

Green-Net – Gestaltung und Bewertung des nachhaltigen Einsatzes von Logistikkonzepten in Unternehmensnetzwerken

Herausgegeben von
Günther Schuh, Volker Stich

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh, Direktor des FIR e. V. an der RWTH Aachen
Prof. Dr.-Ing. Volker Stich, Geschäftsführer des FIR e. V. an der RWTH Aachen

Autoren:

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jacob Andreae, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Dr.-Ing. Jan Helmig
Anna Müller, B. Sc.

© 2013, FIR e. V. an der RWTH Aachen
Campus-Boulevard 55, 52074 Aachen
Telefon: +49 241 47705-111
Fax: +49 241 47705-199
E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de
Internet: www.fir.rwth-aachen.de
Alle Rechte vorbehalten.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Green-Net – Gestaltung und Bewertung des nachhaltigen Einsatzes von Logistikkonzepten
in Unternehmensnetzwerken
FIR-Edition Forschung Band 12
ISBN 987-3-943024-14-2

Korrektorat:

Simone Suchan M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen
Taissia Gareina B.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen
Julia Quack van Wersch, M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Sprachlektorat:

Simone Suchan M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Layout und Satz:

Julia Quack van Wersch, M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Druck und Bindung:

MEDIENHAUS KUPER GmbH

Vorwort

Viele Unternehmen in Deutschland sind sowohl beschaffungs- als auch absatzseitig in logistische Netzwerke eingebunden. Eine effiziente Abwicklung der überbetrieblichen Logistik ist für sie daher eine unerlässliche Fähigkeit, um auf ihren Absatzmärkten konkurrenzfähig sein zu können. In der Folge wurden vielfältige logistische Kooperationskonzepte zur Effizienzsteigerung in der Logistik entwickelt. Meist hatten die Unternehmen dabei Ziele aus dem klassischen Zieldreieck Kosten, Zeit und Qualität im Blick. Derzeit beginnt sich das Blickfeld der Unternehmen jedoch zu weiten: Zwar dominieren die klassischen logistischen Zielsetzungen weiterhin, eine wachsende Zahl von Unternehmen bezieht mittlerweile aber auch ökologische Zielgrößen in ihre Betrachtungen mit ein.

Deren Bewertung ist jedoch vor allem für KMU nicht trivial. Sie verfügen in der Regel nicht über institutionalisierte Supply-Chain-Management-Abteilungen mit entsprechend qualifiziertem Personal. Für eine umfassende Bewertung ihrer Netzwerkstrukturen im Hinblick auf ökologische Zielgrößen fehlt daher häufig das notwendige Wissen. Da die Mitarbeiter zudem im Tagesgeschäft gebunden sind, sind meist auch nicht die benötigten Ressourcen verfügbar.

Ziel des Projekts Green-Net war daher die Entwicklung einer praktikablen Entscheidungsunterstützung zur Gestaltung von Logistikkonzepten unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit für KMU. Im Laufe des Projekts wurden folgende Teilergebnisse erreicht, die zur Beantwortung des beschriebenen Ziels beigetragen haben:

- Entwicklung eines Beschreibungsmodells für Logistiknetzwerke
- Eine Aufbereitung und Zusammenfassung existierender Logistikkonzepte
- Ein Kennzahlensystem zur integrierten ökonomisch-ökologischen Bewertung von Nachhaltigkeit in der Logistik
- Ein Simulationsmodell zur Abschätzung der Auswirkungen von Veränderungen an Logistikkonzepten auf dieses Kennzahlensystem
- Ein Verfahren zur Anwendung des Simulationsmodells und zur Ableitung von Handlungsempfehlungen

Das Forschungsvorhaben Green-Net wurde als IGF-Vorhaben 17341 N der Forschungsvereinigung *Bundesvereinigung Logistik e. V. – BVL*, Schlachte 31, 28195 Bremen über die *AiF* im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie* aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für diese Förderung ihrer Arbeit möchten sich die Autoren an dieser Stelle herzlich bedanken!

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



ALLIANZ
INDUSTRIE
FORSCHUNG

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Weiterer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Jan Helmig, der mit seiner Mitarbeit im Projekt und mit seiner Dissertationsschrift wichtige Impulse gegeben hat. Abschließend möchten sich die Autoren außerdem bei allen Unternehmen und ihren Mitarbeitern bedanken, die das Projekt unterstützt haben. Sie haben durch ihre Mitarbeit und durch die stets bereichernden Projekttreffen entscheidend zum Ergebnis beigetragen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	7
1.2	Zielsetzung des Projekts	15
1.3	Vorgehensweise	15
2	Analyse der Netzwerkelemente	19
2.1	Auswahl eines Referenzmodells zur Netzwerkmodellierung	19
2.2	Netzwerkelemente	21
3	Analyse der Austauschbeziehungen	23
3.1	Materialfluss	23
3.2	Informationsfluss	24
4	Strukturierung der Logistikkonzepte	27
4.1	Hilfsmittel zur Strukturierung von Logistikkonzepten	27
4.1.1	Morphologiemerkmale aus den Managementprozessen	27
4.1.2	Morphologiemerkmale aus den Geschäftsprozessen	28
4.1.3	Morphologiemerkmale aus den Unterstützungsprozessen	29
4.2	Durchführung der Strukturierung von Logistikkonzepten	30
4.3	Ergebnisse der Strukturierung von Logistikkonzepten	32
5	Identifikation relevanter Zielgrößen – Ableitung eines Kennzahlensystems	35
5.1	Funktionale Unternehmenseinheiten als erste Ordnungsdimension des Kennzahlensystems	35
5.2	Nachhaltigkeit als zweite Ordnungsdimension des Kennzahlensystems ..	35
5.3	Vorstellung des Kennzahlensystems	38
6	Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austausch- beziehungen und Zielgrößen	41
7	Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austausch- beziehungen und Logistikkonzeptklassen	47
8	Ableitung eines Wirkungsmodells für die Logistikkonzeptklassen	51
8.1	Kausalitätskreisdiagramm der Beschaffung	51
8.2	Kausalitätskreisdiagramm der Produktion	53

8.3	Kausalitätskreisdiagramm der Distribution	55
8.4	Kausalitätskreisdiagramm des Services	55
8.5	Bereichsübergreifende Betrachtung	58
8.6	Anpassung des Wirkungsmodells	60
9	Erstellung der Simulationsmodelle	63
9.1	Partialmodell der Beschaffung	63
9.2	Partialmodell der Produktion	68
9.3	Partialmodell der Distribution	72
9.4	Partialmodell des Services	76
9.5	Integriertes Simulationsmodell der Kennzahlen	78
9.6	Simulationsmodell des Typs Fokus Partner	79
9.7	Validierung der Simulationsmodelle	80
10	Ableitung einer Methodik zur szenariobasierten Bewertung	83
10.1	Ableitung des Verfahrens	83
10.2	Anwendung des Verfahrens in Unternehmen A	85
10.2.1	Vorstellung des Unternehmens und Ausgangssituation	85
10.2.2	Phase 1: Festlegung der Rahmenbedingungen	86
10.2.3	Phase 2: Durchführung von Simulationsexperimenten	87
10.2.4	Phase 3: Erstellung einer Entscheidungsvorlage	94
11	Zusammenfassung und Ausblick	97
12	Literaturverzeichnis	99

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	Die „drei R“ als aktuelle ökologische Einflüsse auf Unternehmen	9
Bild 2	Einflüsse auf die Bewertung von Logistikkonzepten im dynamischen Zusammenhang	10
Bild 3	Arbeitsstruktur im Forschungsprojekt Green-Net	16
Bild 4	Bestandteile des SCOR-Modells	20
Bild 5	Flussmodell	22
Bild 6	Unterteilung der Netzwerkaustauschbeziehungen	23
Bild 7	Eigenschaften des Materialflusses	24
Bild 8	Eigenschaften des Informationsflusses	25
Bild 9	Morphologiemerkmale aus den Managementprozessen	28
Bild 10	Morphologiemerkmale aus den Geschäftsprozessen	28
Bild 11	Morphologiemerkmale aus den Unterstützungsprozessen	29
Bild 12	Scree-Test der Clusterbildung	31
Bild 13	Logistikkonzepttypen	32
Bild 14	Eigenschaften der Logistikkonzepttypen	34
Bild 15	Inputseite der Leistungserstellung	37
Bild 16	Outputseite der Leistungserstellung	38
Bild 17	Überblick über das Kennzahlensystem	39
Bild 18	Wirkungsmatrix der Kennzahlen und Netzwerkaustauschbeziehungen	44
Bild 19	Wirkungsbeziehungen zwischen den Logistikkonzepttypen und den Netzwerkaustauschbeziehungen	47
Bild 20	Kausalitätskreisdiagramm der Beschaffung	52
Bild 21	Kausalitätskreisdiagramm der Produktion	54
Bild 22	Kausalitätskreisdiagramm der Distribution	56
Bild 23	Kausalitätskreisdiagramm des Services	57
Bild 24	Schematische Darstellung des bereichsübergreifenden Kausalitätskreisdiagramms	58
Bild 25	Push- und Pull-Wirkungsmechanismen zwischen den Funktionsbereichen	60
Bild 26	Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 1)	64
Bild 27	Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 2)	65
Bild 28	Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 3)	66
Bild 29	Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 4)	67
Bild 30	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 1)	68
Bild 31	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 2)	69
Bild 32	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 3)	70

Bild 33	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 4)	70
Bild 34	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 5)	71
Bild 35	Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 6)	71
Bild 36	Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 1)	72
Bild 37	Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 2)	73
Bild 38	Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 3)	74
Bild 39	Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 4)	75
Bild 40	Simulation Partialmodell Service (Ausschnitt 1)	76
Bild 41	Simulation Partialmodell Service (Ausschnitt 2)	77
Bild 42	Simulation Partialmodell Service (Ausschnitt 3)	78
Bild 43	Simulationsmodell des Typs Fokus Partner	79
Bild 44	Stellgrößen der Simulationsläufe zu Unternehmen A	88
Bild 45	Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „D.-Logistikkosten kumulieren“	89
Bild 46	Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „D.-Liefertermintreue“	90
Bild 47	Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „P.-Auslastung“	92
Bild 48	Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „Gasförmigen D.-Abfall erzeugen“	93
Bild 49	Vergleich der Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgrößen bei Unternehmen A	94
Bild 50	Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgrößen in Unternehmen A im Spinnennetzdiagramm	95

Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
ASN	Advanced-Ship-Notices
B.	Beschaffung
B2B	Business-to-business
B2C	Business-to-consumer
CD	Cross-Docking
CMI	Co-Managed-Inventory
Co. KG	Compagnie Kommanditgesellschaft
CPFR	Collaborative-Planning-Forecasting-and-Replenishment
CR	Continuous-Replenishment
CTM	Collaborative-Transport-Management
D.	Distribution
DD	Direct-Delivery
DIN	Deutsches Institut für Normung
ECR	Efficient-Consumer-Response
EDI	Electronic data interchange
eK	eKanban
FIR	Forschungsinstitut für Rationalisierung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ISO	International Organization for Standardization
JiT	Just-in-Time
JSA	Joint-Service-Agreement
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
LOEM	Little-Original-Equipment-Manufacturer
MC	Mass-Customization
MEIM	Multi-Echelon-Inventory-Management
NENOR	Neither-excess-nor-obsolete-ratio
P.	Produktion
PA	Projektbegleitender Ausschuss
PM	Personenmonate
POD	Production-Oriented-Delivery
Pp	Postponement
PPS	Produktionsplanungs- und -steuerungssystem
Q	Quartal
QR	Quick-Response
RFID	Radiofrequenzidentifikation (engl.: <i>radio frequency identification</i>)
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

S&OP	Sales-and-Operations-Planning
SCM	Supply-Chain-Management
SCM-CTC	Supply-Chain-Management-Competence-Transfer-Center
SCMo	Supply-Chain-Monitoring
SCOR	Supply-Chain-Operations-Referenzmodell
SD	Supplier-Development
SRM	Supplier-Relationship-Management
UPD	Umwelt-Produkt-Deklaration
VAP	Value-Added-Partnership
VMI	Vendor-Managed-Inventory

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Grundproblematik

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts sehen sich Unternehmen mit grundlegend veränderten Rahmenbedingungen konfrontiert. Es existiert ein stark verwobenes Geflecht aus unterschiedlichen Ansprüchen, die das unternehmerische Umfeld an die Firmen stellt. Zahlreiche Ansprüche, vor allem ökonomischer Natur, sind vergleichsweise etabliert und den Unternehmen schon über einen längeren Zeitraum bekannt (STICH et al. 2011, S. 731).

Die wissenschaftliche Diskussion der vergangenen Jahre zeigt, dass sich Unternehmen in einem Marktumfeld bewegen, das zunehmend durch Käufer und weniger durch Anbieter geprägt wird. Unternehmen sehen sich mit der Bewältigung ständig wechselnder „klassischer“ Kundenwünsche hinsichtlich der Dimensionen Zeit, Menge und Produkt konfrontiert (BULLINGER et al. 2009, S. 91; SCHUH, MEYER 2009, S. 30). So fordern Kunden z. B. kürzere Lieferzeiten, kürzere Abstände zwischen neuen Produkten sowie ggf. eine späte Festlegung der Produktkonfiguration (STICH et al. 2009, S. 49; SCHUH, SCHWEICHER 2008, S. 1; WESTKÄMPER 2008, S. 89). Mit Blick auf die Produkte führt dies z. B. zu kontinuierlichen Änderungen im Produktprogramm sowie einer steigenden Varianten- und Typenvielfalt. Die Entwicklungen in diesen drei Dimensionen der Kundenwünsche werden vielfach von einer hohen Preissensibilität der Kunden begleitet, sodass sich Unternehmen im globalen Wettbewerb einem hohen Preisdruck ausgesetzt sehen (POLUHA 2010, S. 43; SCHUH 2006, S. 569).

Um diesen veränderten Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen, interagieren viele Unternehmen in Produktionsnetzwerken mit international verteilten Standorten (SCHUH, SCHWEICHER 2008, S. 1). Die Netzwerkbildung ergibt sich als zweiter inhaltlicher Kernaspekt der etablierten Umwelteinflüsse. Ziele derartiger Netzwerke liegen vornehmlich in der Markterschließung, der Kostenersparnis, der Bestandsreduzierung, schnelleren Reaktionszeiten und der Nutzung von Synergieeffekten (SCHUH et al. 2008, S. 296; IOUI et al. 2007, S. 3; RIVERA et al. 2007, S. 241). Im Zuge dieser Entwicklung ist die unternehmens- oder standortübergreifende Zusammenarbeit im Sinne von Supply-Chain-Management (SCM) inklusive der Internationalisierung vieler Unternehmensaktivitäten auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) relevant (STICH et al. 2008, S. 52; STEVEN 2005, S. 195ff.). Die überbetriebliche Zusammenarbeit bietet Unternehmen die Chance, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern (SCHWEICHER 2009, S. 1).

Der dritte Kernaspekt im Zuge der etablierten ökonomischen Rahmenbedingungen stellt vor dem Hintergrund der Netzworkebildung das In- bzw. Outsourcing dar. Es bedeutet eine Erweiterung der strategischen Spielräume für Unternehmen (HÜTHER et al. 2008, S. 4; SCHUH et al. 2006, S. 72) und speziell im Hinblick auf die Logistik gewinnt das Outsourcing an Relevanz (WITTENBRINK 2011, S. 146; SCHUH et al. 2007, S. 43).

Neben den beschriebenen etablierten Entwicklungen ergaben sich in den vergangenen Jahren aktuelle Anforderungen, die ebenfalls in das Geflecht des betrieblichen Umfeldes miteinfließen (STURM, VOGT 2011, S. 90; HELMIG 2010, S. 273). Dabei lassen sich drei Schwerpunkte in diesen aktuellen Entwicklungen beobachten, die alle einen Bezug zu ökologischen Zusammenhängen aufweisen. Den ersten Schwerpunkt bildet der Aspekt der Ressourcen. Die Verfügbarkeit zahlreicher, für die industrielle Fertigung genutzter Rohstoffe, wie z. B. Rohöl oder seltener Erden, ist begrenzt. Speziell für Transporte in der Logistik fällt ein hoher Verbrauch an Treibstoffen als Ressource an, der wiederum zu entsprechenden Emissionen führt. So werden der Logistik ca. 6 Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen pro Jahr zugeschrieben (McKINNON 2010, S. 2). Von besonderer Relevanz sind in diesem Zusammenhang die Preisentwicklungen am Rohstoffmarkt. So führt eine begrenzte Verfügbarkeit von Rohstoffen zu unmittelbaren Konsequenzen in der Preisbildung am Markt. Aktuelle Entwicklungen an den Rohstoffmärkten zeigen kurzfristig eine starke Volatilität im Preisgefüge, die eine hohe Unsicherheit für die Planungen in Unternehmen mit sich bringt. Auf mittlere und lange Sicht wird jedoch ein steigender Trend für Preise der relevanten Rohstoffe wie Öl, Erz etc. erwartet. Beide Umstände führen dazu, dass sich für Unternehmen steigende Kosten bei einer gleichzeitig unsicheren Versorgungslage ergeben.

Neben den Entwicklungen auf der Rohstoffseite sind aktuelle Veränderungen im Bereich staatlicher Regularien als zweiter Schwerpunkt zu beobachten, die mit einer steigenden Aufmerksamkeit speziell für CO₂-Emissionen einhergehen. Besonders im Bereich der Transportlogistik nehmen die Emissionen in der EU zu, was sich im globalen Trend bestätigt (HELD 2011, S. 11). Die verstärkte Aufmerksamkeit der Gesetzgebung in diesem Themenfeld führt gegenwärtig zu Neuerungen wie z. B. der Besteuerung von Kraftfahrzeugen bezüglich ihres CO₂-Ausstoßes oder der Einführung von Umweltplaketten für Kraftfahrzeuge. In Bezug auf die nachhaltige Produkt- bzw. Prozessgestaltung wurde die „Umwelt-Produkt-Deklaration“ (UPD), eine standardisierte Lebenszyklusanalyse bezüglich der Nachhaltigkeit eines Produkts/ Prozesses nach ISO 14025, implementiert (PFEIFFER 2009, S. 213). Somit besteht die Möglichkeit, Produkteigenschaften in normierten Systemen auszuweisen, wodurch eine höhere Transparenz hinsichtlich ökologisch relevanter Kennzahlen erzielt wird. Die staatlichen Regulierungsaktivitäten führen für Unternehmen zu erhöhten Kosten, z. B.

durch den Erwerb von Emissionszertifikaten. Des Weiteren ergeben sich Aufwände in der Anpassung der internen Prozesse zur Adressierung der Anforderungen. Besonders KMU fehlt häufig die Infrastruktur in indirekten Bereichen, um derartige Prozesse abzubilden.

Schließlich ist zu erkennen, dass sich innerhalb von Unternehmensnetzwerken an verschiedenen Stellen ein „grünes“ Bewusstsein für die Reputation von Unternehmen als dritter Schwerpunkt der aktuellen Einflüsse entwickelt. Die wahrgenommene Relevanz kann sich erstens aus direkten spezifischen und persönlichen Nutzenkalkülen der Endverbraucher (wie z. B. bei Nahrungsmitteln) ergeben. Zweitens ist die steigende Relevanz in der generellen Bedeutungseinschätzung (umwelt-)ethischer Standards begründet (HERMANN 2005, S. 90). Kunden im B2C- und B2B-Umfeld achten zunehmend auf ökologische Aspekte von Produkten, die sie erwerben, und verbinden diese mit der Reputation des jeweiligen Partners. Deshalb besitzt gerade das Unternehmen, das mit seinem Namen für das Produkt steht, ein besonderes Interesse daran, vor- und nachgelagerte Stufen der Wertschöpfungskette ökologisch korrekt zu gestalten.

Ökologische Aspekte erfahren somit eine zunehmende Relevanz in der unternehmerischen Umwelt. Bild 1 fasst die drei Kernpunkte, in denen sich diese Relevanz äußert, zu den „drei R“ (Regularien, Ressourcen und Reputation) zusammen (SCHUH, HELMIG 2011, S. 626):

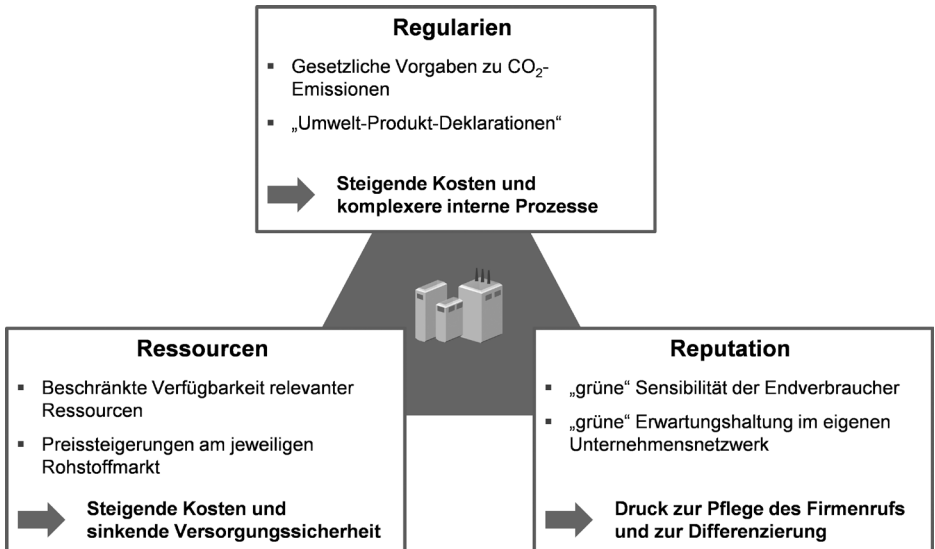


Bild 1: Die „drei R“ als aktuelle ökologische Einflüsse auf Unternehmen

Forschungsgegenstand: Supply-Chain-Management, Logistikkonzepte

In der jüngeren Vergangenheit hat sich in der wissenschaftlichen Diskussion und der unternehmerischen Praxis SCM etabliert, um den genannten ökonomischen Anforderungen zu begegnen (STICH, MEYER 2009, S. 1). Im Laufe der Zeit wurde im SCM eine Vielzahl an Logistikkonzepten entwickelt. Solche Konzepte wie z. B. Just-in-Time-Belieferungen oder die Lagerhaltung durch Lieferanten (Vendor-Managed-Inventory) werden seit Jahren zur Gestaltung und Steuerung von Unternehmensnetzwerken eingesetzt (SCHÖNEBERGER, ELBERT 2010, S. 595). Für eine effektive Gestaltung des Unternehmensnetzwerks ist es für Unternehmen essenziell, passende Logistikkonzepte auszuwählen.

Im Zuge der Bewertung von Logistikkonzepten wurde bisher der Fokus auf verschiedene ökonomische Aspekte gelegt. Die dargestellten ökologischen Veränderungen zeigen jedoch, dass beide Bereiche (Ökonomie und Ökologie) für unternehmerische Entscheidungen im Kontext des Supply-Chain-Managements eine wesentliche Rolle spielen.

Jeder der genannten Faktoren beeinflusst die Bewertung von Logistikkonzepten auf eine spezifische Art und Weise (siehe Bild 2). Diese Einflüsse sind sowohl inhaltlicher als auch chronologischer Natur. Eine mögliche Hypothese für inhaltliche Abhängigkeiten lautet, dass neue gesetzliche Regularien einen signifikanten Einfluss auf die Entscheidungsfindung bezüglich der Logistikkonzepte aufweisen. Hier werden z. B. für die Bewertung eines Konzepts nicht mehr ausschließlich sinkende Bestände

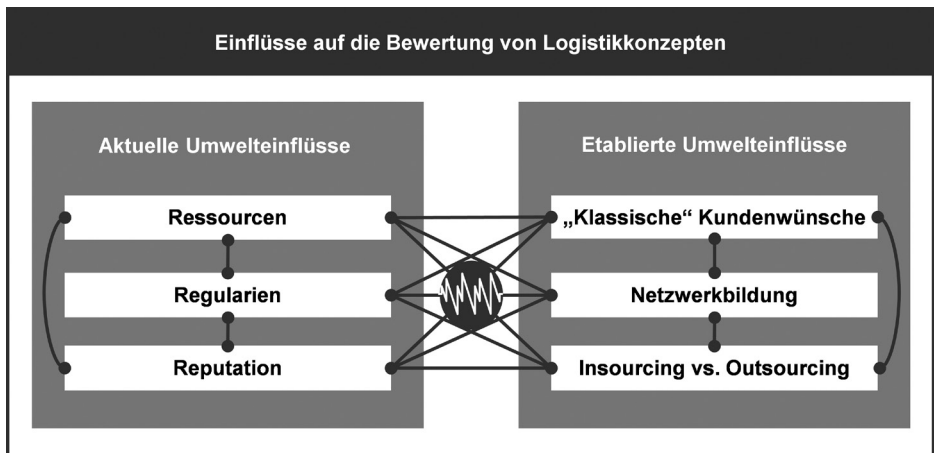


Bild 2: Einflüsse auf die Bewertung von Logistikkonzepten im dynamischen Zusammenhang

und höhere Transportfrequenzen, sondern auch steigende Emissionen betrachtet. Eine weitere Hypothese zur Darstellung der zeitlichen Verknüpfung lautet wie folgt: Staatliche Vorgaben durch Regularien sind langfristiger Natur, sodass auch der Einfluss auf praktizierte Logistikkonzepte langfristig planbar ist. Hingegen unterliegen die Preise für relevante Ressourcen wie z. B. Rohöl kurzfristigen Schwankungen. Neben dem einzelnen direkten inhaltlichen sowie zeitlichen Einfluss auf Logistikkonzepte sind die Aspekte auch untereinander verknüpft. Entwicklungen im Rahmen der Ressourcen beeinflussen z. B. die Notwendigkeit zur Netzwerkbildung oder Entscheidungen bezüglich In- und Outsourcing (HELD 2011, S. 20).

Es bestehen also vielfältige inhaltliche und zeitliche Abhängigkeiten zwischen den ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie der Bewertung von Logistikkonzepten. Wenn Unternehmen den veränderten Rahmenbedingungen z. B. durch die Einführung eines Logistikkonzepts begegnen wollen, muss für die Bewertung desselben eine Integration der ökologischen und ökonomischen Parameter erfolgen.

Zielgruppe: Logistikmanager

Eine integrierte und dynamische Bewertung von Logistikkonzepten stellt Unternehmen in der Praxis jedoch vor grundlegende Herausforderungen. Die konkrete Problemstellung für Praktiker ergibt sich aus den folgenden Aspekten:

Als erster Schritt für die Bewertung von Logistikkonzepten müssen die zu bewertenden Konzepte bekannt sein. Unternehmen verfügen derzeit nur über einen sehr eingeschränkten Überblick über vorhandene Ansätze. Dies äußert sich in der häufigen Frage von Logistikmanagern: „Welche Logistikkonzepte gibt es?“ (BECK et al. 2009, S. 2).

Darüber hinaus fällt Unternehmen die Integration von ökonomischen und ökologischen Größen zur Bewertung von Logistikkonzepten schwer. Sie können keine Aussage über die Nachhaltigkeit eines Logistikkonzepts treffen. Logistikmanager fragen sich hier: „Wie kann man ökonomische und ökologische Konsequenzen gleichzeitig bewerten?“ (OHRMAYER, KILIMANN 2009, S. 2).

Die alleinige Kenntnis der relevanten Kennzahlen reicht für eine fundierte Bewertung von Logistikkonzepten für Praktiker nicht aus. Vielmehr müssen auch die Abhängigkeiten zwischen Kennzahlen und Logistikkonzepten bekannt sein. Dies ist in der unternehmerischen Praxis weitgehend nicht der Fall, was sich in folgender Frage von Logistikmanagern niederschlägt: „Wie stellen sich die Wirkungszusammenhänge zwischen Kennzahlen und Logistikkonzepten dar?“ (SCHÖNEBERGER, ELBERT 2010, S. 595).

Schließlich bedeutet die Implementierung eines Logistikkonzepts eine langfristige Ausrichtung. Die kurz- bis langfristigen Auswirkungen eines Konzepteinsatzes können für Unternehmen heute nur sehr eingeschränkt quantitativ benannt werden. Logistikmanager benötigen hier Antworten auf die Frage: „Wie stellt sich der zeitliche Verlauf der Konsequenzen einer Konzepteinführung in den betrachteten Kennzahlen quantitativ dar?“ (HELD 2011, S. 8).

Kernproblem

Unternehmen verfügen derzeit nur über einen sehr eingeschränkten Überblick über vorhandene Ansätze zur Bewertung von Logistikkonzepten, um überhaupt den Bewertungsprozess beginnen zu können. Darüber hinaus fällt Unternehmen die Integration von ökonomischen und ökologischen Größen zur Bewertung von Logistikkonzepten schwer. Die kurz- bis langfristigen Auswirkungen eines Konzepteinsatzes können für Unternehmen heute nur sehr eingeschränkt quantitativ benannt werden.

Ein Logistikmanager muss für die Bewertung und Auswahl eines Logistikkonzepts komplexe Abhängigkeiten zwischen ökologischen und ökonomischen Größen in seiner Entscheidung berücksichtigen (SCHUH, HELMIG 2011, S. 626). Diese Zusammenhänge sind nicht ohne weiteres zu fassen, da es bisher an einer adäquaten Entscheidungsunterstützung mangelt.

Lösungsansatz

Um Unternehmen Auswahlentscheidungen für Logistikkonzepte zu erleichtern, bedarf es einer dynamischen Bewertung des Einsatzes von Logistikkonzepten hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Größen. Dabei ist eine quantitativ gestützte Ex-ante-Bewertung der Auswirkungen von Logistikkonzepten auf ökologische und ökonomische Kennzahlen von Bedeutung. Diese Bewertung muss schließlich in eine praktikable Entscheidungsunterstützung überführt werden.

Lösungsansatz ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten im spezifischen Einsatzfall. Der systemtechnische Modellierungsansatz ist das grundlegende Element der Vorgehensweise, sodass im Rahmen der einzelnen Modellierungsschritte sowohl Modelle für die Beschreibung bzw. Erklärung als auch für die Gestaltung der Realität erstellt werden. Der Bewertungsansatz soll schließlich in Form eines Simulationsmodells konkretisiert werden, welches für jeden einzelnen Logistikkonzepttyp individualisierbar ist.

