmodell die Realität „eins zu eins“ widerspiegelt.³ Vielmehr ermöglicht das vorliegende Simulationsmodell ein besseres Verständnis über die Grundzusammenhänge zwischen den Größen.

5.4 Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung einer Carbon-Footprint-Zertifizierung für das Supply Chain Management

Auf der Grundlage des systemdynamischen Modells und der Ausführungen, die dem konstruierten Ursache-Wirkungs-Diagramm hier zugrunde liegen, erfolgt eine Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM.

Hierzu werden, aufbauend auf den bisherigen Ausführungen, Schlussfolgerungen hinsichtlich des CF als Zertifizierung für das SCM getroffen.

¹ Vgl. hierzu die Simulationsergebnisse der Tabellen 2 und 4 bezüglich der Gesamtkosten.

² Vgl. hierzu die Tabellen 3 und 5.

³ Vgl. STROHHECKER (2008d), S. 41.

Anforderungen hinsichtlich der unternehmensübergreifenden Koordination der Informationsflüsse im Rahmen des SCM

Sämtliche Informationen, mit denen die Materialflüsse in der SC geplant, gesteuert, ausgeführt und kontrolliert werden, sind im Informationsfluss eingeschlossen.¹ Die Berechnung des CF und die Maßnahmen zur Reduzierung des CF, wie sie auch im Modell abgebildet werden, stellen zusätzliche Anforderungen an die Koordination der Informationsflüsse im Rahmen des SCM. Denn die Bestimmung von produktbezogenen Umweltwirkungen erfordert, dass die betreffenden Daten (hier die THG-Emissionen) von den unmittelbaren Lieferanten der SC bereitgestellt werden.² Diesbezüglich herrscht allerdings noch eine Informationslücke, da Lieferanten derzeit kaum im Besitz dieser Daten sind.³ Die Umweltwirkungen von Produkten werden daher über Produktdatenbanken abgeschätzt.⁴

Zur Verwirklichung von optimierten Lösungen für die SC sind integrierte Informationssysteme notwendig.⁵ Diese sind folglich derart zu erweitern, dass Daten über die THG-Emissionen der SC-Akteure berücksichtigt werden können.⁶ Unternehmen, die den CF ihrer Produkte selbst erstellen, sollten eine verantwortliche Person bestimmen, die sowohl Kenntnisse über die unternehmensinternen Prozesse als auch über die wesentlichen Vorketten haben.⁷ Weiterhin sollte geklärt werden, wie geheimhaltungsbedürftige Informationen zwischen den SC-Akteuren behandelt werden sollten.⁸

Anforderungen hinsichtlich der unternehmensübergreifenden Koordination der Materialflüsse im Rahmen des SCM

Der Materialfluss schließt jede physische Aktivität, angefangen von der Beschaffung bis hin zur Distribution von Sachgütern, mit ein.⁹ Da die Einführung des Carbon Reduction Labels das betreffende Unternehmen zu einer Reduktion des CF verpflichtet,¹⁰ stellt sich für das SCM die Herausforderung, die Materialflüsse entlang der SC so zu koordinieren, dass eine möglichst geringe Menge

¹ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 783.

² Vgl. FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008), S. 895.

³ Vgl. FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008), S. 895. Deutsche Experten sind daher der Ansicht, dass eine exakte Angabe eines produktspezifischen CO₂-Wertes problematisch ist, da solide Daten unzureichend verfügbar sind. Vgl. KRANKE (2008), S. 16 f.

⁴ Vgl. FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008), S. 895.

⁵ Vgl. KUHN/HELLINGRATH (2002), S. 242. Der Informationsaustausch zwischen den Mitgliedern einer SC macht eine gemeinsame technologische Plattform erforderlich. Informationssysteme für das SCM sind z. B. Advanced Planning Systems oder Electronic-Resource-Planning-Systeme. Vgl. STEVEN (2007), S. 405; KUHN/HELLINGRATH (2002), S. 242.

⁶ FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. stellen z. B. anhand von Fallstudien technische Lösungen zur Bereitstellung des CF dar. Die Fallstudien zeigen auf, wie durch den Einsatz von Technologien (wie z. B. von SAP Business Workflow) der CF ermittelt werden kann. Vgl. FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010), S. 1 ff.

⁷ Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 95.

⁸ Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 95.

⁹ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 782. Darunter fallen die physischen Aktivitäten, die den Transport, die Lagerung, die Produktion und die Distribution von Sachgütern betreffen. Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 782.

¹⁰ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 46; WALTER/SCHMIDT (2008), S. 177 f.

an THG-Emissionen erzielt wird.¹ Demnach sind die physischen Aktivitäten sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch zwischen den SC-Akteuren unter den Gesichtspunkten eines niedrigen und effizienten Energieeinsatzes zu gestalten und durchzuführen. Folglich sollten insbesondere Maßnahmen zur Reduzierung des CF, die über die eigenen Unternehmensgrenzen hinaus durchgeführt werden, zwischen den SC-Akteuren koordiniert werden und im Rahmen von Kooperationen erfolgen.²

Auswirkungen auf die Integrationsaufgabe des SCM

Das SCM verfolgt durch die Integration der SC-Akteure das Ziel, Produkte zu minimalen Kosten (oder auch erfolgsmaximal) anzubieten, und verdeutlicht, wie bereits erwähnt, dass die SC im Rahmen des SCM als eine Einheit angesehen wird.³ Der CF als Zertifizierung steht der Integrationsaufgabe des SCM nicht entgegen. Denn sowohl die Berechnung des CF als auch die Maßnahmen zur Reduzierung des CF, die durch eine Einführung einer CF-Zertifizierung innerhalb der SC veranlasst werden, erfordern diese Betrachtungsweise der SC als eine Einheit. Gemäß der hier zugrunde liegenden Definition gibt der CF die Menge an CO₂ und weiteren THG eines Produktes entlang der gesamten SC an.⁴ Folglich müssen die Maßnahmen zur Reduzierung des CF einen möglichst geringen und effizienten Energieeinsatz⁵ der gesamten SC und nicht lediglich eines SC-Akteurs ermöglichen, um den CF tatsächlich verringern zu können.

Die Integrationsaufgabe des SCM umfasst auch die Wahl der SC-Partner.⁶ Zur Reduzierung des CF können im Rahmen der Lieferantenauswahl geringe THG-Emissionen als Auswahlkriterium berücksichtigt werden.⁷

Zusammenhang zwischen dem CF als Zertifizierung und den Grundprinzipien des SCM⁸

Eine SC ist dann effektiv, wenn sie zur Kundenzufriedenheit führt.⁹ Wie in Kapitel 5.2 bereits ausgeführt, kann die Annahme getroffen werden, dass die Einführung des Carbon Reduction Labels und die damit verbundene Reduzierung des CF zumindest zu einer Erhöhung der Zufriedenheit umweltbewusster Kunden führt.

¹ Der CF lässt sich beispielsweise durch Fahrertrainings für eine energiesparende Fahrweise beim Transport reduzieren. Auch der Einsatz von moderner Heizungs- und Kühltechnik im Rahmen der Lagerung von Gütern ist denkbar. Vgl. KRANKE (2008), S. 18.

² Vgl. SOMMER (2007), S. 85.

³ Vgl. ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008), S. 785.

⁴ Vgl. EUROPEAN COMMISSION (2007), S. 1.

⁵ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

⁶ Vgl. STADTLER (2008), S. 14.

⁷ Vgl. KRANKE (2008), S. 18.

⁸ Hinsichtlich der Grundprinzipien des SCM vgl. SEURING (2001), S. 11. Die oben genannten Grundprinzipien beziehen sich auf diese Quelle.

⁹ Vgl. KORTUS-SCHULTES/FERFER (2005), S. 34.

Durch die Bestrebungen der SC-Akteure nach einem geringen und effizienten Energieeinsatz zur Reduzierung des CF¹ wird das Grundprinzip der Effizienz erfüllt. Jedoch ist hier zu berücksichtigen, dass die Einführung einer CF-Zertifizierung, wie am Beispiel des fiktiven Unternehmens dargestellt, auch mit Kosten (CF-Kosten) verbunden ist.

Da durch eine CF-Zertifizierung die Bedürfnisse der Kunden nach klimarelevanten Informationen² befriedigt werden sollen, wird hierdurch dem Prinzip der Kundenorientierung im Rahmen des SCM entsprochen.

Auswirkungen auf die Ziele des SCM³

Steigerung des Kundennutzens

Die Angabe des CF in Form einer CF-Zertifizierung könnte zu einer Steigerung des Kundennutzens führen, wenn den Kunden hierdurch die Möglichkeit geboten werden könnte, den CF in ihre Kaufentscheidungen einzubeziehen.⁴ Der Nutzen könnte für den Kunden darin liegen, dass dieser durch die Kennzeichnung von Produkten mit dem CF die Möglichkeit bekommt, durch seine Kaufentscheidung THG-Emissionen einzusparen.⁵ Allerdings existieren keine verbindlich einheitlichen Standards zur Erfassung des CF.⁶ Um den CF in der Produktkommunikation einsetzen zu können, ist die Schaffung einer einheitlichen Methode zur Erfassung des CF notwendig, sodass auf dieser Grundlage international anerkannte Leitlinien durchgesetzt werden können.⁷ Demnach ist es derzeit nicht möglich, Produkte mit dem CF zu kennzeichnen, die dem Kunden einen Vergleich zwischen Produkten ermöglichen.⁸ Folglich führt der CF als Zertifizierung zu keinem höheren Kundennutzen.

Verwirklichung von Zeitvorteilen

Auswirkungen einer CF-Zertifizierung auf diese Zielkategorie des SCM sind nicht erkennbar.⁹

Steigerung der Qualität

Die Qualitätssteigerung als Ziel des SCM ist nicht von der Einführung des CF als Zertifizierung betroffen. Dies ist am systemdynamischen Modell sichtbar, in dem die Qualität als Inputgröße lediglich in Form eines konstanten Wertes aufgeführt wird. Eine Auswirkung wäre dann vorhanden, wenn Kunden eine CF-Zertifizierung als ein Qualitätsmerkmal von Produkten betrachten würden.