Bestehende Ansätze

Ökologische, ökonomische und auch soziale Aspekte finden unter dem Begriff der Nachhaltigkeit Eingang in die aktuelle wissenschaftliche Diskussion. Aus diesem Grund wurden bestehende Beiträge zur Bewertung und Messung von Nachhaltigkeit im Supply-Chain-Management untersucht. Wichtige Konzepte sind u. a. die Produktlebenszykluskostenanalyse nach MATEIKA, die umweltorientierte Prozesskostenrechnung nach SCHNEEWEISS/STEINBACH, die Ökobilanz-, Stoff- und Energieflussanalyse nach DIN 14040, der Sustainability-Value nach FIGGE/HAHN sowie das Kennzahlensystem nach SRINIVASAN.

MATEIKA (2005) legt in seinem Beitrag einen Fokus auf Produzenten, da er das Produkt in den Mittelpunkt seiner in erster Linie ökonomischen Bewertungen stellt. Somit ist ein direkter Bezug zu Logistikkonzepten oder zur Beschaffung und Distribution kaum zu erkennen. Über die umweltorientierte Prozesskostenrechnung bieten SCHNEEWEISS/STEINBACH (1996) wiederum Ansatzpunkte für eine ökonomisch fokussierte Bewertungsunterstützung. Diese kann aufgrund des prozessualen Ansatzes im Sinne der Beschaffung und Distribution betrachtet werden. Beide Ansätze betrachten keine dynamischen Aspekte.

Die DIN 14040 bietet einen breiten Ansatz zur Bewertung von Nachhaltigkeit im Rahmen der Betrachtung von Stoffströmen. Dabei werden aber Logistikkonzepte und dynamische Aspekte nicht explizit betrachtet. Eine ähnlich allgemeine Ausrichtung weist der Beitrag von FIGGE/HAHN (2005) zum Sustainable-Value auf. Hier werden ebenfalls sehr grundlegende Vorgehensweisen benannt, die prinzipiell für die hier relevanten Fragestellungen adaptierbar wären, jedoch nicht explizit dafür vorgesehen sind. SRINIVASAN (2010) beschränkt seine Betrachtungen auf produktionstechnologische Fragestellungen und bietet dafür eine umfassende Sammlung an ökonomischen und ökologischen Kennzahlen zur Bewertung von Nachhaltigkeit. Eine Betrachtung von dynamischen Aspekten oder eine Vorstellung von Logistikkonzepten erfolgt nicht.

In der wissenschaftlichen Literatur finden sich außerdem zahlreiche Beiträge zur direkten Bewertung von Logistikkonzepten in Unternehmensnetzwerken. Sie stellen eine große Bandbreite an unterschiedlichen Bewertungsansätzen dar, die sich für eine strukturierte Darstellung grob in drei Gruppen zusammenfassen lassen: So lassen sich ökonomische, ökologische und simulationsbasierte Bewertungsansätze abgrenzen.

Abgrenzung

Zur Bewertung von Nachhaltigkeit existiert eine Vielzahl von Ansätzen, die allerdings vergleichsweise allgemein aufgestellt sind und sich nur vereinzelt für

die Bewertung des Einsatzes von Logistikkonzepten hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Größen eignen. Es erfolgt in der Regel keine Einschränkung von Produzenten, Dienstleistern oder dem Handel. Häufig fehlt auch ein klarer Bezug zu Unternehmensnetzwerken bzw. zu Beschaffungs- oder Distributionsaktivitäten. Sie betonen ferner ökologische und ökonomische Dimensionen unterschiedlich stark und liefern in der Regel keine Entscheidungsunterstützung. Simulationen und Szenarienbetrachtungen finden häufig keine Anwendung.

Ökonomisch orientierte Ansätze betrachten durchgängig Unternehmensnetzwerke. Außerdem stehen sowohl Beschaffungs- als auch Distributionsfragestellungen im Fokus. In der Regel wird die Konzeptauswahl und -anwendung betrachtet. Diese mündet zwar bei einigen Ansätzen in Bewertungs- und Entscheidungsunterstützungen, allerdings finden dabei keine ökologischen Größen Verwendung. Darüber hinaus sind die Aussagen der Verfahren in der Regel qualitativer Natur und somit nicht für eine quantitative Betrachtung von dynamischen Zusammenhängen geeignet.

Im Gegensatz zu den ökonomisch orientierten Ansätzen weisen ökologisch orientierte Ansätze eine besondere Berücksichtigung ökologischer Faktoren auf. Dies erfolgt in der Regel auf Basis von Beschreibungs- und Bewertungsmodellen. Dabei berücksichtigen die Ansätze jedoch Unternehmensnetzwerke und Logistikkonzepttypen nicht umfassend. Dies geschieht häufig nur am Rande des Ansatzes, da diese eher für generischere Beschreibungs- und Bewertungsaufgaben herangezogen werden können.

Simulationsbasierte Ansätze zur Bewertung von Logistikkonzepten erscheinen hingegen sehr spezifisch. Hier werden einzelne Fallstudien betrachtet, sodass die Eignung für eine grundlegende Entscheidungsunterstützung fragwürdig ist. Dies äußert sich z. B. in der Betrachtung von konkreten Konzepten, deren Anzahl aber zu gering ist. Es werden in vielen Fällen lediglich einzelne ökonomische Größen zur Bewertung herangezogen. Ökologische Größen finden nur in Ausnahmen Berücksichtigung, wobei diese Anwendung dann ebenfalls sehr spezifisch auf einzelne Unternehmensbereiche bzw. Bereiche der Supply-Chain ausgerichtet sind. Somit besteht vor dem Hintergrund der existierenden Ansätze Forschungsbedarf für eine ganzheitliche Bewertungs- und Entscheidungsunterstützung zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten. Dabei müssen ökonomische und ökologische Größen in einer anwendbaren Anzahl Berücksichtigung finden. Ferner gilt es, eine umfassende Anzahl an Logistikkonzepten, die nachvollziehbar und handhabbar strukturiert sind, zu betrachten. Schließlich besteht Bedarf in der Berücksichtigung von dynamischen Aspekten bei der Bewertung der Konzepte, sodass schlussendlich Szenarien für eine fundierte Entscheidung gebildet werden können.

1.2 Zielsetzung des Projekts

Vor dem Hintergrund der zuvor dargestellten Ausgangssituation und Problemstellung besteht die Zielsetzung des Projekts in der Bewertung des nachhaltigen Einsatzes von Logistikkonzepten in Unternehmensnetzwerken. Inwieweit ein Logistikkonzept tatsächlich nachhaltig ist, hängt von den Einsatzumständen deselben im spezifischen Fall ab. Die Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten sollte daher grundsätzlich im Kontext des Einsatzfalls vorgenommen werden. Ziel ist es, eine quantitativ gestützte Ex-ante-Bewertung des Einsatzes von Logistikkonzepten aufgrund ihrer kurz- bis langfristigen Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Kennzahlen im Unternehmensnetzwerk zu ermöglichen. Vor dem Hintergrund einer solchen Bewertung kann eine Auswahlentscheidung für ein Logistikkonzept erfolgen. Darüber hinaus ist so eine Aussage über die Nachhaltigkeit des Logistikkonzepts im betrachteten Einsatzfall möglich.

Um die Bewertung auf Grundlage der Auswirkungen eines Logistikkonzepts auf Kennzahlen zu ermöglichen, müssen die Veränderungen in den Ausprägungen der Kennzahlen nachvollzogen werden können. Hierbei soll das Verfahren die oben beschriebene Dynamik im Rahmen einer Simulation abbilden und erfassen können. Die Simulation kann für verschiedene Szenarien durchgeführt werden, sodass unterschiedliche Entscheidungsalternativen für ein Unternehmen generiert werden.

Im Zuge der Entwicklung dieser Entscheidungsunterstützung werden weitere Aspekte der Problemstellung adressiert. So wird die Vielfalt der vorhandenen Logistikkonzepte nachvollziehbar strukturiert. Es werden des Weiteren relevante ökonomische und ökologische Kennzahlen definiert. Darüber hinaus werden die Einflüsse der unterschiedlichen Logistikkonzeptgruppen auf die Kennzahlen abgebildet. Diese Zusammenhänge führen schließlich zu einem Simulationsmodell, das den zeitlichen Verlauf der Veränderungen in den Kennzahlen aufgrund der Einführung eines Logistikkonzepts quantitativ abbildet.

1.3 Vorgehensweise

Projektpartner und Projektbegleitender Ausschuss

Das zentrale Kontroll- und Steuerungsinstrument des Forschungsprojekts Green-Net war der Projektbegleitende Ausschuss (PA), der sich aus Vertretern von insgesamt fünf KMU sowie des *FIR e. V. RWTH Aachen* zusammensetzt. Aufgabe des PA war in erster Linie die Ausrichtung des Projekts sowie die Kontrolle der Projektfortschritte. Zudem konnten die Projektpartner durch den PA ihr Wissen und ihre Erfahrungen in

das Projekt einfließen lassen, was sich als sehr hilfreich herausstellte und zum Erfolg des Projekts beitrug. Die Arbeitsstruktur der Projektpartner ist in Bild 3 dargestellt.

Im Verlauf des Projekts konnten die *Dr. Babor GmbH & Co. KG* sowie die *CLAAS KGaA mbH* als weitere Unterstützer gewonnen werden. Durch einen aktiven Wissenstransfer leisteten sie einen wichtigen Beitrag zum Projektfortschritt.

Die Know-how-Abfrage der Projektpartner fand auch außerhalb des Projektbegleitenden Ausschusses im Rahmen mehrerer industrieller Workshops statt, an denen neben den Mitgliedern des PA auch Mitarbeiter weiterer Unternehmen teilnahmen. Hierbei konnten konkrete und repräsentative Projektergebnisse in einem breiteren Teilnehmer-kreis erarbeitet werden. Seine Aufgabe der Lenkung und Kontrolle des Projekts erfüllte der PA im Rahmen von vier Sitzungen während der Projektlaufzeit (Abschnitt 11.2).

Arbeitsschritte

Die Vorgehensweise bei der Umsetzung der Projektziele beinhaltet neun wesentliche Arbeitsschritte. Diese werden hier kurz vorgestellt und in den folgenden Kapiteln ausführlich beschrieben:

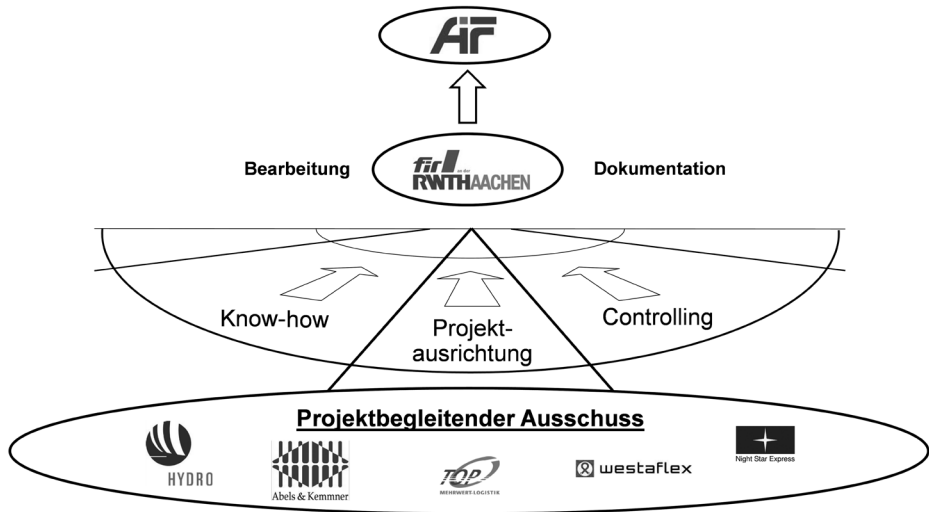


Bild 3: Arbeitsstruktur im Forschungsprojekt Green-Net

Arbeitsschritt 1:

Definition des Betrachtungsgegenstands durch Analyse der Netzwerkgestaltungselemente; Beschreibung elementarer Netzwerkbausteine und deren Modularisierung

Arbeitsschritt 2:

Analyse der Netzwerkaustauschbeziehungen; Unterscheidung zwischen Material- und Informationsflüssen

Arbeitsschritt 3:

Analyse und Strukturierung geeigneter Logistikkonzepte mit dem Ziel der Komplexitätsreduktion; Untersuchung bereits vorhandener Ansätze

Arbeitsschritt 4:

Identifikation relevanter Zielgrößen; Systematisierung sowohl klassischer ökonomischer als auch ökologischer Größen

Arbeitsschritt 5:

Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austauschbeziehungen und Zielgrößen

Arbeitsschritt 6:

Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austauschbeziehungen und den Logistikkonzeptklassen

Arbeitsschritt 7:

Ableitung eines Wirkungsmodells für jede Logistikkonzeptklasse; Zusammenführung der Ergebnisse der vorangegangenen Schritte

Arbeitsschritt 8:

Erstellung eines Simulationsmodells für jede Logistikkonzeptklasse; Quantifizierung der Wirkungszusammenhänge

Arbeitsschritt 9:

Ableitung einer Methodik zur szenariobasierten Bewertung und Erarbeitung einer praxistauglichen Entscheidungsunterstützung

2 Analyse der Netzwerkelemente

In der wissenschaftlichen Diskussion existieren verschiedene Referenzmodelle zur Beschreibung von Unternehmensnetzwerken. Sie werden im Anwendungsfall anhand jeweils spezifischer Rahmenbedingungen als Vorlage zur Ableitung von individuellen Modellen herangezogen (BECKER 2004, S. 325; FETTKE, LOOS 2004, S. 331). Um eine entsprechende Allgemeingültigkeit der Modelle zu gewährleisten, ist eine Reduktion der Komplexität notwendig. Neben dieser Zweckorientierung sind Referenzmodelle zusätzlich realitätsbezogen, d. h. sie bilden reale Systeme ab. Referenzmodelle zur Planung und Steuerung von Prozessen in Unternehmensnetzwerken sind beispielsweise das ARIS-Modell (Architektur integrierter Informationssysteme) (SCHEER 2002, S. 2), das Aachener PPS-Modell (SCHUH 2006, S. 28), das SCOR-Modell (SUPPLY CHAIN COUNCIL 2010, S. 3) oder das Supply-Chain-Management-Competence-Transfer-Center-Aufgabenmodell (SCM-CTC) (GEHR 2003, S. 55).

2.1 Auswahl eines Referenzmodells zur Netzwerkmodellierung

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde als Grundlage zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten im Einsatzfall das Supply-Chain-Operations-Reference-Modell (SCOR) verwendet. Das SCOR-Modell bietet vielseitige Ansätze zur Darstellung der Aufbaumodellierung eines Unternehmensnetzwerks. Außerdem wird die Modellierung von Abläufen mithilfe der konsequenten Abbildung der innerbetrieblichen Funktionen wie z. B. Beschaffungs- oder Produktionsprozessen unterstützt. Dabei ist hilfreich, dass das Modell auch eine Ebenenarchitektur aufweist und so unterschiedliche Aggregationsebenen zulässt. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität in der Abbildung von inhaltlichen Zusammenhängen bei verschiedenen Anwendungsszenarien. Darüber hinaus bietet es ein einheitliches Verständnis der Kernprozessschritte, Abläufe und Aufgaben innerhalb einer Supply-Chain. Des Weiteren ist eine Reihe von Referenzmodellen im SCOR-Modell integriert worden, z. B. das Modell von COOPER, LAMBERT und PAGH oder das Modell von METZ. Schließlich sprach die weite Verbreitung und Anerkennung des Modells sowie seine Erweiterbarkeit für seine Verwendung im vorliegenden Anwendungsfall. Im Folgenden wird das SCOR-Modell in seinen Eigenschaften detaillierter vorgestellt:

SCOR-Modell

Das SCOR-Modell wurde 1996 vom Supply-Chain-Council, einem Netzwerk aus rund 70 weltweit agierenden Firmen, entwickelt. Mithilfe des Modells ist eine umfassende und einheitliche Beschreibung, Analyse und Bewertung von unternehmensinternen und -übergreifenden Lieferketten möglich. Dabei werden sämtliche Prozesse, Ströme

und Transaktionen eines Produktionsnetzwerks über sämtliche Lieferanten- und Kundenstufen berücksichtigt (CORSTEN, GABRIEL 2004, S. 236).

Das SCOR-Modell besitzt eine hierarchische Grundstruktur. Es besteht aus vier Ebenen (*Levels*), deren oberste (*Top Level*) die strukturellen Bereiche innerhalb der Supply-Chain, die in jedem an der Lieferkette beteiligten Unternehmen zu finden sind, definiert. Diesen strukturellen Bereichen werden fünf Kernprozesse zugeordnet: Planen (*Plan*), Beschaffen (*Source*), Herstellen (*Make*), Liefern (*Deliver*) und die Organisation der Rückläufe (*Return*) (siehe Bild 4). Da diese Kernprozesse für den weiteren Verlauf von großer Bedeutung sind, werden sie im Folgenden kurz betrachtet (SUPPLY CHAIN COUNCIL 2010, S. 3).

Der Kernprozess *Plan* beschreibt alle Planungs- und Steuerungsprozesse, die auf der Distributions-, Produktions- und Beschaffungsseite des jeweiligen Unternehmens anfallen. Hierzu zählen die Aufstellung und Kommunikation der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionspläne für die gesamte Lieferkette sowie die Ressourcenplanung der Produktion. Für der Beschaffungsseite ist der Kernprozess *Source* zuständig. Zu seinen Aufgaben zählen die Organisation der Wareneingänge, die Qualitätskontrolle der eingehenden Ware, der Transfer der eingegangenen Produkte sowie die Bezahlung der Lieferanten. Zu den weiteren Aufgaben des Kernprozesses *Source* zählt die Organisation und Kontrolle des gesamten Lieferantennetzwerks des Unternehmens.

Als Produktionskernprozess steuert und kontrolliert *Make* den Produktionsprozess. Zudem organisiert er die Übergabe der produzierten Waren an den Warenausgang. Der Warenausgang wird durch den Kernprozess *Deliver* gesteuert. Zu seinen Aufgaben zählen neben der Bearbeitung von Kundenanfragen die Auswahl und Organisation von Transportwegen und -arten, das Lagermanagement sowie die

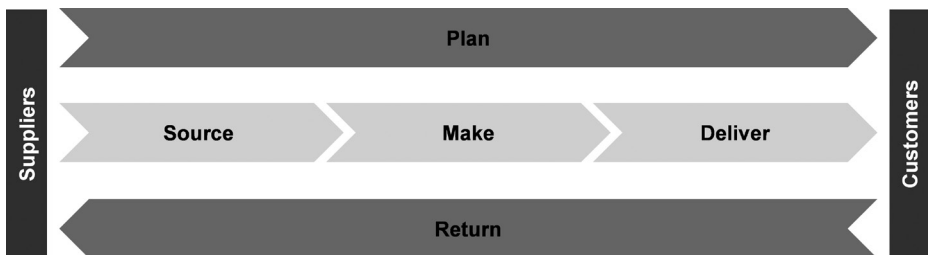


Bild 4: Bestandteile des SCOR-Modells

Suche und Auswahl von geeigneten Spediteuren. Als weitere Aufgabenstellung wickelt *Deliver* die Rechnungsstellung an den Kunden ab.

Als letzter der fünf Kernprozesse schließlich verantwortet *Return* die Organisation und Abwicklung der Warenrückläufe. Diese betreffen sowohl die Rückläufe im Wareneingang als auch solche im Warenausgang, etwa durch defekte oder überzählige Produkte.

2.2 Netzwerkelemente

Ziel der ersten Arbeitsschritte war es, auf Basis der existierenden Ansätze zur Netzwerkmodellierung ein dem weiteren Arbeitsverlauf zugrundeliegendes Modell für die Darstellung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse zu definieren. Dabei ergaben sich Strukturelemente, die für die Eingrenzung des Betrachtungsraums bei der späteren Anwendung des entwickelten Verfahrens verwendet werden konnten.

Das in der Graphentheorie vorgestellte Konzept der Darstellung unterschiedlicher Objekte als Knoten, welche im Falle unternehmerischer Aktionen durch Kanten verbunden sind, soll als Grundlage des Modells dienen. Den einfachsten Fall stellt somit die Darstellung zweier Unternehmen mit unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen als Verbindung zweier Knoten mittels einer Kante dar. Betrachtet man diese Verbindung als Darstellung gerichteter Flüsse, so lässt sich in diesem Zusammenhang von einer Quelle, also dem Ausgangspunkt der Flüsse, und einer Senke, also dem Zielort eines Flusses, sprechen. Der Vollständigkeit halber sei ebenfalls die Möglichkeit der Funktion des Dienstleisters genannt, welche weder eine Quelle noch eine Senke darstellt, sondern mit der Übermittlung der Flüsse beauftragt ist.

Angelehnt an die Charakterisierung im Modell nach METZ (1997, S. 237), lassen sich die Flüsse einer solchen Beziehung in Material-, Informations- und Finanzflüsse unterteilen. Betrachtet man die prozessualen Abläufe der Unternehmen, also der Quelle bzw. der Senke, lassen sich in Anlehnung an das Modell nach METZ je Flusstyp die zuständigen Unternehmensbereiche identifizieren (siehe Bild 5, S. 22). Dem Materialfluss zwischen den Unternehmen lassen sich der Warenausgang auf Seite der Quelle und der Wareneingang auf Seite der Senke als zuständige Elemente zuordnen. Der Bereich des Informationsflusses wird seitens der Quelle durch das Element *Lieferung* und durch das Element *Bestellung* seitens der Senke abgedeckt, während für den Finanzfluss die Elemente *Faktura* für die Quelle und *Bezahlung* für die Senke zuständig sind.

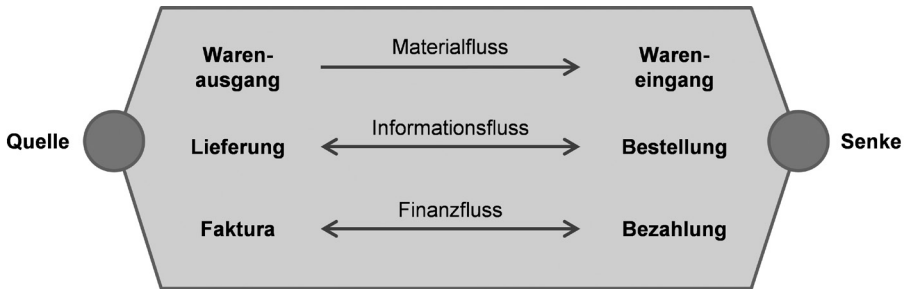


Bild 5: Flussmodell

Im Unterschied zum Materialfluss kommt es in den Bereichen des Informations- und Finanzflusses durch die Natur einer Geschäftsbeziehung zu wechselseitigen Interaktionen. Diese Gegebenheit ist in Bild 5 durch doppelseitige Pfeile zwischen den Bereichen dargestellt. Dieses Modell diene als Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte. Erweitert man das Konzept entlang des Wertschöpfungsnetzwerks, entsteht somit ein mehrstufiges Netzwerk. Dabei kann eine Senke zugleich als Quelle einer nachgelagerten Beziehung dienen bzw. eine Quelle als Senke einer vorgelagerten Beziehung. Gemäß der Graphentheorie ist dieses Netzwerk nicht nur auf eine vor- bzw. nachgelagerte Quelle oder Senke beschränkt, sondern kann aus einer beliebigen Menge von Objekten bestehen.

3 Analyse der Austauschbeziehungen

Auf Grundlage der in Arbeitsschritt 1 ausgewählten Strukturelemente wurden anschließend die Netzwerkaustauschbeziehungen zwischen den interagierenden Akteuren klassifiziert. Diese bildeten ein wichtiges Hilfsmittel bei der späteren Ableitung von Wirkungszusammenhängen zwischen Logistikkonzepten und Kennzahlen.

Die Unterteilung der Flüsse des Netzwerkmodells in Material-, Informations- und Finanzflüsse (WERNER 2010, S. 5; KNOLMAYER et al. 2000, S. 2) stellte die Grundlage zur Klassifizierung der Netzwerkaustauschbeziehungen dar. Für die Definition der Netzwerkaustauschbeziehungen wurden Finanzflüsse im Unterschied zum grundlegenden Modell jedoch als Teil des Informationsflusses aufgefasst. Dies begründet sich darin, dass Finanzen in der praktischen Abwicklung in der Regel als elektronische Zahlung stattfinden und somit Bestandteil der ausgetauschten Informationen werden. Es blieben also zwei Flüsse als Grundlage der Netzwerkaustauschbeziehungen erhalten (siehe Bild 6).

3.1 Materialfluss

Wie Bild 7 (siehe S. 24) zeigt, lässt sich der Materialfluss in zwei Eigenschaftsgruppen unterteilen. Die Identifikation der Produkte beschreibt, auf welche Weise das Produkt während des Transports eindeutig zu identifizieren ist und stellt somit ebenfalls eine Eigenschaft des Materialflusses dar. Zur Identifikation kann z. B. eine Beschriftung mit Produktbezeichnung und Artikelnummer, ein Barcode oder aber ein RFID-Chip am Produkt angebracht werden. Der Zustand des Produkts beschreibt die physische Verfassung desselben, d. h. ob es vollständig intakt oder mangelbehaftet ist. Das Gefahrenpotenzial besagt, ob es sich bei den Produkten um Gefahrgut handelt. Hierzu lässt sich das Gefahrenpotenzial beispielsweise anhand der Gefahrgutklassen in giftig, radioaktiv, ätzend etc. unterteilen.



Bild 6: Unterteilung der Netzwerkaustauschbeziehungen

Die zweite Gruppe stellen die lieferungsbezogenen Eigenschaften dar, welche sämtliche Eigenschaften des Austauschs der Produkte beschreiben. So beschreibt das Element *Ladehilfsmittel* die Art der für den Transport der Produkte eingesetzten Ladehilfsmittel wie z. B. Paletten, Kartons, Container oder Boxen. Das eingesetzte *Transportmittel* stellt ebenfalls eine Eigenschaft des Materialflusses dar und beschreibt, ob der Transport z. B. per Bahn, LKW, Schiff, Flugzeug oder auch per Förderband erfolgt. Die *Lieferdistanz* gibt Aufschluss über die während des Transports zu überbrückende Strecke. Zur *Lieferhäufigkeit* zählen z. B. Angaben zur Frequenz der Lieferung und deren Schwankungen. Die *Lieferzeit* gibt Aufschluss über die erwartete Dauer des Transports und somit über die Geschwindigkeit des Materialflusses.

3.2 Informationsfluss

Der Informationsfluss unterteilt sich in die vier Eigenschaftsgruppen Bestellung und Auslieferung, Reklamationen und offene Posten, Koordination sowie Finanzen (siehe Bild 8). Informationen über die bestellten oder ausgelieferten Produkte gehören zur Eigenschaftsgruppe der Bestellung und der Auslieferung. Hierzu zählen Bestelldaten und Rechnungen. Vereinbarte Zahlungsbedingungen wie z. B. Rabattstaffeln, der Zahlungszeitpunkt oder die Art und Weise der Zahlung stellen ebenfalls Elemente der Eigenschaftsgruppe dar. Der Einsatz von IT-Schnittstellen bei Bestellung oder Auslieferung, wie z. B. der Einsatz von EDI oder verschiedener SCM-Systeme, ist eine Eigenschaft des Informationsflusses.

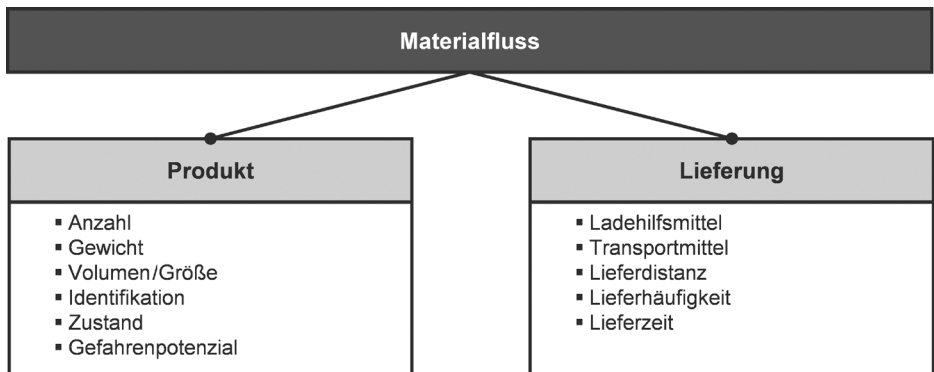


Bild 7: Eigenschaften des Materialflusses

Reklamationen und offene Posten bilden die zweite Eigenschaftsgruppe des Informationsflusses. Elemente dieser Eigenschaftsgruppe umfassen Falschmeldungen durch fehlerhaft übermittelte Informationen oder Berichte über offene Lieferungen und solche, welche sich noch in Klärung befinden. So können z. B. falsch beschriftete Produkte, unangekündigte Lieferungen oder unklare Informationen über den Zustand der Produkte Gründe darstellen, weswegen eine Lieferung weiteren Klärungsbedarf aufwerfen kann. Berichte über Schäden bilden ebenfalls Elemente dieser Eigenschaftsgruppe. Schließlich stellt der Einsatz von IT-Schnittstellen auch bei Reklamationen und offenen Posten eine Eigenschaft dieser Gruppe dar.

Die dritte Eigenschaftsgruppe bilden Eigenschaften des Informationsflusses zur Koordination der beteiligten Unternehmen. Hierzu gehören Elemente wie Informationen über den Auftragsstatus, d. h. den aktuellen Bearbeitungsstand, Daten über zukünftige, aktuelle oder vergangene Bedarfe oder geplante Spezifikationsänderungen der Produkte. Auch Informationen über akute oder

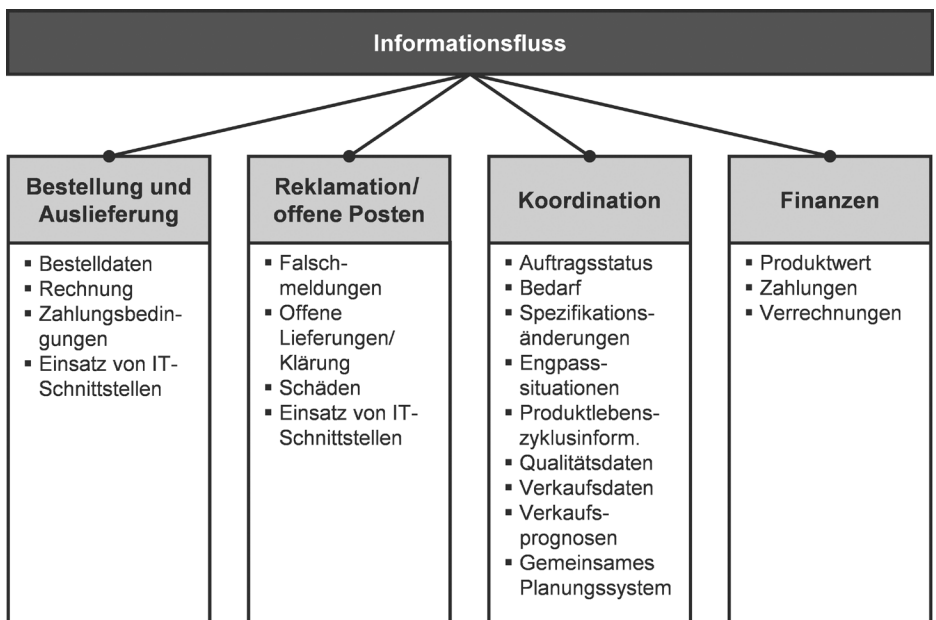


Bild 8: Eigenschaften des Informationsflusses

absehbare Engpasssituationen und allgemeine Produktlebenszyklusinformationen, wie z. B. geplante Produktlebensdauer etc. sind Eigenschaften des Informationsflusses zur Koordination. Qualitätsdaten der gelieferten Produkte sowie Verkaufsdaten und Verkaufsprognosen zur besseren Planung der Produktion gehören ebenfalls zu dieser Eigenschaftsgruppe. Weiterhin stellt, ähnlich wie bei den vorherigen Eigenschaftsgruppen, auch in dieser Eigenschaftsgruppe der Einsatz eines gemeinsamen Planungssystems zur Koordination eine spezifische Eigenschaft dieser Gruppe dar.

Die Finanzen als vierte Gruppe des Informationsflusses lassen sich in drei Eigenschaftsgruppen unterteilen: Die Eigenschaftsgruppe Produkt bezieht sich auf den Bereich des Finanzflusses, welcher durch den Austausch der Produkte zustandekommt. Geht ein Produkt von einem Hersteller in den Besitz des Kunden über, so gibt der Hersteller den Wert des Produkts ab, während der Kunde durch das Produkt einen Wertzuwachs verzeichnen kann. In die Untergruppe Zahlungen fallen sämtliche geleisteten Zahlungen zwischen den beteiligten Unternehmen. Diese Zahlungen können z. B. durch Bargeld, Abbuchungsaufträge, Lastschriftinzugsverfahren, Schecks oder Überweisungen erfolgen. Der Eigenschaftsgruppe „Sonstige Finanzflüsse“ sollen jene Finanzflüsse zugeordnet werden, welche nicht durch Zahlungen oder den Übergang eines Produktwertes abgedeckt worden sind. So beinhaltet diese Eigenschaftsgruppe z. B. buchhalterische Verrechnungen.

4 Strukturierung der Logistikkonzepte

Für die Bewertung von Logistikkonzepten musste die unübersichtliche Vielzahl der bestehenden Konzepte strukturiert werden. Aufgrund verschiedener Unzulänglichkeiten der bestehenden Ansätze, so das Ergebnis einer kritischen Reflexion, ergab sich die Notwendigkeit der Entwicklung eines eigenen Ansatzes zur Strukturierung. Daher wurde in diesem Arbeitsschritt zunächst ein Strukturierungsansatz für Logistikkonzepte erarbeitet, mit dessen Hilfe im Anschluss die Strukturierung durchgeführt wurde. Die Ergebnisse werden in Form von Clustern der Logistikkonzepte vorgestellt.

4.1 Hilfsmittel zur Strukturierung von Logistikkonzepten

Für eine Strukturierung von Logistikkonzepten wurde der Ansatz des morphologischen Merkmalschemas gewählt. Ein solches Schema setzt sich aus Merkmalen und deren Ausprägungen zusammen. Dazu galt es, einen Ordnungsrahmen für die Morphologie zu definieren, vor dessen Hintergrund schließlich relevante Merkmale und deren Ausprägungen abgeleitet werden können. Die Zielsetzung bei der Wahl eines geeigneten Ordnungsrahmens liegt in der Ableitung von Merkmalen gleicher Generitätsebene für die adäquate Beschreibung der verschiedenen Interaktionen zwischen den Partnern im Netzwerk auf Grundlage der Logistikkonzepte. Dazu eignet sich das St.Galler Management-Modell aufgrund seiner spezifischen Struktur in besonderem Maße (RÜEGG-STÜRM 2003, S. 21ff.). Unternehmen und Organisationen werden hier als ein komplexes System verstanden. Aus diesem Grund ist das St.Galler Management-Modell besonders geeignet, um Merkmale für eine Charakterisierung der Kunden-Lieferanten-Schnittstelle abzuleiten, und wurde daher der Ableitung der Morphologiemerkmale zugrunde gelegt.

Ein besonderer Fokus bei der Ableitung der relevanten Merkmale für die Beschreibung der Logistikkonzepte lag auf der Prozessgestaltung unter Berücksichtigung der im St. Galler Management-Modell vorgesehenen Management-, Geschäfts- und Unterstützungsprozesse. Im Folgenden werden kurz die einzelnen Merkmale vorgestellt:

4.1.1 Morphologiemerkmale aus den Managementprozessen

Zur Kategorie der Managementprozesse zählen alle elementaren Managementaufgaben, die sich mit der Gestaltung, Lenkung (Steuerung) und Entwicklung einer zweckorientierten soziotechnischen Organisation befassen. Innerhalb der Managementprozesse existieren normative Orientierungsprozesse, strategische

Entwicklungsprozesse und operative Führungsprozesse. Für die Ableitung von Logistikkonzeptmerkmalen sind die strategischen Entwicklungsprozesse und die operativen Führungsprozesse relevant.

Die Ebene der Managementprozesse stellt drei Merkmale für die Beschreibung von Logistikkonzepten bereit. Darunter ist das Vertrauensverhältnis der Partner, die Machtverteilung zwischen den Partnern sowie die Mitarbeiterpartizipationstiefe bei Entscheidungen zu verstehen. Die abgeleiteten Merkmale samt Ausprägungen sind in Bild 9 erkennbar.

Managementprozesse	Vertrauensverhältnis	intensiv vertraut	vertraut	intensiv formal	formal	nicht relevant
	Machtverteilung	dezentral koordiniert		zentral koordiniert		nicht relevant
	Mitarbeiterpartizipationsbreite	Top-Management	Mittleres Management	Fachbereichsebene		nicht relevant

Bild 9: Morphologiemerkmale aus den Managementprozessen

4.1.2 Morphologiemerkmale aus den Geschäftsprozessen

Neben den bisher betrachteten Managementprozessen bilden Geschäftsprozesse im St. Galler Management-Modell einen wichtigen Bestandteil. Eine detaillierte Darstellung bietet Bild 10. Diese Prozessgruppe bezieht sich auf alle marktbezogenen Tätigkeiten eines Unternehmens, welche direkt auf die Schaffung von Kundennutzen abzielen.

Als Kernprozesse unternehmerischer Aktivitäten werden diejenigen Geschäftsprozesse

Geschäftsprozesse	Netzwerktyp	Projektnetzwerk		Mischnetzwerk		stabile Kette		nicht relevant
	Partneranzahl	gering		begrenzt		beliebig		nicht relevant
	Branchenausrichtung	Maschinenbau	Elektrotechnik	Fahrzeugbau	Konsumgüter	vielfältig		nicht relevant
	Materialflussfrequenz	selten		regelmäßig		häufig		nicht relevant
	Mitarbeiterpartizipationstiefe	Funktionsübernahme		aktive Gestaltung		passive Gestaltung		nicht relevant
	Innovationsfrequenz	gering	mittel	groß	sehr groß		nicht relevant	
	Produktlebenszyklus	Entstehung	Wachstum	Reife	Ablösung		nicht relevant	

Bild 10: Morphologiemerkmale aus den Geschäftsprozessen

bezeichnet, die zu einem Kundennutzen führen, welcher im Konkurrenzvergleich als überlegen wahrgenommen wird. Zu den Geschäftsprozessen zählen Kundenprozesse, Leistungserstellungs- und Leistungsinnovationsprozesse, welche alle für die Ableitung von Merkmalen eingesetzt werden.

4.1.3 Morphologiemerkmale aus den Unterstützungsprozessen

Als dritte Prozessgruppe stellen Unterstützungsprozesse einen wichtigen Baustein im St. Galler Management-Modell dar (siehe Bild 11). Um Geschäftsprozesse effektiv und effizient abwickeln zu können, stellen die Unterstützungsprozesse beispielsweise eine geeignete Infrastruktur bereit. Durch die entsprechenden Managementprozesse werden diese weiterentwickelt und gelenkt. Zu den Unterstützungsprozessen zählen grundsätzlich Prozesse des Personalmanagements, des Bildungsmanagements, des Facility-Managements, des Informationsmanagements, des Kommunikationsmanagements, des Risikomanagements sowie juristische Prozesse. Für die Ableitung von Merkmalen für die Beschreibung der Kunden-Lieferanten-Schnittstelle werden das Infrastrukturmanagement, das Bildungsmanagement, das Kommunikationsmanagement und das Informationsmanagement herangezogen.

Unterstützungsprozesse	Geografische Ausrichtung	regional	national	global	nicht relevant	
	Verkehrsnetz	periphere Anbindung	gute Anbindung	sehr gute Anbindung	nicht relevant	
	Transportwesen	Seltene Nutzung	Regelmäßige Nutzung	Intensive Nutzung	nicht relevant	
	Lagerwesen	Vorratslager	Umschlagslager	Kommissionierlager	Minimale Menge / keine Lagerung	nicht relevant
	Mitarbeiterqualifikationsgrad	hoch	mittel	einfach	nicht relevant	
	Planungsumfang	strategisch	taktisch	operativ	nicht relevant	
	Anzahl Planungspartner	gering	begrenzt	beliebig	nicht relevant	
	Zeithorizont	langfristig	mittelfristig	kurzfristig	nicht relevant	
	Informationsflusskomplexität	hoch	mittel	gering	nicht relevant	
	Informationsflussfrequenz	gering	mittel	hoch	nicht relevant	
	Hardware	leistungsfähig		standardisiert		nicht relevant
	Software	spezifisch	gemeinsame Schnittstelle	standardisiert		nicht relevant

Bild 11: Morphologiemerkmale aus den Unterstützungsprozessen

4.2 Durchführung der Strukturierung von Logistikkonzepten

Für die Strukturierung von Logistikkonzepten ist die Erstellung einer Morphologie ein geeignetes Hilfsmittel. Für jedes betrachtete Logistikkonzept wird eine Morphologie ausgefüllt. Jedes der betrachteten Logistikkonzepte wird in eine Morphologie eingeordnet. Über eine arithmetische Auswertung der Morphologien werden Möglichkeiten der Gruppierung untersucht. Aus einer Vielzahl an möglichen Algorithmen der multivariaten Analyse wird das sogenannte Mittelwertverfahren ausgewählt. Es nutzt einen robusten Clusteralgorithmus und ermöglicht eine quantifizierte Bewertung. Dieser Aspekt ist für die spätere Auswertung der einzelnen Morphologien von Vorteil, da Anteile der einzelnen Berechnungen gemittelt werden können. Für die Durchführung des Mittelwertverfahrens wird ein sogenannter hierarchisch agglomerierter Algorithmus verwendet. Ein solcher Algorithmus gruppiert einzelne Elemente in einer hierarchischen Reihenfolge entsprechend einem spezifischen Abstandsmaß (BACKHAUS et al. 2006, S. 285; BACHER 1996, S. 143; ROLLETT, BARTRAM 1976, S. 14).

In der Ausgangssituation müssen die zu gruppierenden Daten in einer identischen quantitativen Darstellung vorliegen. Dies sind im vorliegenden Fall die betrachteten Konzeptmorphologien, denen mithilfe einer Skalierung jeweils ein Wert zugewiesen wird. Somit liegen als Startverhältnis konkrete Werte in einer Dimension vor, die durch den hierarchischen agglomerierten Algorithmus zusammengeführt werden. Es wird mithilfe des Algorithmus durch einen sogenannten Verschmelzungsvorgang schrittweise die Zahl der Elemente bzw. Gruppen reduziert, bis nur noch eine einzelne Gruppe vorhanden ist. Bei jedem Reduktionsschritt wird ferner die „Güte“ der Zusammenfassung durch ein Fehlermaß bestimmt (ROLLETT, BARTRAM 1976, S. 14). Es stellt sich noch die Frage, wie man aus dem durchgeführten Algorithmus die passende Anzahl an Clustern für das Problem erhält. Die Antwort auf diese Fragestellung liefert der sogenannte Scree-Test (BACKHAUS et al. 2006, S. 240; BACHER 1996, S. 247; ROLLETT, BARTRAM 1976, S. 14). Dabei ist folgender Zusammenhang zu beachten:

Jeder durch den Algorithmus gebildete Cluster ist durch zwei Werte beschrieben: Den ersten charakteristischen Wert bildet der Mittelwert über alle Beträge der einzelnen Gruppenelemente, den man auch als Gruppenschwerpunkt auffassen kann. Der andere charakteristische Wert besteht in den Abständen der in der Gruppe enthaltenen Punkte zum Gruppenschwerpunkt. Sind diese Abstände groß, so ist die Gruppe vergleichsweise heterogen, während bei kleinen Abständen in der Gruppe eine homogene Verteilung vorliegt (ROLLETT, BARTRAM 1976, S. 14). Summiert man die Abstände eines jeden einzelnen Elements zu seinem jeweiligen Gruppenschwerpunkt,

erhält man die Fehlersumme aller Cluster. Mit steigender Anzahl an Clustern, die miteinander verschmolzen werden, steigt auch der Betrag der Fehlersumme, da sich der Mittelwert der Gruppen zunehmend von den einzelnen Punkten entfernt (BACHER 1996, S. 247). Schließlich wird die Fehlersumme eines jeden Verschmelzungsschritts über der Anzahl der Verschmelzungsschritte aufgetragen, und man erhält einen typischen „Ellenbogen-Verlauf“ der Scree-Kurve. Zunächst steigt die Fehlersumme verhältnismäßig langsam mit der Clusterzahl. Ab einer bestimmten Anzahl an Clustern nimmt die Fehlersumme jedoch schlagartig exponentiell zu. Diese letzte Verschmelzungsstufe vor dem exponentiellen Anstieg stellt die optimale Anzahl an

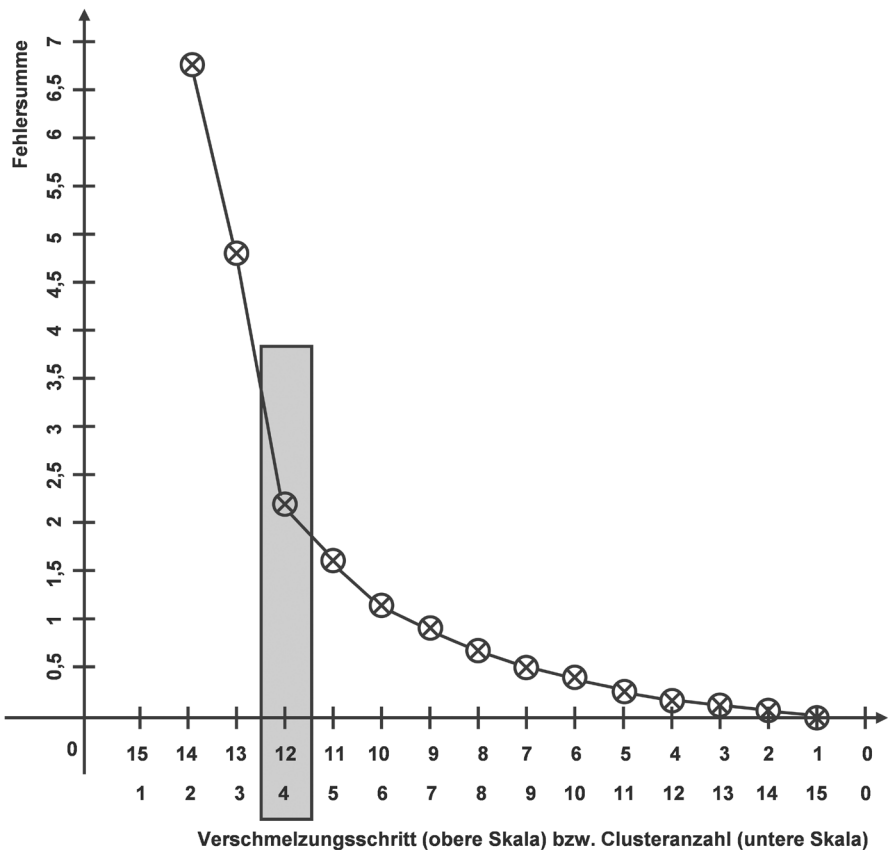


Bild 12: Scree-Test der Clusterbildung

Clustern für das jeweilige Problem dar (ROLLETT, BARTRAM 1976, S. 16). Bild 12 (siehe S. 31) zeigt, dass vier Gruppen von Logistikkonzepten gebildet werden können. Dies stellt anhand des Scree-Tests die optimale Anzahl an Clustern dar.

4.3 Ergebnisse der Strukturierung von Logistikkonzepten

Ausgehend von den Ergebnissen der Clusteranalyse werden im Folgenden die Resultate der Clusterung näher vorgestellt (siehe Bild 13).

Als Ergebnis des agglomerierten Algorithmus im Zuge der Clusteranalyse ergaben sich vier Typen von Logistikkonzepten (siehe Bild 13). Der erste Typ Fokus Produkt enthält die vier Konzepte Postponement (Pp), Mass-Customization (MC), CPFR und Sales-and-Operations-Planning (S&OP). Dabei ist festzuhalten, dass sowohl Pp und MC als auch CPFR und S&OP jeweils zueinander sehr ähnliche Charakteristika aufweisen und im Zuge der Durchführung des Algorithmus auch zu einzelnen Clustern zusammengefasst werden könnten, was durch den gestrichelten Kasten angedeutet wird. Unabhängig von der Beziehung zueinander, gestalten alle vier Konzepte in

Logistikkonzepttypen			
Fokus Produkt	Fokus Partner	Fokus Prozess	Fokus Tätigkeit
<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> Pp MC </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> CPFR S&OP </div>	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> SRM SD </div> JSA MEIM	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> VMI CMI </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> VAP DD </div> ECR JiT LOEM	ASN CD CR CTM eK POD QR SCMO

Bild 13: Logistikkonzepttypen

dieser Gruppe die Kooperation zwischen Partnern im Hinblick auf ein Produkt. Die gemeinsamen Anstrengungen zur Erstellung des Produkts stehen dabei im Vordergrund, wie z. B. die Abstimmung der Lage des Kundenentkopplungspunktes. Dies führt zu umfangreichen gemeinsamen Planungen, die aus Aufwandsgründen nur mit einer geringen Anzahl an Partnern im Hinblick auf die Erstellung eines Produkts durchgeführt werden.

Der zweite Typ enthält die Konzepte Supplier-Relationship-Management (SRM), Supplier-Development (SD), Multi-Echelon-Inventory-Management (MEIM) sowie das Joint-Service-Agreement (JSA). SRM und SD weisen wiederum eine sehr hohe Ähnlichkeit zueinander auf, weshalb auch hier eine Zusammenfassung der Konzepte in der Betrachtung für die Praxis möglich ist. Alle vier Elemente zielen auf die Gestaltung und Kontrolle der Beziehung der Partner untereinander ab. Dabei stehen die Steuerung und Bewertung der gemeinsamen Tätigkeiten im Vordergrund, weshalb dieser Typ mit dem Titel Fokus Partner bezeichnet wird. Gemeinsame Planungen und die Abstimmung von Maßnahmen, wie z. B. die Bewertung der Lieferantenleistung und die Ableitung möglicher Maßnahmen, spielen auch hier eine zentrale Rolle. Derartige Ansätze werden aber wiederum aus Aufwandsgründen nur mit einer begrenzten Anzahl von Partnern durchgeführt.

Als dritter und umfangreichster Typ enthält Fokus Prozess sieben Konzepte. Jeweils zwei (VAP und DD sowie VMI und CMI) weisen auch hier wieder große Ähnlichkeiten auf, die durch einen gestrichelten Kasten angedeutet werden. Das Kernelement der hier klassifizierten Elemente besteht in der operativen Gestaltung vielfältiger Tätigkeiten zwischen den Partnern, welche in erster Linie die überbetrieblichen Material- und Warenflüsse betreffen. Eine Abfolge von mehreren Tätigkeiten wird in der betriebswirtschaftlichen Terminologie gemeinhin als Prozess bezeichnet. Die gemeinsame Planung von Maßnahmen tritt hier eher in den Hintergrund, während die Nutzung und Ausrichtung der Infrastruktur (z. B. Lager) oder des Verkehrsnetzes wichtig sind. Eine Durchführung der Konzepte ist in der Regel mit mehreren Partnern parallel möglich, da nicht allzu große gemeinsame Planungsaufwände entstehen.

Im vierten und letzten Typ befinden sich acht Konzepte. Alle Konzepte dieses Typs weisen einen Fokus auf die Gestaltung einzelner Tätigkeiten zwischen den Partnern der Supply-Chain auf, welcher gleichzeitig namensgebend für die Gruppe ist. Im Vordergrund steht hier vor allem die Nutzung der Infrastruktur für die Gestaltung des Materialflusses. Eine Gestaltung des Informationsflusses ist nicht explizit enthalten. Ferner werden in der Regel nur klar umrissene einzelne Tätigkeiten durch das Konzept gestaltet, was im Vergleich zur Gruppe Fokus Prozess einen engeren

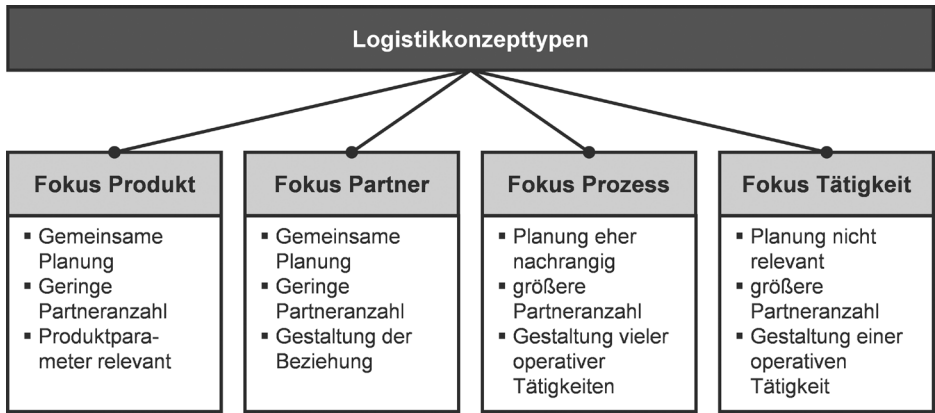


Bild 14: Eigenschaften der Logistikkonzepttypen

Betrachtungsbereich beschreibt. In Bild 14 sind die Ausführungen zur Beschreibung der verschiedenen Typen zusammengefasst.

5 Identifikation relevanter Zielgrößen – Ableitung eines Kennzahlensystems

Als Grundlage für die Bewertung von Logistikkonzepten wurde im Arbeitsschritt 4 ein Kennzahlensystem hergeleitet, das sowohl ökonomische als auch ökologische Größen berücksichtigt. Um eine nachvollziehbare und übersichtliche Struktur zu erhalten, wurden zwei Ordnungsdimensionen gebildet, die eine Matrixstruktur für die abzuleitenden Kennzahlen aufspannen. Für das vorliegende Forschungsvorhaben beschreibt die erste Dimension die funktionale Einteilung des Unternehmens anhand des SCOR-Modells. So werden die für logistische Prozesse besonders relevanten Elemente im Unternehmen berücksichtigt. Die zweite Dimension leitet sich aus der Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs ab und fokussiert ökonomische und ökologische Größen.

5.1 Funktionale Unternehmenseinheiten als erste Ordnungsdimension des Kennzahlensystems

Der erste Schritt zur Ableitung des angestrebten Kennzahlensystems bestand in der Untersuchung funktionaler Unternehmenseinheiten auf Grundlage des SCOR-Modells. Das globale Umfeld stellt, als übergeordnete Einflussgröße, die Rahmenbedingungen dafür dar. Am Markt treffen Unternehmen als Zulieferer, Kunden oder Konkurrenten aufeinander. Von der Stellung eines Unternehmens in diesem Umfeld hängen Erfolg und Misserfolg ab.

Die relevanten betrieblichen Funktionen eines Unternehmens lassen sich nach dem SCOR-Modell in die Schritte *Source*, *Make*, *Deliver*, *Return* und *Plan* fassen. Diese Funktionsbereiche beschreiben die gesamte Leistungserstellung eines Unternehmens und sind daher für Fragestellungen der Logistikkonzepte von hoher Relevanz. Auf Grundlage dieses Modells wurden die einzelnen Schritte leicht modifiziert, sodass sich im Anschluss die entsprechenden Kennzahlen leichter ableiten lassen. Dazu wurde der Schritt *Return* in seinem Betrachtungsbereich leicht erweitert und als Service bezeichnet. Darüber hinaus wurden die Planungsanteile des Schrittes *Plan* auf die übrigen Schritte verteilt und dezentral betrachtet. Somit ergaben sich vier funktionale Einheiten des Unternehmens: Beschaffung, Produktion, Distribution und Service.

5.2 Nachhaltigkeit als zweite Ordnungsdimension des Kennzahlensystems

Neben den funktionalen Unternehmenseinheiten wird die zweite Ordnungsdimension durch den Aspekt der Nachhaltigkeit gebildet. Aus Gründen der Komplexitätsreduktion

wurden in dem hier erarbeiteten System ausschließlich die Dimensionen „Ökonomie“ und „Ökologie“ betrachtet. Die sozialen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung blieben unberücksichtigt.

Ökonomische Betrachtung

Im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung wurden alle wirtschaftlich relevanten Aspekte eines nachhaltigen Supply-Chain-Managements berücksichtigt. Eine erste relevante Gruppe an Kennzahlen weist einen deutlichen Kostenbezug auf. Hierbei stellt wirtschaftliches Handeln das herausragende Ziel jedes Unternehmens dar. Es wird zwischen fixen und variablen Kosten unterschieden.

Eine zweite Gruppe an Kennzahlen richtet ihren Fokus auf die Qualität. Qualität stellt in Unternehmen einen entscheidenden Faktor für den langfristigen Markterfolg und den damit verbundenen Fortbestand des Unternehmens dar (WESTKÄMPER 2006, S. 69). Qualität lässt sich vereinfacht als Erfüllung der Anforderungen von Kunden, Markt, Unternehmensleitung sowie Gesetzen und Normen definieren. Für eine effiziente Produktion müssen die Qualitätsanforderungen von Kunden, Markt, Mitarbeitern und Gesetzen bekannt sein, da eine Untererfüllung der Qualitätsstandards langfristig den Markterfolg gefährdet. Andererseits birgt eine Übererfüllung des Qualitätsgrades keine expliziten Vorteile, wenn diese nicht beispielsweise durch einen höheren Verkaufserlös oder eine gesteigerte Kundenzufriedenheit gerechtfertigt sind.

Die dritte wichtige ökonomische Erfolgsgröße für Supply-Chains stellt die Zeit dar, sodass die dritte Gruppe der Kennzahlen durch einen Zeitbezug geprägt ist. Schnelle und termingerechte Lieferungen der Erzeugnisse an den Kunden bedeuten eine lebenswichtige Erfolgsgrundlage eines jeden Unternehmens. Die Nutzung der vorhandenen Zeit ist ein wesentlicher Qualitätsindikator in allen Bereichen des unternehmerischen Handelns. Zeitliche Nutzungsverluste können durch Wartezeiten, den Ausfall technischer Ausrüstung oder Mitarbeiter und Störungen auftreten. Diese Zeit kann in der Regel nicht kompensiert werden, es kommt zum zeitlichen Verzug.

Ökologische Betrachtung

Im Rahmen der Betrachtung des Supply-Chain-Managements unter nachhaltigen Aspekten stellt die umweltbezogene Analyse des Unternehmensnetzwerks einen zweiten wichtigen Punkt dar. Analog zur ökonomischen Betrachtung erfolgt auch hier eine weitere Detaillierung der Dimension zur vereinfachten Ableitung und Strukturierung von Kennzahlen. Die ökologische Betrachtung folgt der in der Literatur (DYCKHOFF, SOUREN 2008, S. 8; FÖRSTNER 2008, S. 79) häufig vorgenommenen

Unterteilung in die Prozessbestandteile *Input*, *Transformation* und *Output*. In dieser Prozessbetrachtung werden die Eingangsprodukte zu Ausgangsprodukten mit einer höheren Wertigkeit umgewandelt.

Auf der Inputseite der betrieblichen Leistungserstellung werden alle für den Transformationsprozess erforderlichen ökologisch relevanten Produktionsfaktoren erfasst. Durch eine umweltorientierte Planung und Organisation der Mitarbeiter kann die Effizienz der Prozesse verbessert werden und somit der Output umweltschädlicher Stoffe reduziert werden. Der Input wird weiterhin in Energie und Material unterteilt (siehe Bild 15).

Im Punkt Energie wird der Energiebedarf, der für die Leistungserstellung notwendig ist, erfasst. Zu den eingesetzten Materialien gehören neben den Betriebsmitteln die verwendeten Werkstoffe. Unter Betriebsmitteln werden alle Einrichtungen und technischen Anlagen zusammengefasst, die für die Transformation benötigt werden. Werkstoffe können in Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Zulieferteile unterteilt werden.