¹ Vgl. MÜBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010), S. 78.

² Vgl. SCHMIDT (2010), S. 32.

³ Hinsichtlich der Ziele des SCM vgl. S. 12 der vorliegenden Arbeit sowie HEUSLER (2004), S. 16 ff.

⁴ Vgl. BRETZKE/BARKAWI (2010), S. 66; ARRETZ (2008), S. 227.

⁵ Vgl. SCHMIDT (2010), S. 34.

⁶ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 11.

⁷ Vgl. THEMA1 (2009), S. 22. Als Anforderungen an die Kommunikation von produktbezogenen THG-Emissionen gelten Handlungsrelevanz, Glaubwürdigkeit, Einheitlichkeit, Verständlichkeit sowie Vergleichbarkeit. Vgl. THEMA1 (2009), S. 21 f.

⁸ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 11.

⁹ Denkbar wäre jedoch ein Zielkonflikt, der sich ergeben könnte, falls der Transport von Sachgütern nicht über den Luftweg, sondern mit dem Schiff erfolgt, um den CF zu reduzieren. Denn der Transport mit dem Schiff nimmt im Vergleich zum Transport über den Luftweg mehr Zeit in Anspruch. Vgl. ARRETZ (2008), S. 227.

In diesem Fall wäre denkbar, dass Kunden eine Senkung des CF als eine Qualitätssteigerung wahrnehmen und dies gemäß dem in dieser Arbeit entwickelten Modell eine Steigerung der Kundenzufriedenheit zur Folge hätte.

Senkung der Kosten

Die Simulationsergebnisse zeigen auf, dass die Einführung des Carbon Reduction Labels zu einer Senkung der Energiekosten und zum anderen zusätzliche Kosten (hier CF-Kosten) verursacht. Bei dem fiktiven Unternehmen ergeben sich bei einer CF-Zertifizierung im Simulationszeitraum höhere Gesamtkosten als ohne die Einführung des Carbon Reduction Labels.¹ Um beurteilen zu können, inwiefern eine CF-Zertifizierung zu einer Kostensenkung für die gesamte SC beiträgt, sind die CF-Kosten und die Höhe der reduzierten Energiekosten entlang der gesamten SC zu berücksichtigen.

Für das SCM kann auf dieser Grundlage die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine CF-Zertifizierung dann zu einer Kostensenkung für die SC führt, wenn die eingesparten Energiekosten der gesamten SC die Kosten, die durch eine CF-Zertifizierung für die gesamte SC anfallen, übersteigen. Bei Erfüllung dieser Bedingung entspricht eine CF-Zertifizierung dem Ziel der Kostensenkung im Rahmen des SCM. Die Bestimmung des CF verhilft den Unternehmen (und folglich auch der betreffenden SC) zu erkennen, wie THG-Emissionen in Verbindung mit einer Kostenreduktion gesenkt werden können.² Dieses Kostenreduktionspotenzial ist auch anhand der systemdynamischen Simulation zu erkennen. Anhand der Simulationsergebnisse ist zu erkennen, dass sowohl eine Senkung des CF als auch eine Senkung der Energiekosten durch eine Reduzierung des Energieverbrauchs realisiert werden können.

Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der SC

Die Simulationsergebnisse zeigen auf, dass sich das Carbon Reduction Label mittelbar positiv auf die Reputation des fiktiven Unternehmens auswirkt.

Eine positive Reputation führt dazu, dass sich die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens erhöht.³

¹ Die Höhe der Gesamtkosten in der Simulation hängt maßgeblich von den unterstellten Werten für die Kosten, wie z. B. für die variablen Stückkosten und die CF-Kosten, ab. Zudem beeinflusst auch der betrachtete Simulationszeitraum, in dem die CF-Kosten aus Vereinfachungsgründen pauschal auf die einzelnen Monate verteilt werden, die Höhe der Gesamtkosten. Denkbar wäre daher auch, dass eine CF-Zertifizierung zu einer Senkung der Gesamtkosten führt.

² Vgl. BMU/BDI (2010), S. 21.

³ Vgl. MÜLLER (1996), S. 93 f.

Dabei kann die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens definiert werden als dessen Fähigkeit, einen gewinnbringenden Absatz seiner Produkte am Markt gegenüber Konkurrenten zu generieren.¹ Anhand der Simulationsergebnisse des systemdynamischen Modells lässt sich erkennen, dass eine Steigerung der Reputation zu einem Anstieg des Absatzes führt und somit die Wettbewerbsfähigkeit des fiktiven Unternehmens erhöht.²

Ein Unternehmen mit einer höheren Reputation verfügt im Vergleich zu seiner Konkurrenz über relative Wettbewerbsvorteile.³ So verhilft eine hohe Reputation einem Unternehmen dazu, seine Produkte von den Produkten der Konkurrenz zu differenzieren.⁴ Wie bereits erwähnt werden Unternehmen als SC-Akteure wahrgenommen.⁵ Diese Wahrnehmung hat zur Folge, dass sich der Reputationsverlust eines SC-Akteurs auf die gesamte SC und die Anzahl abgesetzter Produkte auswirken kann.⁶

Aufbauend auf diesen Ausführungen, lassen sich folgende Implikationen für die SC treffen:

Eine Reputationssteigerung eines SC-Akteurs, wie dies im Rahmen des systemdynamischen Modells der Fall ist, kann zu einer Steigerung der Reputation der gesamten SC führen.⁷ Durch die Reputationssteigerung ist es der betreffenden SC möglich, ihre Produkte von den Produkten konkurrierender SC zu differenzieren.⁸ Demnach kann hier die Schlussfolgerung gezogen werden, dass eine CF-Zertifizierung, welche hier mittelbar zu einer Reputationssteigerung eines SC-Akteurs führt, eine Erhöhung der Reputation der gesamten SC⁹ und somit eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit¹⁰ der SC zur Folge haben kann. Allerdings ist zu beachten, dass die Reputation der SC sinken kann, wenn ein Mitglied oder mehrere Mitglieder der SC umweltschädigend agieren.¹¹ Daraus lässt sich hinsichtlich einer CF-Zertifizierung für das SCM folgern, dass Mitglieder der SC, die keine Reduzierung des CF anstreben und erhöhte THG-Emissionen verursachen, die Reputation der SC beschädigen¹² und somit die Wettbewerbsfähigkeit der SC beeinträchtigen.¹³

¹ Vgl. LIEBE (1982), S. 141. In der Literatur liegt keine allgemein geltende Definition der Wettbewerbsfähigkeit vor. In der hier verwendeten Definition wird die Wettbewerbsfähigkeit als eine an der Zukunft ausgerichtete Fähigkeit eines Unternehmens aufgefasst und als ein dynamischer Prozess verstanden. Vgl. ARZT (2007), S. 10; LIEBE (1982), S. 141.

² Vgl. MÜLLER (1996), S. 93 f.

³ Vgl. EBERL (2006), S. 23.

⁴ Vgl. SHAMSIE (2003), S. 201. Diese Differenzierung geht aus den Informationen hervor, die die Kunden durch die Erfahrung mit den Produkten des Unternehmens machen. Für die Konkurrenz ist der Aufbau einer vergleichbaren oder höheren Reputation mit Kosten verbunden. Zudem ist es kaum möglich, die Reputation eines Unternehmens zu imitieren. Vgl. EBERL (2006), S. 23; SHAMSIE (2003), S. 201; BARNEY (1991), S. 115.

⁵ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

⁶ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

⁷ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

⁸ Vgl. SHAMSIE (2003), S. 201.

⁹ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

¹⁰ Vgl. MÜLLER (1996), S. 93 f.

¹¹ Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

¹² Vgl. SOMMER (2007), S. 90.

¹³ Vgl. MÜLLER (1996), S. 93 f.

Probleme der praktischen Umsetzung einer CF-Zertifizierung

Die wesentlichen Probleme bei einer CF-Zertifizierung liegen in den zahlreichen wissenschaftlichen Herausforderungen, die es nach FINKBEINER bei der Entwicklung eines Standards zur Bestimmung des CF noch zu bewältigen gilt.¹

An dieser Stelle sei auch auf die von DRESEN/HERZOG erstellte Zusammenfassung der wichtigsten Probleme im Hinblick auf die Ermittlung des CF hingewiesen.²

Insbesondere der Entwicklungsstand der Methodik, das Fehlen eines internationalen Standards und die unzureichende Datenbasis zur Erfassung des CF führen dazu, dass Produktvergleiche anhand der Angabe von CO₂-Äquivalenten in Form eines Labels aus wettbewerbsrechtlichen Gründen noch nicht tragbar sind.³ Ursachen, die zu Ungenauigkeiten des CF im Speziellen und von Ökobilanzen im Allgemeinen führen, liegen u. a. in der Festlegung verschiedener Systemgrenzen und der Formulierung unterschiedlicher Annahmen für die Phasen des Produktlebenszyklus.⁴ Derzeit sind noch Spielräume im Hinblick auf die Berechnung des CF vorhanden.⁵ Dieses Problem ist auf den aktuellen Entwicklungsstand der Methodik zur Ermittlung des CF zurückzuführen.⁶ So besteht bei einem Vergleich von Produkten unterschiedlicher Hersteller durch den Kunden die Gefahr, dass die Hersteller zu niedrige CO₂-Werte angeben.⁷

Abschließende Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM

Aufgrund der ausgeführten Probleme, die derzeit hinsichtlich der praktischen Umsetzung einer CF-Zertifizierung existieren, ist der CF als Zertifizierung für das SCM noch nicht geeignet. Denn die positiven Auswirkungen, die u. a. bei der Simulation zu erkennen sind,⁸ hängen maßgeblich von der praktischen Realisierbarkeit des CF als Zertifizierung ab. Der Einsatz einer CF-Zertifizierung in der Produktkommunikation und zur Steigerung des Kundennutzens ist erst dann möglich, wenn die Erfüllung der Anforderungen Handlungsrelevanz, Glaubwürdigkeit, Einheitlichkeit, Verständlichkeit und Vergleichbarkeit durch das SCM sichergestellt werden kann.⁹

Unter der Bedingung, dass in Zukunft Lösungen hinsichtlich der vorhandenen Probleme entwickelt werden, kann eine CF-Zertifizierung für das SCM allerdings als betriebswirtschaftlich wünschens-

¹ Vgl. FINKBEINER (2009), S. 92. Vgl. hierzu nochmals Kapitel 3.2.