Die Transformation sorgt für die erforderliche Wertschöpfung innerhalb des Prozesses. Dabei erfolgt durch eine Kombination des Inputs eine Umwandlung von Gütern niederer Ordnung in Güter höherer Ordnung. Das Ergebnis besteht aus Zwischen- oder Endprodukten, dem sogenannten Output. Bei der ökologisch betrachteten Transformation werden alle vom Unternehmen selbst beeinflussbaren

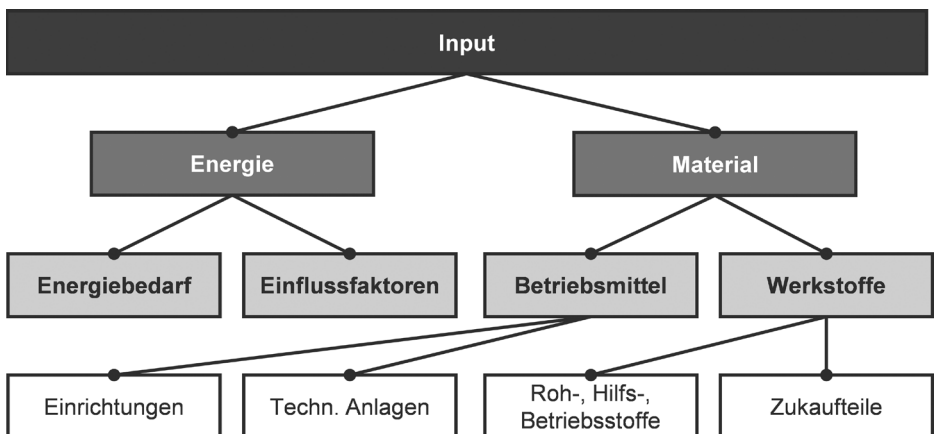


Bild 15: Inputseite der Leistungserstellung

Handlungsalternativen erfasst und anhand ihrer ökologischen Zweckmäßigkeit durch eine Kennzahl bewertet. Dies kann die Auslegung des Transportprozesses darstellen, aber auch den Vorgang der Produktion. Ebenso werden hier Recyclingprozesse erfasst und auf ihre ökologischen Auswirkungen untersucht. Beim Recycling wird dabei zwischen einer Verwendung (Produktrecycling) und einer Verwertung (Materialrecycling) unterschieden (IVSIC 2002, S. 19).

Auf der Outputseite werden alle den Transformationsprozess verlassenden Ströme erfasst. Laut den physikalischen Gesetzen gilt sowohl die Massen- als auch die Energieerhaltung, das heißt, während der Transformation kann weder Masse noch Energie geschaffen oder vernichtet, sondern nur umgewandelt werden. Der Output wird in die Größen Produkte, Abfallprodukte und Lärm unterteilt (siehe Bild 16). Entstandene Objekte werden (Haupt-)Produkte genannt, falls ihre Erstellung das Sachziel des Transformationsprozesses darstellt (DYCKHOFF, SOUREN 2008, S. 22), darunter fallen z. B. die erzeugten Güter oder die Transportleistung. Da die Produkte den Zweck der Transformation darstellen, gilt es, diesen Ausstoß zu maximieren.

Abfallprodukte und Lärm entstehen ebenfalls bei der Transformation, aber als ungewolltes Nebenprodukt. Daher soll deren Menge bestenfalls vollständig vermieden, jedoch zumindest minimiert werden.

5.3 Vorstellung des Kennzahlensystems

Nach Erstellung des Ordnungsrahmens erfolgte die Definition und Zuordnung der für das Kennzahlensystem relevanten Größen. Dabei wurde zunächst der ökonomische Aspekt der Nachhaltigkeit im Supply-Chain-Management berücksichtigt.

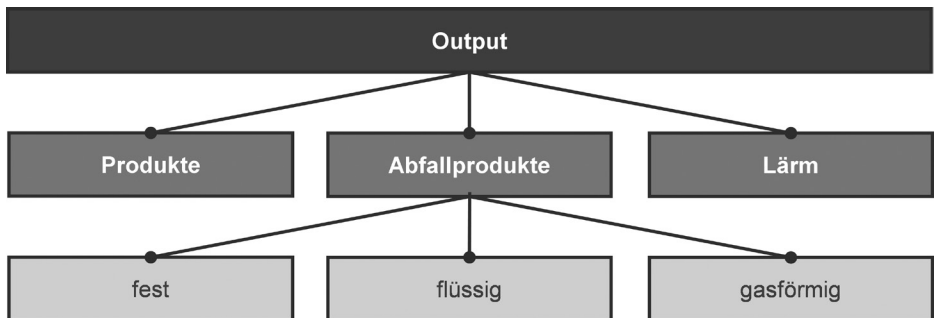


Bild 16: Outputseite der Leistungserstellung

Im Anschluss erfolgte die Untersuchung der ökologischen Dimension. Das Kennzahlensystem wurde anhand der zuvor beschriebenen Ordnungsdimensionen (funktionale Unternehmenseinheiten und Aspekte der Nachhaltigkeit) gegliedert. Eine mathematisch formale Darstellung ergab sich später im Zuge der Aufstellung der Simulationsmodelle, für die die Kennzahlen herangezogen werden. Bild 17 gibt einen Überblick über das Ergebnis der Strukturierung:

	Beschaffung	Produktion	Distribution	Service
Ökonomie	Einkaufspreis	Fertigungskosten	D.-Logistikkosten	Servicekosten
	B.-Logistikkosten	P.-Logistikkosten		S.-Logistikkosten
	B.-Kapitalbindung	P.-Kapitalbindung	D.-Kapitalbindung	S.-Kapitalbindung
	B.-Lieferqualität	Leistungsfaktor	D.-Lieferqualität	Servicequalität
	B.-Liefertermintreue	Qualitätsfaktor	D.-Liefertermintreue	
	B.-Lieferflexibilität	Auslastungsfaktor	D.-Lieferflexibilität	
Wiederbeschaffungszeit	Durchlaufzeit	Versandzeit	Beanstandungszeit	
Ökologie	B.-Energiebedarf	P.-Energiebedarf	D.-Energiebedarf	S.-Energiebedarf
	B.-Verpackungen	Roh-, Werk-, Hilfsstoffe	D.-Verpackungen	Materialverbrauch
				Rückgef. Produkte
	B.-Auslastung	Materialausnutzungsgrad	D.-Auslastung	Reparaturquote
	B.-Recyclingquote	Neither-Excess-Nor-Obsolete-Ratio	D.-Recyclingquote	S.-Recyclingquote
	Angelieferte Güter	Produzierte Güter	Ausgelieferte Güter	Serviceleistung
	B.-Abfall (f.; fl.; gf.)	P.-Abfall (f.; fl.; gf.)	D.-Abfall (f.; fl.; gf.)	S.-Abfall (f.; fl.; gf.)
B.-Lärm	P.-Lärm	D.-Lärm	S.-Lärm	

Bild 17: Überblick über das Kennzahlensystem

6 Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austauschbeziehungen und Zielgrößen

Für die Bewertung von Logistikkonzepten anhand der abgeleiteten Kennzahlen müssen neben den Wirkungszusammenhängen der Kennzahlen untereinander die Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen und den Logistikkonzepten betrachtet werden. Ein direkter Schluss von Logistikkonzepten auf Kennzahlen ist nicht hinreichend analytisch-deduktiv abbildbar, sondern würde vielmehr einer intuitiven Zuordnung entsprechen, da die Zusammenhänge aufgrund ihrer Komplexität kaum nachvollziehbar bzw. trennscharf abzubilden sind. Um diese Zuordnung belastbarer zu gestalten, wurden im Folgenden die in Arbeitsschritt 2 definierten Netzwerkaustauschbeziehungen als Hilfsgröße einbezogen. Auf diese Art und Weise erhält das Verfahren eine größere Verlässlichkeit der Bewertungsaussagen, die im Zuge der Validierung der Simulationsmodelle überprüft wird. Der zusätzliche Zwischenschritt über Netzwerkaustauschbeziehungen erhöht die Schärfe der Aussagen in den später zu erstellenden Simulationsmodellen.

Die in diesem Arbeitsschritt ermittelte Wirkungsmatrix erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Die dargestellten Abhängigkeiten können prinzipiell durch Einzelfälle ergänzt oder widerlegt werden. Dabei ist grundsätzlich von Bedeutung, dass die dargestellten Abhängigkeiten einen positiven Beitrag zur Validität der Simulationsmodelle leisten.

So gilt es zunächst, die Wirkungszusammenhänge zwischen den Kennzahlen und den Netzwerkaustauschbeziehungen zu bestimmen. An dieser Stelle genügt die Aussage, ob ein Zusammenhang vorliegt oder nicht. Dies erfolgt über die Ableitung einer Wirkungsmatrix. Im Anschluss (siehe Kapitel 7, S. 47ff.) werden die Zusammenhänge zwischen Logistikkonzepten und Austauschbeziehungen betrachtet. Damit ist schließlich eine Zuordnung von relevanten Kennzahlen zu Logistikkonzepten möglich: Ein Logistikkonzepttyp hängt von verschiedenen Austauschbeziehungen ab, die wiederum von verschiedenen Kennzahlen abhängen.

In diesem Arbeitsschritt wurden die Wirkungszusammenhänge zwischen Kennzahlen und Netzwerkaustauschbeziehungen analysiert. Dafür war zunächst die Aussage ausreichend, ob ein Wirkungszusammenhang vorhanden ist oder nicht. Die detaillierte Darstellung erfolgte später im Rahmen der Simulationsmodelle. Aus diesem Grund wurde die Analyse in Form einer

Wirkungsmatrix vorgenommen, in der durch einen Kreis angedeutet wird, ob hier ein Wirkungszusammenhang vorliegt.

In der Wirkungsmatrix werden die Kennzahlen gemäß dem Kennzahlensystem zeilenweise nach ökonomischen sowie ökologischen Kennzahlen einschließlich ihrer Untergruppen aufgeführt. Die Einteilung der Spalten erfolgt anhand der ermittelten Netzwerkaustauschbeziehungen, unterteilt in Elemente des Material- und Informationsflusses, einschließlich ihrer Untergruppen. Eine Übersicht dieser Wirkungszusammenhänge in Form einer umfassenden Matrix findet sich im Anhang. Aufgrund der Gliederung der Kennzahlen anhand der Prozesssicht kommt es bei der Betrachtung der Wirkungszusammenhänge zu wechselnden Sichtweisen. So beziehen sich die Kennzahlen der Beschaffung auf die Sicht des beschaffenden Unternehmens und dessen Austauschbeziehungen mit dem Lieferanten. Mit Blick auf die Produktion wird bei der Betrachtung der Kennzahlen eine unternehmensinterne Sichtweise eingenommen.

Dadurch beziehen sich sämtliche im Bereich Produktion untersuchten Zusammenhänge auf innerbetriebliche Abläufe. Bei der Betrachtung der Kennzahlen der Distribution ist die Sichtweise des produzierenden Unternehmens einzunehmen, sodass sich die Wirkungszusammenhänge auf Austauschbeziehungen zwischen Kunden und dem produzierenden Unternehmen beziehen. Gleiches gilt für die Betrachtung des Servicebereichs. Auch hier werden die Zusammenhänge aus Sichtweise des erbringenden Unternehmens betrachtet. Bei den im Bereich des Informationsflusses betrachteten Netzwerkaustauschelementen handelt es sich grundsätzlich um Kommunikation der betrachteten Elemente. Besteht beispielsweise ein Zusammenhang einer *Zielgröße* mit dem Element *Qualitätsdaten*, wird die Zielgröße durch die Erfassung und anschließende Kommunikation der Qualitätsdaten beeinflusst.

Die ökonomischen Kennzahlen stellen die erste der beiden untersuchten Kennzahlengruppen dar. Die Gliederung der ökonomischen Kennzahlen erfolgt anhand der drei Kennzahlengruppen *Kosten*, *Qualität* und *Zeit*. Die Größen Kosten und Zeit gilt es zu minimieren, um eine wirtschaftliche Produkterstellung und eine kurze Auftragsdurchlaufzeit sicherzustellen. Die Qualität dagegen soll maximiert werden, um die Bedürfnisse der Kunden und Mitarbeiter zu erfüllen.

Die ökologischen Kennzahlen bilden die zweite Kennzahlengruppe. Sie ist analog zu den wirtschaftlichen Kennzahlen in drei Gruppen unterteilt: Die

inputbezogenen, die transformationsbezogenen und die outputbezogenen Kennzahlen. Dabei sollten die inputbezogenen Eingangsgrößen möglichst reduziert und die leistungsbezogenen Transformationskennzahlen sowie der Output – sofern es sich nicht um Abfall oder Emissionen handelt – maximiert werden.

Die einzelnen Gruppen der ökonomischen und ökologischen Kennzahlen sind jeweils in die vier funktionalen Bereiche *Beschaffung*, *Produktion*, *Distribution* und *Service* unterteilt. Die Lesart der Matrix soll am Beispiel der Beschaffungslogistikkosten exemplarisch in Bild 18 (siehe S. 44 und 45) dargestellt werden.

		Legende:	
		● Wirkzusammenhang vorhanden	
Ökonomie - Kosten	Beschaffung	Einkaufspreis	
		B-Logistikkosten	
		B-Kapitalbindung	
	Produktion	Fertigungskosten	
		P-Logistikkosten	
		P-Kapitalbindung	
	Distribution	D-Logistikkosten	
		D-Kapitalbindung	
	Service	Servicekosten	
		S-Logistikkosten	
	S-Kapitalbindung		
Ökonomie - Qualität	Beschaffung	B-Lieferqualität	
		B-Liefertermiteile	
		B-Lieferflexibilität	
	Produktion	Auslastungsfaktor	
		Qualitätsfaktor	
	Distribution	Leistungsfaktor	
		D-Lieferqualität	
		D-Liefertermiteile	
		D-Lieferflexibilität	
		Servicequalität	
Ökonomie - Zeit	Beschaffung	Wiederbeschaffungszeit	
	Produktion	Durchlaufzeit	
	Distribution	Veranzzeit	
	Service	Beauftragungszeit	
		Materialfluss	
	Anzahl	Produkt	
	Gewicht		
	Größe / Volumen		
	Identifikation		
	Zustand		
	Gefahrenpotenzial		
	Ladehilfsmittel	Lieferung	
	Transportmittel		
	Lieferdistanz		
	Lieferhäufigkeit		
	Lieferzeit		
		Informationsfluss	
	Bestelldaten	Bestellung	
	Rechnung	Auslieferung	
	Zahlungsbedingungen		
	<small>Einsatz von IT-Schnittstellen</small>		
	Falschmeldungen	Reklamation	
	<small>Offene Lieferungen / Klärungen</small>	Offene Posten	
	Schäden		
	<small>Einsatz von IT-Schnittstellen</small>		
	Auftragsstatus	Koordination	
	Bedarf		
	Spezifikationsänderungen		
	Engpasssituationen		
	Produktlebenszyklusinf.		
	Qualitätsdaten		
	Verkaufsdaten		
	Verkaufsprognosen		
	Gemeinsames Planungssystem		
	Produktwert	Produktwert	
	Zahlungen	Zahlungen	
	Verrechnungen	Sonst. Finanzf.	

7 Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Austauschbeziehungen und Logistikkonzeptklassen

Neben der Betrachtung der Wirkungszusammenhänge zwischen Kennzahlen und Austauschbeziehungen wurden nun die Wirkungszusammenhänge zwischen Kennzahlen und Logistikkonzepttypen betrachtet. Die Kombination beider Betrachtungen erlaubt dann einen Rückschluss von Logistikkonzepttypen über die Austauschbeziehungen hin zu den Kennzahlen. In Bild 19 findet sich eine Matrix mit einer Übersicht der Wirkungsbeziehungen. Die Unterteilung der Spalten erfolgt, wie in Arbeitsschritt 5, anhand der Netzwerkaustauschbeziehungen. Die Logistikkonzepttypen sind zeilenweise aufgeführt. Wird eine Austauschbeziehung durch die Einführung eines Konzepts beeinflusst, so ist dieser Zusammenhang an entsprechender Stelle in der Matrix durch einen Punkt markiert.

Der Logistikkonzepttyp *Fokus Produkt* umfasst u. a. die vier Konzepte Postponement (Pp), Mass-Customization (MC), Continuous Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) sowie Sales-and-Operations-Planning (S&OP). Diese weisen im Rahmen ihrer Umsetzung einen klaren Bezug zur Anzahl der betrachteten Güter auf, da derart umfassende Konzepte nur bei größeren Mengen sinnvoll sind. Für Bestellung und Auslieferung werden besonders bei CPFR und S&OP IT-Schnittstellen zur Übermittlung von Daten wie Bestellungen oder Zahlungsbedingungen sowie Rechnungen verwendet. Hier finden z. B. EDI-Schnittstellen häufig Verwendung. In verschiedenen

Logistik-konzepttypen	Fokus Produkt (z.B. Pp, MC, CPFR, S&OP) Fokus Partner (z.B. SRM, SD, JSA) Fokus Prozess (z.B. VMI/CIM, VAP, ECR, JIT) Fokus Tätigkeit (z.B. CR, eK)	Legende: ● Wirkungszusammenhang vorhanden																															
		Produkt					Bestellung / Auslieferung					Finanzflüsse																					
		Anzahl	Gewicht	Größe / Volumen	Identifikation	Zustand	Gefahrenpotenzial	Ladehilfsmittel	Transportmittel	Lieferdistanz	Lieferhäufigkeit	Lieferzeit	Bestelldaten	Rechnung	Zahlungsbedingungen	Einsatz von IT-Schnittstellen	Falschmeldungen	Offene Lieferungen / Näherungen	Schäden	Eininsatz von IT-Schnittstellen	Auftragsstatus	Koordination	Bedarf	Spezifikationsänderungen	Ergopassituationen	Produktlebenszyklusinf.	Qualitätsdaten	Verkaufsdaten	Verkaufsprüfungen	Gemeinsames Planungssystem	Produktwert	Zahlungen	Verechnungen

Bild 19: Wirkungsbeziehungen zwischen den Logistikkonzepttypen und den Netzwerkaustauschbeziehungen

Fällen geht die Implementierung dieser Konzepte über die Verwendung einer IT-Schnittstelle hinaus und unterstützt die überbetriebliche Abwicklung mithilfe von gemeinsamen Planungssystemen über die Unternehmensgrenzen hinweg. Besonders CPFR und S&OP verwenden derartige Planungssysteme für die gegenseitige Kommunikation von Bedarfen, Engpasssituationen oder Verbrauchsprognosen, um so die Informationstransparenz im Netzwerk zu erhöhen. Mit Blick auf Pp und MC können über das gemeinsame Planungssystem auch Spezifikationsänderungen mitgeteilt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, spezifische Lebenszyklusinformationen des Produkts mitzuteilen. Im Rahmen des Logistikkonzepttyps Fokus Partner werden u. a. die drei Konzepte Supplier-Relationship-Management (SRM), Supplier-Development (SD) und Joint-Service-Agreement (JSA) zusammengefasst. Diese Konzepte weisen in erster Linie einen Einfluss auf Anteile des Informationsflusses auf. Im Mittelpunkt von SRM und SD stehen z. B. Online-Lieferantenportale, über die Lieferanten an die Kunden angebunden werden. Es werden bewusst keine IT-Schnittstellen implementiert. Im Unterschied zum Logistikkonzepttyp *Fokus Produkt* stehen weniger die Übermittlung aktueller Bedarfsdaten im Vordergrund, sondern vielmehr Größen, die eine mittelfristige Bewertung der Lieferantenleistung ermöglichen. Darunter fallen Falschmeldungen, offene Lieferungen oder Schäden. Aber auch Informationen über Qualität und bestellte Mengen werden ausgetauscht. So kann mithilfe dieser Daten eine gezielte Entwicklung und Gestaltung der Netzwerkbeziehung vorgenommen werden. Aspekte des Materialflusses werden hier nicht betrachtet.

Zum Logistikkonzepttyp *Fokus Prozess* gehören neben weiteren Konzepten die sechs Logistikkonzepte Vendor-Managed-Inventory (VMI), Consignment-Inventory-Management (CIM), Value-Added-Partnership (VAP), Direct-Delivery (DD), Efficient-Consumer-Response (ECR) und Just-in-Time (JiT). Dieser Typ weist umfassende Wirkungszusammenhänge in Bezug auf Material- und Informationsfluss auf. Die Einführung eines Konzepts dieses Typs hängt z. B. von der Anzahl der bewegten Güter sowie von deren Größe, Gewicht und Volumen ab. Für ein DD- oder JiT-Konzept eignen sich z. B. schwergewichtige Güter weniger. Neben den grundlegenden Produkteigenschaften spielen auch Aspekte der Lieferung im Materialfluss für diese Konzepte eine Rolle. Hierbei stehen die Art des Transportmittels, die Lieferdistanz, Lieferhäufigkeit und Lieferzeit im Vordergrund. So beeinflusst die Wahl des Transportmittels die Eignung von unterschiedlichen Logistikkonzepten. Eine Anlieferung nach JiT-Konzept setzt z. B. kurze Wege und hohe Frequenzen voraus. Auch für die Bewirtschaftung von Lagern durch Lieferanten im Rahmen des VMIs ist in der Regel eine hohe

Lieferfrequenz mit den verknüpften Bestandsbewegungen anzutreffen. Mit Blick auf den Informationsfluss spielt der Austausch von aktuellen, operativen Daten zu Bestellungen, Rechnungsdaten und Zahlungsbedingungen eine wichtige Rolle. Diese Informationen können besonders im Rahmen von ECR-Konzepten, z. B. über eigene IT-Schnittstellen, ausgetauscht werden. Die Koordination von Partnern kann über gemeinsame Planungssysteme erfolgen, die besonders hinsichtlich des Austauschs von Auftragsstatus, Bedarfen, Verkaufsdaten und Verkaufsprognosen Anwendung finden. Der Austausch von Absatzprognosen zwischen den Partnern ist im Rahmen eines ECR-Konzepts durchaus gängig, während die Vorhersagen für VMI-Konzepte ebenfalls eine wichtige Rolle spielen und zur effizienten Lagerführung beitragen können.

Der Logistikkonzepttyp *Fokus Tätigkeit* umfasst die beiden Konzepte Continuous-Replenishment (CR) sowie Electronic Kanban (eK) und orientiert sich am Materialfluss. Anteile im Informationsfluss werden durch diesen Konzepttyp nicht adressiert. Für eine Gestaltung dieser beiden Konzepte spielt die Anzahl der ausgetauschten Güter sowie deren Größe, Gewicht und Volumen eine Rolle. Für die Ausgestaltung einer Kanban-Logik zwischen den Partnern im Netzwerk sind zudem Eigenschaften der Lieferungen wie z. B. eingesetzte Ladehilfsmittel und Transportmittel von Bedeutung. Gerade für ein Kanban-Konzept werden häufig standardisierte Behältnisse verwendet. Für eine effektive Umsetzung der Konzepte sollten die Lieferdistanz und somit auch die Lieferzeit nicht zu hoch sein. Des Weiteren ergibt sich noch ein Wirkungszusammenhang mit der Lieferhäufigkeit im Materialfluss.

8 Ableitung eines Wirkungsmodells für die Logistikkonzeptklassen

Um ein umfassendes Wirkungsmodell für die einzelnen Logistikkonzeptklassen zu erhalten, wurden zunächst die Kennzahlen innerhalb der Funktionsbereiche Beschaffung, Produktion etc. auf ihre wechselseitigen Zusammenhänge untersucht. Dabei fanden Kausalitätskreisdiagramme Verwendung. Anschließend wurde auf Grundlage dieser bereichsspezifischen Kausalitätskreisdiagramme eine bereichsübergreifende Betrachtung vorgenommen. Somit entstand ein ebenso bereichsübergreifendes Kausalitätskreisdiagramm, welches die Wirkungszusammenhänge zwischen den Kennzahlen des Kennzahlensystems abbildet.

Grundsätzlich ist im Rahmen der Erstellung der Kausalitätskreisdiagramme festzuhalten, dass sie verschiedene Annahmen beinhalten, die durch spezielle Einzelfälle widerlegbar sein können. Durch diese Annahmen wird die komplexe Realität teilweise formalisiert und so in einem ersten Schritt der quantitativen Beschreibung durch Simulationsmodelle zugänglich gemacht. Die Zulässigkeit der getroffenen Annahmen bzw. die Einschränkung für Einzelfälle muss schließlich für die Simulationsmodelle im Zuge einer ausführlichen Validierung nachgewiesen werden. So bedeuten die Annahmen für die Wirkungsmodelle eine gewisse Unschärfe in der späteren Erstellung der Simulationsmodelle, deren Umfang jedoch durch die Validierung der Simulationsmodelle kritisch geprüft wird.

8.1 Kausalitätskreisdiagramm der Beschaffung

Bild 20 (siehe S. 52) gibt eine Übersicht über mögliche Wirkungszusammenhänge der Kennzahlen innerhalb der Beschaffung. Die Kapitalbindungskosten in der Beschaffung werden üblicherweise durch den Einkaufspreis und die Anzahl der angelieferten Güter bestimmt. Diese Kapitalbindungskosten wirken über den Lagerkostensatz auf die Logistikkosten der Beschaffung. Die Logistikkosten werden ebenfalls durch einen positiven Zusammenhang vom Energiebedarf und der Anzahl der angelieferten Güter bestimmt. Eine hohe Auslastungsquote hilft dabei, Logistikkosten zu senken. Mit steigender Lieferflexibilität sinkt die Wiederbeschaffungszeit.

Die Lieferflexibilität wird außerdem durch die Anzahl der angelieferten Güter bestimmt, da bei großen Bestellmengen die Wahrscheinlichkeit, flexibel auf Änderungswünsche reagieren zu können, in der Regel steigt. Eine hohe Auslastung in der Beschaffung senkt das Transportaufkommen und somit den verursachten Lärm

und den Energiebedarf. Steigt die Anzahl der angelieferten Güter, führt das erhöhte Transportaufkommen zu einer höheren Lärmemission, einem höheren Energiebedarf sowie einem höheren Verbrauch an Verpackungsmaterialien. Durch eine größere Anzahl angelieferter Güter kann es bei innerbetrieblichen Abläufen zu Turbulenzen kommen, da die Komplexität der Prozesse mit der angelieferten Menge steigt. Somit besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Anzahl angelieferter Güter und der Liefertermintreue.

Bei einer gegebenen maximalen Transportkapazität steigt mit der Anzahl der angelieferten Güter auch die Auslastung der Transporte. Der Energiebedarf bestimmt die Menge gasförmigen Abfalls, also z. B. den klimarelevanten CO₂-Ausstoß. Steigt die Lieferqualität, werden gewöhnlich weniger Ersatzlieferungen benötigt. Somit sinkt im Regelfall bei einer gesteigerten Lieferqualität nicht nur der Energiebedarf, sondern auch der Verbrauch an Verpackungsmaterial und die Lärmemission.

Eine höhere Lieferqualität bedeutet, dass mehr Produkte des Lieferanten den Qualitätsanforderungen des betrachteten Unternehmens entsprechen. Somit sinkt

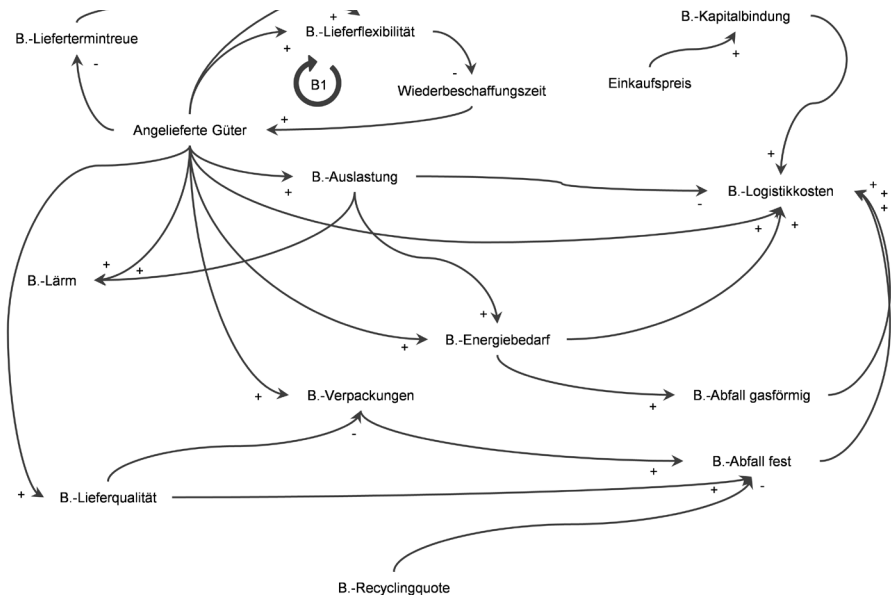


Bild 20: Kausalitätskreisdiagramm der Beschaffung

die Menge fester Abfälle, da weniger fehlerhafte Produkte entsorgt werden. Ein gesteigerter Verpackungsmaterialverbrauch führt jedoch zu einem Anstieg dieser Abfallmengen. Zusätzlich werden diese Abfallmengen durch die Recyclingquote bestimmt. Steigt die Recyclingquote, können mehr Materialien aus der Beschaffung wiederaufbereitet werden, wodurch die Abfallmenge sinkt. Alle Abfallarten schlagen in den Logistikkosten zu Buche.

Im Kausalitätskreisdiagramm ergibt sich eine Rückkopplungsschleife, die mit B1 gekennzeichnet ist. Eine Zunahme an angelieferten Gütern führt zu einer erhöhten Lieferflexibilität beim Lieferanten, da mehr Touren und somit mehr Chancen auf korrekt angepasste Lieferungen bestehen. Mit einer höheren Lieferflexibilität des Lieferanten geht in der Regel eine geringere Wiederbeschaffungszeit einher. Diese wirkt wiederum positiv auf die Anzahl der angelieferten Güter und schließt somit die Rückkopplungsschleife dieser drei Größen. Es handelt sich dabei um eine ausgleichende Rückkopplung, einen sogenannten „Balancing-Loop“.

8.2 Kausalitätskreisdiagramm der Produktion

Die möglichen Wirkungsbeziehungen der Kennzahlen im Bereich der Produktion sind in Bild 21 (siehe S. 54) abgebildet. Besonders aus logistischer Sicht stellt die Anzahl der produzierten Güter eine relevante Größe innerhalb des Wirkungsgefüges dar. Steigt die Menge der produzierten Güter, so werden dafür mehr Roh-, Werk- und Hilfsstoffe benötigt. Steigt der Verbrauch an Roh-, Werk- und Hilfsstoffen, führt dies zu erhöhten Mengen festen und flüssigen Abfalls. Außerdem erhöhen sich mit dem Verbrauch die Fertigungskosten: Feste und flüssige Abfälle müssen fachgerecht entsorgt werden und erhöhen deshalb über einen Gemeinkostensatz die Fertigungskosten.

Mit einer höheren Produktionsrate stellen sich in der Produktion im Regelfall Lerneffekte ein, die zu verbesserter Qualität und besserer Materialausnutzung führen. Somit besteht ein positiver Zusammenhang zwischen den produzierten Gütern und dem Qualitätsfaktor. Wenn der Qualitätsfaktor steigt, entsteht in der Produktion weniger Ausschuss und es müssen weniger Teile erneut produziert werden. Aus diesem Grund besteht im Normalfall ein negativer Zusammenhang des Qualitätsfaktors zum Verbrauch an Roh-, Werk- und Hilfsstoffen. Werden mehr Güter produziert, so entsteht bei der Produktion auch üblicherweise ein höherer Lärmpegel, sodass ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der produzierten Güter und dem Produktionslärm besteht. Des Weiteren führt eine erhöhte Produktionsrate zu einer höheren Auslastung in der Produktion, da mehr Kapazität für die Produktion der

Produkte gebunden wird. Neben Roh-, Werk- und Hilfsstoffen ist für die Produktion auch noch Energie, z. B. in Form von Strom für den Antrieb von Werkzeugmaschinen, erforderlich. Somit besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der produzierten Güter und dem Energiebedarf.

Der Energiebedarf wirkt über die Gemeinkosten positiv auf die Fertigungskosten. Weiterhin steht der Energiebedarf in positivem Zusammenhang mit den Logistikkosten und der Menge gasförmigen Abfalls, da dieser einen erhöhten Treibstoffverbrauch bedeutet. Gasförmiger Abfall muss zwar nicht direkt entsorgt werden wie flüssiger oder fester Abfall, jedoch unterstehen Unternehmen auch hier, z. B. in Form von CO₂-Emissionszertifikaten, spezifischen Kostenzusammenhängen. So wird der Ausstoß von gasförmigem Abfall zu einem Kostenfaktor in der Produktion und wirkt somit

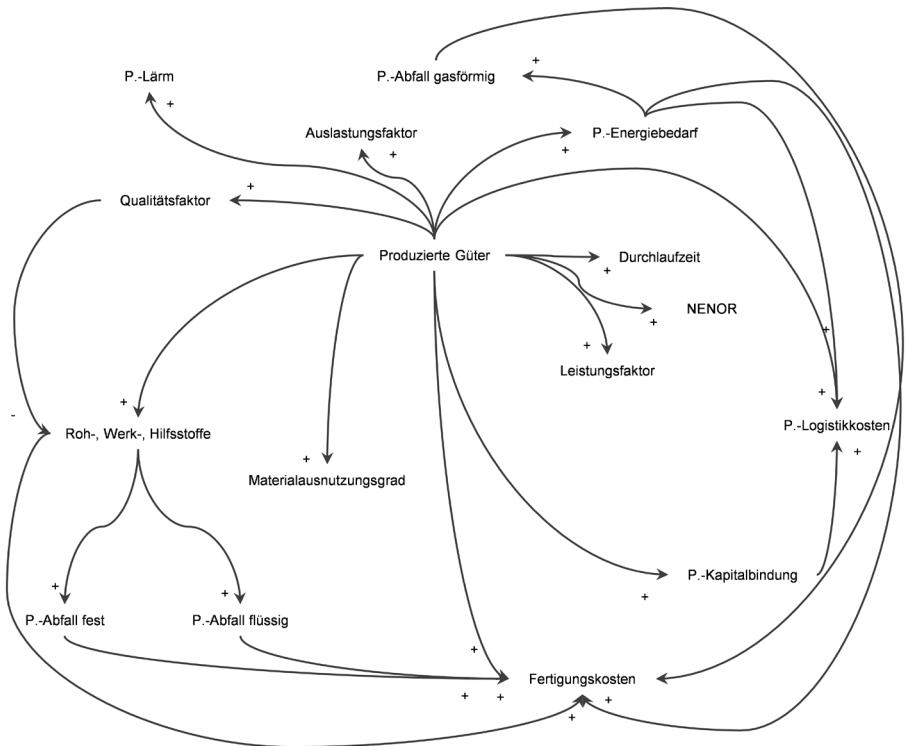


Bild 21: Kausalitätskreisdiagramm der Produktion

positiv auf die Fertigungskosten.

Wenn mehr Güter produziert werden, ergibt sich zumeist auch ein höherer Bestand an Halb- bzw. Fertigfabrikaten in der Produktion. Somit steigt mit zunehmender Anzahl der produzierten Güter auch die Produktionskapitalbindung. Die Kapitalbindungskosten werden in den Logistikkosten berücksichtigt, sodass diese bei einer Erhöhung der Kapitalbindung ebenfalls steigen.

Ein weiterer Effekt bei der Erhöhung der Produktionsmenge besteht darin, dass sich die Durchlaufzeit für einzelne Produkte erhöhen kann. Dies begründet sich darin, dass nicht direkt alle benötigten Produktionskapazitäten verfügbar sind und so Wartezeiten entstehen. Die Durchlaufzeit kann gerade im Bereich der Konsumgüter einen relevanten Einfluss auf das sogenannte Neither-Excess-Nor-Obsolete-Ratio (NENOR) ausüben. Diese Maßzahl beschreibt den Anteil des gängigen Bestands am Gesamtbestand. Als ungängiger Bestand werden Überproduktion (Excess) oder aus anderen Gründen nicht genutzter Bestand, beispielsweise durch Überlagerung verderblicher Ware (Obsolete), definiert (KERSTEN et al. 2008, S. 139). So kann sich die Haltbarkeit leicht verderblicher Produkte durch eine lange Durchlaufzeit reduzieren, wodurch der NENOR sinkt.

Schließlich übt die Produktionsrate noch einen positiven Einfluss auf den Leistungsfaktor aus: Steigt die Anzahl der produzierten Güter, so nimmt der Leistungsfaktor zu. Außerdem führt eine Zunahme der Produktionsmenge zu einer unmittelbaren Erhöhung der Fertigungs- und Logistikkosten in der Produktion, da sowohl an den Fertigungsstationen als auch im Transport zwischen den Stationen mehr Produkte gehandhabt werden müssen.

8.3 Kausalitätskreisdiagramm der Distribution

Die möglichen Wirkungszusammenhänge der Kennzahlen in der Distribution entsprechen weitestgehend denen der Beschaffung. In Bild 22 (siehe S. 56) findet sich eine Übersicht dieser Zusammenhänge. Aufgrund des Wechsels der Sichtweise handelt es sich in der Distribution jedoch nicht um die angelieferten, sondern die ausgelieferten Güter. Außerdem wird anstatt der Wiederbeschaffungszeit die Versandzeit betrachtet. Sie findet anstelle der Wiederbeschaffungszeit Verwendung in der Rückkopplungsschleife B1 der Distribution.

8.4 Kausalitätskreisdiagramm des Services

Die möglichen Wirkungszusammenhänge im Service werden in Bild 23 (siehe S. 57) dargestellt. Die Größe Serviceleistung weist eine zentrale Bedeutung innerhalb des

Diagramms auf. Die Serviceleistung beschreibt die Anzahl der Güter, an denen Service durchgeführt wurde. Dies wird grundlegend bestimmt durch die Reparaturquote der ausgelieferten Güter sowie die Anzahl der rückgeführten Güter, die sich wiederum aus der Recyclingquote ergeben. Steigt die Recyclingquote, so werden mehr Güter in den Service überführt.

Eine zunehmende Anzahl an Gütern, an denen Service durchgeführt wird, bedeutet in der Regel auch eine Zunahme der Lärmemissionen, die bei der Durchführung von Service-Dienstleistungen entstehen. Wenn bei gleichbleibender Servicekapazität mehr Güter in den Service kommen, erhöht sich damit die Bearbeitungsdauer für die einzelnen Anfragen, weshalb eine zunehmende Serviceleistung zu einer steigenden Beanstandungszeit führt. Die Erbringung von Serviceleistungen führt z. B. durch Handhabungskosten zu Auswirkungen auf Seiten der Logistikkosten bzw. durch eine umfangreichere Einbindung der Mitarbeiter und Serviceinfrastrukturen zu höheren

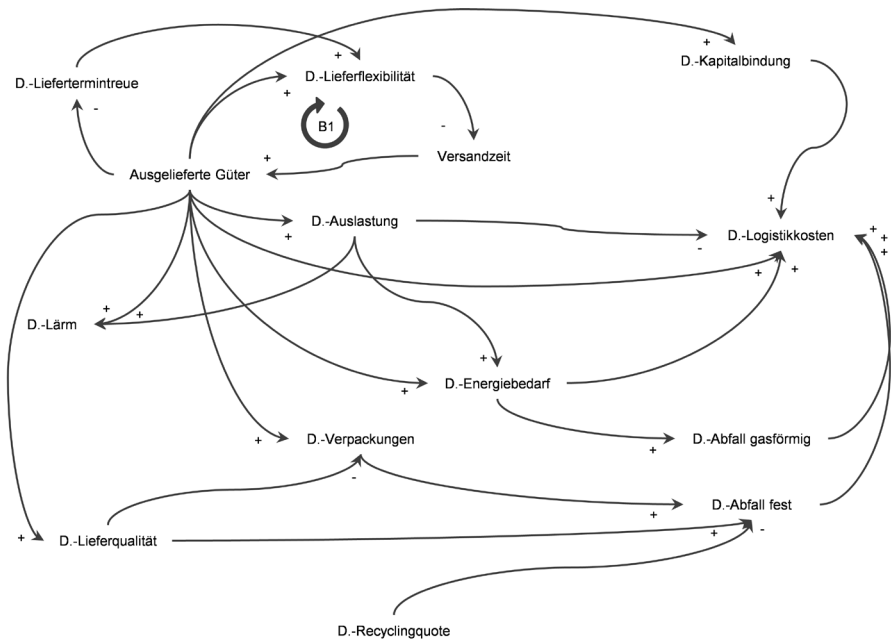


Bild 22: Kausalitätskreisdiagramm der Distribution

Servicekosten. Umfangreichere Tätigkeiten im Service führen dazu, dass mehr Teile im Service abgearbeitet werden und tragen daher zu einer höheren Kapitalbindung im Service bei, die wiederum über einen Lagerkostensatz auf die Logistikkosten wirkt. Wenn im Rahmen der Serviceleistungserbringung mehr Serviceanfragen abgearbeitet werden, erhöht dies auch die Wahrnehmung der Servicequalität beim Kunden.

Für Tätigkeiten im Service wird Energie benötigt. Dies führt einerseits zur Erhöhung der Servicekosten (z. B. Stromkosten für fixe Anlagenbestandteile) und andererseits zu einer Erhöhung der Servicelogistikkosten, die besonders über Treibstoffkosten im Transport während des Services anfallen. Hierbei entstehen nicht zuletzt auch gasförmige Abfälle, z. B. in Form von CO₂-Emissionen in Abgasen.

Schließlich erfordert die Durchführung von Service an Gütern den Einsatz von unterschiedlichen Materialien. Deren Einsatz führt wiederum zur Verursachung von Abfällen, die fester, flüssiger oder gasförmiger Natur sein können. Für die Entsorgung dieser Abfälle muss das Unternehmen schließlich aufkommen, sodass eine steigende Menge an Abfällen zu höheren Servicekosten führt.

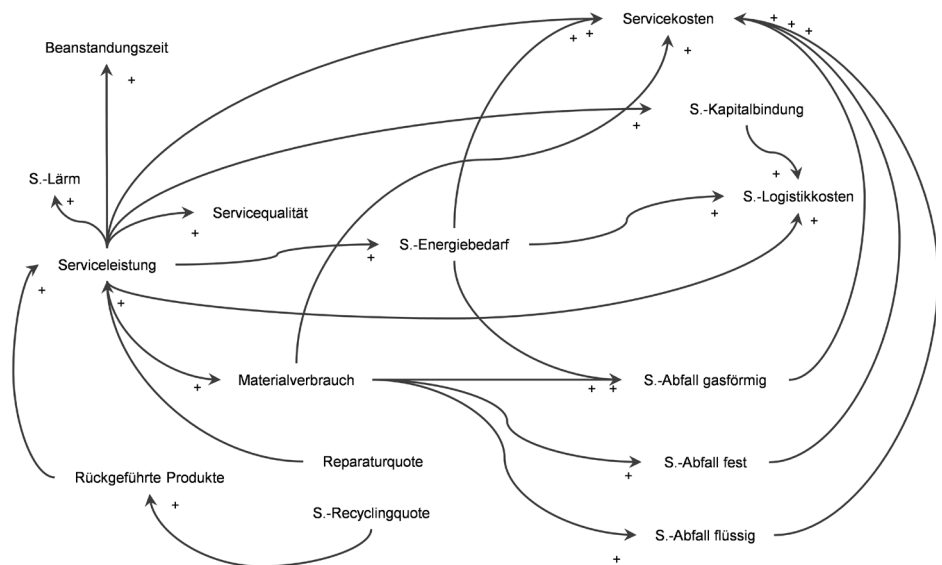


Bild 23: Kausalitätskreisdiagramm des Services

8.5 Bereichsübergreifende Betrachtung

Nachdem die Wirkungszusammenhänge der Kennzahlen innerhalb der vier Bereiche betrachtet wurden, werden die bereichsübergreifenden Zusammenhänge untersucht. Ein solcher bereichsübergreifender Zusammenhang besteht, sofern eine Kennzahl einen Einfluss auf eine Kennzahl eines anderen Bereichs aufweist. In Bild 24 findet sich eine schematische Gesamtansicht der Wirkungszusammenhänge.

Zwischen dem Bereich Beschaffung und dem Bereich Produktion bestehen die folgenden übergreifenden Wirkungszusammenhänge: Zwischen der Anzahl der angelieferten Güter und der Anzahl der produzierten Güter besteht ein positiver Zusammenhang – Je mehr Güter beschafft werden, desto mehr werden produziert. Die Liefertermintreue und die Lieferflexibilität in der Beschaffung stehen in positivem

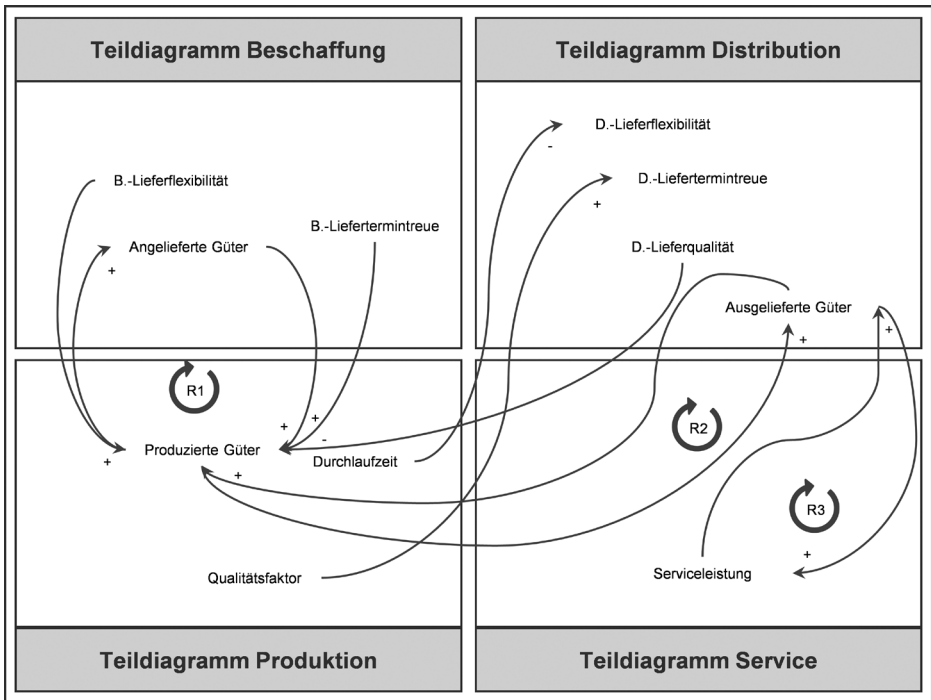


Bild 24: Schematische Darstellung des bereichsübergreifenden Kausalitätskreisdiagramms

Zusammenhang mit den produzierten Gütern, da sie maßgeblich die Bereitstellung der Vorprodukte bedingen. Die Anzahl der produzierten Produkte beeinflusst schließlich wieder die Anzahl der angelieferten Güter. Hier stellt sich eine verstärkende Rückkopplung R1 („Reinforcing-Loop“) ein.

Kennzahlen der Produktion stellen zentrale Elemente dar und beeinflussen sowohl die Distribution als auch den Bereich des Services. Der Qualitätsfaktor der Produktion bestimmt, ob die Produkte entsprechend der Planung rechtzeitig fertiggestellt werden können. Kommt es im Rahmen der Produktion durch (Qualitäts-)Störungen zu Verspätungen, kann der geplante Liefertermin gegebenenfalls nicht eingehalten werden. Somit steht die Liefertermintreue der Distribution in der Regel in einem positiven Zusammenhang mit dieser Effizienzkennzahl der Produktion. Eine geringe Durchlaufzeit ermöglicht einen höheren Grad an Flexibilität in der Distribution, da schneller auf kurzfristige Kundenwünsche reagiert werden kann. Dies führt zu einem negativen Zusammenhang zwischen der Durchlaufzeit der Produktion und der Lieferflexibilität der Distribution.

Analog zum Zusammenhang zwischen der Anzahl der angelieferten Güter und der Anzahl der produzierten Güter besteht ebenfalls ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der produzierten Güter und der Anzahl der ausgelieferten Güter. Dies begründet sich darin, dass bei einer Zunahme der Produktionsrate mehr Güter ausgeliefert werden müssen. Umgekehrt kann es aber auch der Fall sein, dass mehr Güter ausgeliefert wurden, sodass eine Erhöhung der Produktionszahl notwendig ist. Somit stellt sich hier eine verstärkende Rückkopplung R2 ein.

Aus Sicht der Distribution führt eine mangelnde Distributionslieferqualität zu einer Nachproduktion von Gütern, weshalb ein negativer Wirkungszusammenhang zwischen der Distributionslieferqualität und den produzierten Gütern besteht. Die Anzahl der ausgelieferten Güter beeinflusst wiederum die Serviceleistung, da die Wahrscheinlichkeit eines Serviceeinsatzes mit der Anzahl der verkauften Güter steigt. Wenn allerdings im umgekehrten Fall im Service mehr Teile instandgesetzt werden, so entsteht hier wiederum der Bedarf nach mehr Gütern. So ergibt sich die Rückkopplungsschleife R3, in der die Größen Ausgelieferte Güter und Serviceleistungen einem verstärkenden Wirkungskreislauf unterliegen.

Die drei Rückkopplungsschleifen R1, R2 und R3 zeigen die prinzipielle Kopplung der vier Funktionsbereiche im Sinne einer Push- bzw. Pull-Steuerung auf (siehe Bild 25). Die Beschaffung kann z. B. über die Größe der angelieferten Güter über einen Push-Mechanismus die Produktion ansteuern, sodass mehr Güter produziert werden.

Umgekehrt kann z. B. die Produktion die Beschaffung im Sinne einer Pull-Steuerung anstoßen, indem durch die Produktion von Gütern weitere Elemente beschafft werden müssen. Ähnliche Zusammenhänge bestehen für Produktion, Distribution und Service. Somit lassen sich die Rückkopplungsschleifen durch die grundlegenden Push- und Pull-Prinzipien verifizieren.

8.6 Anpassung des Wirkungsmodells

Bis zu diesem Punkt besteht noch kein Bezug zwischen dem Wirkungsmodell und den Logistikkonzepttypen. Dazu werden für jeden Logistikkonzepttyp zunächst die relevanten Kennzahlen innerhalb des Gesamtmodells identifiziert. Dies geschieht auf Grundlage der in den Arbeitsschritten 5 und 6 erarbeiteten Matrizen. Mithilfe der Wirkungsmatrix zwischen Logistikkonzepttypen und Austauschbeziehungen (siehe Bild 18, S. 44f.) sowie der Wirkungsmatrix zwischen Austauschbeziehungen und Kennzahlen (siehe Anhang) werden für jeden Logistikkonzepttyp die relevanten Kennzahlen bestimmt.

Das Vorgehen gestaltet sich dabei wie folgt: Auf Grundlage der Matrix in Bild 18 (siehe S. 44 und 45) wird der betrachtete Logistikkonzepttyp ausgewählt. Aus der Matrix werden dann die für diesen Logistikkonzepttyp relevanten Austauschbeziehungen abgelesen. Die gleichen Austauschbeziehungen werden dann in der Matrix im Anhang betrachtet und die Zusammenhänge zu den relevanten Kennzahlen abgelesen. Somit ergibt sich eine modifizierte Matrix, in der die relevanten Austauschbeziehungen sowie Kennzahlen markiert sind. Auf Grundlage dieser Information kann das zuvor entwickelte integrierte Wirkungsmodell modifiziert werden, da so bekannt ist, welche der im Modell enthaltenen Größen für einen Logistikkonzepttyp relevant sind und welche nicht. Dieses Vorgehen wird für alle vier Logistikkonzepttypen wiederholt,

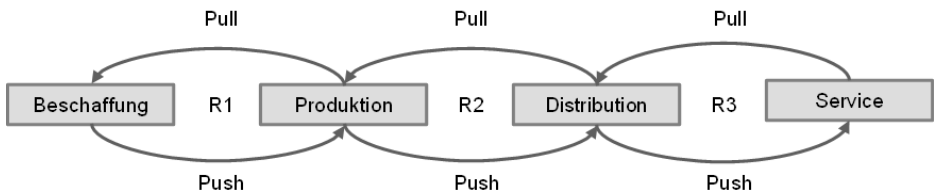


Bild 25: Push- und Pull-Wirkungsmechanismen zwischen den Funktionsbereichen

sodass sich am Ende aus dem integrierten Modell für jeden Logistikkonzepttyp ein spezifisches Wirkungsmodell ergibt.

9 Erstellung der Simulationsmodelle

Auf Grundlage der in Arbeitsschritt 7 erstellten Wirkungsmodelle war es nun möglich, mithilfe einer geeigneten Simulationsumgebung quantitative Modelle für die einzelnen Betrachtungsbereiche zu erstellen. Ausgewählt wurde hierfür die Software VENSIM der Firma Ventana Systems. Diese Software diente als Rahmen für die Erstellung der quantitativen Modelle unter Verwendung des System-Dynamics-Ansatzes. Für die Erstellung der Wirkungsmodelle wurde die Gliederung des Unternehmens in verschiedene Funktionsbereiche wie Beschaffung, Produktion, Distribution etc. unterstellt. Dies wurde für die Erstellung der Simulationsmodelle wieder aufgegriffen, sodass sich zunächst aus den einzelnen Kausalitätskreisdiagrammen der Funktionsbereiche Partialmodelle für die Simulation ergaben. Diese wurden schließlich zu einem integrierten Modell verknüpft.

Für die Darstellung der Simulationsmodelle gilt, dass eine Größe in einem rechteckigen Kasten eine Bestandsgröße (engl.: *stock*) darstellt. Diese Größen werden über den Zeitverlauf integriert. Als Eingang für Bestandsgrößen dienen Raten (engl.: *flows*), die immer einen klaren Zeitbezug aufweisen, sodass sie in die Bestandsgrößen zeitlich integriert werden können. Ein Pfeil zwischen zwei Größen zeigt an, dass die Größe, von der der Pfeil ausgeht, in die formale Berechnung der Größe an der Pfeilspitze eingeht. Jede Größe im Modell wird durch eine Formel quantitativ beschrieben und berechnet. Im Zuge der Erstellung der quantitativen Modelle wurden alle Größen aus dem jeweiligen Wirkungsmodell aufgegriffen und darüber hinaus durch weitere Variablen ergänzt. Hieraus wird deutlich, dass für die Erstellung der Simulationsmodelle aus den Wirkungsmodellen heraus eine deutliche Verfeinerung in der Modellierung der Zusammenhänge erfolgt.

9.1 Partialmodell der Beschaffung

Eine zentrale Stellgröße im Partialmodell der Beschaffung stellt die Anzahl der Güter dar, die in das Beschaffungslager eingelagert werden (siehe Bild 26, S. 64). Im Falle einer Push-Steuerung der Supply-Chain werden die Güter durch den Lieferanten angeliefert und anschließend in die weitere Kette eingesteuert. Im Falle einer Pull-Steuerung wird der Bedarf an einzulagernden Gütern durch den Verbrauch in der Produktion bestimmt. Beide Fälle sowie beliebige Mischungen müssen durch das Simulationsmodell abbildbar sein, weshalb sowohl die durchschnittliche Anzahl der angelieferten Güter als auch der Bedarf an Gütern aus der Produktion für das Einlagern in das Beschaffungslager in die Berechnung eingehen. Darüber hinaus spielen die Lieferflexibilität und Liefertermintreue des

Lieferanten eine Rolle für die Bestimmung der Anzahl an Gütern, die eingelagert werden.

Bildet man das Verhältnis der Güter, die eingelagert werden, sowie der Güter, die im Durchschnitt gegenüber den Lieferanten beanstandet werden, so ergibt sich die Beschaffungslieferqualität. Sie beschreibt in diesem Partialmodell die Leistung des Lieferanten. Aus der Integration der Anzahl der Güter, die in das Beschaffungslager eingelagert werden, ergibt sich der Beschaffungslagerbestand. Von ihm werden die Güter für die weitere Verwendung in der Produktion wieder ausgelagert. Darüber hinaus spielt er eine Rolle für die Berechnung der Beschaffungslieferqualität des Lieferanten. So können dem Lieferanten durch das betrachtete Unternehmen Änderungswünsche für die Lieferung (z. B. hinsichtlich Zeit und Menge) mitgeteilt werden, denen der Lieferant entsprechen kann (Variable: „durchschnittlich auf Wunsch angepasst gelieferte Güter“).

Setzt man die Anzahl der verändert angelieferten Güter ins Verhältnis zur Anzahl aller Güter im Bestand, so ergibt sich ein Maß für die Lieferflexibilität des Lieferanten. Diese wirkt wiederum auf die Fähigkeit des Lieferanten zur angepassten Anlieferung, sodass

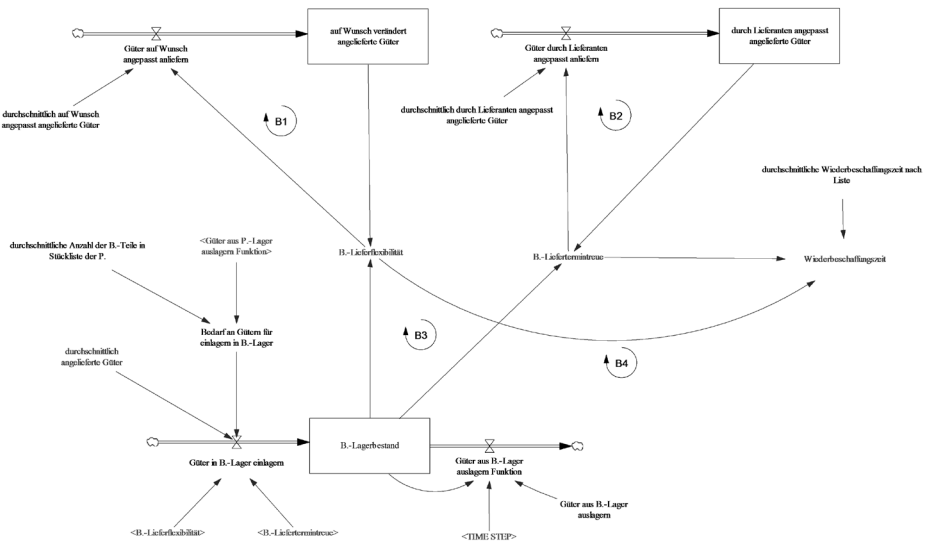


Bild 26: Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 1)

sich hier eine ausgleichende Rückkopplungsschleife („Balancing-Loop“ B1) ergibt. Neben der durch den Kunden angefragten Änderung der Lieferbedingungen können dem Lieferanten natürlich auch unbeabsichtigte Abweichungen unterlaufen, die sich dann in einer vergleichbaren Rückkopplungsschleife (B2) zur Beschaffungsliefertermintreue ergeben. Beschaffungslieferqualität und Beschaffungsliefertermintreue wirken beide auch auf die Wiederbeschaffungszeit des Lieferanten, sodass sich hier hinsichtlich der eingelagerten Güter wiederum die Rückkopplungsschleifen B3 und B4 ergeben. Ausgehend von der Anzahl der einzulagernden Güter ergibt sich ein bestimmtes Gewicht, das durch die Inbound-Logistikflotte des betrachteten Unternehmens transportiert werden muss. Hierbei wird unterstellt, dass das betrachtete Unternehmen seine Inbound-Logistik vollständig eigenständig abwickelt. In Abhängigkeit vom transportierten Gewicht und der verfügbaren LKW-Zuladung sowie der Anzahl der Fahrten ergibt sich die Auslastung der Transportmittel (siehe Bild 27).

Darüber hinaus lässt sich so der verursachte Lärm über die Anzahl der durchgeführten Fahrten sowie über die zurückgelegten Transportkilometer berechnen.