² Vgl. DRESEN/HERZOG (2009), S. 93 f.

³ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 22.

⁴ Vgl. BMU/BDI (2010), S. 22. Die Berechnung der THG-Emissionen während der Nutzungsphase eines Produktes durch den Kunden ist schwer durchzuführen. Vgl. KLOCKENHOFF (2009), S. 200.

⁵ Vgl. THEMA1 (2009), S. 23.

⁶ Vgl. THEMA1 (2009), S. 23.

⁷ Vgl. KLOCKENHOFF (2009), S. 200. Demnach sollten die getroffenen Annahmen und die Absicht für die Bestimmung des CF korrekt dokumentiert werden. Vgl. THEMA1 (2009), S. 23.

⁸ Beispielsweise die Steigerung der Kundenzufriedenheit, die Reduzierung der Energiekosten oder die Erhöhung des Gewinns, die im Falle der Simulation mit der Einführung des Carbon Reduction Labels auftreten.

⁹ Vgl. THEMA1 (2009), S. 21 f. Zu näheren Erläuterungen hinsichtlich der oben genannten Anforderungen einer klimabezogenen Kennzeichnung von Produkten vgl. THEMA1 (2009), S. 21 f.

wert angesehen werden. Diese Beurteilung resultiert u. a. aus der oben dargestellten Vereinbarkeit einer CF-Zertifizierung mit den Grundprinzipien des SCM. Zudem liegt der Nutzen einer solchen Zertifizierung für das SCM in der Reduzierung von Energiekosten und in der Möglichkeit, sich durch eine Reputationssteigerung von konkurrierenden SC zu differenzieren¹ und somit die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC zu stärken. So fällt sowohl der Absatz² als auch der Gewinn des fiktiven Unternehmens mit einer CF-Zertifizierung im Rahmen der Simulation höher aus als ohne die Einführung dieser Zertifizierung. Durch den CF kann insbesondere der erhöhten Nachfrage nach umweltverträglichen Produkten Rechnung getragen werden.³ Denn Unternehmen, die sich aktiv am Klimaschutz beteiligen, beziehen die Anforderungen von Kunden und weiteren Stakeholdern, wie z. B. von Investoren und der Öffentlichkeit, in ihrem wirtschaftlichen Handeln ein⁴ und vermindern hierdurch das Risiko, Reputationsverluste zu erleiden und somit ihre Wettbewerbsposition zu gefährden.⁵ Die Simulation zeigt diesbezüglich auf, dass die Einführung des Carbon Reduction Labels zu einer Reduzierung des CF führen kann.

Wie stark sich eine Reduzierung des CF allerdings auf die Kundenzufriedenheit auswirkt und zu erhöhten Marktanteilen für die SC führt, muss jedoch in weiteren wissenschaftlichen Arbeiten empirisch untersucht werden.⁶

Die Erschließung der dargestellten Nutzenpotenziale durch den CF als Zertifizierung setzt die Umsetzung der oben formulierten Anforderungen hinsichtlich der unternehmensübergreifenden Koordination der Material- und Informationsflüsse im Rahmen des SCM voraus.

¹ Vgl. SHAMSIE (2003), S. 201. Denkbar wäre in diesem Fall der Aufbau einer Reputation als sog. „grüne SC“. Denn ein „Green SCM“ ist danach bestrebt, die CO₂-Belastung entlang der SC einzuschränken. Vgl. WERNER (2010), S. 194.

² Vgl. hierzu die Tabellen 1, 5 und 6.

³ Vgl. WERNER (2010), S. 194.

⁴ Vgl. ARRETZ (2008), S. 229.

⁵ Vgl. FRITZSCHE/KAHLENBORN (2009), S. 150.

⁶ In dem vorliegenden Simulationsmodell ist für den Einfluss des CF auf die Kundenzufriedenheit lediglich eine intuitive Gewichtung vorgenommen worden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit hat der Verfasser eine Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM vorgenommen. Durch die Anwendung des in dieser Arbeit konstruierten systemdynamischen Modells wird exemplarisch aufgezeigt, wie sich eine CF-Zertifizierung¹ auf ausgewählte Größen eines Unternehmens auswirkt, welches Mitglied in einer SC ist. Anhand dieser Ergebnisse und der Literatur sind die Auswirkungen einer CF-Zertifizierung auf das SCM herausgearbeitet worden. Hierauf basierend hat der Verfasser die betriebswirtschaftliche Bedeutung des CF als Zertifizierung für das SCM beurteilt und somit zur Lösung des Erkenntnisproblems beigetragen.

Diese Herangehensweise stellt nur eine Möglichkeit zur Lösung des Erkenntnisproblems dar. Denkbar ist auch die Konstruktion eines systemdynamischen Modells, dessen geschlossene Systemgrenzen eine SC umfassen. In diesem Fall wäre es möglich, die Auswirkungen einer CF-Zertifizierung entlang einer SC zu simulieren. Des Weiteren ist die Konstruktion eines stochastischen Simulationsmodells denkbar, mithilfe dessen eine Ursache-Wirkungs-Analyse unter Berücksichtigung von Zufallsgrößen vorgenommen werden kann.

Im Hinblick auf den weiteren Forschungsbedarf sei an dieser Stelle auf die bereits erwähnten Probleme der praktischen Umsetzung einer CF-Zertifizierung hingewiesen. Es ist abzuwarten, welche Lösungsansätze der internationale Standard ISO 14067 enthält, um die wissenschaftlichen Herausforderungen, die derzeit bei der Bestimmung des CF noch existieren² und somit für die Anwendung des CF im Rahmen des SCM von Unternehmen relevant sind, bewältigen zu können.

¹ In diesem Fall das Carbon Reduction Label.

² Vgl. FINKBEINER (2009), S. 92.

Literaturverzeichnis

AMANN (2009)

Amann, M.: Bedeutung von Produktionskompetenz im Supply Chain Management – Entwicklung einer marktorientierten Steuerungskonzeption am Beispiel der Lebensmittelindustrie. Dissertation, Universität der Bundeswehr München. Wiesbaden 2009.

ARNDT (2010)

Arndt, H.: Supply Chain Management – Optimierung logistischer Prozesse. 5. Aufl., Wiesbaden 2010.

ARRETZ (2008)

Arretz, M.: Wertpotentiale Grüner Logistik. In: Wimmer, T./Wöhner, H. (Hrsg.): Werte schaffen – Kulturen verbinden. 25. Deutscher Logistik-Kongress Berlin – Kongressband 2008. Hamburg 2008, S. 211-251.

ARZT (2007)

Arzt, R.: Wettbewerbsfähigkeit europäischer Messeveranstalter – Entwicklung und empirische Anwendung eines multidimensionalen Bezugsrahmens. Dissertation, Universität zu Köln. Köln 2007.

BALDEWEG (2006)

Baldeweg, D. K.: Bewertung von Unternehmen der New Economy – Einsatz dynamischer Modelle zur Verbesserung der Bewertungsqualität. Dissertation, Universität Lüneburg. Wiesbaden 2006.

BARNEY (1991)

Barney, J.: Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In: Journal of Management, Vol. 17 (1991), No. 1, pp. 99-120.

BECHTEL/JAYARAM (1997)

Bechtel, C./Jayaram, J.: Supply Chain Management: A Strategic Perspective. In: The International Journal of Logistics Management, Vol. 8 (1997), No. 1, pp. 15-34.

BERNON (2009)

Bernon, M.: Building Sustainable Supply Chains for the Future. In: Gattorna, J. (Hrsg.): Dynamic Supply Chain Alignment – A New Business Model for Peak Performance in Enterprise Supply Chains Across All Geographies. Farnham et al. 2009, S. 299-310.

BMU/BDI (2010)

BMU/BDI: Produktbezogene Klimaschutzstrategien – Product Carbon Footprint verstehen und nutzen. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://www.bdi.eu/download_content/PCF-Leitfaden_100810_Online.pdf“, Zugriff am 07.10.2011.

BMU/UBA (2010)

BMU/UBA: Umweltbewusstsein in Deutschland 2010 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4045.pdf>“, Zugriff am 12.11.2011.

BOBRIK/TRIER (2007)

Bobrik, A./Trier, M.: Modellüberblick. In: Krallmann, H./Schönherr, M./Trier, M. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik. 5. Aufl., München 2007, S. 89-131.

BOKRANZ/KASTEN (2003)

Bokranz, R./Kasten, L.: Organisations-Management in Dienstleistung und Verwaltung – Gestaltungsfelder, Instrumente und Konzepte. 4. Aufl., Wiesbaden 2003.

BRADY/NOBLE (2008)

Brady, K./Noble, D.: Towards an ISO standard for carbon footprint. In: ISO Focus – The Magazine of the International Organization for Standardization, Vol. 5 (2008), No. 2, pp. 22-24.

BRECHT (2005)

Brecht, U.: BWL für Führungskräfte – Was Entscheider im Unternehmen wissen müssen. Wiesbaden 2005.

BREIDENBACH (2002)

Breidenbach, R.: Umweltschutz in der betrieblichen Praxis – Erfolgsfaktoren zukunftsorientierten Umweltmanagements – Ökologie – Gesellschaft – Ökonomie. 2. Aufl., Wiesbaden 2002.

BRENTON/EDWARDS-JONES/JENSEN (2009)

Brenton, P./Edwards-Jones, G./Jensen, M. F.: Carbon Labelling and Low-income Country Exports: A Review of the Development Issues. In: Development Policy Review, Vol. 27 (2009), Iss. 3, pp. 243-267.

BRETZKE/BARKAWI (2010)

Bretzke, W.-R./Barkawi, K.: Nachhaltige Logistik – Antworten auf eine globale Herausforderung. Berlin et al. 2010.

BUSCH/DANGELMAIER (2004)

Busch, A./Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management – ein koordinationsorientierter Überblick. In: Busch, A./Dangelmaier, W. (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management – Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. 2. Aufl., Wiesbaden 2004, S. 1-21.

BUSCH/DANGELMAIER/PAPE ET AL. (2003)

Busch, A./Dangelmaier, W./Pape, U./Rüther, M.: Marktspiegel Supply Chain Management Systeme – Potenziale – Konzepte – Anbieter im Vergleich. Wiesbaden 2003.

BUSCH/FUCHS/UNGER (2008)

Busch, R./Fuchs, W./Unger, F.: Integriertes Marketing – Strategie – Organisation – Instrumente. 4. Aufl., Wiesbaden 2008.

CARBON TRUST CERTIFICATION LIMITED (2011)

Carbon Trust Certification Limited: Build your brand's reputation with the Carbon Reduction Label. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.carbontrustcertification.com/page?pageid=a04D000000J8IakIAF>“, Zugriff am 24.10.2011.

CHRISTOPHER (2005)

Christopher, M.: Logistics and Supply Chain Management – Creating Value-Adding Networks. 3rd ed., Harlow et al. 2005.

CORSTEN/GÖSSINGER (2008)

Corsten, H./Gössinger, R.: Einführung in das Supply Chain Management. 2. Aufl., München 2008.

COYLE (1996)

Coyle, R. G.: System Dynamics Modelling – A Practical Approach. Boca Raton et al. 1996.

CULLINANE/EDWARDS (2010)

Cullinane, S./Edwards, J.: Assessing the environmental impacts of freight transport. In: McKinnon, A./Cullinane, S./Browne, M./Whiteing, A. (Hrsg.): Green Logistics – Improving the environmental sustainability of logistics. London et al. 2010, S. 31-48.

DEFRA/DECC/BSI (2011)

Defra/DECC/BSI: PAS 2050:2011 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050.pdf>“, Zugriff am 19.10.2011.

DRESEN/HERZOG (2009)

Dresen, B./Herzog, M.: Carbon Footprint von Produkten (CFP) – Bilanzierung in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Feifel, S./Walk, W./Wursthorn, S./Schebek, L. (Hrsg.): Ökobilanzierung 2009 – Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit – Tagungsband Ökobilanz-Werkstatt 2009. Karlsruhe 2009, S. 91-96.

DYCKHOFF (2006)

Dyckhoff, H.: Produktionstheorie – Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. 5. Aufl., Berlin et al. 2006.

DYCKHOFF/SOUREN (2008)

Dyckhoff, H./Souren, R.: Nachhaltige Unternehmensführung. – Grundzüge industriellen Umweltmanagements. Berlin et al. 2008.

EBERL (2006)

Eberl, M.: Unternehmensreputation und Kaufverhalten – Methodische Aspekte komplexer Strukturmodelle. Dissertation, Universität München. Wiesbaden 2006.

ECKELMANN (2006)

Eckelmann, O.: Strategisches Nachhaltigkeitsmanagement in der pharmazeutischen Industrie – Eine empirische Untersuchung. Dissertation, Technische Universität Berlin. Wiesbaden 2006.

EITELWEIN/GORETZKI (2010)

Eitelwein, O./Goretzki, L.: Carbon Controlling und Accounting erfolgreich implementieren – Status Quo und Ausblick. In: Zeitschrift für Controlling & Management, 54. Jg. (2010), Heft 1, S. 23-31.

ENGELFRIED (2011)

Engelfried, J.: Nachhaltiges Umweltmanagement. 2. Aufl., München 2011.

EUROPEAN COMMISSION (2007)

European Commission: CARBON FOOTPRINT – what it is and how to measure it. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/Carbonfootprint.pdf>“, Zugriff am 01.10.2011.

EYEFORTRANSPORT (2007)

Eyefortransport: Summary and analysis of eyefortransport's survey: “Green Transportation & Logistics” – July 2007. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.escinst.org/pdf/EyeForTransportReport.pdf>“, Zugriff am 01.10.2011.

FANDEL/FEY/HEUFT ET AL. (2009)

Fandel, G./Fey, A./Heuft, B./Pitz, T.: Kostenrechnung. 3. Aufl., Berlin et al. 2009.

FANDEL/GIESE/RAUBENHEIMER (2009)

Fandel, G./Giese, A./Raubenheimer, H.: Supply Chain Management – Strategien – Planungsansätze – Controlling. Berlin et al. 2009.

FAURE/HILDEBRANDT/ROGGE ET AL. (2005)

Faure, C./Hildebrandt, A./Rogge, K./Schleich, J.: Reputational impact of business' compliance strategies under the EU emissions trading scheme – Executive Summary – November 2005. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://www.ebs.edu/fileadmin/redakteur/funkt.dept.imc/International_Management/Summary__reputational_impact_EU_ETS.pdf“, Zugriff am 02.12.2011.

FESTGE (2006)

Festge, F.: Kundenzufriedenheit und Kundenbindung im Investitionsgüterbereich – Ermittlung zentraler Einflussfaktoren. Dissertation, Universität München. Wiesbaden 2006.

FINKBEINER (2009)

Finkbeiner, M.: Carbon footprinting – opportunities and threats. In: The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 14 (2009), No. 2, pp. 91-94.

FINK/SIEBE (2006)

Fink, A./Siebe, A.: Handbuch Zukunftsmanagement – Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. Frankfurt et al. 2006.

FOMBRUN/VAN RIEL (2004)

Fombrun, C. J./van Riel, C. B. M.: Fame & Fortune – How Successful Companies Build Winning Reputations. Upper Saddle River 2004.

FOMBRUN/WIEDMANN (2001)

Fombrun, C. J./Wiedmann, K.-P.: Unternehmensreputation und der „Reputation Quotient“ (RQ®). In: pr magazin, 32. Jg. (2001), Nr. 12, S. 45-52.

FORRESTER (1968)

Forrester, J. W.: Market Growth as Influenced by Capital Investment. In: Sloan Management Review, Vorgänger: Industrial Management Review, Vol. 9 (1968), No. 2, pp. 83-105.

FORRESTER (1972)

Forrester, J.-W.: Grundzüge einer Systemtheorie. Wiesbaden 1972.

Forrester (1973)

Forrester, J. W.: Industrial Dynamics. 8th ed., Cambridge 1973.

FREEMAN (2010)

Freeman, R. E.: Strategic Management – A Stakeholder Approach – Digitally printed version. Cambridge et al. 2010.

FRIEDL (2010)

Friedl, B.: Kostenrechnung – Grundlagen, Teilrechnungen und Systeme der Kostenrechnung. 2. Aufl., München 2010.

FRITZSCHE/KAHLENBORN (2009)

Fritzsche, K./Kahlenborn, W.: Investieren in den Klimaschutz? Anforderungen an Politik und Finanzwirtschaft. In: Ulshöfer, G./Bonnet, G. (Hrsg.): Corporate Social Responsibility auf dem Finanzmarkt – Nachhaltiges Investment – politische Strategien – ethische Grundlagen. Wiesbaden 2009, S. 148-159.

FUNK/GÓMEZ/NIEMEYER ET AL. (2010)

Funk, B./Gómez, J. M./Niemeyer, P./Teuteberg, F.: Geschäftsprozessintegration mit SAP – Fallstudien zur Steuerung von Wertschöpfungsprozessen entlang der Supply Chain. Berlin et al. 2010.

FUNK/MÖLLER/NIEMEYER (2008)

Funk, B./Möller, A./Niemeyer, P.: Integration von ERP- und Umweltinformationssystemen – Status quo, Perspektiven und Anwendungsfelder. In: Hegering, H.-G./Lehmann, A./Ohlbach, H. J./Scheideler, C. (Hrsg.): INFORMATIK 2008 – Beherrschbare Systeme – dank Informatik Band 2. Beiträge der 38. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), 8.-13. September 2008 in München, Proceedings. Bonn 2008, S. 891-896.

GERES (2010)

Geres, R.: Klimastrategien. In: FutureCamp Climate GmbH (Hrsg.): Emissionshandel und Klimastrategien – Der EU-Emissionshandel 2008-12 und 2013-20 – Aktueller Stand und weitere Entwicklungen bei den Projektmechanismen sowie im internationalen Klimaschutz – Carbon Footprint, Klimaneutralität und Klimastrategien. Kissing 2010, S. 7-12.

GÖPFERT (2004)

Göpfert, I.: Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements. In: Busch, A./Dangelmaier, W. (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management – Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. 2. Aufl., Wiesbaden 2002, S. 25-45.

GOTSI/WILSON (2001)

Gotsi, M./Wilson, A. M.: Corporate reputation: seeking a definition. In: Corporate Communications: An International Journal, Vol. 6 (2001), No. 1, pp. 24-30.

GRONAU (2006)

Gronau, N.: Wandlungsfähige Informationssystemarchitekturen – Nachhaltigkeit bei organisatorischem Wandel. 2. Aufl., Berlin 2006.

GROSSMANN (2003)

Grossmann, M.: Entrepreneurship in Biotechnology – Managing for Growth from Start-Up to Initial Public Offering. Heidelberg 2003.

GÜNTHER/STECHEMESSER (2010)

Günther, E./Stechemesser, K.: Carbon Controlling. In: Zeitschrift für Controlling & Management, 54. Jg. (2010), Heft 1, S. 62-65.

HAAS (2000)

Haas, P.: Kosten, Investition, Finanzierung – Planung und Kontrolle mit Excel. 3. Aufl., München 2000.

HAFNER (2010)

Hafner, G.: Stoffstrommanagement und Ökobilanzen. In: Kranert, M./Cord-Landwehr, K. (Hrsg.): Einführung in die Abfallwirtschaft. 4. Aufl., Wiesbaden 2010, S. 519-545.

HANFIELD/NICHOLS (1999)

Handfield, R. B./Nichols, E. L.: Introduction to Supply Chain Management. London et al. 1999.

HARDTKE/PREHN (2001)

Hardtke, A./Prehn, M.: Herausforderungen und Chancen der Nachhaltigkeit. In: Hardtke, A./Prehn, M. (Hrsg.): Perspektiven der Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Erfolgsstrategie. Wiesbaden 2001, S. 13-18.