Dabei ist zu beachten, dass die Beschaffungslieferqualität des Lieferanten auf die Anzahl der Lieferfahrten einen Einfluss hat, da für mangelhafte Güter in der Regel

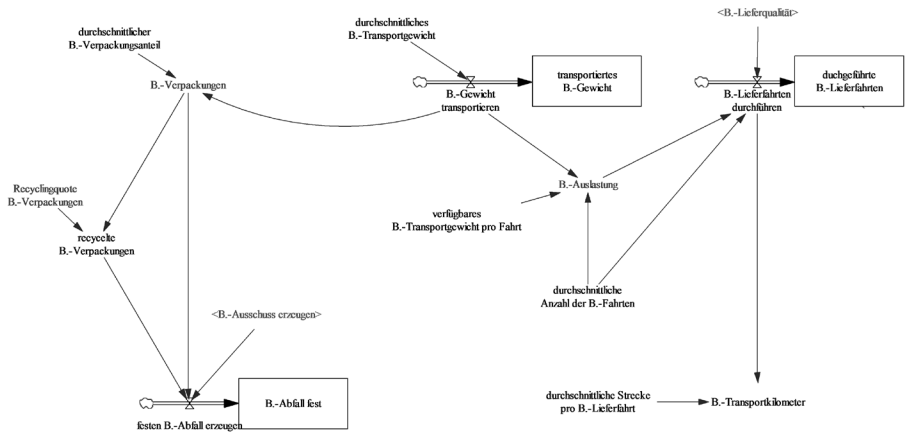


Bild 27: Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 2)

ein weiteres Gut transportiert werden muss. Auf Grundlage der Transportkilometer lässt sich der Treibstoffverbrauch und somit die besonders relevante Größe des gasförmigen Abfalls in der Beschaffung ermitteln. Über den Gewichtsanteil von Verpackungen am Gewicht der transportierten Güter ergibt sich schließlich auch die Menge an festem Abfall in der Beschaffung.

Ferner führt die Fehlerquote des Lieferanten, ausgedrückt durch die Beschaffungslieferqualität, zu Ausschuss in der Beschaffung. Dieser Ausschuss wird dem festen Abfall in der Beschaffung zugerechnet. Als Grundlage für die Berechnung der Energiekosten wird der Energieverbrauch im Beschaffungslager in Abhängigkeit vom Lagerbestand berechnet.

Die bisher dargestellten Zusammenhänge führen dazu, dass sich Beschaffungs-transportkosten und generell Beschaffungslogistikkosten ergeben (siehe Bild 28).

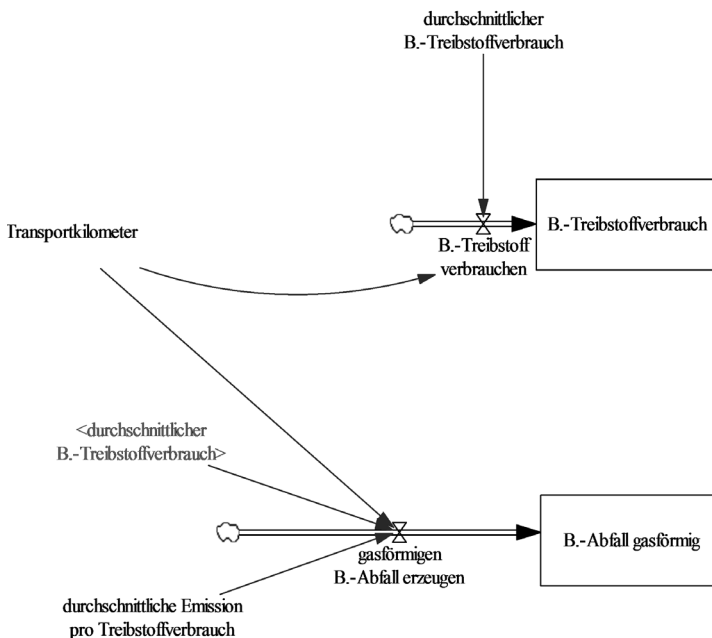


Bild 28: Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 3)

Beschaffungstransportkosten errechnen sich aus den durchschnittlichen Kosten für Treibstoff und darüber hinaus aus den Ausgaben für gasförmige Abfälle (wie z. B. Kosten für CO₂-Zertifikate).

Die Kosten für den Fuhrpark und die personelle Abwicklung der Transporte gehen in die Beschaffungshandlingkosten ein und werden im Rahmen der Beschaffungslogistikkosten erfasst. Des Weiteren werden hier auch die Kapitalbindung sowie die Lagerkosten (ohne Energieanteile) über den Lagerkostensatz erfasst. Schließlich enthalten die Logistikkosten auch noch einen Anteil für die Entsorgung von festem Abfall sowie die verbrauchte Energie.

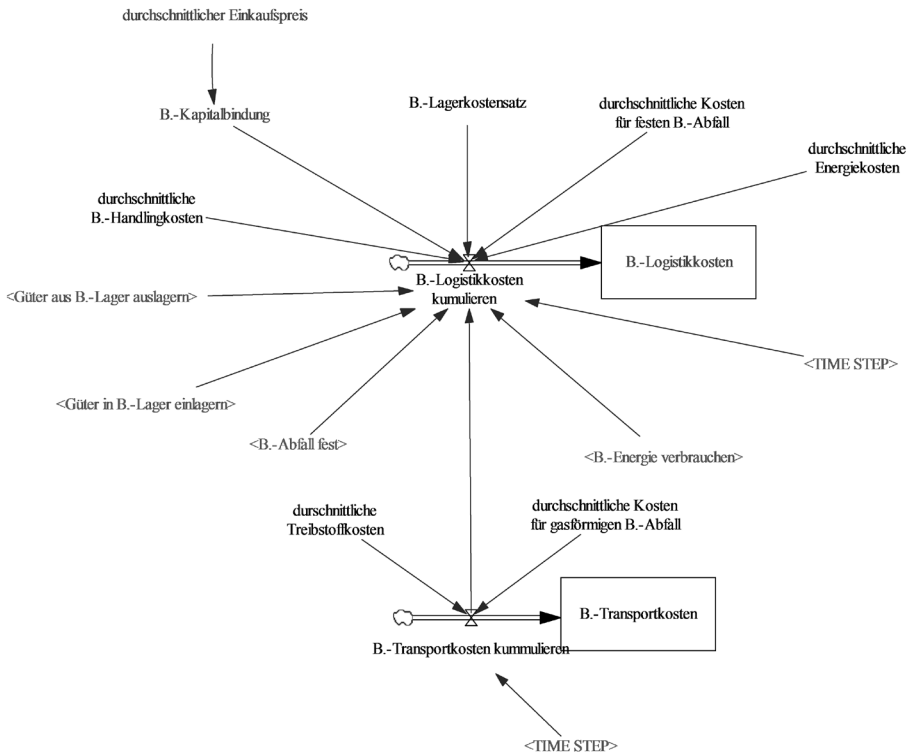


Bild 29: Simulation Partialmodell Beschaffung (Ausschnitt 4)

9.2 Partialmodell der Produktion

Die Kernfunktion der Produktion besteht darin, Güter für die weitere Prozesskette im Unternehmen herzustellen. Aus diesem Grund stellt die Variable „Güter herstellen“ eine elementare Variable im Partialmodell der Produktion dar (siehe Bild 29, S. 67 und Bild 30). Die Unterscheidung zwischen einer Push- und einer Pull-Steuerung findet ähnlich wie in der Produktion auch in der Beschaffung Berücksichtigung. So kann im Falle einer Push-Steuerung die Menge der produzierten Güter durch die Anzahl der ausgelagerten Güter in der Beschaffung beeinflusst werden. Hingegen kann die Produktion auch durch den Bedarf der Distribution angestoßen werden. Im Partialmodell können beide Aspekte abgebildet werden. Darüber hinaus beeinflussen noch weitere Variablen wie die Beschaffungsliefertermintreue und -lieferflexibilität die Produktion.

Die hergestellten Güter führen zu einem Produktionslagerbestand, aus dem wiederum bei Bedarf Güter ausgelagert werden können. Auf Grundlage des Produktionsbestands ergeben sich mithilfe der Zusammenhänge der Produktionsplanung und -steuerung nach WIENDAHL der Auslastungsfaktor der Produktion sowie die Durchlaufzeit. Des Weiteren lässt sich unter Berücksichtigung des gängigen Bestands der NENOR ausweisen.

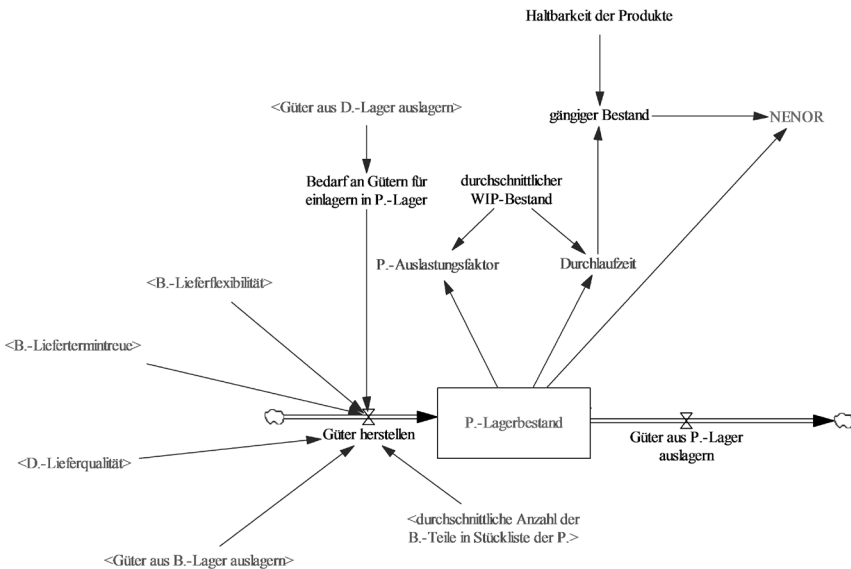


Bild 30: Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 1)

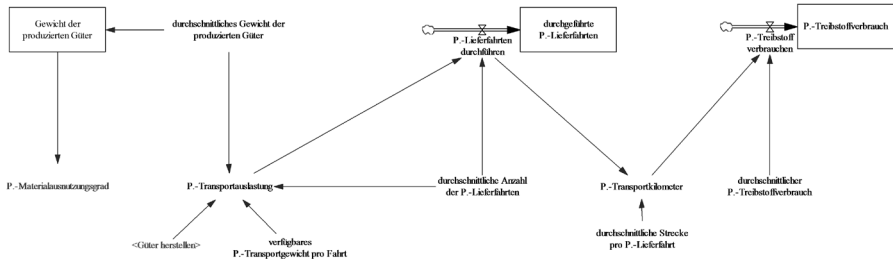


Bild 32: Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 3)

von Ausschuss und Lagerbestand lässt sich ein Produktionsqualitätsfaktor als Maß für die Fehleranfälligkeit der Fertigung ableiten (siehe Bild 32).

Ausgehend vom Treibstoffverbrauch, lässt sich auch in der Produktion ähnlich wie in der Beschaffung die Emission an gasförmigen Abfall berechnen (siehe Bild 34, S. 71 und Bild 35, S. 71). Hierunter werden in erster Linie die Emissionen der Transporte, zwischen den einzelnen Produktionsstufen oder ggf. auch Standorten verstanden.

Im Unterschied zu Beschaffung und Distribution fallen in der Produktion auch relevante Mengen an festen und flüssigen Abfällen an. Diese müssen daher z. B. in Form von Spänen oder Kühl- und Schmierstoffen ebenfalls erfasst werden. Die Kosten für die Entsorgung dieser Abfälle werden den Fertigungskosten zugeschlagen. Die Berechnung der Fertigungskosten erfolgt des Weiteren über Kostenpunkte

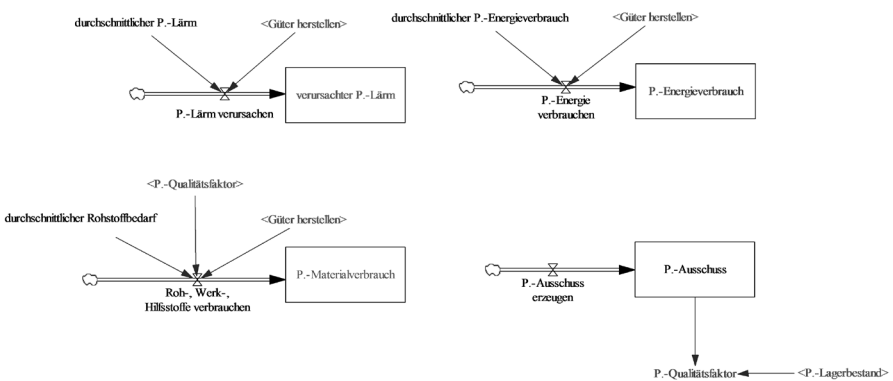


Bild 33: Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 4)

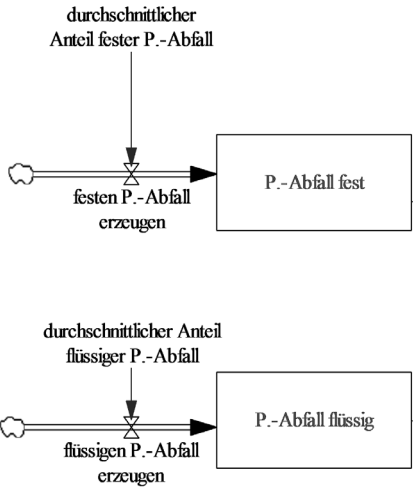


Bild 34: Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 5)

für Energie, Material sowie über die Kosten zur Herstellung von Gütern (wie z. B. Personal etc.).

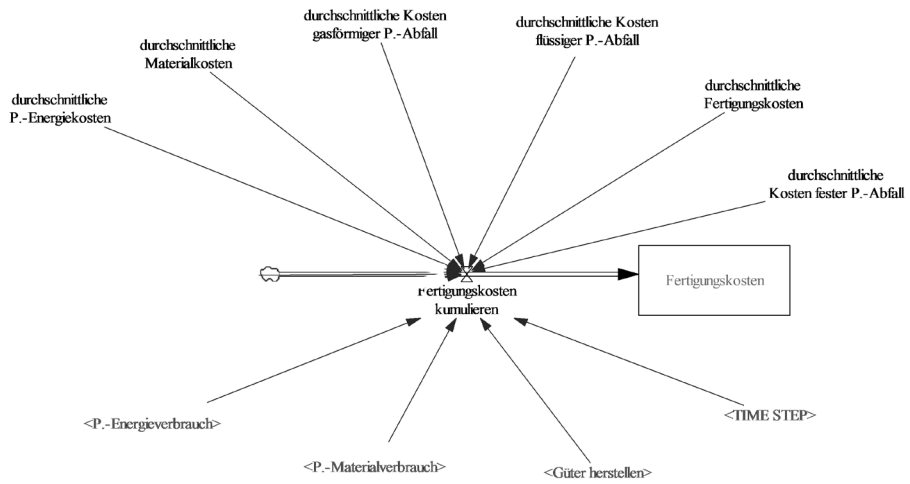


Bild 35: Simulation Partialmodell Produktion (Ausschnitt 6)

9.3 Partialmodell der Distribution

Das Simulationsmodell für die Distribution ist ähnlich dem der Beschaffung aufgebaut, da beide Funktionen Schnittstellenaufgaben zu anderen Elementen im Unternehmensnetzwerk darstellen. Allerdings ergeben sich daraus zwischen Beschaffung und Distribution durchaus unterschiedliche Perspektiven in der Betrachtung, die im Folgenden aufgezeigt werden.

Als zentrale Größe der Distribution gilt die Variable „Güter in Distributionslager einlagern“. Sie kann ebenso wie die Kerngrößen der Produktion und Beschaffung durch Push- oder Pull-Steuerungselemente angestoßen werden. Im Sinne einer Push-Steuerung gilt die Variable „Güter aus Produktionslager einlagern“ als führende Größe, wohingegen im Falle einer Pull-Steuerung der Service den Bedarf an die Distribution weitergibt. Beide Fälle können in diesem Partialmodell abgebildet werden. Des Weiteren spielen die Liefertermintreue und Lieferflexibilität eine Rolle für die

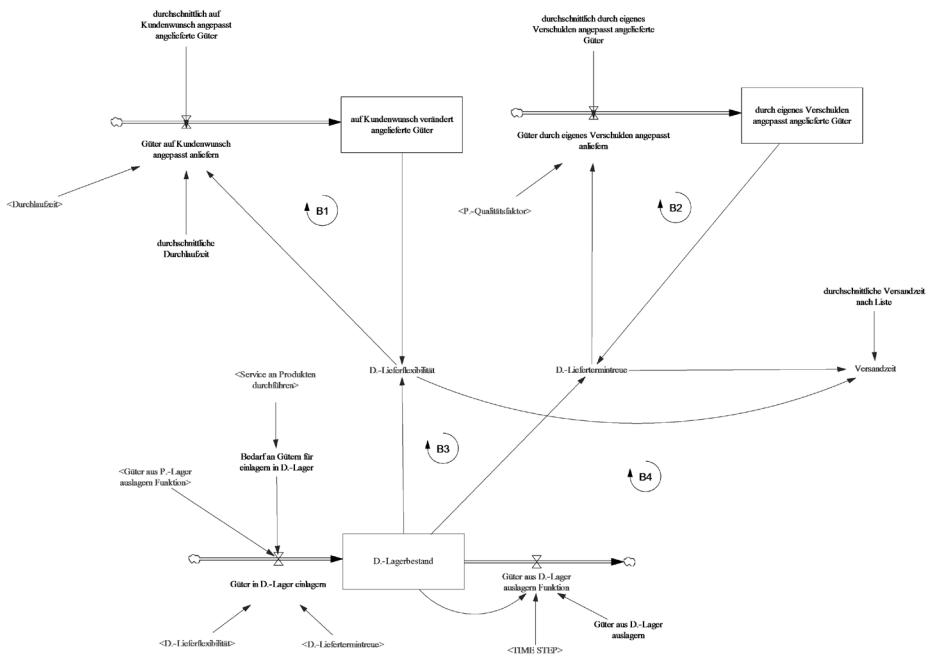


Bild 36: Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 1)

Anzahl der eingelagerten Güter. Der Lagerbestand der Distribution ergibt sich aus der Integration der Variablen „Güter in Distributionslager einlagern“ und wird für die Errechnung der Distributionslieferqualität und Distributionsliefertermintreue herangezogen. Hier ergeben sich die Rückkopplungsschleifen B1 bis B4 (siehe Bild 36, S. 72). Sie ähneln den Rückkopplungsschleifen der Beschaffung, haben jedoch eine andere Perspektive. So beschreibt die Rückkopplungsschleife B1 den Fall, dass das betrachtete Unternehmen von seinem Kunden eine Anfrage für die Änderung der Lieferbedingungen erhält. Die Distributionslieferflexibilität gibt an, inwieweit das betrachtete Unternehmen diesen Anfragen gerecht werden kann. Daneben kann auch der Fall eintreten, dass in der Abwicklung durch das betrachtete Unternehmen eine Abweichung, z. B. hinsichtlich der Lieferzeit, erfolgt. Dies äußert sich dann in der Größe der Distributionsliefertermintreue. Beide Elemente wirken auf die Versandzeit ein, die wiederum auf die Anzahl der eingelagerten Güter Einfluss nimmt. Hierin begründen sich die beiden Rückkopplungsschleifen B3 und B4.

Betrachtet man schließlich die Anzahl der vom Kunden beanstandeten Güter und setzt sie ins Verhältnis zur einzulagernden Menge, so ist eine Aussage über die Distributionslieferqualität des betrachteten Unternehmens möglich. Ausgehend von

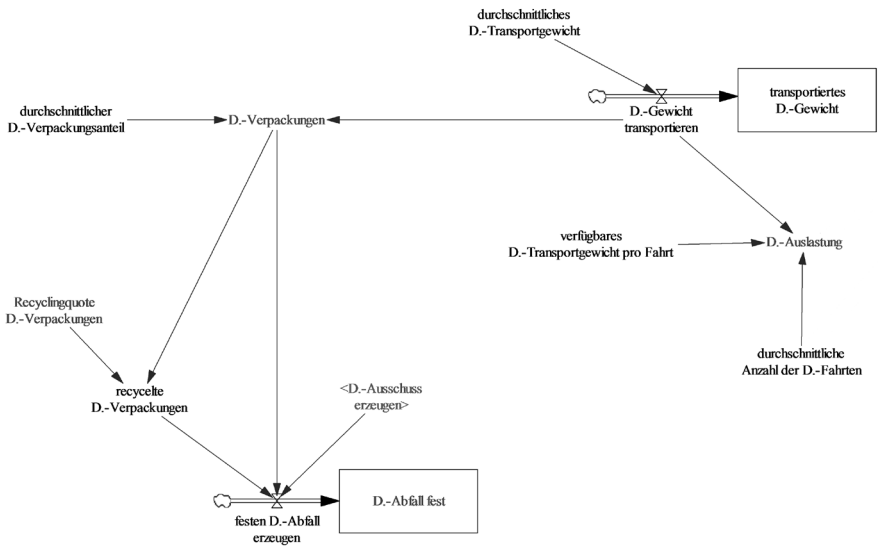


Bild 37: Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 2)

der Anzahl der ausgelieferten Güter, ergibt sich ein Transportgewicht, dass durch die Outbound-Transportflotte des betrachteten Unternehmens bewegt wird (siehe Bild 37, S. 73 und Bild 38).

Mithilfe des verfügbaren Transportgewichts pro Fahrt und der Anzahl der Fahrten lässt sich eine Auslastung der Transportmittel der Distribution ermitteln. Über die Lieferfahrten ist ein Rückschluss auf den verursachten Lärm sowie auf die gefahrenen Transportkilometer möglich. Daraus lässt sich wiederum der Treibstoffverbrauch ermitteln sowie die besonders relevante Größe des gasförmigen Abfalls (wie z. B. CO₂-Emissionen) in der Distribution. Anhand des transportierten Gewichts ist in der

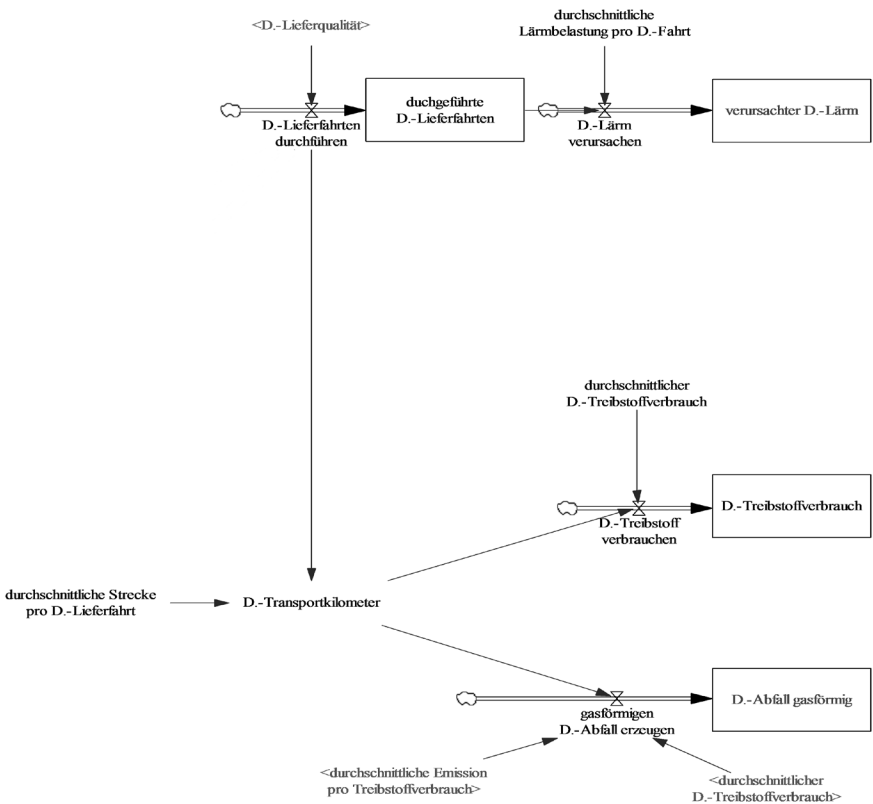


Bild 38: Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 3)

Regel auch ein Rückschluss auf den Anteil der Verpackungen in der Distribution möglich. Über den Anteil an recycelten Verpackungen lässt sich daraus der Anteil an festem Abfall in der Distribution ermitteln.

Ähnlich zur Beschaffung finden in den Distributionstransportkosten Treibstoffkosten und Kosten für gasförmige Emissionen Berücksichtigung (siehe Bild 39). Weitere Kosten, wie z. B. für Transportmittel, werden über die Distributionshandlingkosten erfasst. Diese gehen direkt in die Distributionslogistikkosten ein. Darüber hinaus finden hier die Kapitalbindung im Distributionslager und der Distributionslagerkostensatz sowie die Kosten für den festen Abfall der Distribution Verwendung.

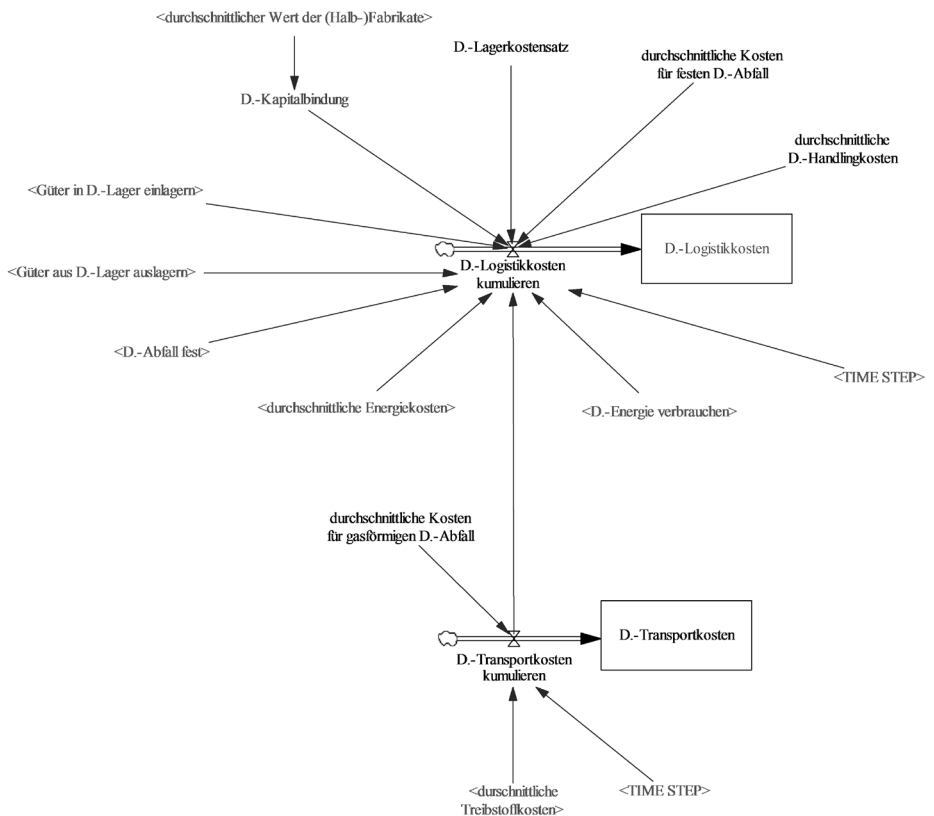


Bild 39: Simulation Partialmodell Distribution (Ausschnitt 4)

Materialverbrauch führen. Fehler in der Durchführung von Service werden in der Ausschussquote erfasst und führen zu Ausschuss an Produkten und Ersatzteilen. Des Weiteren bedarf der Service der Energie für seine Aktivitäten, insbesondere für die Durchführung der Servicelieferfahrten. Neben der Beanstandungszeit spielt für den Kunden die Bearbeitung seiner Serviceanfrage auch eine große Rolle, sodass die Servicequalität das Verhältnis zwischen der Anzahl der angefragten und durchgeführten Servicetätigkeiten darstellt.

Mithilfe der Anzahl der durchgeführten Lieferfahrten ergeben sich die zurückgelegten Transportkilometer und daraus wiederum der Treibstoffverbrauch (siehe Bild 41 und Bild 42, S. 78). Dieser führt zu gasförmigen Emissionen, die für eine Bewertung der Nachhaltigkeit besonders relevant sind.

Ähnlich wie in der Produktion werden auch im Service spezifische Anteile an flüssigem und festem Abfall anfallen, die es zu entsorgen gilt. Für den flüssigen Abfall stehen dabei die Abscheidungen aus Roh-, Werk- und Hilfsstoffen im Vordergrund. Für den festen Anteil sind hier auch noch die Anteile des Ausschusses über die Ausschussquote mit zu betrachten.

Mit Blick auf die Kosten werden im Service Logistikkosten und Kosten zur Durchführung des Services selbst betrachtet. Diese Unterteilung orientiert sich an jener für Kosten in der Produktion. In die Servicelogistikkosten geht hier die Servicekapitalbindung zusammen mit dem Servicelagerkostensatz ein.

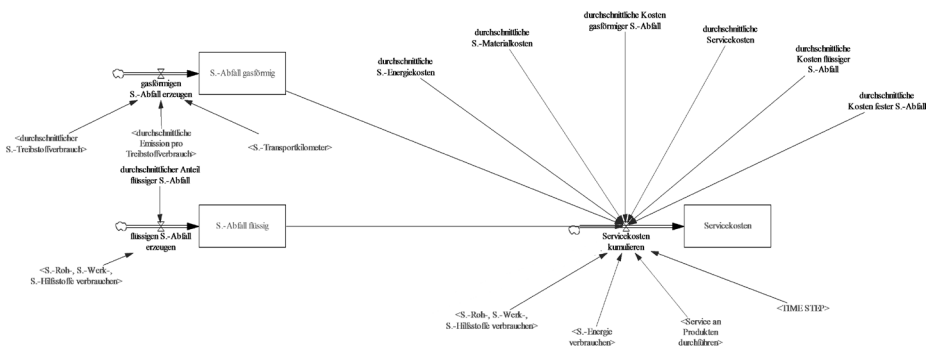


Bild 41: Simulation Partialmodell Service (Ausschnitt 2)

Distribution häufig beschädigt, so müssen diese in der Produktion nachgefertigt werden.