HASENMÜLLER (2009)

Hasenmüller, P.: Unternehmensrisiko Klimawandel – Risiken managen und Chancen strategisch nutzen. Wiesbaden 2009.

HELM (2007)

Helm, S.: Unternehmensreputation und Stakeholder-Loyalität. Habilitationsschrift, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Wiesbaden 2007.

HERRMAN (2010)

Herrmann, C.: Ganzheitliches Life Cycle Management – Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Berlin et al. 2010.

HEUSLER (2004)

Heusler, K. F.: Implementierung von Supply Chain Management – Kompetenzorientierte Analyse aus der Perspektive eines Netzwerkakteurs. Dissertation, Universität Duisburg-Essen (Campus Duisburg). Wiesbaden 2004.

HINTERHUBER (2009)

Hinterhuber, A.: Pricing und Kundenzufriedenheit. In: Hinterhuber, H. H./Matzler, K. (Hrsg.): Kundenorientierte Unternehmensführung – Kundenorientierung – Kundenzufriedenheit – Kundenbindung. 6. Aufl., Wiesbaden 2009, S. 490-505.

HINTERHUBER/HANDLBAUER/MATZLER (2003)

Hinterhuber, H. H./Handlbauer, G./Matzler, K.: Kundenzufriedenheit durch Kernkompetenzen – Eigene Potenziale erkennen, entwickeln, umsetzen. 2. Aufl., Wiesbaden 2003.

HOITSCH/LINGNAU (2007)

Hoitsch, H.-J./Lingnau, V.: Kosten- und Erlösrechnung – Eine controllingorientierte Einführung. 6. Aufl., Berlin et al. 2007.

HUTZSCHENREUTER (2009)

Hutzschenreuter, T.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen. 3. Aufl., Wiesbaden 2009.

JACKSON (2000)

Jackson, M. C.: Systems Approaches to Management. New York et al. 2000.

KEMFERT/PRAETORIUS (2005)

Kempfert, C./Praetorius, B.: Die ökonomischen Kosten des Klimawandels und der Klimapolitik. In: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, 74. Jg. (2005), Heft 2, S. 133-136.

KIENER/MAIER-SCHEUBECK/OBERMAIER ET AL. (2009)

Kiener, S./Maier-Scheubeck, N./Obermaier, R./Weiß, M.: Produktions-Management – Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung. 9. Aufl., München 2009.

KLOCKENHOFF (2009)

Klockenhoff, J.: Product Carbon Footprinting und der Kohlendioxid-bewusste Konsument. In: Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 4. Jg. (2009), Heft 2, S. 199-201.

KORTUS-SCHULTES/FERFER (2005)

Kortus-Schultes, D./Ferfer, U.: Logistik und Marketing in der Supply Chain – Wertsteigerung durch virtuelle Geschäftsmodelle. Wiesbaden 2005.

KRANKE (2008)

Kranke, A.: Grüne Supply Chains. In: Logistik inside, 2008, Heft 6, S. 12-18.

KÜLL (2009)

Küll, C.: Grundrechtliche Probleme der Allokation von CO₂-Zertifikaten. Berlin et al. 2009.

KUHN/HELLINGRATH (2002)

Kuhn, A./Hellingrath, B.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin et al. 2002.

KUNATH (2009)

Kunath, O.: Systemdynamische Werttreiberplanung – Strategische Erfolgsfaktoren, finanzielle Werttreiber und System Dynamics. Dissertation, Universität Hohenheim. Hamburg 2009.

LAMB/HAIR/MCDANIEL (2009)

Lamb, C. W./Hair, J. F./McDaniel, C.: Essentials of Marketing. 6th ed., Mason 2009.

LANGLEY/HOLCOMB (1992)

Langley, C. J./Holcomb, M. C.: Creating Logistics Customer Value. In: Journal of Business Logistics, Vol. 13 (1992), No. 2, pp. 1-27.

LEE/PADMANABHAN/WHANG (1997)

Lee, H. L./Padmanabhan, V./Whang, S.: Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. In: Management Science, Vol. 43 (1997), No. 4, pp. 546-558.

LEHRSTUHL FML TU MÜNCHEN/TRILOGLQA/LOGISTIK HEUTE (2010)

Lehrstuhl fml TU München/triloglQa/Logistik Heute: Change to Green – Handlungsfelder und Perspektiven für nachhaltige Logistik und Geschäftsprozesse. 3. Aufl., München 2010.

LIEBE (1982)

Liebe, B.: Voraussetzungen zur Erhaltung der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinenbaus. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 52. Jg. (1982), Ergänzungsheft 2, S. 140-150.

LIEHR (2004)

Liehr, M.: Komponentenbasierte Systemmodellierung und Systemanalyse – Erweiterung des System-Dynamics-Ansatzes zur Nutzung im strategischen Management. Dissertation, Universität Mannheim. Wiesbaden 2004.

LORTZ/RAUSCH/ROGGE ET AL. (2010)

Lortz, A./Rausch, A./Rogge, D./Spahl, T.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF. In: Schönberger, R./Elbert, R. (Hrsg.): Dimensionen der Logistik – Funktionen, Institutionen und Handlungsebenen. Wiesbaden 2010, S. 211-243.

LUCHT (2005)

Lucht, M.: Das Umfeld des Emissionshandels im Überblick. In: Lucht, M./Spangardt, G. (Hrsg.): Emissionshandel – Ökonomische Prinzipien, rechtliche Regelungen und technische Lösungen für den Klimaschutz. Berlin et al. 2005, S. 1-28.

MAIER (1995)

Maier, F.: Die Integration wissens- und modellbasierter Konzepte zur Entscheidungsunterstützung im Innovationsmanagement. Berlin 1995.

MÁRQUEZ (2010)

Márquez, A. C.: Dynamic Modelling for Supply Chain Management – Dealing with Front-end, Back-end and Integration Issues. London 2010.

MEFFERT/KIRCHGEORG (1998)

Meffert, H./Kirchgeorg, M.: Marktorientiertes Umweltmanagement – Konzeption – Strategie – Implementierung – mit Praxisfällen. 3. Aufl., Stuttgart 1998.

MELZER-RIDINGER (2007)

Melzer-Ridinger, R.: Supply Chain Management – Prozess- und unternehmensübergreifendes Management von Qualität, Kosten und Liefertreue. München 2007.

MENTZER/DEWITT/KEEBLER ET AL. (2001)

Mentzer, J. T./DeWitt, W./Keebler, J. S./Min, S./Nix, N. W./Smith, C. D./Zacharia, Z. G.: Defining Supply Chain Management. In: Journal of Business Logistics, Vol. 22 (2001), No. 2, pp. 1-25.

MILLING (1984)

Milling, P.: Leitmotive des System-Dynamics-Ansatzes. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 13. Jg. (1984), Heft 10, S. 507-513.

MILLING (2002)

Milling, P.: Kybernetische Überlegungen beim Entscheiden in komplexen Systemen. In: Milling, P. (Hrsg.): Entscheiden in komplexen Systemen – Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik vom 29. und 30. September 2000 in Mannheim. Berlin 2002, S. 11-26.

MÜLLER (1996)

Müller, J.: Diversifikation und Reputation – Transferprozesse und Wettbewerbswirkungen. Dissertation, Universität Dortmund. Wiesbaden 1996.

MUBLER/WOLFGARTEN/PAULUS (2010)

MuBler, P./Wolfgarten, S./Paulus, A.: Methodik und Aussagekraft von Klimabilanzen. In: Urban, A. I./Halm, G. (Hrsg.): Praktikable Klimaschutz-Potenziale in der Abfallwirtschaft. Kassel 2010, S. 75-90.

NEHER (2003)

Neher, A.: Wertorientierung im Supply Chain Controlling. In: Stölzle, W./Otto, A. (Hrsg.): Supply Chain Controlling in Theorie und Praxis – Aktuelle Konzepte und Unternehmensbeispiele. Wiesbaden 2003, S. 27-47.

NEUMANN (2010)

Neumann, K.: CONSIDERO MODELER – So einfach wie Mind Mapping: Vernetztes Denken und Simulation. Norderstedt 2010.

NIEMANN (2003)

Niemann, J.: Life Cycle Management – Das Paradigma der ganzheitlichen Produktlebenslaufbeurteilung. In: Bullinger, H.-J./Warnecke, H. J./Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen – Ein Handbuch für das moderne Management. 2. Aufl., Berlin et al. 2003, S. 813-826.

OECD/IEA (2010)

OECD/IEA: World Energy Outlook 2010 – Zusammenfassung – German translation. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_german.pdf“, Zugriff am 02.10.2011.

OSSADNIK (2008)

Ossadnik, W.: Kosten- und Leistungsrechnung. Berlin et al. 2008.

OTT (2011)

Ott, S.: Investitionsrechnung in der öffentlichen Verwaltung – Die praktische Bewertung von Investitionsvorhaben. Wiesbaden 2011.

OTTMAN (2011)

Ottman, J. A.: The New Rules Of Green Marketing – Strategies, Tools, and Inspiration for Sustainable Branding. San Francisco et al. 2011.

PENMAN/GYTARSKY/HIRAISHI ET AL. (2006)

Penman, J./Gytarsky, M./Hiraishi, T./Irving, W./Krug, T.: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Overview. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf“, Zugriff am 19.10.2011.

PFOHL (2000)

Pfohl, H.-C.: Supply Chain Management: Konzept, Trends, Strategien. In: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Supply Chain Management: Logistik plus? Logistikkette – Marketingkette – Finanzkette. Berlin 2000, S. 1-42.

PINDYCK/RUBINFELD (2009)

Pindyck, R. S./Rubinfeld, D. L.: Mikroökonomie. 7. Aufl., München 2009.

POLUHA (2010)

Poluha, R. G.: Quintessenz des Supply Chain Managements – Was Sie wirklich über Ihre Prozesse in Beschaffung, Fertigung, Lagerung und Logistik wissen müssen. Berlin et al. 2010.

RANGANATH/RODRIGUES (2008)

Ranganath, B. J./Rodrigues, L.: System Dynamics – Theory and Case Studies. New Delhi 2008.

RICHARDSON/PUGH III (1981)

Richardson, G. P./Pugh III, A. L.: Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO. Cambridge et al. 1981.

ROGALL (2008)

Rogall, H.: Ökologische Ökonomie – Eine Einführung. 2. Aufl., Wiesbaden 2008.

ROGERS (2010)

Rogers, H.: Green Gone Wrong – How Our Economy Is Undermining the Environmental Revolution. New York 2010.

ROTHENBERGER (2005)

Rothenberger, S.: Antezedenzen und Konsequenzen der Preiszufriedenheit. Dissertation, Universität Innsbruck. Wiesbaden 2005.

SCHARNBACHER/KIEFER (2003)

Scharnbacher, K./Kiefer, G.: Kundenzufriedenheit – Analyse – Messbarkeit – Zertifizierung. 3. Aufl., München 2003.

SCHIEMENZ/SCHÖNERT (2005)

Schiemenz, B./Schönert, O.: Entscheidung und Produktion. 3. Aufl., München 2005.

SCHMIDT (2009)

Schmidt, S.: Die Diffusion komplexer Produkte und Systeme – Ein systemdynamischer Ansatz. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus. Wiesbaden 2009.

SCHMIDT (2010)

Schmidt, M.: Carbon Accounting zwischen Modeerscheinung und ökologischem Verbesserungsprozess. In: Zeitschrift für Controlling & Management, 54. Jg. (2010), Heft 1, S. 32-37.

SCHÖNEBORN (2004)

Schöneborn, F.: Strategisches Controlling mit System Dynamics. Heidelberg 2004.

SCHOLZ-REITER/JAKOBZA (1999)

Scholz-Reiter, B./Jakobza, J.: Supply Chain Management – Überblick und Konzeption. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 36. Jg. (1999), Heft 207, S. 7-15.

SCHUSTER (2002)

Schuster, F.: Kommunale Kosten- und Leistungsrechnung: controllingorientierte Einführung. 2. Aufl., München 2002.

SCHWARZ (2002)

Schwarz, R.: Controlling-Systeme – Eine Einführung in die Grundlagen, Komponenten und Methoden des Controlling. Wiesbaden 2002.

SCHWARZ/EWALDT (2008)

Schwarz, R./Ewaldt, J. W.: Über den Beitrag systemdynamischer Modellierung zur Abschätzung technologischer Evolution. In: Möhrle, M. G./Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 3. Aufl., Berlin et al. 2008, S. 409-425.

SEMPORA CONSULTING (2007)

Sempora Consulting: CO2 - Chancen und Herausforderungen in der Vermarktung – Sempora Studie – Vorstellung der Kerneergebnisse. Online Publikation im Internet unter der URL: „http://www.klimaktiv.de/media/_07/10_dokumente/42_Umfragen/sempera_co2studie_kerneergebnisse.pdf“, Zugriff am 16.11.2011.

SEURING (2001)

Seuring, S.: Die Produkt-Kooperations-Matrix im Supply Chain Management – Konzeption und instrumentelle Ausgestaltung. EcoMTex-Diskussionspapier Nr. 02, Oldenburg 2001. Online Publikation im Internet unter der URL: „<http://cosmic.rrz.uni-hamburg.de/webcat/hwwa/edok03/f10905g/EcoMTex-DP02.pdf>“, Zugriff am 18.10.2011.

SHAMSIE (2003)

Shamsie, J.: The Context of Dominance: An Industry-Driven Framework for Exploiting Reputation. In: Strategic Management Journal, Vol. 24 (2003), Iss. 3, pp. 199-215.

SHERWOOD (2003)

Sherwood, D.: Den Wald vor lauter Bäumen sehen – Reduktion von Komplexität – Anleitung zum Systemischen Denken im Management. Weinheim 2003.

SIMCHI-LEVI/KAMINSKY/SIMCHI-LEVI (2008)

Simchi-Levi, D./Kaminsky, P./Simchi-Levi, E.: Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies. 3rd ed., Boston et al. 2008.

SIMON/FASSNACHT (2009)

Simon, H./Fassnacht, M.: Preismanagement – Strategie – Analyse – Entscheidung – Umsetzung. 3. Aufl., Wiesbaden 2009.

SOMMER (2007)

Sommer, P.: Umweltfokussiertes Supply Chain Management – Am Beispiel des Lebensmittelsektors. Dissertation, Internationales Hochschulinstitut Zittau. Wiesbaden 2007.

SOUREN (2000)

Souren, R.: Umweltorientierte Logistik. In: Dyckhoff, H. (Hrsg.): Umweltmanagement – Zehn Lektionen in umweltorientierter Unternehmensführung. Berlin et al. 2000, S. 151-168.

STABERHOFER/ROHRHOFER (2007)

Staberhofer, F./Rohrhofer, E.: Ganzheitliches Supply Chain Management – Das Steyr Netzwerk Modell (SNM) als neuer Managementansatz. In: Klaus, P./Staberhofer, F./Rothböck, M. (Hrsg.): Steuerung von Supply Chains – Strategien – Methoden – Beispiele. Wiesbaden 2007, S. 27-72.

STADTLER (2008)

Stadtler, H.: Supply Chain Management – An Overview. In: Stadtler, H./Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies. 4th ed., Berlin et al 2008, S. 9-36.

STEGER (2010)

Steger, J.: Kosten- und Leistungsrechnung – Einführung in das betriebliche Rechnungswesen, Grundlagen der Vollkosten-, Teilkosten-, Plankosten- und Prozesskostenrechnung. 5. Aufl., München 2010.

STELLING (2009)

Stelling, J. N.: Kostenmanagement und Controlling. 3. Aufl., München 2009.

STERMAN (2004)

Sterman, J. D.: Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston et al. 2004.

STEVEN (2007)

Steven, M.: Handbuch Produktion – Theorie – Management – Logistik – Controlling. Stuttgart 2007.

STEVEN/KRÜGER (2004)

Steven, M./Krüger, R.: Advanced Planning Systems – Grundlagen, Funktionalitäten, Anwendungen. In: Busch, A./Dangelmaier, W. (Hrsg.): Integriertes Supply Chain Management – Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. Wiesbaden 2004, S. 171-188.

STEVENS (1989)

Stevens, G. C.: Integrating the Supply Chain. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 19 (1989), Iss. 8, pp. 3-8.

STICHNOTHE (2009)

Stichnothe, H.: Carbon Footprint – Der britische „Standard“ PAS 2050 im Spiegel der Ökobilanz-Methodik und weitere Normierungsbestrebungen. In: Feifel, S./Walk, W./Wursthorn, S./Schebek, L. (Hrsg.): Ökobilanzierung 2009 – Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit – Tagungsband Ökobilanz-Werkstatt 2009. Karlsruhe 2009, S. 39-43.

STOCKER (2009)

Stocker, F.: Moderne Volkswirtschaftslehre – Logik der Marktwirtschaft. 6. Aufl., München 2009.

STRAUBE/BORKOWSKI/NAGEL (2009)

Straube, F./Borkowski, S./Nagel, A.: Ökologisch nachhaltige Logistik – Ansätze zur Konzeption und Bewertung. In: Reimer, M./Fiege, S. (Hrsg.): Perspektiven des Strategischen Controllings – Festschrift für Professor Dr. Ulrich Krystek. Wiesbaden 2009, S. 205-225.

STROHHECKER (2008a)

Strohhecker, J.: System Dynamics als Managementinstrument. In: Strohhecker, J./Sehnert, J. (Hrsg.): System Dynamics für die Finanzindustrie – Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. Frankfurt am Main 2008, S. 17-33.

STROHHECKER (2008b)

Strohhecker, J.: Problembeschreibung. In: Strohhecker, J./Sehnert, J. (Hrsg.): System Dynamics für die Finanzindustrie – Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. Frankfurt am Main 2008, S. 53-70.

STROHHECKER (2008c)

Strohhecker, J.: Formulierung, Simulation und Analyse von System-Dynamics-Modellen. In: Strohhecker, J./Sehnert, J. (Hrsg.): System Dynamics für die Finanzindustrie – Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. Frankfurt am Main 2008, S. 141-174.

STROHHECKER (2008d)

Strohhecker, J.: Der System-Dynamics-Prozess im Überblick. In: Strohhecker, J./Sehnert, J. (Hrsg.): System Dynamics für die Finanzindustrie – Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. Frankfurt am Main 2008, S. 37-51.

STROHHECKER/FISCHER (2008)

Strohhecker, J./Fischer, M. M.: Feedback-Diagramme. In: Strohhecker, J./Sehnert, J. (Hrsg.): System Dynamics für die Finanzindustrie – Simulieren und Analysieren dynamisch-komplexer Probleme. Frankfurt am Main 2008, S. 71-104.

TESCO (2010)

Tesco: Rolling out carbon labelling. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://www.tesco.com/greenerliving/greener_tesco/what_tesco_is_doing/carbon_labelling.page“, Zugriff am 24.10.2011.

THEMA1 (2009)

Thema1: Ergebnisbericht – Product Carbon Footprinting – Ein geeigneter Weg zu klimaverträglichen Produkten und deren Konsum? – Erfahrungen, Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Product Carbon Footprint Pilotprojekt Deutschland. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.oeko.de/oekodoc/883/2009-007-de.pdf>“, Zugriff am 10.12.2011.

THEMA1 (2011)

Thema1: ISO 14067 – Carbon Footprint of Products. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://www.pcf-world-forum.org/about/iso-14067-carbon-footprint-of-products/>“, Zugriff am 18.10.2011.

THIEME (2006)

Thieme, J.: Versandhandelsmanagement – Grundlagen, Prozesse und Erfolgsstrategien für die Praxis. 2. Aufl., Wiesbaden 2006.

TÖPFER (2007)

Töpfer, A.: Betriebswirtschaftslehre – Anwendungs- und prozessorientierte Grundlagen. 2. Aufl., Berlin et al. 2007.

TREACY/WIERSEMA (1995)

Treacy, M./Wiersema, F.: The Discipline of Market Leaders – Choose Your Customers, Narrow Your Focus, Dominate Your Market. Reading et al. 1995.