Im Partialmodell der Distribution geht schließlich die Durchlaufzeit der Produktion bei der Bestimmung der Distributionslieferflexibilität mit ein. Die Begründung ist darin zu sehen, dass im Falle einer Anpassung der Bestellung des Kunden die geforderte Ware nicht auf Lager liegt und erst gefertigt werden muss. In diesem Fall ist eine kurze Durchlaufzeit in der Produktion wichtig für die Flexibilität in der Distribution. Ein ähnlicher Zusammenhang besteht bei der Ermittlung der Liefertermintreue in der Distribution: Sollte hier die Qualität der gefertigten Güter zu gering sein, können die Auslieferungen an den Kunden beeinträchtigt werden und somit zu einer insgesamt schlechteren Liefertermintreue führen. Auf Grundlage dieser Zusammenhänge ergibt sich schließlich das integrierte Modell.

9.6 Simulationsmodell des Typs Fokus Partner

Basierend auf dem in Arbeitsschritt 7 erarbeiteten Wirkungsmodell, wird nun die Anpassung des Simulationsmodells für die Logistikkonzeptklasse Fokus Partner exemplarisch beschrieben.

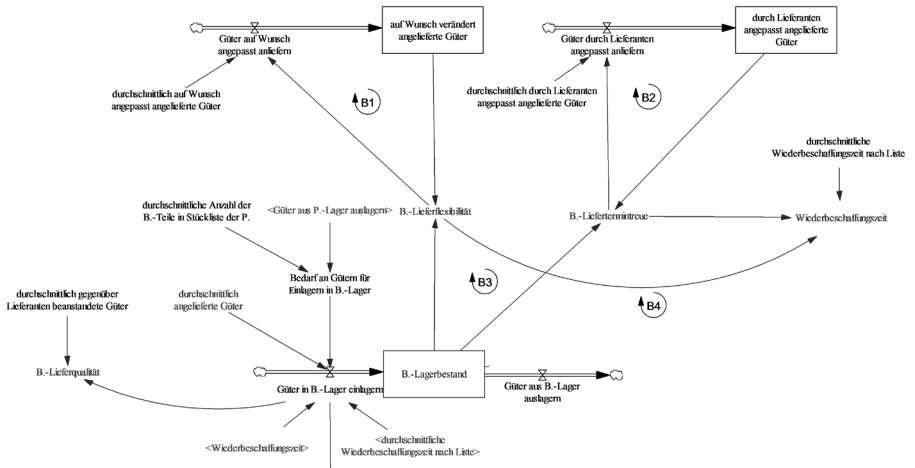


Bild 43: Simulationsmodell des Typs Fokus Partner (Auszug Partialmodell der Beschaffung)

Mit Blick auf den Typ Fokus Partner steht der Materialfluss nicht im Vordergrund. Vielmehr wird durch die Konzepte dieses Typs der Informationsfluss zwischen zwei Unternehmen beeinflusst. Dabei geht es in erster Linie um den Ausbau der gegenseitigen Zusammenarbeit, was sich z. B. in der Übermittlung von Qualitätsdaten, Verkaufsdaten oder aber auch Schadensmeldungen und in Abstimmungen zu offenen Punkten und Reklamationen äußert.

Die Umsetzung dieser Inhalte kann sowohl auf Seiten der Beschaffung als auch auf Seiten der Distribution umfassende Konsequenzen mit sich bringen. Aus diesem Grund ist z. B. das Partialmodell der Beschaffung für den Logistikkonzepttyp Fokus Partner dem umfassenden Ausgangsmodell ähnlich. Als Unterschied kann z. B. der Umgang mit Verpackungen benannt werden. So ist beispielsweise der Anteil an Verpackungen in der Beschaffung eher nachrangig für die langfristige Entwicklung der Partnerschaft mit dem Lieferanten. Dies führt auch dazu, dass die Beschaffungsrecyclingquote des betrachteten Unternehmens als interne Größe eine nur geringe Bedeutung aufweist und daher nicht übernommen wird (siehe Bild 43, S. 79). Eigenschaften der Lieferqualität sowie die Beschaffungslogistikkosten sind in diesem Zusammenhang von besonderer Wichtigkeit und deshalb auch im Simulationsmodell für den Logistikkonzepttyp Fokus Partner enthalten. Beide Größen stellen klassische Ansatzpunkte für den Austausch zwischen zwei Partnern im Unternehmensnetzwerk dar.

9.7 Validierung der Simulationsmodelle

Im Anschluss an die Erstellung von Simulationsmodellen gilt es, diese grundsätzlich zu validieren. Die Validierung von Simulationsmodellen kann nach verschiedenen Methoden durchgeführt werden. STERMAN nennt drei besonders relevante Validitätstests (STERMAN 2004, S. 859), die für die einzelnen Modelle durchgeführt wurden. Als erstes wird der sogenannte Time-Step-Test angewendet. Die zeitdynamische Simulation im Rahmen der Modelle erfolgt auf Grundlage von diskreten Schrittweiten in einem festgelegten Zeitraum. Der Time-Step-Test überprüft, ob eine Änderung dieser Schrittweite (z. B. Verdopplung oder Halbierung) unerwartete Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse aufweist. Der zweite Test wird als Extremwerttest bezeichnet. Hierbei wird das Verhalten des Modells bei besonders klein bzw. groß gewählten Werten der Eingangsgrößen untersucht. Schließlich wird eine Sensitivitätsanalyse als dritter Test der Modelle durchgeführt. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden die Eingangsgrößen zwischen festgelegten Grenzen z. B. anhand einer Normalverteilung variiert. Die Analyse gibt dann Auskunft darüber, in welchem Korridor die Beobachtungswerte aufgrund der stochastischen Variation der Eingangsgrößen schwanken.

Nachdem alle vier Modelle auf ihre Validität untersucht wurden, ließ sich abschließend festhalten, dass jedes Modell für sich genommen die erwarteten Testreaktionen zeigte und somit im Rahmen der üblichen Toleranzen als valide betrachtet werden kann. Hinsichtlich der Stabilität der Modelle sind die Typen Fokus Prozess und Fokus Tätigkeit besonders hervorzuheben, da diese u. a. durch degressiv gedämpfte Schwingungen bzw. Schwebungen einen entsprechend kontrollierten Verlauf in ihren Beobachtungsgrößen zeigten.

10 Ableitung einer Methodik zur szenariobasierten Bewertung

Im letzten Schritt wurde das zuvor erarbeitete Simulationsmodell für die Erstellung eines Verfahrens zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten im spezifischen Einsatzfall herangezogen. Es wurden u. a. Fallstudien bei zwei Unternehmen durchgeführt, die jeweils konkrete Fragestellungen zur Bewertung von Logistikkonzepten als Ausgangspunkt aufwiesen. Um das entwickelte Simulationsmodell in einem Bewertungsverfahren nutzen zu können, müssen Simulationsexperimente durchgeführt werden. Vor diesem Hintergrund bot es sich an, die Ableitung des Verfahrens zur Bewertung und Gestaltung von Logistikkonzepten in Anlehnung an die Durchführung von Simulationsexperimenten vorzunehmen. Dafür werden in der VDI-Richtlinie 3633 die drei Phasen „Vorbereitung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ eines Experiments unterschieden.

Das abgeleitete Verfahren muss eine quantitativ gestützte Ex-ante-Bewertung des Einsatzes von Logistikkonzepten aufgrund ihrer kurz- bis langfristigen Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Zielgrößen im Unternehmensnetzwerk ermöglichen. Vor dem Hintergrund einer solchen Bewertung soll eine Auswahlentscheidung für ein Logistikkonzept erfolgen. Darüber hinaus soll auch eine Aussage über die Nachhaltigkeit des Logistikkonzepts im betrachteten Einsatzfall möglich sein.

10.1 Ableitung des Verfahrens

Das Verfahren besteht aus drei Phasen, die sich jeweils in drei Schritte untergliedern:

Phase 1: Festlegung der Rahmenbedingungen

Für die Anwendung des Verfahrens muss im betrachteten Unternehmen die Notwendigkeit zur Bewertung und Gestaltung von Logistikkonzepten bestehen. Dies kann sich z. B. in Form von logistischen Reorganisationsmaßnahmen ergeben oder es können auch die Anforderungen eines Kunden sein, der die Einführung eines Logistikkonzepts mit seinen Partnern vorantreiben möchte. Auf Grundlage dieser Ausgangssituation muss das betrachtete Unternehmen im ersten Schritt festlegen, welche Typen von Logistikkonzepten prinzipiell betrachtet werden sollen. Nachdem die relevanten Logistikkonzepttypen ausgewählt wurden, stellt sich die Frage, mit welchem Partner im Netzwerk eine Implementierung des Konzepts angestrebt wird. Dieser zweite Schritt zur Bestimmung des relevanten Netzwerkausschnitts ist insofern von Relevanz, als dass es für die Simulation einen fundamentalen Unterschied macht, ob sich das betrachtete Unternehmen im

Kunden- oder Lieferantenverhältnis für das Konzept befindet. Dies schlägt sich z. B. in den Werten für die Partialmodelle der Beschaffung und Distribution im Simulationsmodell nieder. Darüber hinaus hängen die Werte der einzelnen Größen auch von der betrachteten Produktgruppe ab. Somit ist es wichtig, an dieser Stelle des Verfahrens festzulegen, mit welchen Partnern im Netzwerk für welchen Umfang an Produktgruppen die Logistikkonzeptimplementierung bewertet werden soll. Im dritten Schritt gilt es, die für die Bewertung relevanten Zielgrößen festzulegen. Dabei ist der Begriff der Zielgröße vom Begriff der Kennzahl zu unterscheiden. Der Begriff der Zielgröße steht für die Größen in einer Simulation, die für die Entscheidung von besonderem Interesse sind, wohingegen der Begriff der Kennzahl für die allgemeine Herleitung von Bewertungsgrößen verwendet wird. Zielgrößen stellen somit immer eine Auswahl aus den Kennzahlen für die jeweilige Simulation dar. Außerdem werden an dieser Stelle noch die gewünschten Soll-Werte für die betrachteten Zielgrößen festgelegt. Hier fließen die auf Seiten des betrachteten Unternehmens erwarteten Effekte durch die Einführung eines Logistikkonzepts ein.

Phase 2: Durchführung von Simulationsexperimenten

Nachdem die Rahmenbedingungen definiert sind, gilt es nun, die Durchführung des Simulationsexperiments vorzubereiten. Dazu sind im vierten Schritt zunächst die fixen Größen der Simulation zu bestimmen. Für diese Größen werden durch das betrachtete Unternehmen die Ausgangswerte aufgenommen und für den Simulationslauf nicht verändert.

Im Unterschied dazu werden im fünften Schritt die sogenannten Stellgrößen bestimmt. Hierbei handelt es sich um die Größen, die durch die Einführung des Logistikkonzepts veränderte Werte annehmen werden. Deshalb werden sie in der Simulation ebenfalls variiert. Im sechsten Schritt wird die Simulation durchgeführt, wobei die Erfahrungen aus der Validierung im Umgang mit dem Modell einfließen können. Dabei werden multivariate Analysen durchgeführt, das heißt, alle relevanten Stellgrößen werden gleichzeitig verändert.

Phase 3: Erstellung einer Entscheidungsvorlage

Im Anschluss an die Durchführung der Simulationsläufe werden im siebten Schritt die Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgrößen aufbereitet und mit den zuvor definierten Soll-Werten verglichen. Die Ergebnisse können beispielsweise in einem Spinnennetzdiagramm anschaulich dargestellt werden. Anschließend werden die Abweichungen der einzelnen Zielgrößen von den Soll-Werten für jeden Logistikkonzepttyp identifiziert. Die Rangfolge in den Beträgen der Abweichung von den Soll-Werten wird als Indikator für die Eignung der betrachteten

Logistikkonzepttypen aufgefasst. So ergibt sich ein Logistikkonzepttyp, der am ehesten die Anforderungen der Soll-Werte erfüllt und sich daher für eine Implementierung anbietet. Des Weiteren kann man an dieser Stelle eine Aussage über die Nachhaltigkeit des betrachteten Logistikkonzepttyps im betrachteten Einsatzfall treffen, da die Auswirkungen auf relevante ökologische und ökonomische Kennzahlen bekannt sind. Die strukturierte Aufbereitung dieser Auswertung stellt eine Entscheidungsvorlage dar. Diese Entscheidungsvorlage gilt es im achten Schritt der Vorgehensweise noch um eine kritische Reflexion zu ergänzen. Der gewählte Logistikkonzepttyp wird auf Kennzahlen mit starken Abweichungen vom Soll-Wert kritisch hinterfragt und es werden mögliche Ursachen angegeben, die es dann bei der späteren Implementierung zu berücksichtigen gilt. Außerdem sind auf diese Weise auch grundsätzliche Aussagen über die Eignung von Logistikkonzepttypen bei bestimmten Voraussetzungen der Ausgangswerte zu treffen. Schließlich muss das ausgewählte Konzept im Rahmen des neunten Schrittes zusammen mit den Partnern implementiert werden. Dazu sind klassische Methoden des Change-Managements wie Prozessreorganisationen sowie Projektpläne und Projektcontrolling hilfreich. Besonders im Anschluss an die Implementierung bedarf das Konzept kontinuierlicher Neubewertung (u. a. auch hinsichtlich seiner Nachhaltigkeit), die ggf. auch zu einem weiteren Durchlauf in dem vorgestellten Verfahren führen kann.

10.2 Anwendung des Verfahrens in Unternehmen A

Nachdem auf Grundlage der Simulationsmodelle ein Verfahren zur Bewertung von Logistikkonzepttypen abgeleitet wurde, wird es in einem spezifischen Unternehmen angewendet. Dazu erfolgt zunächst eine kurze Darstellung des Unternehmens sowie der Ausgangssituation für die Bewertungsfragestellungen. Im Anschluss wird das entwickelte Verfahren in seinen drei Phasen durchlaufen.

10.2.1 Vorstellung des Unternehmens und Ausgangssituation

Bei dem in diesem Anwendungsfall betrachteten Unternehmen handelt es sich um die Logistikgesellschaft eines Familienunternehmens. Das Unternehmen ist ein Hersteller von Heiztechnik-Systemen und heute in einer international agierenden Unternehmensgruppe organisiert.

Die Aktivitäten der Gruppe im Hinblick auf die Logistik werden durch eine eigene Tochtergesellschaft abgewickelt. Als Logistikgesellschaft der Unternehmensgruppe besteht ihre Geschäftstätigkeit in der Planung und Durchführung der Logistik der gesamten Gruppe. Dies umfasst die Lager zur Bevorratung der Produkte sowie

den Transport der Produkte und Ersatzteile an die entsprechenden Einsatzorte. Im Vordergrund der Aufgaben der Logistikgesellschaft stehen die Organisation und Abwicklung der Warenströme innerhalb der weltweit aufgestellten Unternehmensgruppe. Ferner obliegt der Logistikgesellschaft die Auslieferung der Waren zu Kunden in bestimmten Ländern. Die besondere Herausforderung besteht dabei, neben der starken geografischen Verteilung der Kunden, in der direkten Auslieferung an Baustellen mit häufig mangelhafter Infrastruktur. Zusätzlich werden Artikel bei Anfrage bis 18 Uhr bis 8 Uhr am Folgetag an beliebige Orte innerhalb von Deutschland geliefert. Um dies zu gewährleisten, arbeitet die Logistikgesellschaft im zentralen Warenverteilzentrum eng mit Logistikdienstleistern zusammen.

Die Zusammenarbeit mit den Partnern im Unternehmensnetzwerk wird auf Seiten der Logistikgesellschaft durch kontinuierliche Innovation und das Streben nach nachhaltigem Handeln geprägt. Vor diesem Hintergrund ergibt sich aktuell für das Unternehmen eine konkrete Fragestellung zur Bewertung und Gestaltung von Logistikkonzepten mit besonderer Beachtung der Nachhaltigkeit. Diese soll durch das entwickelte Vorgehen beantwortet werden.

Die Logistikgesellschaft möchte proaktiv auf einen spezifischen Kunden im Marktsegment der Durchlauferhitzer zugehen. Dieser Kunde bildet in dem Segment einen Großteil des Absatzes und somit einen Großteil der Distributionslogistikkosten ab, sodass die Frage nach der Verfeinerung der logistischen Austauschbeziehungen mit diesem Kunden durch die Geschäftsführung gestellt wurde. Zunächst wurde eine Kooperation auf Ebene der produktbezogenen Logistikkonzepte vorgesehen (Typ Fokus Produkt, speziell das Konzept Postponement). Nach Vorlage des entwickelten Verfahrens entschied sich das Unternehmen jedoch zur einheitlichen Bewertung von allen vier Logistikkonzepttypen. So kann zunächst aus Sicht der Logistikgesellschaft der Konzepttyp ausgewählt werden, mit dem man anschließend die Gespräche mit dem Kunden beginnt.

10.2.2 Phase 1: Festlegung der Rahmenbedingungen

Der erste Schritt des Verfahrens besteht darin, die zu betrachtenden Logistikkonzepttypen festzulegen. Die zu betrachtenden Typen ergeben sich aus der Ausgangssituation des Unternehmens. In diesem Fall sind alle vier Typen zu betrachten, da ein Logistikkonzepttyp ausgewählt werden soll, der dem betrachteten Unternehmen in einer späteren Implementierung umfangreiche Vorteile sichert. Daraufhin gilt es im zweiten Schritt, den relevanten und zu betrachtenden Netzwerkausschnitt festzulegen, der für die Untersuchung herangezogen werden soll. Im Anwendungsfall A handelt es sich dabei um das betrachtete Unternehmen

selbst sowie einen spezifischen Kunden, der im Nachgang zur Untersuchung von der gemeinsamen Implementierung des Logistikkonzepttyps überzeugt werden soll. Dabei stellen das betrachtete Unternehmen eine Quelle und der Kunde eine Senke dar. Es steht also aus Sicht des betrachteten Unternehmens die Distribution im Vordergrund. Im Fokus der Betrachtung steht die Produktgruppe der Durchlauferhitzer. Der Kunde stellt einen großen Anteil des Umsatzes in diesem Marktsegment und ist daher für einen Großteil der distributionsseitigen Logistikkosten verantwortlich.

Drittens müssen die zu untersuchenden Zielgrößen samt ihrer Ausgangswerte festgelegt werden. Für die Entscheidung zur Auswahl eines Logistikkonzepttyps stehen für das hier betrachtete Unternehmen die folgenden Größen im Vordergrund: Die Distributionslogistikkosten (Variable „D.-Logistikkosten kumulieren“) stellen eine zentrale Größe der Untersuchung dar. Außerdem soll die Entwicklung der Distributionsliefertermintreue (Variable „D.-Liefertermintreue“) und der Produktionsauslastung (Variable „P.-Auslastung“) untersucht werden. Da das Unternehmen nachhaltige Strategien in seinen Aktivitäten verfolgt, soll als vierter zentraler Wert die Menge des in der Distribution erzeugten gasförmigen Abfalls (vor allem CO₂ und NO_x) untersucht werden (Variable „gasförmigen D.-Abfall erzeugen“). Mit diesen Werten werden die Simulationsergebnisse im Verlauf des Verfahrens verglichen.

10.2.3 Phase 2: Durchführung von Simulationsexperimenten

Nach der Definition der Zielgrößen werden nun im vierten Schritt die fixen Größen festgelegt. Diese bilden die Mehrheit der Größen im Simulationsmodell und behalten für die Dauer der Simulation ihre Ausgangswerte. Die letzte wichtige Gruppe an zu betrachtenden Größen bilden die Stellgrößen. Diese werden im fünften Schritt definiert und stellen die Größen dar, die für die Simulation von ihren Ausgangswerten auf andere Werte entsprechend dem betrachteten Logistikkonzepttyp eingestellt werden. Jeder Logistikkonzepttyp wird im Falle einer Implementierung unterschiedliche Auswirkungen auf das Netzwerk aufweisen, sodass für die Simulation der einzelnen Typen teilweise identische und teilweise unterschiedliche Stellgrößen herangezogen werden. In Bild 44 (siehe S. 88) sind die Stellgrößen in den Zeilen und die vier Logistikkonzepttypen in den Spalten aufgeführt.

Für alle Logistikkonzepttypen wird eine Änderung der Größe „Durchschnittlich angelieferte Güter“ von 500 auf 1 000 Stück pro Zeiteinheit nach Einschätzung des betrachteten Unternehmens erfolgen. Sie bildet somit eine erste Stellgröße. Darüber hinaus würden nach Ansicht des Unternehmens auch mehr Güter aus dem

Distributionslager ausgelagert werden (von 50 auf 100 Stück pro Zeiteinheit). Die durchschnittliche Anzahl der durch eigenes Verschulden angepasst gelieferten Güter würde sich von 20 Stück auf 15 bzw. 10 Stück pro Zeiteinheit bei Anwendung des jeweiligen Logistikkonzepttyps verringern.

Im Falle des Logistikkonzepttyps Fokus Produkt würde sich als zusätzliche Stellgröße die durchschnittliche Anzahl der Beschaffungsteile in der Stückliste der Produktion (z. B. ausgelöst durch das Konzept des Postponements) von 10 auf 5 Stück pro Zeiteinheit reduzieren.

Mit Blick auf den Typ Fokus Produkt bildet die vierte Stellgröße die Anzahl der „durchschnittlich durch Lieferanten angepasst angelieferte Güter“ (von 20 auf 10 Stück pro Zeiteinheit), da die Zusammenarbeit mit dem Lieferanten z. B. durch das Konzept SRM verbessert wird. Der Typ Fokus Prozess weist schließlich eine Verringerung des durchschnittlichen Transportgewichts auf, da z. B. durch Einflüsse von Just-in-Time-Belieferungen kleinere und flexiblere Fahrten genutzt werden. Nachdem alle relevanten Stellgrößen festgelegt wurden, können dann im sechsten

	Start	Produkt	Partner	Prozess	Tätigkeit
	Wert	Wert	Wert	Wert	Wert
angelieferte Güter [Stück/Zeit]	500	1000	1000	1000	1000
Güter aus D.-Lager auslagern [Stück/Zeit]	50	100	100	100	100
eigenes Verschulden angepasst gelieferte Güter [Stück/Zeit]	20	10	10	15	10
durch Lieferanten angepasst gelieferte Güter [Stück/Zeit]	20	n/a	10	n/a	10
verfügbares Transportgewicht pro D.-Fahrt [kg/Fahrt]	5000	n/a	n/a	2500	n/a
Anzahl der B.-Teile in der Stückliste der P. [Stück]	10	5	n/a	n/a	n/a

Bild 44: Stellgrößen der Simulationsläufe zu Unternehmen A

Schritt Simulationsexperimente durchgeführt werden. Für den Anwendungsfall A werden die Ergebnisse derart aufbereitet, dass die Verläufe der relevanten Zielgrößen für jeden Logistikkonzepttyp in einem Bild dargestellt werden. So ist ein direkter Vergleich der Typen für die jeweiligen Zielgrößen möglich. In den Bildern stellt die Kurve (Kurve 1) den Verlauf der Zielgröße ohne den Einfluss des Logistikkonzepts dar. Hier wurden die Ausgangswerte für Stellgrößen verwendet und ergeben so die Bezugswerte für die Zielgrößen, mit welchen die Simulationsergebnisse verglichen werden.

Für die Dauer der Simulation wurden 100 Tage, also ca. ein Quartal, betrachtet. Innerhalb dieses Zeitraums soll nach Auffassung des betrachteten Unternehmens spätestens ein stabiler Betrieb des Logistikkonzepts möglich sein.

Bild 45 stellt die Ergebnisse der Simulationsläufe hinsichtlich der Distributionslogistikkosten dar. Dabei werden in den Diagrammen die zum jeweiligen Zeitpunkt kumulierten

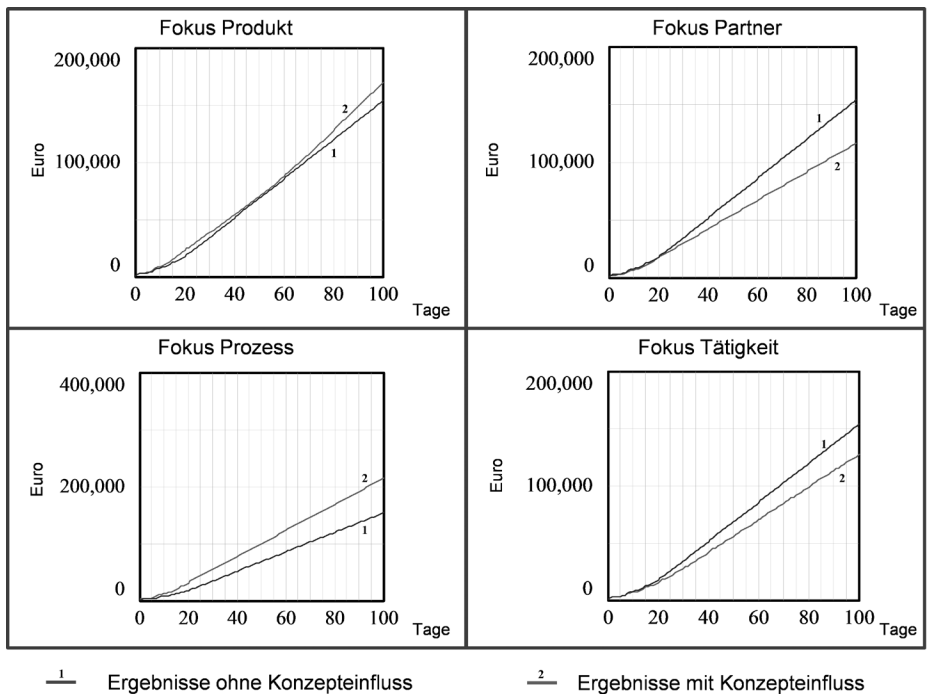
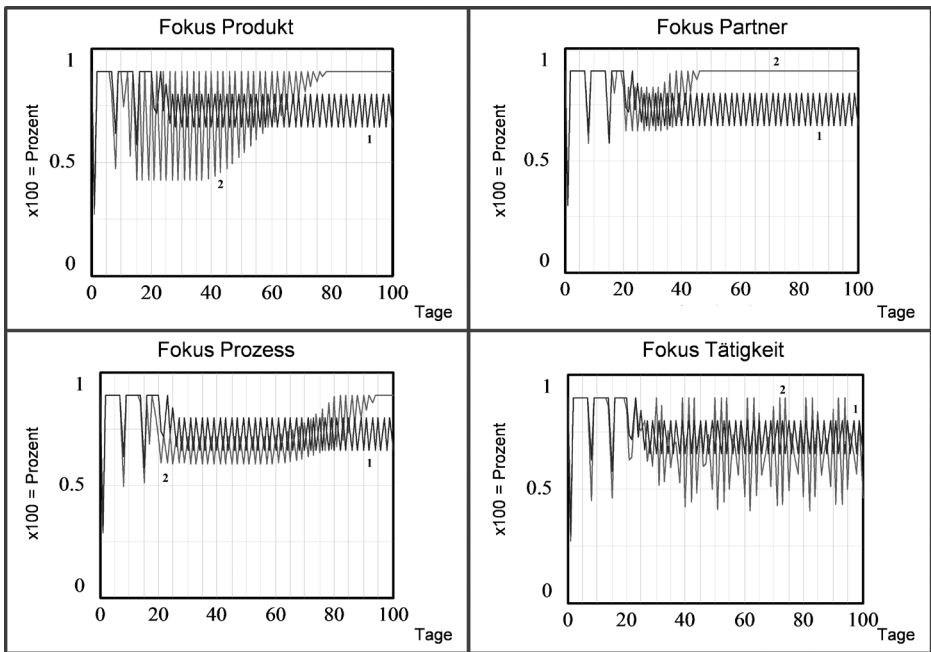


Bild 45: Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „D.-Logistikkosten kumulieren“

Logistikkosten angegeben. Es ergibt sich daher im Zeitverlauf eine kontinuierliche Steigung in allen Graphen. Nach 100 Tagen erreicht der Bezugswert nach einer kurzen exponentiellen Phase und anschließend näherungsweise linearem Verlauf einen Betrag von ca. 150.000 Euro. Alle vier Logistikkonzepttypen zeigen ähnliche Verläufe, weisen jedoch unterschiedliche Steigungen im näherungsweise linearen Verlauf auf.

So belaufen sich die Logistikkosten der Distribution für den Typ Fokus Produkt nach 100 Tagen auf ca. 165.000 Euro und für den Typ Fokus Prozess auf ca. 210.000 Euro. Im Unterschied dazu erlauben die beiden Konzepttypen Fokus Partner und Fokus Produkt eine Reduktion der Distributionslogistikkosten auf ca. 115.000 bzw. 125.000 Euro nach 100 Tagen.

In Bild 46 werden die Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgröße der Distributionsliefertermintreue dargestellt. Mit den Ausgangswerten der Stellgrößen



¹ Ergebnisse ohne Konzepteinfluss

² Ergebnisse mit Konzepteinfluss

Bild 46: Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „D.-Liefertermintreue“

schwankt der Bezugswert (Graph 1) in den ersten 20 Tagen der Simulation mit höherer Amplitude und kleinerer Frequenz um die 75-Prozent-Marke. Danach stellt sich eine hochfrequente Schwingung ein, die wechselnde Werte für die Liefertermintreue zwischen ca. 70 und 80 Prozent ausgibt. Dies deckt sich in der Größenordnung mit der aktuellen realen Liefertermintreue des Unternehmens von ca. 78 Prozent in diesem Produktsegment.

Der Logistikkonzepttyp Fokus Produkt würde zunächst eine hochfrequente Schwingung der Liefertermintreue mit großen Amplituden zur Folge haben, die aber im Laufe der Zeit abklingen und auf einem hohen Niveau von ca. 90 Prozent konstant würde. Im Falle des Fokus Partner fällt die anfängliche Schwingung deutlich kleiner und kürzer aus, und auch hier wird ein stabiler Zustand von ca. 90 Prozent Liefertermintreue nach 100 Tagen erreicht.