TRIER/BOBRIK/NEUMANN ET AL. (2007)

Trier, M./Bobrik, A./Neumann, N./Wyssussek, B.: Systemtheorie und Modell. In: Krallmann, H./Schönherr, M./Trier, M. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik. 5. Aufl., München 2007, S. 59-87.

UNITED NATIONS (1998)

United Nations: Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Online-Publikation im Internet unter der URL: „<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>“, Zugriff am 20.10.2011.

VAHRENKAMP (2007)

Vahrenkamp, R.: Logistik – Management und Strategien. 6. Aufl., München 2007.

VAHRENKAMP (2008)

Vahrenkamp, R.: Produktionsmanagement. 6. Aufl., München 2008.

VÖLKER-LEHMKUHL (2006)

Völker-Lehmkuhl, K.: Praxis der Bilanzierung und Besteuerung von CO₂-Emissionsrechten – Grundlagen - Risiken - Fallstudie. Berlin 2006.

WALTER/SCHMIDT (2008)

Walter, S./Schmidt, M.: Carbon Footprints und Carbon Label – eine echte Hilfe bei der Kaufentscheidung? In: Umweltwirtschaftsforum, 16. Jg. (2008), Heft 3, S. 175-181.

WALTER/WÜNSCHE (2005)

Walter, W. G./Wünsche, I.: Einführung in die moderne Kostenrechnung – Grundlagen – Methoden – Neue Ansätze – Mit Aufgaben und Lösungen. 3. Aufl., Wiesbaden 2005.

WBCSD/WRI (2004)

WBCSD/WRI: The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard. Online-Publikation im Internet unter der URL: „http://pdf.wri.org/ghg_protocol_2004.pdf“, Zugriff am 22.10.2011.

WEBER (2008)

Weber, M.: Alltagsbilder des Klimawandels – Zum Klimabewusstsein in Deutschland. Dissertation, Universität Lüneburg. Wiesbaden 2008.

WERNER (2010)

Werner, H.: Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 4. Aufl., Wiesbaden 2010.

WICK/KOPPERS/KLUMPP (2010)

Wick, C./Koppers, L./Klump, M.: Total CO₂ Calculation in SCM. In: Grubbström, R. W./Hinterhuber, H. H. (Hrsg.): 16th International Working Seminar on Production Economics. Conference Proceedings, 01.-05.03.2010 in Innsbruck, Vol. 2 (2010), pp. 587-598.

WIEDMANN/MINX (2007)

Wiedmann, T./Minx, J.: A Definition of ‘Carbon Footprint’. In: Pertsova, C. C. (Hrsg.): Ecological Economics – Research Trends. New York 2007, S. 1-11.

WIESMETH (2003)

Wiesmeth, H.: Umweltökonomie – Theorie und Praxis im Gleichgewicht. Berlin et al. 2003.

WIMMER/LEE/QUELLA ET AL. (2010)

Wimmer, W./Lee, K. M./Quella, F./Polak, J.: ECODESIGN – The Competitive Advantage. Dordrecht et al. 2010.

WINKLER (2005)

Winkler, H.: Konzept und Einsatzmöglichkeiten des Supply Chain Controlling – Am Beispiel einer Virtuellen Supply Chain Organisation (VISCO). Dissertation, Universität Klagenfurt. Wiesbaden 2005.

WOLSTENHOLME (1999)

Wolstenholme, E. F.: Qualitative vs. quantitative modelling: the evolving balance. In: The Journal of the Operational Research Society, Vol. 50 (1999), No. 4, pp. 422-428.

ZELEWSKI/HOHMANN/HÜGENS (2008)

Zelewski, S./Hohmann, S./Hügens, T.: Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme – Konzepte und exemplarische Implementierungen mithilfe von SAP® R/3®. München 2008.

Anhang

Zeit	Absatz [[STÜCK]/Monat]	Anfangsmenge [[UNDM]]	Ausbringungsmenge [[Stück]]	Berechnung des CF [[UNDM]]	Carbon Reduction Label [[UNDM]]	CF [[UNDM]]
10/2011	0,00	5.000,00	5.500,00	1,00	1,00	1,00
11/2011	4.256,42	5.000,00	5.500,00	1,00	1,00	1,00
12/2011	4.272,94	0,00	4.756,42	1,00	1,00	0,00
01/2012	5.458,40	0,00	4.772,94	1,00	1,00	0,00
02/2012	5.609,82	0,00	5.958,40	1,00	1,00	0,00
03/2012	5.659,49	0,00	6.109,82	1,00	1,00	0,00
04/2012	5.655,13	0,00	6.159,49	1,00	1,00	0,00
05/2012	5.652,93	0,00	6.155,13	1,00	1,00	0,00
06/2012	5.652,61	0,00	6.152,93	1,00	1,00	0,00
07/2012	5.652,53	0,00	6.152,61	1,00	1,00	0,00
08/2012	5.652,52	0,00	6.152,53	1,00	1,00	0,00
09/2012	5.652,51	0,00	6.152,52	1,00	1,00	0,00
10/2012	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
11/2012	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
12/2012	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
01/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
02/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
03/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
04/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
05/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
06/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
07/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
08/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00
09/2013	5.652,51	0,00	6.152,51	1,00	1,00	0,00

Tabelle a: Validierung mit dem Wert 1 (Teil 1)

Zeit	CF-Kosten [[EURO]]	Einführung Carbon Accounting & Controlling [[UNDM]]	Energieverbrauch [[UNDM]]	Erlös [[Euro]/Monat]	fixe Energiekosten [[Euro]]	fixe Kosten [[Euro]]
10/2011	3.333,33	♦	1,00	0,00	7.000,00	19.000,00
11/2011	3.333,33	♦	1,00	45.375,99	7.000,00	19.000,00
12/2011	3.333,33	♦	0,60	45.065,53	4.200,00	16.200,00
01/2012	3.333,33	♦	0,60	57.490,66	4.200,00	16.200,00
02/2012	3.333,33	♦	0,60	54.517,87	4.200,00	16.200,00
03/2012	3.333,33	♦	0,60	54.540,68	4.200,00	16.200,00
04/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.735,48	4.200,00	16.200,00
05/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.727,10	4.200,00	16.200,00
06/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,63	4.200,00	16.200,00
07/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,79	4.200,00	16.200,00
08/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,88	4.200,00	16.200,00
09/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,89	4.200,00	16.200,00
10/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
11/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
12/2012	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
01/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
02/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
03/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
04/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
05/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
06/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
07/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
08/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00
09/2013	3.750,00	1,00	0,60	54.730,90	4.200,00	16.200,00

Tabelle b: Validierung mit dem Wert 1 (Teil 2)

Zeit	Gesamtkosten [[Euro]/Monat]	Gesamtzahl Absatz [[STÜCK]]	Gewinn [[Euro]]	Grad der Umsetzung [[UNDIM]]	Kundenzufriedenheit [[UNDIM]]
10/2011	31.133,33	0,00	0,00	1,00	0,69
11/2011	31.133,33	0,00	-31.133,33	1,00	0,69
12/2011	26.382,57	4.256,42	-16.890,68	1,00	0,89
01/2012	26.406,36	8.529,35	1.792,27	1,00	0,89
02/2012	28.113,42	13.987,75	32.876,57	1,00	0,90
03/2012	28.331,48	19.597,57	59.281,01	1,00	0,90
04/2012	28.819,66	25.257,06	85.490,22	1,00	0,90
05/2012	28.813,39	30.912,19	111.406,04	1,00	0,90
06/2012	28.810,21	36.565,12	137.319,75	1,00	0,90
07/2012	28.809,76	42.217,73	163.240,17	1,00	0,90
08/2012	28.809,65	47.870,26	189.161,19	1,00	0,90
09/2012	28.809,63	53.522,78	215.082,42	1,00	0,90
10/2012	28.809,62	59.175,29	241.003,69	1,00	0,90
11/2012	28.809,62	64.827,81	266.924,97	1,00	0,90
12/2012	28.809,62	70.480,32	292.846,25	1,00	0,90
01/2013	28.809,62	76.132,83	318.767,53	1,00	0,90
02/2013	28.809,62	81.785,35	344.688,80	1,00	0,90
03/2013	28.809,62	87.437,86	370.610,08	1,00	0,90
04/2013	28.809,62	93.090,37	396.531,36	1,00	0,90
05/2013	28.809,62	98.742,89	422.452,64	1,00	0,90
06/2013	28.809,62	104.395,40	448.373,92	1,00	0,90
07/2013	28.809,62	110.047,91	474.295,20	1,00	0,90
08/2013	28.809,62	115.700,43	500.216,48	1,00	0,90
09/2013	28.809,62	121.352,94	526.137,76	1,00	0,90

Tabelle c: Validierung mit dem Wert 1 (Teil 3)

Zeit	Maßnahmen zur Reduzierung des CF [[UNDIM]]	Normierungsgröße [[UNDIM]]	Preis [[EURO]/[STÜCK]]	Qualität [[UNDIM]/[Monat]]	Reputation [[UNDIM]]
10/2011	1,00	0,73	10,66	1,00	0,00
11/2011	1,00	0,73	10,66	1,00	0,73
12/2011	1,00	0,74	10,55	1,00	0,73
01/2012	1,00	0,74	10,53	1,00	0,93
02/2012	1,00	0,76	9,72	1,00	0,93
03/2012	1,00	0,76	9,64	1,00	0,93
04/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
05/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
06/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
07/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
08/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
09/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
10/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
11/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
12/2012	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
01/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
02/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
03/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
04/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
05/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
06/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
07/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
08/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93
09/2013	1,00	0,76	9,68	1,00	0,93

Tabelle d: Validierung mit dem Wert 1 (Teil 4)