Der Typ Fokus Prozess liefert zu Beginn ebenfalls schwingende Ergebnisse um die Marke von ca. 60 Prozent, die sich kurz vor Ende der Simulation am Tag 95 auf hohem Niveau stabilisieren. Im Unterschied zu den anderen drei Typen liefert Fokus Tätigkeit eine kontinuierliche Schwingung in Form einer Schwebung mit großen Amplituden zwischen Werten von 45 Prozent und 90 Prozent Liefertermintreue. Dieser Konzepttyp würde auch nach einem Quartal noch keine stabile Liefertermintreue sicherstellen können.

Die Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgröße der Produktionsauslastung sind in Bild 47 (siehe S. 92) dargestellt. Über die eingestellten Ausgangswerte der Stellgrößen bildet sich für den Bezugswert nach niedrigfrequenter anfänglicher Schwingung ein exponentiell-degressiver Verlauf aus, der sich asymptotisch einer Auslastung von ca. 85 Prozent annähert. Dieser Wert stimmt ebenfalls mit den aktuellen Strategien der Produktionssteuerung des Unternehmens überein, da eine kontinuierliche Auslastung von 85 Prozent angestrebt wird.

Die Ergebnisse der ersten drei Simulationsläufe für die Typen Fokus Produkt, Partner und Tätigkeit zeigen hier ein vergleichbares Verhalten zum Bezugswert: Nach anfänglicher Schwingung ergibt sich ein asymptotischer Verlauf, allerdings mit dem Unterschied, dass die Kammlinie der Asymptote bereits früher erreicht wird und dass der Wert der Asymptote mit 90 Prozent Auslastung auch noch leicht höher liegt.

Der vierte Typ Fokus Tätigkeit zeigt auch im Rahmen dieser Zielgröße ein abweichendes Verhalten. Es bildet sich zwar zu Beginn eine niedrigfrequente anfängliche Schwingung aus. Diese klingt jedoch nicht vollständig ab, sondern geht in eine höherfrequente

Schwingung über. Darüber hinaus pendelt sich diese Schwingung um einen vergleichsweise niedrigen Mittelwert von ca. 30 Prozent für die Produktionsauslastung ein.

Die Ergebnisse der letzten relevanten Zielgröße für das Unternehmen A stellt Bild 48 (siehe S. 93) dar. Auf Grundlage der Ausgangswerte ergibt sich für die Emission an gasförmigem Abfall in diesem Bereich zunächst ein stark schwankender Verlauf. Ab Tag 20 pendelt sich diese Schwingung mit höherer Frequenz um einen Wert von ca. 3 Millionen Gramm CO₂ pro Tag ein. Dieser Wert wird auch bis zum Ende der Simulation beibehalten, sodass sich im Durchschnitt ein Emissionswert von ca. 3 Tonnen pro Tag für diesen Ausschnitt des Netzwerks bei der Distribution der betrachteten Produktgruppe ergibt.

Die beiden Logistikkonzepttypen Fokus Produkt und Fokus Prozess führen im Laufe der Simulation zu deutlich höheren Emissionswerten von ca. 4 Tonnen pro

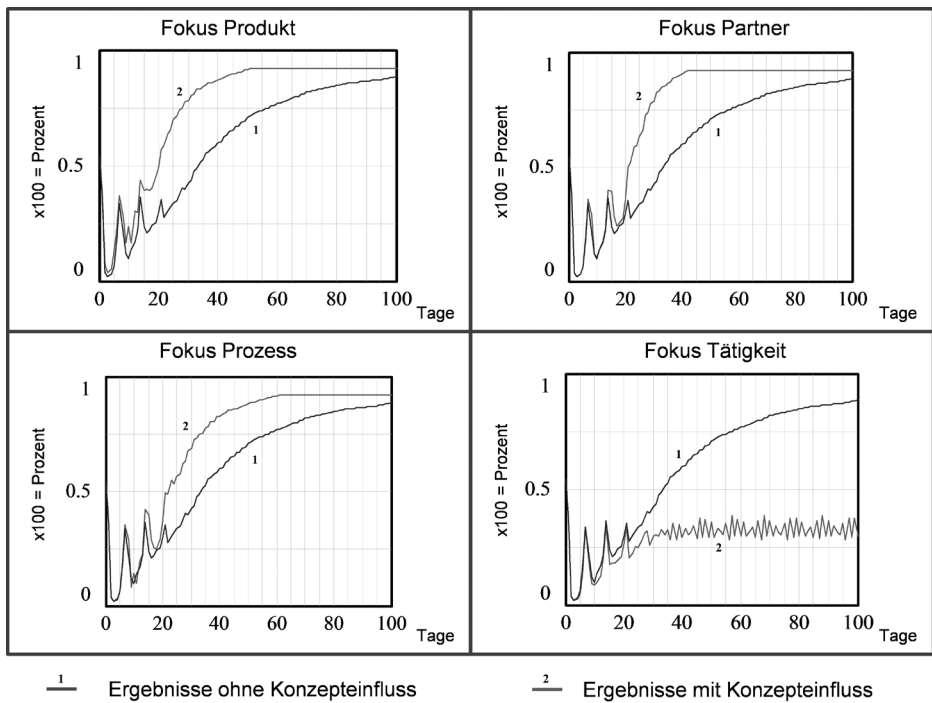
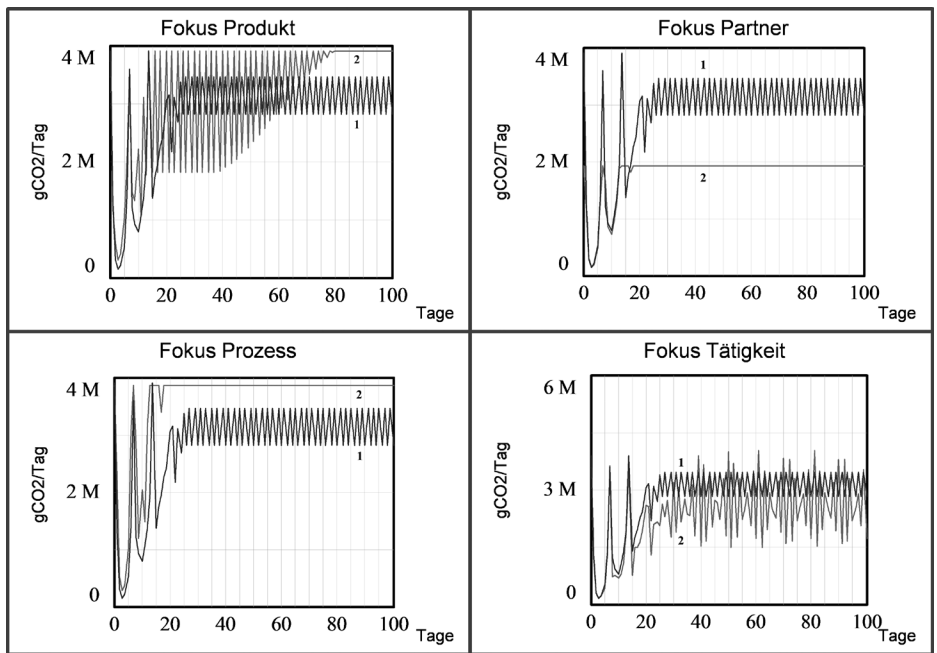


Bild 47: Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „P.-Auslastung“

Tag. Dabei schwanken die Werte im Fall Fokus Produkt zu Beginn noch sehr stark, während die Emissionen des Typs Fokus Prozess sehr schnell ihren stabilen Wert erreichen. Im Unterschied zu diesen beiden Typen führen die Typen Fokus Partner und Fokus Tätigkeit zu einer Reduktion der Emissionen.

Der Typ Fokus Partner zeigt schon sehr früh in der Simulation einen stabilen Wert von ca. 2 Tonnen pro Tag. Dabei ist zu bemerken, dass sich dieser konstante Wert im System beinahe ohne Einschwingvorgang einstellt. Der vierte Typ Fokus Tätigkeit zeigt auch hier wie bei den anderen Zielgrößen ein schwingungsanfälligeres Verhalten: So ergibt sich über die Dauer der Simulation ab Tag 25 eine kontinuierliche Schwingung in Form einer Schwebung. Der Mittelwert dieser Schwingung liegt allerdings mit 2,5 Tonnen pro Tag unter dem Bezugswert.



¹ Ergebnisse ohne Konzept Einfluss

² Ergebnisse mit Konzept Einfluss

Bild 48: Ergebnisse der Simulationsläufe für Zielgröße „Gasförmigen D.-Abfall erzeugen“

10.2.4 Phase 3: Erstellung einer Entscheidungsvorlage

Im Anschluss an die Durchführung und Auswertung der Simulationsexperimente, gilt es nun im siebten Schritt der Vorgehensweise, die Ergebnisse zu verdichten und zu vergleichen. Dazu werden in Bild 49 die Endwerte nach 100 Tagen Simulation für den jeweiligen Simulationslauf für die Konzepttypen aufgestellt. Zum Vergleich findet sich der Bezugswert ohne Konzept Einfluss ebenfalls in der Tabelle. Bild 50 stellt die Daten der Tabelle in einem Spinnennetzdiagramm grafisch dar.

Betrachtet man die Veränderungen in den Werten für die Zielgrößen im Vergleich zu den Bezugswerten nach 100 Tagen ohne Konzept Einfluss, so weist der Logistikkonzepttyp Fokus Partner eine positive Bilanz auf. Er bietet eine Reduktion der Logistikkosten um 30 Prozent bei gleichzeitiger Erhöhung der Liefertermintreue um 15 Prozent. Außerdem ergibt sich eine erhöhte Produktionsauslastung um 5 Prozent. Schließlich können noch die gasförmigen Abfälle in der Distribution um ein Drittel reduziert werden. Die Konstellation dieser Ergebnisse macht diesen Logistikkonzepttyp für das betrachtete Unternehmen besonders attraktiv. Die öko-effiziente Strategie des Hauses findet sich hier wieder, da sowohl klassische ökonomische als auch relevante ökologische Kenngrößen verbessert werden können.

Der Typ Fokus Tätigkeit bietet eine Reduktion der Logistikkosten und Emissionen. Allerdings ist dies mit einer deutlichen Verringerung der Produktionsauslastung und der Liefertermintreue verbunden, sodass dieser Typ im Rahmen der

	Start	Produkt		Partner		Prozess		Tätigkeit	
	Wert	Wert	delta	Wert	delta	Wert	delta	Wert	delta
D.-Logistikkosten [Euro/Tag]	150000	165000	+10%	115000	-30%	210000	+40%	125000	-15%
D.-Liefertermintreue [%]	75	90	+15%	90	+15%	90	+15%	70	-5%
P.-Auslastung [%]	85	90	+5%	90	+5%	90	+5%	30	-55%
gasf. Abfall erzeugen [gCO2]	3 Mio	4 Mio	+33%	2 Mio	-33%	4 Mio	+33%	2,5 Mio	-15%

Bild 49: Vergleich der Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgrößen bei Unternehmen A

Entscheidungsvorlage eher kritisch beurteilt wird. Die Typen Fokus Produkt und Prozess bieten im Vergleich zum Typ Fokus Partner ebenfalls Verbesserungen im Bereich der Produktionsauslastung sowie der Liefertermintreue. Allerdings sind diese hier mit deutlich höheren Logistikkosten sowie deutlich höheren Emissionen verbunden. Somit bietet sich der Logistikkonzepttyp Fokus Partner vor dem Hintergrund der Auswertung von Endwerten für eine Implementierung im Unternehmen an, da sowohl die relevanten ökonomischen als auch ökologischen Zielgrößen verbessert werden. Es lässt sich festhalten, dass der Typ Fokus Partner in diesem Einsatzfall einen nachhaltigen Logistikkonzepttyp darstellt.

Im Rahmen einer kritischen Reflexion der Entscheidungsvorlage im achten und letzten Schritt der Vorgehensweise ist der Blick für die Beurteilung der Typen

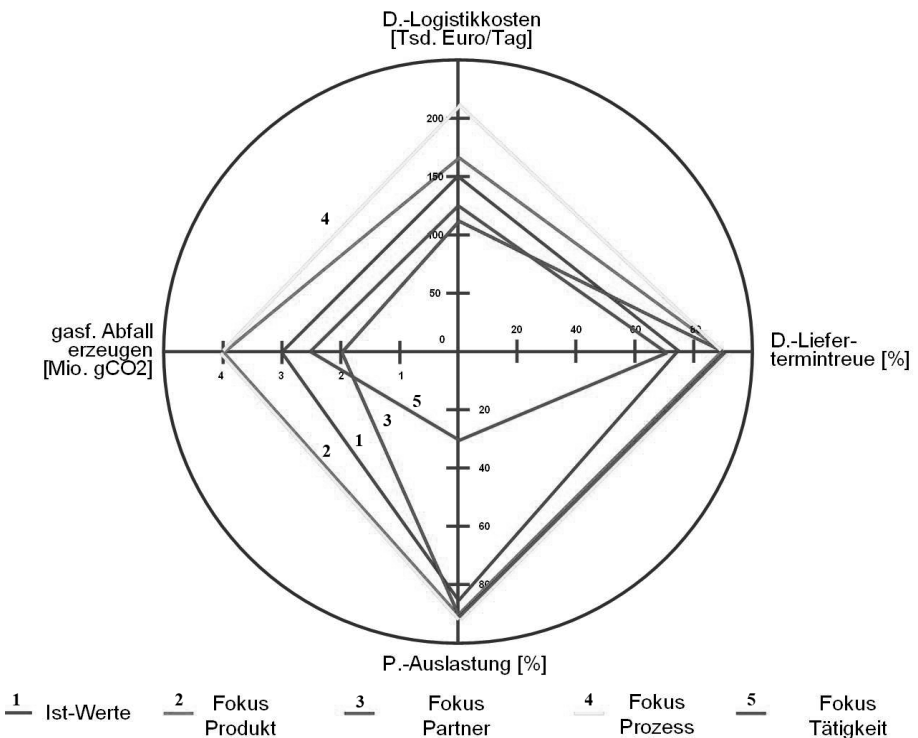


Bild 50: Ergebnisse der Simulationsläufe für die Zielgrößen in Unternehmen A im Spinnennetzdiagramm

von den reinen Endwerten der Simulation zu lösen. Es soll schließlich die Art des Verlaufs zu dem Endwert bzw. um den Endwert herum miteinfließen. Dabei lässt sich festhalten, dass für die Typen Fokus Produkt, Tätigkeit und Prozess vielfach noch schwingende Zustände nach 100 Tagen Simulationsdauer vorliegen. Dadurch wird die Aussagekraft der betrachteten Endwerte verringert. Im Falle des Typs Fokus Partner werden alle betrachteten Endwerte im stabilen und schwingungsfreien Verlauf erreicht. Dies stellt ein weiteres Argument für eine Implementierung des Logistikkonzepttyps Fokus Partner im Unternehmen A dar.

11 Zusammenfassung und Ausblick

Unternehmen verfügen derzeit nur über einen sehr eingeschränkten Überblick über vorhandene Ansätze zur Bewertung von Logistikkonzepten, um überhaupt den Bewertungsprozess beginnen zu können. Darüber hinaus fällt Unternehmen die integrierte Betrachtung ökologischer und ökonomischer Größen schwer. Die alleinige Kenntnis der relevanten Kennzahlen reicht für eine fundierte Bewertung von Logistikkonzepten für Praktiker nicht aus. Vielmehr müssen auch die Abhängigkeiten zwischen Kennzahlen und Logistikkonzepten bekannt sein. Dies ist in der unternehmerischen Praxis weitgehend nicht der Fall. Die kurz- bis langfristigen Auswirkungen eines Konzepteinsatzes können für Unternehmen heute nur sehr eingeschränkt quantitativ benannt werden.

Daher bestand die Zielsetzung des Forschungsvorhabens darin, eine quantitativ gestützte Ex-ante-Bewertung des Einsatzes von Logistikkonzepten aufgrund ihrer kurz- bis langfristigen Auswirkungen auf ökologische und ökonomische Kennzahlen im Unternehmensnetzwerk zu ermöglichen. Vor dem Hintergrund einer solchen Bewertung sollte eine Auswahlentscheidung für ein Logistikkonzept ermöglicht werden. Darüber hinaus wäre so eine Aussage über die Nachhaltigkeit des Logistikkonzepts im betrachteten Einsatzfall möglich.

Es liegt nun ein Verfahren vor, das die in der Zielsetzung genannte Bewertung von Logistikkonzepten ermöglicht. Die Kerninnovationen des Verfahrens bestehen dabei

- in der strukturierten Betrachtung einer Vielzahl von Logistikkonzepten über Logistikkonzepttypen,
- in der gleichzeitigen Betrachtung von ökonomischen und ökologischen Größen auf Ebene von Unternehmensnetzwerken in einem Kennzahlensystem,
- in der strukturierten Berücksichtigung von Wirkungszusammenhängen zwischen Kennzahlen und Logistikkonzepten,
- in der Möglichkeit von quantitativen Aussagen mithilfe eines dynamischen Simulationsmodells, insbesondere hinsichtlich zeitlicher Verläufe.

Für Anwender münden diese Innovationen in die grafische Aufbereitung von Simulationsergebnissen in Form von Spinnennetzdiagrammen.

Grundsätzlich wurde das Verfahren von allen an den drei Fallstudien beteiligten Anwendungspartnern aus der Praxis im Rahmen einer zusammenfassenden Bewertung als valide, praktisch und effizient beurteilt. Sowohl formale als auch

inhaltliche Anforderungen an das Verfahren wurden umfassend erfüllt. Die Praxisvertreter wiesen dem Verfahren einen hohen praktischen Nutzen bei der Erstellung von Entscheidungsunterstützungen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten in spezifischen Einsatzfällen aus.

Trotz der positiven Bewertungen des Verfahrens durch die Anwender besteht in unterschiedlichen Aspekten jedoch noch weiterer Forschungsbedarf. Mit Blick auf die Beschreibungselemente wie z. B. die Gruppierung von Logistikkonzepten zu Logistikkonzepttypen ist festzuhalten, dass eine Zusammenfassung zu Gruppen grundsätzlich zu Unschärfen im Verfahren führt. Vor diesem Hintergrund ist z. B. eine Ausdetaillierung der entwickelten Simulationsmodelle für spezifische Logistikkonzepte denkbar.

Das erstellte Kennzahlensystem enthält zwar bereits eine umfassende Anzahl an Kennzahlen, es kann sich jedoch die Notwendigkeit zur Individualisierung für einzelne Anwendungsfälle ergeben. Dafür wäre es denkbar, dass dem System in weiteren Forschungsarbeiten ein modularer Aufbau verliehen wird, der weitere Kennzahlen hinzunimmt, ohne dabei an Übersichtlichkeit oder Struktur zu verlieren. Hinsichtlich der untersuchten Wirkungszusammenhänge ist eine Erfassung aller Zusammenhänge nur eingeschränkt möglich.

Für weitere Forschungsarbeiten in diesem Feld ist es durchaus sinnvoll, die hier abgeleiteten Zusammenhänge zu hinterfragen und ggf. zu ergänzen bzw. zu vertiefen. Auf diesem Wege würde sich weiterhin das Verständnis für die Zusammenhänge erweitern und somit die Qualität der darauf basierenden Simulationsmodelle verbessern.

Im Zuge der Validierung der Simulationsmodelle ist die Durchführung von umfassenden Testläufen im Rahmen dieses Forschungsprojekts nur eingeschränkt möglich. Besonders hinsichtlich der für die Validierung herangezogenen Größen sowie der Auswahl der Validierungsparameter bestehen vielfältige Alternativen. Besonders an dieser Stelle können zukünftige Forschungsarbeiten durch vertiefende Analyse zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Simulationsmodelle beitragen. Weitere Forschungsarbeiten können darüber hinaus die Erkenntnisse der Entwicklungsszenarien für die verschiedenen Logistikkonzepte aufgreifen und weiter vertiefen bzw. auf Ebene einzelner Logistikkonzepte fortführen. Auf diese Art und Weise ließe sich ein Prozess etablieren, der zu einer dauerhaften Weiterentwicklung der Modelle führt und somit einen wertvollen Beitrag zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Logistikkonzepten im Einsatzfall leistet.

12 Literaturverzeichnis

- BACHER, J.: Clusteranalyse. Anwendungsorientierte Einführung. Oldenbourg, München 1996.
- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R.: Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer, Berlin [u. a.] 2006.
- BECKER, J.: Referenzmodellierung. Aktuelle Methoden und Modelle. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 5, S. 325 – 326.
- BECK, S.; HELMIG, J.; NYHUIS, P.: Decision Support System for identifying and distributing costs and benefits arising from Supply Chain Management. In: Proceedings of the 20th ASOR Conference. Hrsg.: Australian Society for Operations Research. Gold Coast 2009, o. S..
- BULLINGER H.-J.; SPATH, D.; WARNECKE, H.-J.; WESTKÄMPER, E. (HRSG.): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. Springer, Berlin [u. a.] 2009.
- CORSTEN, G.; GABRIEL, C.: Supply Chain Management erfolgreich umsetzen. Grundlagen, Realisierung und Fallstudien. Springer, Berlin [u. a.] 2004.
- DYCKHOFF, H.; SOUREN, R.: Nachhaltige Unternehmensführung. Springer, Berlin [u. a.] 2008.
- FETTKE, P.; LOOS, P.: Referenzmodellierungsforschung. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 5, S. 331–340.
- FIGGE, F.; HAHN, T.: Sustainable Value – Ein wertorientierter Ansatz zur Ermittlung der Nachhaltigkeitseffizienz und der nachhaltigen Wertschöpfung von Unternehmen. In: Materialeffizienz. Hrsg.: C. Liedtke. Oekom. Verlag, München 2005, S. 203 – 216.
- FÖRSTNER, U.: Umweltschutztechnik. Springer, Berlin [u. a.] 2008.
- GEHR, F.: Supply Chain Management. In: Supply Chain Management (2003)2, S. 55 – 60.
- HELD, T.: Nachhaltige Logistik in einer dynamischen Welt. Herausforderungen der Zukunft. In: Tagungsband der 18. Aachener ERP-Tage 2011, FIR e. V. an der RWTH Aachen 2011.
- HELMIG, J.: Green Collaboration in Networks. In: Towards Sustainable Manufacturing. Hrsg.: A. Vigtil; A. Rosltadas; B. Moseng. Tapir Academic Press, Trondheim 2010, S. 273–291.
- HERMANN, S.: Corporate Sustainability Branding. Nachhaltigkeits- und stakeholderorientierte Profilierung von Unternehmensmarken. Gabler, Wiesbaden 2005.
- HÜTHER, M.; RODENSTOCK, R.; SCHWENKER, B.; THUMANN, J.R (HRSG.): Systemkopf Deutschland Plus. Die Zukunft der Wertschöpfung am Standort Deutschland. DCM-Druckcenter, Meckenheim 2008.
- IJOUI, R.; EMMERICH H.; CEYP, M.; DIERCKS, W.: Supply-Chain-Event-Management als strategisches Unternehmensführungskonzept. In: Supply-Chain-Event-Management. Kozepte, Prozesse, Erfolgsfaktoren und Praxisbeispiele. Hrsg.: R. Ijoui; H. Emmerich; M. Ceyp. Physica, Heidelberg 2007, S. 3 – 15.
- IVSIC, R. A.: Management kreislauforientierter Entsorgungskonzepte. Haupt, Bern 2002.

-
- KERSTEN, W.; BLECKER, T.; FLÄMING, H.: Global Logistics Management. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2008.
- KNOLMAYER, G.; MERTENS, P.; ZEIER, A.: Supply Chain Management auf Basis von SAP-Systemen - Perspektiven der Auftragsabwicklung für Industriebetriebe. Springer, Berlin [u. a.] 2000.
- McKINNON, A.: Green Logistics. The Carbon Agenda. In: LogForum 6 (2010) 1, S. 1 – 9.
- MATEIKA, M.: Unterstützung der lebenszyklusorientierten Produktplanung am Beispiel des Maschinen- und Anlagenbaus. Vulkan Verlag, Essen 2005.
- METZ, P.: Demystifying Supply Chain Management: Accomplishments and Challenges. In: Annual Conference Proceedings. Hrsg.: Council of Logistics Management. Fall meeting. Chicago, 1997, S. 237 – 255.
- OHRMAYER, R.; KILIMANN, S.: Global SCM Excellence Study. How Supply Chain Management can boost company performance. Summary of study results. 2009. Online verfügbar unter <http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/ETUDES/SCM-Study-Roland-Berger.pdf>, zuletzt aktualisiert am 08.11.2011.
- PFEIFFER, U.M.: Der Weg zu ECO-EXCELLENCE: Nachhaltigkeit durch vernetztes Denken und Handeln am Beispiel der Bahnindustrie. Publicis Publishing, Erlangen 2009.
- POLUHA, R.G.: Quintessenz des Supply Chain Managements. Was Sie wirklich über Ihre Prozesse in Beschaffung, Fertigung, Lagerung und Logistik wissen müssen. Springer, Berlin [u. a.] 2010.
- RIVERA, L.; WAN, H.; CHEN, F.; LEE, W.M.: Beyond Partnerships. The Power of Lean Supply Chains. In: Trends in Supply Chain Design and Management. Hrsg.: H. Jung; F. Chen; B. Jeong. Springer, London [u. a.] 2007, S. 241 – 268.
- ROLLETT, B.; BARTRAM, M.: Einführung in die hierarchische Clusteranalyse. Klett, Stuttgart 1976.
- RÜEGG-STÜRM, J.: Das neue St. Galler Management-Modell. Grundkategorien einer integrierten Managementlehre; der HSG-Ansatz. 2. Aufl. Haupt, Bern [u.a.] 2003.
- SCHAEFER, A.-W.: ARIS. Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. Springer, Berlin [u. a.] 2002.
- SCHNEEWEISS, C.; STEINBACH, J.: Zur Beurteilung der Prozesskostenrechnung als Planungsinstrument. In: Die Betriebswirtschaft 56 (1996) 2, S. 459 – 473.
- SCHÖNEBERGER, R.; ELBERT, R.: Dimensionen der Logistik. Funktionen, Institutionen und Handlungsebenen. Gabler, Wiesbaden 2010.
- SCHUH, G. (HRSG.): Produktionsplanung und -steuerung. 3., völlig neu bearb. Auflage. Springer, Berlin [u. a.] 2006.
- SCHUH, G.; SCHAUER, A.; DÖRING, S.: Komplexitätsorientierte Gestaltung von Kooperationen. In: Industrie Management 22 (2006) 3, S. 72–74.
- SCHUH, G.; GOTTSCHALK, S.; HARRE, J.; HOESCHEN, A.: Global Footprint Design. Heuristik zur Strukturierung internationaler Wertschöpfung. In: Industrie Management 23 (2007) 1, S. 43 – 46.

-
- SCHUH, G.; SCHWEICHER, B.: Einleitung. In: Effiziente Auftragsabwicklung mit myOpen-Factory. Hrsg.: G. Schuh. Hanser, München [u. a.] 2008.
- SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; KREYSA, J.: Produktion in Hochlohnländern. Das Unmögliche möglich machen. In: ZWF 103 (2008) 5, S. 296 – 298.
- SCHUH, G.; MEYER, J.C.: Hybride Systeme in Logistiknetzwerken. Überwindung des Zielkonflikts zwischen logistischer Leistungsfähigkeit und Kosteneffizienz in der Konsumgüterindustrie. In: PPS Management 14 (2009) 2, S. 30 – 33.
- SCHUH, G.; HELMIG, J.: Logistiknetzwerke nachhaltig gestalten. In: ZWF 106 (2011) 9, S. 626–629.
- SCHWEICHER, B.: Identifizierung und Zuordnung der Kosten- und Nutzenanteile von SCM-Konzepten in Unternehmensnetzwerken. Shaker, Aachen 2009.
- SRINIVASAN, V.: Sustainable Manufacturing – Role of Metrics and Standards. In: proceedings of the IMS Summer School 2010, Zürich, Schweiz. Hrsg.: A. Vigtil; A. Rolstadas; B. Moseng. Tapir Akademisk Forlag, Trondheim 2010, S. 1 – 42.
- STERMAN, J. D.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill, Columbus (USA) 2004.
- STEVEN, M.: Supply Chain Management für globale Wertschöpfungsprozesse. In: WiSt 34 (2005) 4, S. 195 – 200.
- STICH, V.; BRUNNER, A.; MEYER, J.C.: Mehr Performance in der Logistik dank optimierten Beschaffungsprozessen. In: IO New Management (2008) 6, S. 52 – 55.
- STICH, V.; MEYER, J. C.: Applying hybrid system theory to supply chain design. In: Proceedings of the 20th Annual POMS Conference, Orlando (USA). Hrsg.: Mark D. Hanna. Georgia Southern University, Orlando 2009, Paper 011-0268. <http://www.poms-meetings.org/ConfProceedings/011/FullPapers/011-0268.pdf>, Stand: 01.10.2013.
- STICH, V.; MEYER, J.C.; NOVOSZEL, T.: Hohe Potentiale auf der Beschaffungsseite. In: Schweizer Logistik Katalog 2009. Das Jahrbuch für Materialfluss und Logistik, S. 49 – 51.
- STICH, V.; KOMPA, S.; MEIER, C.; CUBER, S.: Produktion am Standort Deutschland – Faktoren für eine nachhaltige Wettbewerbssicherung. In: ZWF 106 (2011) 10, S. 731 – 735.
- STURM, B.; VOGT, C.: Umweltökonomik. Eine anwendungsorientierte Einführung. Physica, Berlin 2011.
- SUPPLY CHAIN COUNCIL: The Supply Chain Operations Reference Model 10.0. Online verfügbar unter <http://supply-chain.org/online-access>, zuletzt geprüft am 08.11.2011.
- WERNER, H.: Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. Gabler Wiesbaden 2010.
- WESTKÄMPER, E.: Einführung in die Organisation der Produktion. Springer, Berlin [u. a.] 2006.
- WESTKÄMPER, E.: Fabriken sind komplexe langlebige Systeme. In: Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Hrsg.: P. Nyhuis. Springer, Berlin [u. a.] 2008.
- WITTENBRINK, P.: Transportkostenmanagement im Straßengüterverkehr. Grundlagen – Optimierungspotentiale – Green Logistics. Gabler, Wiesbaden 2011.