Zeit	variable Energiekosten [[Euro]]	variable Kosten [[Euro]]	variable Stückkosten [[Euro]/[Stück]]	Zufriedenheit Stakeholder [[UNDIM]]
10/2011	2.200,00	8.800,00	1,20	0,80
11/2011	2.200,00	8.800,00	1,20	0,80
12/2011	1.141,54	6.849,24	1,20	1,00
01/2012	1.145,50	6.873,03	1,20	1,00
02/2012	1.430,02	8.580,09	1,20	1,00
03/2012	1.466,36	8.798,14	1,20	1,00
04/2012	1.478,28	8.869,66	1,20	1,00
05/2012	1.477,23	8.863,39	1,20	1,00
06/2012	1.476,70	8.860,21	1,20	1,00
07/2012	1.476,63	8.859,76	1,20	1,00
08/2012	1.476,61	8.859,65	1,20	1,00
09/2012	1.476,60	8.859,63	1,20	1,00
10/2012	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
11/2012	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
12/2012	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
01/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
02/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
03/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
04/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
05/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
06/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
07/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
08/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00
09/2013	1.476,60	8.859,62	1,20	1,00

Tabelle e: Validierung mit dem Wert 1 (Teil 5)

Zeit	Absatz [[STÜCK]/Monat]	Anfangsmenge [[UNDIM]]	Ausbringungsmenge [[Stück]]	Berechnung des CF [[UNDIM]]	Carbon Reduction Label [[UNDIM]]	CF [[UNDIM]]
10/2011	0,00	5.000,00	5.500,00	0,00	0,00	1,00
11/2011	2.692,80	5.000,00	5.500,00	0,00	0,00	1,00
12/2011	2.468,32	0,00	3.192,80	0,00	0,00	1,00
01/2012	2.333,50	0,00	2.968,32	0,00	0,00	1,00
02/2012	2.290,35	0,00	2.833,50	0,00	0,00	1,00
03/2012	2.270,12	0,00	2.790,35	0,00	0,00	1,00
04/2012	2.262,02	0,00	2.770,12	0,00	0,00	1,00
05/2012	2.258,46	0,00	2.762,02	0,00	0,00	1,00
06/2012	2.256,96	0,00	2.758,46	0,00	0,00	1,00
07/2012	2.256,31	0,00	2.756,96	0,00	0,00	1,00
08/2012	2.256,03	0,00	2.756,31	0,00	0,00	1,00
09/2012	2.255,91	0,00	2.756,03	0,00	0,00	1,00
10/2012	2.255,86	0,00	2.755,91	0,00	0,00	1,00
11/2012	2.255,84	0,00	2.755,86	0,00	0,00	1,00
12/2012	2.255,83	0,00	2.755,84	0,00	0,00	1,00
01/2013	2.255,83	0,00	2.755,83	0,00	0,00	1,00
02/2013	2.255,82	0,00	2.755,83	0,00	0,00	1,00
03/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
04/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
05/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
06/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
07/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
08/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00
09/2013	2.255,82	0,00	2.755,82	0,00	0,00	1,00

Tabelle f: Validierung mit dem Wert 0 (Teil 1)

Zeit	CF-Kosten [[EURO]]	Einführung Carbon Accounting & Controlling [[UNNDIM]]	Energieverbrauch [[UNNDIM]]	Erlös [[Euro]/Monat]	fixe Energiekosten [[Euro]]	fixe Kosten [[Euro]]
10/2011	0,00	◆	1,00	0,00	7.000,00	19.000,00
11/2011	0,00	◆	1,00	27.074,92	7.000,00	19.000,00
12/2011	0,00	◆	1,00	30.979,65	7.000,00	19.000,00
01/2012	0,00	◆	1,00	30.337,61	7.000,00	19.000,00
02/2012	0,00	◆	1,00	30.474,30	7.000,00	19.000,00
03/2012	0,00	◆	1,00	30.440,43	7.000,00	19.000,00
04/2012	0,00	0,00	1,00	30.444,34	7.000,00	19.000,00
05/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,84	7.000,00	19.000,00
06/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,63	7.000,00	19.000,00
07/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,34	7.000,00	19.000,00
08/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,26	7.000,00	19.000,00
09/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,22	7.000,00	19.000,00
10/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,20	7.000,00	19.000,00
11/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
12/2012	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
01/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
02/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
03/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
04/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
05/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
06/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
07/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
08/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00
09/2013	0,00	0,00	1,00	30.441,19	7.000,00	19.000,00

Tabelle g: Validierung mit dem Wert 0 (Teil 2)

Zeit	Gesamtkosten [[Euro]/Monat]	Gesamtzahl Absatz [[STÜCK]]	Gewinn [[Euro]]	Grad der Umsetzung [[UNNDIM]]	Kundenzufriedenheit [[UNNDIM]]
10/2011	27.800,00	0,00	0,00	0,00	0,30
11/2011	27.800,00	0,00	-27.800,00	0,00	0,30
12/2011	24.108,49	2.692,80	-28.525,08	0,00	0,27
01/2012	23.749,32	5.161,13	-21.653,92	0,00	0,27
02/2012	23.533,60	7.494,63	-15.065,63	0,00	0,27
03/2012	23.464,57	9.784,98	-8.124,93	0,00	0,27
04/2012	23.432,19	12.055,10	-1.149,06	0,00	0,27
05/2012	23.419,24	14.317,12	5.863,09	0,00	0,27
06/2012	23.413,54	16.575,58	12.885,70	0,00	0,27
07/2012	23.411,13	18.832,54	19.913,79	0,00	0,27
08/2012	23.410,10	21.088,85	26.944,00	0,00	0,27
09/2012	23.409,65	23.344,88	33.975,16	0,00	0,27
10/2012	23.409,46	25.600,80	41.006,73	0,00	0,27
11/2012	23.409,38	27.856,66	48.038,47	0,00	0,27
12/2012	23.409,34	30.112,50	55.070,28	0,00	0,27
01/2013	23.409,33	32.368,33	62.102,13	0,00	0,27
02/2013	23.409,32	34.624,15	69.133,99	0,00	0,27
03/2013	23.409,32	36.879,98	76.165,85	0,00	0,27
04/2013	23.409,32	39.135,80	83.197,72	0,00	0,27
05/2013	23.409,32	41.391,63	90.229,59	0,00	0,27
06/2013	23.409,32	43.647,45	97.261,46	0,00	0,27
07/2013	23.409,32	45.903,27	104.293,33	0,00	0,27
08/2013	23.409,32	48.159,10	111.325,20	0,00	0,27
09/2013	23.409,32	50.414,92	118.357,07	0,00	0,27

Tabelle h: Validierung mit dem Wert 0 (Teil 3)

Zeit	Maßnahmen zur Reduzierung des CF [[UNDIM]]	Normierungsgröße [[UNDIM]]	Preis [[EURO]/[STÜCK]]	Qualität [[UNDIM]/[Monat]]	Reputation [[UNDIM]]
10/2011	0,00	0,75	10,05	0,00	0,00
11/2011	0,00	0,75	10,05	0,00	0,45
12/2011	0,00	0,69	12,55	0,00	0,45
01/2012	0,00	0,67	13,00	0,00	0,43
02/2012	0,00	0,67	13,31	0,00	0,43
03/2012	0,00	0,66	13,41	0,00	0,43
04/2012	0,00	0,66	13,46	0,00	0,43
05/2012	0,00	0,66	13,48	0,00	0,43
06/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
07/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
08/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
09/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
10/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
11/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
12/2012	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
01/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
02/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
03/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
04/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
05/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
06/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
07/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
08/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43
09/2013	0,00	0,66	13,49	0,00	0,43

Tabelle i: Validierung mit dem Wert 0 (Teil 4)

Zeit	variable Energiekosten [[Euro]]	variable Kosten [[Euro]]	variable Stückkosten [[Euro]/[Stück]]	Zufriedenheit Stakeholder [[UNDIM]]
10/2011	2.200,00	8.800,00	1,20	0,80
11/2011	2.200,00	8.800,00	1,20	0,80
12/2011	1.277,12	5.108,49	1,20	0,80
01/2012	1.187,33	4.749,32	1,20	0,80
02/2012	1.133,40	4.533,60	1,20	0,80
03/2012	1.116,14	4.464,57	1,20	0,80
04/2012	1.108,05	4.432,19	1,20	0,80
05/2012	1.104,81	4.419,24	1,20	0,80
06/2012	1.103,38	4.413,54	1,20	0,80
07/2012	1.102,78	4.411,13	1,20	0,80
08/2012	1.102,52	4.410,10	1,20	0,80
09/2012	1.102,41	4.409,65	1,20	0,80
10/2012	1.102,37	4.409,46	1,20	0,80
11/2012	1.102,34	4.409,38	1,20	0,80
12/2012	1.102,34	4.409,34	1,20	0,80
01/2013	1.102,33	4.409,33	1,20	0,80
02/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
03/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
04/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
05/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
06/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
07/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
08/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80
09/2013	1.102,33	4.409,32	1,20	0,80

Tabelle j: Validierung mit dem Wert 0 (Teil 5)

Autoren:**Dipl.-Kff. Alessa Münchow-Küster**E-Mail: alessa.muenchow@pim.uni-due.de**Dipl.-Kfm. Babak Mirheli**E-Mail: babak.mirheli@googlemail.com**Impressum:**Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Universitätsstraße 9, 45141 Essen

Website (Institut PIM): www.pim.wiwi.uni-due.de

Website (Projekt LOGFOR):

<http://www.logfor.wiwi.uni-due.de/>

ISSN: 1866-9255



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Das Verbundprojekt Logistik Online Forwarding 2020 – Logistik-Forschung und Logistik Ausbildung (LOGFOR) – wird im Rahmen des EU-NRW-Ziel-2-Programms „Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung 2007 – 2013“ mit Finanzmitteln der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert (Förderkennzeichen: 290028112). Die Projektpartner danken dem zuständigen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen und dem Projektträger, der NRW.Bank, für die großzügige und kompetente Unterstützung ihrer Forschungs- und Transferarbeiten.

Partner des Verbundprojekts:

Gesellschaft für Wirtschaftsförderung Duisburg mbH
Industrie- und Handelskammer für Essen, Mülheim an
der Ruhr, Oberhausen zu Essen
Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duis-
burg-Wesel-Kleve zu Duisburg
Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences
Schenker Deutschland AG, Geschäftsstelle Duisburg
Universität Duisburg-Essen, Institut für Produktion
und Industrielles Informationsmanagement

GFW Duisburg
die Wirtschaftsförderung 

FOM **ild** Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences



DB **SCHENKER**

PIM